

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

LITIKO LOPES TAKENO

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E REUSO DE ÁGUA EM EMPRESA DE
FRETAMENTO DE VEÍCULOS, EM MANAUS-AM

MANAUS-AM

2023

LITIKO LOPES TAKENO

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E REUSO DE ÁGUA EM EMPRESA DE
FRETAMENTO DE VEÍCULOS, EM MANAUS-AM

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas, apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Esp. Ellen Barbosa de Andrade

MANAUS-AM

2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

T136a Takeno, Litiko Lopes
Aproveitamento de água de chuva e reuso de água em empresa de fretamento de veículos, em Manaus-Am / Litiko Lopes Takeno . 2023
86 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Ellen Barbosa de Andrade
TCC de Graduação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas.

1. sistemas prediais de águas. 2. água de chuva. 3. reuso de água. 4. lavagem de veículos. I. Andrade, Ellen Barbosa de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

LITIKO LOPES TAKENO

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E REUSO DE ÁGUA EM EMPRESA DE
FRETAMENTO DE VEÍCULOS, EM MANAUS-AM

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas, apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 20 de fevereiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Esp. Ellen Barbosa de Andrade, Presidente
Universidade Federal do Amazonas



Prof.^a Me. Annunziata Donadio Chateaubriand, Membro
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Me. Erimar Pontes Santiago, Membro
Universidade Federal do Amazonas

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça da vida.

À minha mãe, Elhacir Lopes Takeno, e ao meu pai, Sadao Takeno, por todo apoio, confiança e por serem meu porto seguro.

À Prof.^a Esp. Ellen Barbosa de Andrade, minha orientadora, por toda amizade, compreensão, auxílio, inspiração e sabedoria.

À empresa que abriu as portas para me receber, em especial a: Macário Lopes de Carvalho, Cris da Silva Rocha, José Eduardo Correa da Silva, Divino Batista de Lima e Beatriz Santos dos Santos, que me atenderam sempre de forma cordial e solícita.

Aos meus irmãos, Mitsuo Lopes Takeno e Masa Teru Lopes Takeno, que me apoiaram ao longo de todo o trabalho, por toda ajuda e carinho.

Aos meus amigos, Ícaro Lima, Isabella Neves, João Luiz Plácido e Mateus Ferreira, sem os quais trilhar a faculdade seria inimaginável.

A todos que contribuíram e me apoiaram ao longo da elaboração desse trabalho e de toda a graduação.

Obrigada!

RESUMO

Com o crescimento populacional e a ascendente industrialização, há o aumento da demanda de água doce, sendo um desafio o abastecimento ininterrupto de água na quantidade e qualidade requeridas. Este trabalho aborda o aproveitamento de água de chuva e o reuso de água em uma empresa de fretamento de veículos em Manaus-Am, buscando caracterizar, avaliar e evidenciar sistemas existentes voltados para o uso racional dos recursos hídricos, desenvolvendo a análise crítica das soluções adotadas, com a finalidade de divulgação de boas práticas. Foram caracterizados, em separado, os sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água, buscando entender isoladamente os impactos gerados por eles e avaliá-los quanto a legislação, normas técnicas e literatura pertinentes. Tais sistemas foram avaliados conjuntamente, evidenciando que, quando coadunados, resultam em múltipla economia, nos aspectos ambiental, financeiro e social, indicando também não ser eficaz a adoção de um ou de outro isoladamente.

Palavras-chave: sistemas prediais de águas, água de chuva, reuso de água, lavagem de veículos.

ABSTRACT

With population growth and rising industrialization, there is an increase in the demand for fresh water, making the uninterrupted supply of water in the required quantity and quality a challenge. This work addresses the use of rainwater and the reuse of water in a vehicle charter company in Manaus-Am, seeking to characterize, evaluate and highlight existing systems aimed at the rational use of water resources, developing a critical analysis of the adopted solutions, with the aim of disseminating good practices. The rainwater harvesting and water reuse systems were characterized separately, seeking to understand separately the impacts generated by them and evaluate them in terms of legislation, technical standards and relevant literature. Such systems were evaluated jointly, showing that, when combined, they result in multiple savings, in the environmental, financial and social aspects, also indicating that the adoption of one or the other alone is not effective.

Keywords: building water systems, rainwater, water reuse, vehicle washing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Índice de perdas de distribuição de água, por região do Brasil.....	15
Figura 2: Imagens do Forte do Mar, atual Forte São Marcelo	18
Figura 3: Fluxograma das etapas básicas para projeto de sistema de aproveitamento de água da chuva.....	22
Figura 4: Dispositivo simples de descarte do escoamento inicial	24
Figura 5: Classificação das águas de reuso, conforme a ABES	28
Figura 6: Sistemas constituintes do sistema predial de reuso de água	32
Figura 7: Mapa da cidade de Manaus, com destaque para estações pluviométricas, em especial a estação pluviométrica 360000	35
Figura 8: Indicação para cálculo da área de contribuição, superfície inclinada	36
Figura 9: Lavagem prévia em máquina automática.....	37
Figura 10: Lavagem manual de acabamento	37
Figura 11: Excerto do mapa de Manaus-Am, com destaque para o bairro Armando Mendes.	40
Figura 12: Vista geral dos estacionamentos da empresa em estudo, em 2012.....	41
Figura 13: Tipos de ônibus, micro-ônibus e van da empresa em estudo, em 2022.....	41
Figura 14: Cobertura única dos blocos administrativo e de manutenção: planta e imagens....	42
Figura 15: Perfil esquemático dos sistemas de águas destinadas à lavagem de veículos na empresa.....	45
Figura 16: Máquina CECCATO DMR.....	45
Figura 17: Detalhe da ligação da calha com o condutor vertical.....	50
Figura 18: Esquema geral de drenagem de água de chuva, na cobertura dos blocos administrativo e de manutenção, destacando o posicionamento dos condutores verticais	50
Figura 19: Incompatibilidade entre a posição prevista para um condutor vertical, do sistema de drenagem pluvial, e da tesoura do sistema estrutural da cobertura	51
Figura 20: Vista inferior da cobertura dos blocos administrativo e de manutenção, destacando a posição de projeto de um pilar não executado	51
Figura 21: Desvio realizado onde deveria haver um condutor vertical.....	52
Figura 22: Interior da caixa de drenagem principal.....	53
Figura 23: Identificação dos reservatórios de abastecimento	54
Figura 24: Interior do reservatório 1	54
Figura 25: Representação dos reservatórios 2, 3 e 4	55
Figura 26: Bomba centrífuga 3 CV (alimentação da máquina de lavagem)	55
Figura 27: Reservatório 5, com indicação das tubulações.....	56

Figura 28: Reservatório 5, com destaque para o extravasor.....	56
Figura 29: Reservatório de retenção de águas pluviais	57
Figura 30: Bloco de lavagem de veículos, destacando as áreas para lavagem prévia e de acabamento	59
Figura 31: Bloco de lavagem de veículos, destacando a canaleta para coleta de águas residuárias	59
Figura 32: Estação de tratamento de esgoto local	60
Figura 33: Interior das câmaras de tratamento	60
Figura 34: Filtro pré-fabricado	61
Figura 35: Detalhe do dispositivo de descarte da água de reuso, com e sem o joelho	62
Figura 36: Reservatório 5, com destaque para o extravasor.....	62
Figura 37: Interior dos reservatórios, indicando a presença de bolha na superfície da água ...	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição populacional por região do Brasil, estimativa para 2021.....	14
Tabela 2: Potenciais usos da água de chuva em sistemas de aproveitamento.....	21
Tabela 3: Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	25
Tabela 4: Usos requeridos e respectivos tratamentos necessários.....	25
Tabela 5: Frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	27
Tabela 6: Potenciais usos para a água de reuso.....	31
Tabela 7: Padrões de qualidade da água de reuso em função das classes.....	33
Tabela 8: Dimensões das coberturas de blocos da empresa, em 2022.....	42
Tabela 9: Áreas de contribuição das coberturas dos blocos, da empresa, em estudo.....	43
Tabela 10: Médias pluviométricas mensais, por ano de estudo.....	43
Tabela 11: Lavagem de veículos adotada na empresa em estudo e respectivos processos e fontes de oferta de água, em 2022.....	44
Tabela 12: Tempos médios gastos na lavagem prévia, em máquina, dos veículos.....	46
Tabela 13: Tempo gasto para preencher totalmente o recipiente de 1 L.....	47
Tabela 14: Origem da água e volume consumido mensalmente, por tipo de lavagem, em 2022.....	47
Tabela 15: Volume médio ofertado mensalmente, por tipo de lavagem, em 2022.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 ESCASSEZ DE ÁGUA	14
3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	17
3.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS APLICADAS.....	18
3.2 POTENCIAIS USOS.....	20
3.3 APROVEITAMENTO NA LAVAGEM DE VEÍCULOS	20
3.4 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO.....	22
3.4.1 Área de captação.....	23
3.4.2 Calhas e condutores	23
3.4.3 Grades e telas.....	23
3.4.4 Dispositivos de descarte	24
3.4.5 Qualidade da água, tratamento e monitoramento	24
3.4.6 Armazenamento.....	25
3.4.7 Instalações prediais e sinalização	26
3.4.8 Manutenção	27
4 REUSO DE ÁGUA	28
4.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS APLICADAS.....	29
4.2 POTENCIAIS USOS.....	30
4.3 REUSO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS	31
4.4 SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS	32
4.4.1 Grau de tratamento requerido	33
4.4.2 Reservação e distribuição	33
4.4.3 Desempenho, monitoramento e operação.....	34
5 MATERIAIS E MÉTODOS	35
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1 POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.....	42

6.2 OFERTA DE ÁGUA NA EMPRESA	44
6.3 CONSUMO DE ÁGUA NA LAVAGEM DOS VEÍCULOS DA EMPRESA	45
6.3.1 Lavagem prévia	45
6.3.2 Lavagem de acabamento	46
6.4 BALANÇO HÍDRICO	47
6.5 O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DA EMPRESA	49
6.6 O SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS DA EMPRESA	57
6.7 IMPACTO DOS SISTEMAS E ANÁLISE DO DESEMPENHO.....	62
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERÊNCIAS	68
ANEXOS	75
ANEXO A – Excerto da planta de implantação da empresa em estudo.....	75
ANEXO B – Instalações hidráulicas – drenagem de águas pluviais – bloco de manutenção/ administrativo	76
APÊNDICES	77
APÊNDICE A – Dados pluviométricos diários coletados na estação 360000, entre 2009 e 2018	77
APÊNDICE B – Perfil esquemático dos sistemas de águas destinadas à lavagem de veículos na empresa	78
APÊNDICE C – Planilha dos tempos de lavagem em máquina automática, por tipo de veículo	79

1 INTRODUÇÃO

A água, segundo Hespanhol (2002), é um bem fundamental para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. O crescimento populacional, associado com a crescente industrialização, ocasiona o aumento da demanda de água doce e denota um desafio para a garantia do abastecimento de água potável (GHISI, 2006).

Uma das estratégias propostas para melhor utilização de tal recurso é o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis. A região norte do país possui altos índices pluviométricos, mas o aproveitamento da água de chuva não é culturalmente pregado (MALQUI, 2008 apud FREITAS *et al.*, 2011). A água de chuva, simplesmente captada, não atende aos requisitos mínimos de potabilidade para consumo humano (ROCHA *et al.*, 2011), no entanto, conforme a NBR 15527 (ABNT, 2019a), ela pode ser utilizada para fins menos nobres, como é o caso do uso para a descarga em bacias sanitárias e mictórios, para irrigação (relacionada a fins paisagísticos) e para lavagem de pisos e de veículos.

A lei municipal nº1.192, de 31 de dezembro de 2007, conhecida como “lei do PRO-águas”, incentiva a captação e o aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis como fonte alternativa de abastecimento (MANAUS, 2007). É ilógico, sabendo que a água doce é um recurso escasso, utilizar sua modalidade potável para fins divergentes desse (TOMAZ, 2010).

Medeiros *et al.* (2015) afirmam que existem empreendimentos que demandam um volume expressivo de água, como é o caso dos que necessitam fazer a lavagem dos veículos da frota rotineiramente. Para veículos de maior porte, o Conselho Nacional de Trânsito (CNT, 2017a) indica que são consumidos cerca de 212, 4 L de água por veículo lavado externamente.

Em Manaus, a empresa Via Verde Coletivos dispõe de um sistema de captação de águas pluviais, sendo a água captada usada para lavar 100% da frota de 231 veículos. Em virtude do aproveitamento da água da chuva são poupados aproximadamente 60 mil litros de água mensalmente (SINETRAM, 2019).

Dessa forma, considera-se fundamental caracterizar, avaliar e evidenciar ações já existentes voltadas para o uso dos recursos hídricos, analisando criticamente as soluções adotadas, visando principalmente divulgar e incentivar boas práticas, destacando as múltiplas economias geradas, para que mais pessoas ou empresas também as apliquem, coadunando assim, o uso consciente dos recursos hídricos disponíveis com a economia monetária e com benefícios gerados para a sociedade.

Nesse sentido, foi elaborado o presente trabalho, no período de outubro de 2022 a fevereiro de 2023, no âmbito do curso de graduação em Engenharia Civil da autora, na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), campus de Manaus-Am, com o objetivo geral de

contribuir para ampliar o conhecimento sobre sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água, especialmente na realidade do município de Manaus, capital do Amazonas. Mais especificamente, buscou-se realizar:

- a) a caracterização da demanda, da oferta e do consumo de água numa empresa de fretamento de veículos, situada em Manaus-Am;
- b) a caracterização dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água, instalados nessa empresa;
- c) a análise desses sistemas, à luz da legislação, das normas técnicas e literatura pertinentes; e,
- d) a identificação dos principais aspectos decorrentes da implantação e do funcionamento desses sistemas.

2 ESCASSEZ DE ÁGUA

Estima-se, segundo Tomaz (2010), que na Terra existem aproximadamente 1.386 bilhões de km³ de água, no entanto, Augusto *et al.* (2012) consideram que apenas 2,5% da água do planeta é doce e desse percentual somente 0,3% se encontra em mananciais superficiais, estando cerca de 70% em geleiras.

Ghisi (2006) ensina que o crescimento populacional, associado com a crescente industrialização, ocasiona o aumento da demanda de água doce e denota um desafio para a garantia do abastecimento de água potável. Para 2050, segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (UNESCO, 2015), estima-se um aumento de 55% na demanda mundial de água, tal aumento ocasionaria maior escassez e competição por esse recurso.

Tomaz (2010) afirma que além do aumento da demanda, outro agravante da escassez hídrica é a distribuição geográfica desse recurso de forma irregular, pois o Brasil concentra cerca de 12% da água doce do planeta, porém a região norte, menos populosa, detém 68,5% da disponibilidade de água doce, enquanto a região sudeste, mais populosa, compreende apenas 6% da disponibilidade hídrica nacional (TOMAZ, 2010), conforme os dados populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição populacional por região do Brasil, estimativa para 2021.

REGIÃO DO PAÍS	POPULAÇÃO	
	(hab)	(%)
Norte	18.906.962	8,86
Nordeste	57.667.842	27,03
Centro-oeste	16.707.336	7,83
Sudeste	89.632.912	42,02
Sul	30.402.587	14,25

Fonte: IBGE, 2021.

A crise hídrica, conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2022), também se relaciona com a desigualdade social pois, em países do Continente Africano a média do consumo *per capita* varia de 10 a 15 L/dia, enquanto em Nova York uma pessoa consome até 2.000 L/dia.

May (2004) atesta que não só o uso de água potável para fins para o qual ela não é a estritamente indicada, mas também o desperdício dela durante o transporte na rede de distribuição, são fatores que agravam o problema da escassez hídrica e revelam uma má gestão de tal recurso.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Diagnóstico Temático dos Serviços de Água e Esgoto (BRASIL, 2021) informa que o índice de perdas na distribuição de água no Brasil é de 40,3%, considerando-se tanto as perdas aparentes – aquelas provocadas por subfaturamento ou ligações clandestinas, quanto as perdas reais – aquelas causadas por vazamentos na infraestrutura dos pontos de distribuição.

A região norte do Brasil é a que possui o maior índice de perdas de água em sistemas de abastecimento, alcançando 51,2%, conforme mostrado na Figura 1, enquanto, no panorama estadual, o índice de perdas médio do Amazonas sobe para 53%, ou seja, mais da metade da água fornecida se perde durante a distribuição (BRASIL, 2021).

Figura 1: Índice de perdas de distribuição de água, por região do Brasil



Fonte: Adaptado de Brasil, 2021.

Observa-se grande disparidade entre índices de perda de água, comparando-se o desempenho de sistemas de abastecimento das cidades brasileiras e estrangeiras, o índice de perda de água médio das cidades brasileiras é de 36,6% enquanto em cidades de países como Alemanha e Japão é de apenas 11% (ABES, 2013).

May (2004) afirma que a má gestão, o desmatamento, a poluição das nascentes e a irregularidade do suprimento pioram a escassez de água, sendo o uso racional de água potável uma necessidade para que tal recurso não se esgote e, nesse sentido, o Brasil se encontra em descompasso, pois aproximadamente um terço do total da água potável consumida é utilizada na descarga das bacias sanitárias (PURA-USP, 2011).

O Programa de Uso Racional da Água (PURA) da Universidade de São Paulo (USP) sugere algumas atitudes que auxiliam na racionalização do uso de água, tais como: manter as torneiras fechadas quando não estão em uso, usar mangueira com gatilhos para realização de

limpeza e definir parâmetros de controle para averiguar periodicamente se estão havendo anomalias de consumo, visto que essas podem ser causadas por equipamentos defeituosos ou vazamentos, sendo a correção do problema a curto prazo uma medida de economia dos recursos hídricos (PURA-USP, 2011).

Levando em conta a situação mundial da disponibilidade hídrica, Hespanhol (2002) propõe a substituição da água potável por águas de qualidade inferior para o atendimento de demandas menos restritivas.

Godskesen *et al.* (2013) afirmam que a utilização da água da chuva pode ajudar a diminuir a dependência da população quanto ao sistema público de abastecimento de água, diminuindo a demanda sobre os mananciais, enquanto, segundo Carvalho (2010), o reuso é, também, uma alternativa para o uso racional de água, pois possibilita a utilização de grandes volumes de água de qualidade inferior à da potável no atendimento de diversas finalidades.

3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

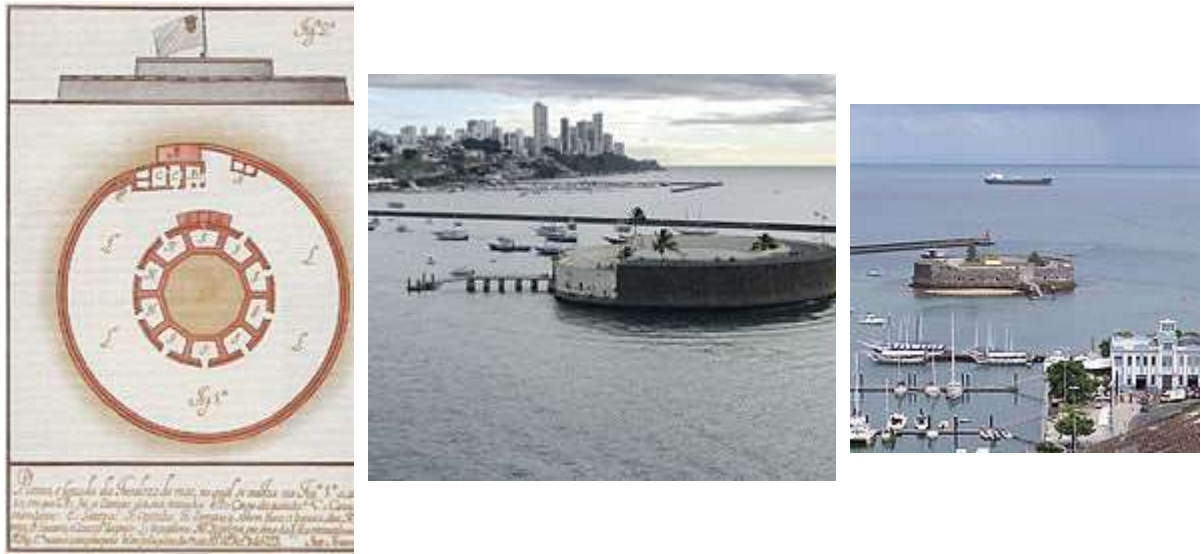
Numa das inscrições mais antigas do mundo, a Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio e datada de 830 a.C, o rei Mesha dos Moabitas sugeria que fosse construída uma cisterna em cada casa, para o aproveitamento de água da chuva (TOMAZ, 1998 apud MAY, 2004). Este e outros exemplos citados por May (2004, p. 40-46) atestam que os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva existem há milhares de anos no mundo.

Tomaz (1998, apud MAY, 2004, p.45) descreve que em 1995, na cidade de Kitakyushu, no Japão, foi construído um edifício de 14 pavimentos que contava com a utilização de água da chuva na descarga das bacias sanitárias, havendo um reservatório enterrado com capacidade de 1 milhão de litros, o qual recebia não só a água da chuva, mas também as águas servidas do próprio edifício, com exceção das relativas à bacia sanitária e às pias de cozinha.

Em cidades da Alemanha, desde 2000, como incentivo ao aproveitamento de água de chuva nas edificações, é cobrada uma taxa àqueles que a descartam no sistema público de esgotamento sanitário (SCHIMDT, 2001), corroborando com a afirmação de May (2004) de que países industrializados trabalham com afinco no incentivo do aproveitamento de água da chuva para fins não-potáveis.

Sabe-se que, o Forte do Mar, atualmente denominado Forte São Marcelo (Figura 2), edificação cuja construção original foi concluída em 1623, em Salvador, capital da Bahia, é totalmente cercado pelo mar, com “[...] área total construída de 2.500 metros quadrados [...]”, cuja estrutura possui “[...] um torreão central com planta em forma circular com as dimensões de 15 metros de altura por 36 metros de diâmetro”, sob o qual foi construída uma cisterna para armazenamento de água de chuva, coletada na cobertura desse forte, conforme relato de viagem de D.Pedro II, em seu diário, em 1859, no qual foi registrado que “Saí às 6 1/2 e fui ao forte de São Marcelo ou do Mar. Custou a atracar e quando a ressaca é forte não se pode fazê-lo. O forte é circular, com um fosso interno em parte ocupado por diversas plantas e um quintalzinho e que separa a muralha do corpo central, igualmente circular, e coberto por abóbada que ajunta água, numa cisterna.” (FORTE São Marcelo, 2021).

Figura 2: Imagens do Forte do Mar, atual Forte São Marcelo



Fonte: FORTE São Marcelo, 2021.

Em contraponto, Guanayem (2001) aponta que, no Brasil, a instalação para aproveitamento de águas pluviais mais antiga foi construída pelo exército norte-americano, em 1943, na ilha de Fernando de Noronha.

Na região norte do Brasil, conforme Moraes (2017), o primeiro sistema de aproveitamento de águas pluviais foi instalado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha, em Manacapuru-Am, em 2006, recebendo a denominação de “PROCHUVA – Água é vida”, no qual 76 famílias receberam um *kit* de calha, tubulação e reservatório.

3.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS APLICADAS

O Decreto Federal N° 24.643 (BRASIL, 1934) estabeleceu o código de águas, constituindo-se em um marco legal na gestão de recursos hídricos no Brasil, no qual destacam-se os seguintes artigos referentes às águas pluviais:

[...] 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. 106. É imprescindível 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 essas águas.

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

O Brasil não possuía uma norma específica que tratasse do aproveitamento de água de chuva até 2007 (HAGEMANN, 2009), ano em que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou norma técnica que abordava a temática do aproveitamento de água da chuva, intitulada “Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos” (ABNT, 2007). Tal norma foi revisada e publicada nova edição em 2019, sob o título “Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos” (ABNT, 2019a).

Ainda em 2019, foram publicadas normas técnicas brasileiras que consideram a água de chuva e a água pluvial como fontes alternativas de água não potável em edificações (ABNT, 2019a, p.1; 2019b, p. 2), definindo ainda que:

- a) **água de chuva** (grifo nosso) é “água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas e telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais”;
- b) **água pluvial** (grifo nosso) é “água resultante de precipitações atmosféricas coletada em pisos e lajes em que haja circulação de pessoas, veículos ou animais”;
- c) água não potável é “água cujas características não estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente”;
- d) água potável é “água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente”; e,
- e) aproveitamento de água é a “utilização, mediante tratamento adequado, da água disponível e ainda não utilizada em processos benéficos”.

Em São Paulo, a Lei 13.276 de 4 de janeiro de 2002 obrigou a construção de reservatórios de retenção de águas de chuva nas edificações que possuíssem área impermeabilizada superior a 500 m², indicando a possibilidade do uso dessa água retida para fins não potáveis (HAGEMANN, 2009).

Curitiba, por meio da Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003, criou o Programa de conservação e uso racional da água nas edificações, incentivando a captação, armazenamento e utilização da água de chuva como fonte alternativa de abastecimento para usos menos restritivos (CURITIBA, 2003).

De forma similar, a Prefeitura de Manaus, por meio da Lei 1.192 de 31 de dezembro de 2007, criou o Programa de tratamento e uso racional das águas nas edificações – PRO-Águas, incentivando à captação e o aproveitamento das águas da chuva em edificações com área impermeabilizada superior a 500 m² (MANAUS, 2007).

No Amazonas, há legislação específica sobre esse assunto: trata-se da Lei nº4.779/2019 que “dispõe sobre a utilização de águas da chuva por meio da implantação de sistema de captação pelos postos de serviços de lava-rápido, no âmbito do Estado do Amazonas, e dá outras providências” (AMAZONAS, 2019, p. 1), a qual tem caráter obrigatório em relação à utilização da água de chuva.

No Brasil, além da legislação que trata do incentivo à utilização de fontes alternativas de abastecimento de água, foi necessário o surgimento de regulamentações pertinentes ao uso seguro das águas obtidas por tais fontes (MAY, 2004).

A Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021, p.1), trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, definindo também que água potável é aquela que atende ao padrão de potabilidade exigido pela legislação e não oferece riscos à saúde, enquanto água para consumo humano é a “água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem”.

3.2 POTENCIAIS USOS

A lei municipal nº1.192, de 31 de dezembro de 2007, conhecida como “Lei do PRO-águas” (MANAUS, 2007, p.1) indica que “a água das chuvas poderá ser captada nas edificações e encaminhada a um reservatório para ser utilizada, após tratamento adequado, em atividades que não requeiram o uso de água potável”, apresentando ainda uma listagem não taxativa de tais atividades, as quais são apresentadas na Tabela 2, juntamente com os usos indicados por legislação de Curitiba (2003) e por norma técnica brasileira (ABNT, 2019a).

3.3 APROVEITAMENTO NA LAVAGEM DE VEÍCULOS

No Brasil, conforme Almeida *et al.* (2010), ainda é pouco veiculado o uso de água da chuva para substituir a água potável na lavagem de veículos e, sobre esse tema, Badotti (2020) afirma que não há uma legislação federal que exija a utilização de águas pluviais em postos comerciais que contem com a lavagem de grande quantidade de veículos.

Tabela 2: Potenciais usos da água de chuva em sistemas de aproveitamento

POTENCIAIS USOS	FONTE		
	LEI 10.785/2003	LEI 1.192/2007	NBR 15527:2019
Combate a incêndio		X	X
Descarga em vasos sanitários		X	X
Irrigação de vegetação, inclusive horta	X	X	
Irrigação para fins paisagísticos		X	X
Lavagem de vidros calçadas e pisos	X	X	
Lavagem de roupa	X	X	
Lavagem de veículos	X	X	X
Recarga de lençol freático		X	
Sistema de resfriamento a água			X
Uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos)			X

Fonte: Adaptado de Curitiba, 2003; Manaus, 2007 e ABNT, 2019a.

Badotti (2020) atesta que mesmo possuindo condições convenientes para a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, como grandes áreas de coberturas e altos índices pluviométricos, muitos postos de lavagem de veículos utilizam somente a rede pública de abastecimento de água, utilizando água potável para um fim menos nobre ao qual ela se enquadra.

Para lavar um carro popular consome-se cerca de 150 L de água, conforme o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2016), enquanto estudo realizado por Medeiros *et al.* (2015) indica que se consome entre 150 e 175 L de água na lavagem de um mesmo veículo. Nesse sentido, há indicação de que, em instalações de lavagem de veículos que utilizam o aproveitamento de águas pluviais é possível reduzir em até 75% o volume de água consumido (SEBRAE, 2016). No que diz respeito a veículos de maior porte, o Conselho Nacional de Trânsito (CNT, 2017a) divulga que em sondagem nacional foi constatado que no ramo de transporte urbano de passageiros o consumo médio para lavagem externa de um ônibus é 212,4 L.

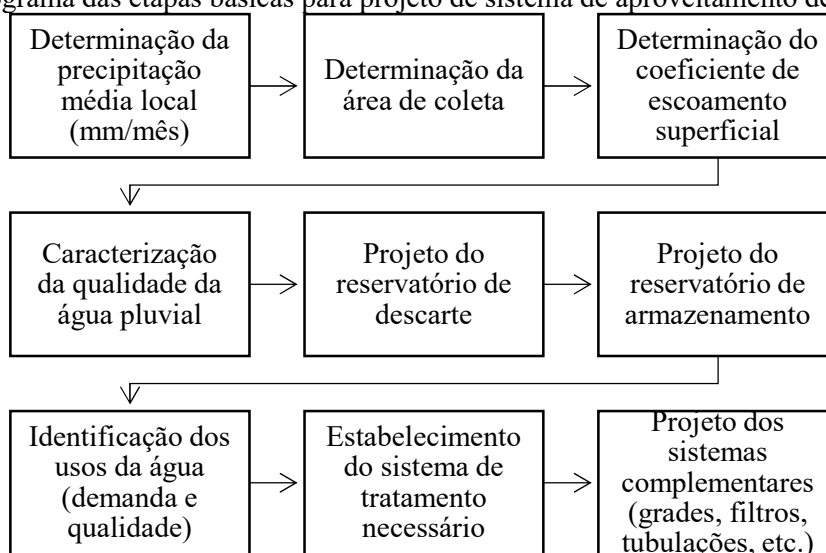
Em Manaus, a empresa Via Verde Coletivos dispõe de um sistema de captação de águas pluviais, sendo a água captada usada para lavar 100% da frota de 231 veículos, gerando uma economia diária estimada em até 60 mil litros (SINETRAM, 2019).

3.4 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO

A depender da finalidade para a qual o sistema de aproveitamento de águas pluviais está sendo projetado, ele pode requerer componentes básicos ou complexos (YOSHINO, 2012).

A Figura 3 apresenta as etapas de um método básico para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água da chuva, que consta no Manual de conservação e reuso da água em edificações (ANA; FIESP & SindusCon-SP, 2005).

Figura 3: Fluxograma das etapas básicas para projeto de sistema de aproveitamento de água da chuva



Fonte: Adaptado de ANA; FIESP & SindusCon-SP, 2005.

Conforme a qualidade da água de chuva coletada e o uso para o qual ela é demandada os sistemas podem contar com dispositivos de tratamento, tais como os que promovem a filtração e a desinfecção (HAGEMANN, 2009).

Independentemente do uso ao qual destinar-se-á a água de chuva aproveitada, Hagemann (2009) afirma que alguns componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva são sempre recomendados e/ou necessários, sendo eles:

- a) área de captação;
- b) calhas e condutores;
- c) filtros ou grades para remoção dos materiais grosseiros;
- d) dispositivos de descarte da primeira chuva; e,
- e) reservatório de armazenamento de água de chuva.

3.4.1 Área de captação

A área de captação, definida em norma técnica brasileira como área de contribuição, é a “soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação” (ABNT, 1989, p. 2), enquanto Hagemann (2009) afirma que as áreas de captação se traduzem nos telhados ou regiões impermeáveis do solo, como estacionamentos, passeios e pátios, sendo preferível a coleta feita a partir dos telhados, visto que geralmente a água coletada apresenta maior qualidade, já que neles não há a influência direta do tráfego de pessoas e veículos.

O Texas Water Development Board (2005) indica que o uso de telhados metálicos diminui as perdas de água, aumentando a quantidade coletada quando comparado à captação feita utilizando telhados de material cerâmico. Corroborando esse pensamento, Hagemann (2009) sugere a utilização de uma camada de tinta, que não libere substâncias tóxicas ao entrar em contato com água, para tornar os telhados cerâmicos menos porosos, ensinando ainda que a qualidade e a quantidade de água captada em coberturas podem variar dependendo do material aplicado na construção dessas.

3.4.2 Calhas e condutores

As calhas, conforme a NBR 10884 (ABNT, 1989), são os canais responsáveis pelo recolhimento da água das coberturas, terraços e similares e pela condução até um ponto específico. Essa norma define ainda os condutores horizontais e verticais, aqueles são tubulações horizontais destinadas a recolher e conduzir águas de chuva até os locais permitidos pelos dispositivos legais, enquanto estes são tubulações verticais destinadas a recolher as águas das calhas, coberturas, terraços e similares, além de conduzi-las para a parte inferior do edifício.

Complementando o disposto pela NBR 10884 (ABNT, 1989), a NBR 15527 (ABNT, 2019a) recomenda que seja dada atenção especial à vazão de projeto e à intensidade pluviométrica no dimensionamento das calhas e condutores, além de recomendar que o período de retorno seja de no mínimo 25 anos.

3.4.3 Grades e telas

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) indica que a água de chuva deve passar por um tratamento prévio à reservação. Ela sugere a instalação de dispositivos como grades e telas, que objetivam a remoção de sólidos indesejáveis.

As grades e telas podem ser produzidas em arame, nylon, policloreto de vinila (PVC) e aço galvanizado, devendo a escolha do material ser condicionada a características específicas

do empreendimento, tais como o tipo, o tamanho e a proximidade de árvores (WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

3.4.4 Dispositivos de descarte

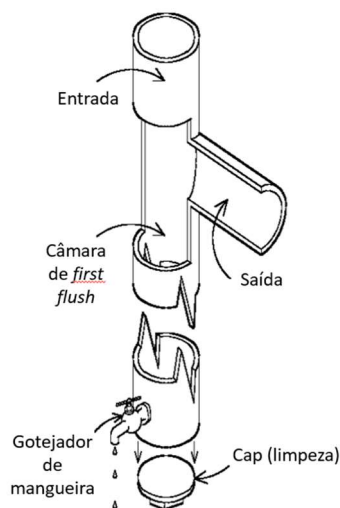
Os dispositivos de descarte da primeira chuva são de suma importância no sistema de aproveitamento de água de chuva, visto que têm a finalidade de impedir que a primeira água que entra em contato com a área de captação, possivelmente carregando impurezas, contamine os reservatórios (MORAIS, 2017).

Tomaz (2010) ensina que quando a água precipita sobre o telhado ela carrega consigo poeira, fezes de passarinho, folhas e detritos, à essa primeira parcela de água que carrega esses materiais se pode dar o nome de *first flush* ou escoamento inicial.

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) recomenda o descarte desse escoamento inicial, indicando que o volume a ser descartado deve ser dimensionado pelo projetista, mas que na falta de dados se pode adotar 2 mm, a norma técnica brasileira afirma ainda que, preferencialmente, tal dispositivo seja automático.

Hagemann (2009) conclui que existem variadas técnicas que podem ser utilizadas para o descarte do escoamento inicial e, na Figura 4 consta um tipo de dispositivo para tal finalidade.

Figura 4: Dispositivo simples de descarte do escoamento inicial



Fonte: Adaptado de Texas Water Development Board, 2005.

3.4.5 Qualidade da água, tratamento e monitoramento

Gould e Nissen-Petersen (1999) afirmam que nenhuma água proveniente de fonte alternativa de abastecimento é completamente segura, recomendando-se sempre um determinado grau de tratamento para que ela possa ser aproveitada.

Norma técnica brasileira (ABNT, 2019a) aborda os parâmetros mínimos de qualidade exigidos para a água aproveitada a partir da chuva (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200 / 100 mL
Turbidez	< 5,0 µT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: ABNT, 2019a.

Para garantir o parâmetro de qualidade indicado pela norma técnica brasileira (ABNT, 2019a), a água não potável deverá ser enviada para análises laboratoriais, devendo ser coletada na saída do reservatório de distribuição, ou, na ausência desse, após o tratamento. Tais análises devem ser feitas periodicamente, sendo recomendada, pela citada norma, frequência mínima semestral para o monitoramento do sistema.

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) indica que quando os dispositivos de pré-tratamento – grades, telas e dispositivo de descarte da água de escoamento inicial – não forem suficientes para que se alcance os parâmetros de qualidade mínimos requeridos, deve-se aderir a um tratamento adicional que consiga, por meio de soluções físicas e químicas e em função do uso final da água, conferir a qualidade necessária.

May (2004) ressalta que se deve atentar à qualidade da água proveniente de sistemas de aproveitamento de água de chuva, regulando a qualidade requerida ao potencial uso da água. Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta os tratamentos necessários às águas de fontes alternativas conforme o uso requerido.

Tabela 4: Usos requeridos e respectivos tratamentos necessários

USO REQUERIDO PELA ÁGUA	TRATAMENTO NECESSÁRIO
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavagem de roupas e lavagem de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato humano com água
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: *Group Raindrops*, 1995 apud PROSAB, 2006.

3.4.6 Armazenamento

Os reservatórios, segundo Hagemann (2009), possuem a função de armazenar a água da chuva captada, são os componentes com maior custo monetário do sistema e, por isso, requerem bastante planejamento para que não inviabilizem economicamente o aproveitamento de água

de chuva. Nesse sentido, a NBR 15527 (ABNT, 2019a, p.6) recomenda que esses elementos sejam dimensionados com base em “critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia”.

Norma técnica brasileira (ABNT, 2019a) indica que o volume dos reservatórios deve ser dimensionado baseando-se na área de captação, no regime pluviométrico e na demanda não potável a ser atendida, ensina ainda que esses devem possuir:

- a) extravasor;
- b) dispositivo de esgotamento;
- c) inspeção; e,
- d) ventilação.

O Manual de conservação e reuso de água em edificações (ANA; FIESP & SindusCon-SP, 2005), em conformidade com o disposto pela NBR 15527 (ABNT, 2019a), traz uma série de recomendações, dentre as quais:

- a) proteger a água do interior dos reservatórios da luz solar, buscando evitar a proliferação de algas e microrganismos;
- b) adotar gradeamento ou telamento na extremidade do extravasor, com a finalidade de evitar a entrada de pequenos animais;
- c) prever o abastecimento dos reservatórios também por fonte de água potável, atentando para a não ocorrência de conexão cruzada – ligação física entre tubulação de água potável e tubulação de água não potável ou de qualidade desconhecida; e,
- d) identificar as tubulações de coleta e distribuição de águas pluviais com cor diferente, buscando evitar o uso de água não potável para fins potáveis.

A norma técnica brasileira (ABNT, 2019a) indica também que a retirada da água do reservatório ocorra próxima a superfície, recomendando que seja realizada em torno de 15 cm abaixo do nível da água, além disso, informa que o volume não aproveitável da água de chuva pode ser direcionado para as galerias de águas pluviais ou infiltrado.

3.4.7 Instalações prediais e sinalização

A NBR 15527 (ABNT, 2019a, p.6) determina que, para os sistemas de aproveitamento de água de chuva, seja atendida a NBR 5626 (ABNT, 2020) em relação “às recomendações dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações, controle de ruídos e vibrações”, nesse contexto, o sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável.

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) complementa indicando que caso os reservatórios do sistema de aproveitamento de água da chuva sejam locados lado a lado com os de água potável, deve-se resguardar uma distância mínima de 60 cm entre eles e, caso estejam um sobre o outro, o relativo à água não potável deve estar abaixo do de água potável.

Quanto à sinalização, a primeira versão da NBR 15527 (ABNT, 2007) já fazia referência à clara diferenciação das tubulações de instalações prediais relativas ao sistema de aproveitamento de água da chuva em relação às de água potável.

A versão mais atual da NBR 15527 (ABNT, 2019a, p.6) reforça essa importância destacando ainda que “a tubulação pode ser, ou receber pintura, de cor roxa [...] e/ou possuir identificação gráfica por meio de fitas contínuas para as tubulações embutidas e recobertas ou adesivadas a cada 3 m informando “ÁGUA NÃO POTÁVEL” para as tubulações aparentes”.

3.4.8 Manutenção

Norma técnica brasileira (ABNT, 2019a) indica que todos os componentes do sistema devem receber manutenções e inspeções periódicas. Corroborando essa afirmação, Hagemann (2009) afirma que a manutenção dos elementos que compõem o sistema de aproveitamento de água de chuva é importante e deve ser realizada regularmente, visto que essa ação é capaz de evitar a contaminação da água e garantir o bom funcionamento das instalações prediais do sistema de abastecimento de água não potável.

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) indica a frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva (Tabela 5).

Tabela 5: Frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva

COMPONENTES DO SISTEMA	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral e limpeza quando constatada a necessidade
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual e limpeza quando constatada a necessidade

Fonte: Adaptado de ABNT, 2019a.

4 REUSO DE ÁGUA

Brega Filho e Mancuso (2003) afirmam que há bastante informação relativa à definição do termo “reuso de água”, no entanto, as fontes apresentam discrepâncias, dificultado o entendimento dessa prática. Assim sendo, norma técnica brasileira (ABNT, 2019b) define o reuso de água como a reutilização, mediante tratamento adequado, da água previamente utilizada, enquanto, Lavrador Filho (1987) define o reuso de água como o aproveitamento de águas previamente utilizadas, sem explicitar a necessidade de tratamento.

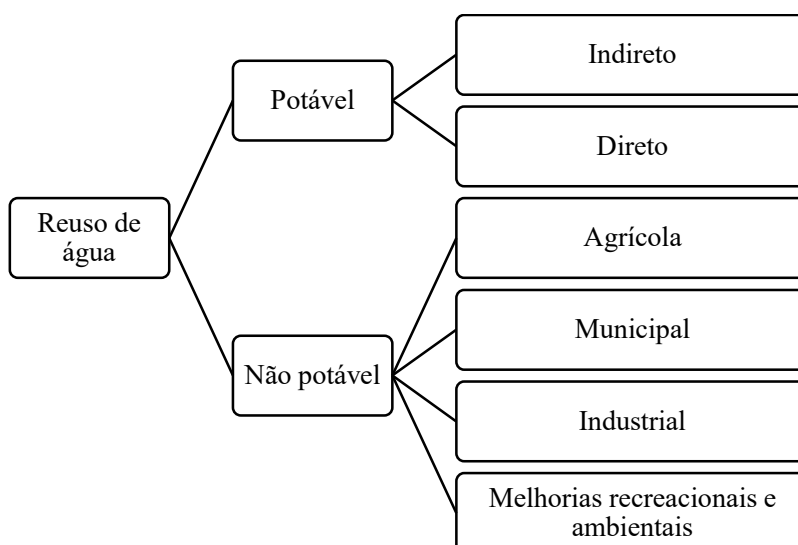
De forma mais específica, a NBR 13969 (ABNT, 1997, p. 3), define reuso local de esgoto tratado como: “utilização local do esgoto tratado para diversas finalidades, exceto para o consumo humano”.

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 1973, p.11) explica que o reuso pode se dar de formas distintas, sendo elas:

- a) **reuso indireto** (grifo nosso): “ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída”;
- b) **reuso direto** (grifo nosso): “é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável”; e,
- c) **reciclagem interna** (grifo nosso): “é o reuso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição”.

Por outro lado, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) tipifica o reuso de água em potável e não potável (ABES, 2015), subdividindo ainda tais tipos conforme o ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Classificação das águas de reuso, conforme a ABES



Fonte: Adaptado de ABES, 2015.

4.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS APLICADAS

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2022) afirma que no Brasil ainda não há legislação específica para água de reuso que garanta a qualidade sanitária a nível físico-químico-biológico para as diversas possibilidades de destinação. Coadunando essa afirmação, Oliveira *et al.* (2007) constatam que no Brasil não há uma norma que aborde especificamente sistemas prediais de reuso de água, apesar de haver a NBR 13969 (ABNT, 1997), que evidencia aspectos básicos a serem considerados na concepção desses sistemas, os quais são:

- a) definição dos usos pretendidos para o efluente tratado;
- b) estimativa do volume de esgoto que será reutilizado;
- c) definição do nível de tratamento requerido;
- d) dimensionamento dos sistemas de reservação e distribuição; e,
- e) elaboração de um manual de operação, além de aplicação de treinamento aos responsáveis por tal atividade.

Existe uma grande tendência para a criação de uma legislação nacional e parâmetros para utilização da água de reuso, visto que a Lei N° 14.026/2020, a qual atualiza o marco legal do saneamento básico, autoriza que a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) edite normas de referência (CEBDS, 2022).

Em relação ao arcabouço geral já existente sobre o tema, a Resolução CNRH n° 54/2005 (BRASIL, 2005) objetiva estabelecer modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática do reuso direto não potável, não dispendo sobre os padrões de qualidade requeridos para os diferentes usos. Adicionalmente, a Resolução CNRH n° 121/2010 (BRASIL, 2010) estabelece critérios para o reuso agrícola e florestal, não regulando, também, a respeito da qualidade da água de reuso.

Na visão do CEBDS (2022), tais resoluções ainda não possuem a força suficiente para orientar e estabelecer um alinhamento para sistematizar o reuso da água no Brasil.

O SEBRAE (2016) aponta que existem regulamentações voltadas especificamente para os locais nos quais ocorre a lavagem de uma grande quantidade de veículos, buscando a adoção de sistemas mais sustentáveis.

A Lei estadual n° 6034/2011 “dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais, localizados no Estado do Rio de Janeiro, a instalem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos” (RIO DE JANEIRO, 2011, p.1).

A Lei municipal nº 16.160/2015 “cria o programa de reuso de água em postos de serviço e abastecimento de veículos e lava-rápidos no Município de São Paulo, e dá outras providências” (SÃO PAULO, 2015, p.1).

Em relação às legislações estaduais e/ou municipais, não há um consenso nacional em relação aos padrões de qualidade para as diferentes modalidades de uso da água de reuso, fato que consoante o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (2022) se traduz em um obstáculo para a prática segura e responsável do reuso.

Apesar de não constituir norma ou legislação, o Manual de conservação e reuso de água em edificações (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005) preconiza algumas características pertinentes à água de reuso utilizada na lavagem de veículos, dentre as quais:

- a) não possuir mau-cheiro, ser abrasiva ou manchar superfícies;
- b) não conter sais ou substâncias remanescentes após secagem e;
- c) não propiciar infecções ou contaminação por meio de vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

4.2 POTENCIAIS USOS

A NBR 13969 (ABNT, 1997, p.22) contempla fins não potáveis que o esgoto pode assumir de forma sanitariamente segura. Ela divide as águas de reuso em quatro classes, estipulando os respectivos usos, sejam elas:

- a) classe 1: “**lavagem de carros** e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes [...] (grifo nosso)”;
- b) classe 2: “lavagens de pisos, calçadas, irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes [...]”;
- c) classe 3: “reuso nas descargas dos vasos sanitários [...]”; e
- d) classe 4: “reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual [...]”.

Autores como Crook (1996) e Hespanhol (2002) também expõem em seus trabalhos potenciais usos para a água de reuso, os quais são apresentadas na Tabela 6, juntamente com os usos indicados pela norma técnica brasileira (ABNT, 1997).

Tabela 6: Potenciais usos para a água de reuso

POTENCIAIS USOS	FONTES		
	CROOK, 1996	NBR 13969: 1997	HESPANHOL, 2002
Combate ao fogo	X		X
Descarga em bacias sanitárias	X	X	X
Industrial	X	X	X
Irrigação na agricultura	X		
Irrigação paisagística	X	X	X
Lavagem de calçadas e ruas	X	X	
Lavagem de veículos	X	X	X
Recarga de aquíferos	X		X

Fonte: Adaptado de Crook, 1996; ABNT, 1997; Hespagnol, 1999.

4.3 REUSO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS

A lavagem de veículos com água de reuso possui destaque em países como Estados Unidos e Japão, neles existe legislação específica voltada para esse uso potencial, de forma que se obriguem os postos de lavagem a possuírem equipamentos que promovam a recirculação da água utilizada (LEITÃO, 1999).

O SEBRAE (2016) expõe depoimentos de empreendedores do ramo de “lava-rápido” que implementaram o sistema de reuso de águas em detrimento do uso de poço tubular ou abastecimento via rede pública. Em um desses depoimentos, Frank Lopes afirma que gasta entre 20 e 25 L de água potável para lavar um veículo, dessa forma, consegue com a mesma quantidade de água que seria utilizada para lavar um automóvel, lavar até 50.

O Conselho Nacional de Trânsito (CNT, 2017a) divulga que em sondagem nacional foi constatado que somente 7% das garagens de ônibus (transporte urbano e rodoviário) utilizam o reuso como fonte alternativa de abastecimento para a lavagem dos veículos da frota, indicando que em geral são adotados sistemas que priorizam a retirada de óleos, graxas e sólidos em suspensão, por meio de processos físicos.

O Manual CNT de gestão hídrica (CNT, 2017b) informa que para a implementação de sistema de reuso de água para lavagem de veículos deve-se inicialmente compreender qual o efluente gerado por essa atividade, para a partir disso escolher uma opção adequada de

tratamento, de forma a possibilitar que se alcance a qualidade requerida. Além disso, há que se acompanhar o sistema em operação, com o fito de se verificar se o sistema atinge o desempenho esperado.

Teixeira (2003) afirma que o reuso da água na lavagem de veículos possui diversos benefícios, tais como: a minimização da descarga nos corpos receptores, a minimização da carga de poluentes tóxicos na rede de esgoto e a economia de água e de energia elétrica. No entanto, o autor também aborda os principais problemas que podem decorrer de um sistema de reuso de água para lavagem de veículos, dentre os quais estão:

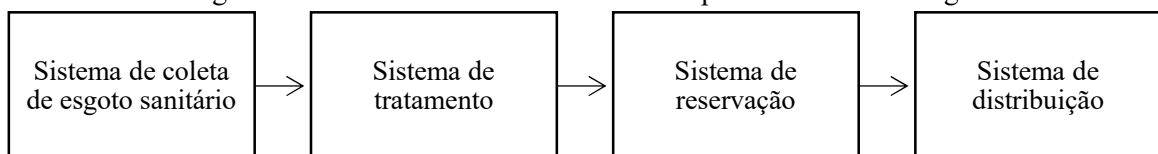
- a) necessidade potencial da ocupação de uma área expressiva para a instalação do sistema de reuso de água;
- b) geração de mau cheiro causado pela proliferação de microrganismos nas águas reservadas;
- c) geração de lodo;
- d) custo de implantação, sugerindo-se estudar a viabilidade do sistema para retorno do investimento a curto prazo; e,
- e) operação e manutenção que podem ser complexas, dependendo do tipo de tecnologia escolhida para o tratamento dos efluentes.

4.4 SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS

Dependendo do fim a que se destinará a água de reuso, conforme Mancuso (2003), tecnologias mais ou menos complexas deverão ser utilizadas. Tais tecnologias se traduzem em arranjos lógicos de processos sequenciais e operações individuais adequados à qualidade requerida da água.

Os sistemas de reuso de água são constituídos de uma série de sistemas menores (Figura 6), conforme Oliveira *et al.* (2007).

Figura 6: Sistemas constituintes do sistema predial de reuso de água



Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.*, 2007.

O sistema predial de reuso se inicia pela coleta do esgoto, descartando-se os efluentes com maior concentração de poluentes. O efluente não descartado segue para o tratamento – o qual deverá ser adequado ao fim para o qual a água de reuso será utilizada, após essa etapa a

água residuária tratada pode ser encaminhada para a reservação e posterior distribuição (Oliveira *et al.*, 2003).

4.4.1 Grau de tratamento requerido

Blum (2003) afirma que conceituar qualidade inerentemente envolve o uso do bem, dessa forma, necessita-se conhecer o potencial uso para discriminar o padrão de qualidade requerido, o qual para as águas de reuso, conforme norma técnica brasileira (ABNT, 1997), pode ser definido de forma progressiva a depender da classe à que se destina (Tabela 7).

Tabela 7: Padrões de qualidade da água de reuso em função das classes

PARÂMETRO	CLASSE DE REUSO			
	1	2	3	4
Cloro Residual (mg/L)	0,5 a 1,5	> 0,5	-	-
Coliformes Termotolerantes (NP/100mL)	200	500	500	5000
pH	6,0 a 8,0	-	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	200	-	-	-
Turbidez (UNT)	5	5	10	-

Fonte: ABNT, 1997.

Ressalta-se que para a classe 1, na qual se enquadra a lavagem de veículos, são normalmente necessários tratamentos aeróbios, seguidos de filtração convencional e cloração, visto que para esse uso há a possibilidade de inalação de aerossóis por parte do operador (ABNT, 1997).

4.4.2 Reservação e distribuição

O sistema de reuso e de distribuição de água deve ser identificado de forma clara para que, segundo norma técnica brasileira (ABNT, 1997), não ocorra uso indevido ou mistura de água potável e água de reuso. Tais identificações podem ser realizadas por meio de placas de advertência em locais estratégicos e torneiras, além da adoção de cores distintas tanto na tubulação quanto nos reservatórios concernentes ao reuso.

A NBR 13969 (ABNT, 1997) também indica que o sistema de reuso deve ser dimensionado para atender o mínimo de 2 horas de uso de água, considerando o momento de maior demanda da edificação ao longo do dia.

4.4.3 Desempenho, monitoramento e operação

Graça e Gonçalves (1985) afirmam que verificar o desempenho de um sistema é equivalente a avaliar os princípios e comportamentos dele em relação a um problema maior, ou seja, deve-se avaliar o desempenho dos sistemas ponderando o atendimento das necessidades do usuário.

Oliveira *et al.* (2003) define requisitos básicos para estudar o desempenho de sistemas prediais de reuso de água, dentre os quais tem-se:

- a) possuir reservação dimensionada de forma a suprir a demanda de água de reuso nos pontos previstos;
- b) fornecer a água na qualidade requerida ao uso previsto;
- c) ser de fácil operação, manutenção e monitoramento;
- d) não proporcionar retorno de odores; e,
- e) estar identificado, evitando o uso inadequado da água de reuso;

Em relação ao monitoramento, norma técnica brasileira (1997) ressalta que ele deve se dar continuamente, com atenção especial ao início de operação do sistema, período no qual se deve realizar o monitoramento pelo menos a cada quinzena até que o sistema entre em regime de equilíbrio – atinja três resultados consecutivos de avaliação da qualidade da água constantes ou progressivamente melhores – e após o qual, deve-se continuar monitorando o sistema a cada trimestre, no mínimo.

Quanto a operação do sistema, a NBR 13969 (ABNT, 1997, p.22) indica que o projetista do sistema de reuso de água deve “fornecer manuais do sistema de reuso, contendo figuras e especificações técnicas quanto ao sistema de tratamento, reservação e distribuição, procedimentos para operação correta, além de treinamento adequado aos responsáveis pela operação”.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

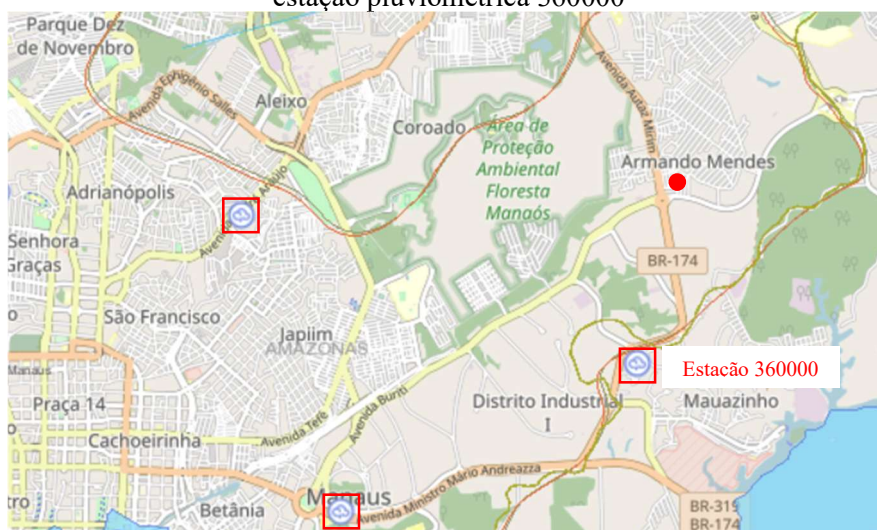
O presente trabalho foi elaborado no período de outubro de 2022 a fevereiro de 2023, com foco nos sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água implantados em empresa de fretamento de veículos situada no bairro Armando Mendes, em Manaus-Am.

A caracterização da empresa e dos sistemas prediais em estudo se deu por meio de levantamentos de dados primários e secundários, obtidos em leitura e estudo de documentação do acervo do empreendimento, bem como por meio de quatro visitas à sede dessa empresa, cada uma com duração média de 3 horas, quando ocorreram:

- a) consultas aos citados acervos;
- b) entrevistas com funcionários e com o diretor da empresa;
- c) medições diversas com trena de 5 m, cronômetro digital e recipientes de volume conhecido;
- d) observações do funcionamento dos sistemas prediais estudados; e,
- e) registro de imagens com câmera de telefone celular da marca Motorola, modelo Moto G60.

Para a estimativa do potencial de captação de água de chuva, expresso como volume de água de chuva possível de ser captado nas coberturas de prédios da empresa, foi necessário estudar a precipitação local, conforme recomendação técnica (ABNT, 2019a), por meio de consulta aos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), para a estação 360000, identificada como a estação pluviométrica mais próxima da sede da empresa em estudo, situada no bairro Armando Mendes, conforme Figura 7.

Figura 7: Mapa da cidade de Manaus, com destaque para estações pluviométricas, em especial a estação pluviométrica 360000



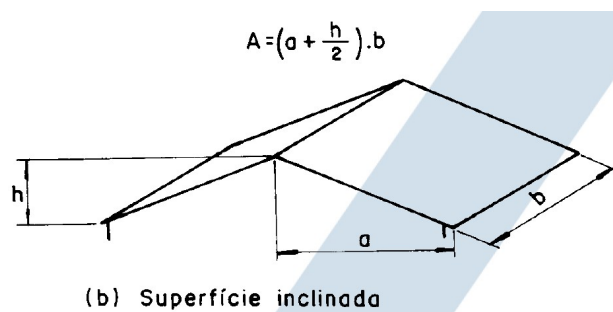
Fonte: Adaptado de BRASIL, [19-- e 20--].

Os dados obtidos por meio do SNIRH (BRASIL, [19-- e 20--]) constam no Apêndice A, numa tabela elaborada com as precipitações mensais de 2009 a 2018, visto que, na base de dados consultada, foram encontrados registros até junho de 2019. Tais dados permitiram calcular a precipitação média mensal, referente a cada ano do período 2009 a 2018, por meio de média aritmética simples, utilizando-se a equação 1, na qual $P_{méd}$ é a precipitação média mensal (em mm/mês) de determinado ano; P_n é a precipitação mensal (mm), cujo somatório foi calculado para todos os meses em que ocorreram registros num determinado ano, e n é a quantidade total de meses com registros em cada ano.

$$P_{méd} = \frac{\sum_{n=1}^n P_n}{n} \quad (\text{Eq. 01})$$

O potencial de captação de água da chuva foi obtido a partir do cálculo da área de contribuição, considerando os incrementos devidos à inclinação da cobertura, conforme recomendação normativa (ABNT,1989), segundo mostra a equação na Figura 8.

Figura 8: Indicação para cálculo da área de contribuição, superfície inclinada



Fonte: ABNT, 1989.

Dessa forma, obteve-se o potencial de captação de água da chuva mensal (P), em $m^3/mês$, por meio da Equação 2, adaptada de PINTO *et al.* (1976), cujas variáveis foram definidas em m^2 , para a área de contribuição (A), em mm, para a precipitação média mensal ($P_{méd}$) e na qual o coeficiente de *runoff* (C) foi considerado igual a 1.

$$P = A * \frac{P_{méd}}{1000} * C \quad (\text{Eq. 02})$$

Quanto à oferta de água na empresa, as fontes foram conhecidas por meio de entrevista junto aos funcionários responsáveis pela área de manutenção e junto ao diretor geral, além de vistorias realizadas *in loco* e consulta ao memorial descritivo hidrossanitário da edificação comercial, disponibilizado no acervo técnico da empresa.

No tocante ao consumo de água na lavagem dos veículos, inicialmente, resolveu-se separar os consumos relativo à máquina de lavagem prévia em máquina automática (Figura 9) e relativo à água utilizada para a lavagem manual de acabamento dos veículos (Figura 10),

proveniente de poço tubular e utilizada a partir de uma mangueira ligada a uma torneira de jardim.

Figura 9: Lavagem prévia em máquina automática



Fonte: a autora.

Figura 10: Lavagem manual de acabamento



Fonte: a autora.

O consumo de água utilizada na lavagem prévia dos veículos foi estimado a partir da frota de veículos, vazões proporcionada pela máquina de lavagem automática e da extremidade da mangueira ligada a torneira de jardim, além do tempo gasto na lavagem dos veículos.

Em relação ao consumo para a lavagem prévia em máquina, em consulta ao acervo da empresa, verificou-se no manual de uso e manutenção da máquina de lavagem automática a vazão requerida por ela. Concernente ao tempo gasto na lavagem dos veículos, esse foi obtido

por meio de observação *in loco*, cronometrando, com cronometro digital, o tempo gasto na lavagem dos veículos conforme o seu tipo (ônibus, micro-ônibus ou van).

Possuindo os dados de vazão da máquina automática em L/h, calculou-se o consumo para a lavagem prévia em máquina a partir da Equação 3, adaptada de Azevedo Netto (1998), para a qual n representa o número de veículos que compõem a frota, Q a vazão requerida pela máquina e t o tempo médio, em segundos, gasto na lavagem de um veículo qualquer.

$$V = \frac{Q * t}{3600} * n \quad (\text{Eq. 03})$$

Em relação ao consumo para lavagem manual de acabamento, para se descobrir a vazão da torneira de jardim, medida no fim da mangueira, abriu-se a torneira ao máximo e mediu-se o tempo gasto para preencher totalmente um recipiente com volume conhecido de 1 L, repetiu-se o processo três vezes e tomou-se como vazão da torneira de jardim na extremidade da mangueira a média das vazões encontradas.

Utilizou-se para o cálculo das vazões na extremidade da mangueira, nas três observações, a Equação 4, adaptada de Azevedo Netto (1998), para a qual Q é a vazão, V é o volume medido e t é o tempo no qual ocorreu cada uma das observações.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{Eq. 04})$$

O consumo para lavagem manual de acabamento foi calculado por meio da Equação 5, adaptada de Azevedo Netto (1998), para a qual Q representa a vazão da torneira de jardim e t o tempo, no qual a torneira fica aberta, o qual, segundo relato dos colaboradores equivale ao intervalo de tempo correspondente ao início da lavagem dos veículos e o fim da lavagem desses, de forma ininterrupta, mesmo que haja intervalos nos quais a água não esteja em efetiva utilização.

$$V = Q * t \quad (\text{Eq. 05})$$

Em relação ao consumo na lavagem prévia em máquina, multiplicou-se o consumo diário encontrado por três, visto que a frota é lavada em sua integralidade três vezes na semana e, em seguida, multiplicou-se o resultado obtido por 4 (adotado como o número médio de semanas em um mês), alcançando-se assim o consumo mensal estimado. Para a lavagem manual de acabamento, utilizou-se o mesmo método, multiplicando-se o consumo diário por 12 (considerando a lavagem integral da frota 3 vezes na semana e uma média de 4 semanas por mês).

Quanto ao balanço hídrico, calculou-se o consumo mensal total de água utilizada na lavagem dos veículos da empresa como a soma dos consumos das lavagens prévia e de

acabamento, comparando-se o valor encontrado com a oferta de água para a lavagem de veículos, tida como a soma dos volumes de água servida proveniente das lavagens prévia (em máquina) e manual de acabamento com o volume de água de chuva captado, todos com referência mensal e assumindo-se o potencial de captação de água para reuso como máximo, ou seja, considerando-se que toda a água utilizada para as lavagens por meio da máquina e utilizada na lavagem manual de acabamento foi captada para o reuso.

A respeito das caracterizações dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água existentes, essas se deram por meio da observação *in loco* do funcionamento desses. Inicialmente, buscou-se pelos projetos relativos aos sistemas, no entanto, encontrou-se apenas o esquema geral de drenagem de água de chuva, por meio do qual comparou-se os condutores verticais que constavam em projeto com os, de fato, executados.

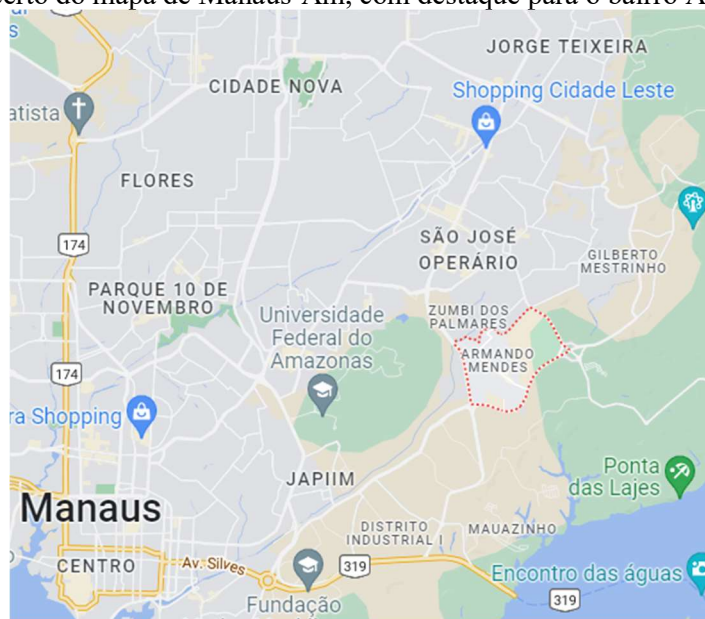
Na falta dos demais projetos, os sistemas foram caracterizados visualmente e por meio de entrevistas com os responsáveis pela manutenção e operação deles. Por esse motivo, alguns elementos do sistema não puderam ser precisamente identificados e, por isso, receberam denominação genérica.

Em relação à análise do desempenho dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água e da identificação dos principais aspectos decorrentes da implantação e funcionamento desses, essas se deram pela observação crítica dos sistemas sob a luz das legislações, normas técnicas pertinentes e recomendações de estudiosos do tema, além dos relatos dos funcionários e do diretor geral da empresa, coletados por meio entrevista.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa em estudo está situada no bairro Armando Mendes (Figura 11), zona leste da cidade de Manaus, capital do Amazonas e atua no transporte rodoviário municipal coletivo de passageiros, sob regime de fretamento, tendo como principal atividade o transporte (ida e volta) de funcionários de algumas empresas situadas no bairro Distrito Industrial, operando, com atendimento ao público, de segunda à sexta-feira, das 08:00h às 17:00h, e aos sábados das 08:00h às 12:00h.

Figura 11: Excerto do mapa de Manaus-Am, com destaque para o bairro Armando Mendes



Fonte: Google Maps, 2022.

No Anexo A, encontra-se um excerto da planta de implantação geral da atual sede da empresa em estudo, utilizada desde meados de 2012, contendo dentre outras edificações:

- a) estacionamentos – para veículos de visitantes, funcionários e da frota da empresa; e,
- b) blocos – administrativo, de manutenção, de abastecimento e de lavagem de veículos.

A maior parte dos estacionamentos não possui cobertura (Figura 12) e, conforme relato da empresa, embora tenham sido projetados para atender a 350 veículos, a frota atual da empresa é composta pelo total de 168 veículos operantes, dos quais 46 são ônibus, 105 são micro-ônibus e 17 são vans, cujos modelos (Figura 13) são:

- a) ônibus: da marca Marcopolo, modelo sênior midi, com capacidade para 49 pessoas sentadas, incluindo o motorista;
- b) micro-ônibus: da marca Marcopolo, modelo V8, com capacidade para 20 passageiros, incluindo auxiliar e motorista; e,
- c) van: da marca Volare, com capacidade para 14 passageiros, incluindo o motorista.

Figura 12: Vista geral dos estacionamentos da empresa em estudo, em 2012



Fonte: acervo da empresa, 2012.

Figura 13: Tipos de ônibus, micro-ônibus e van da empresa em estudo, em 2022

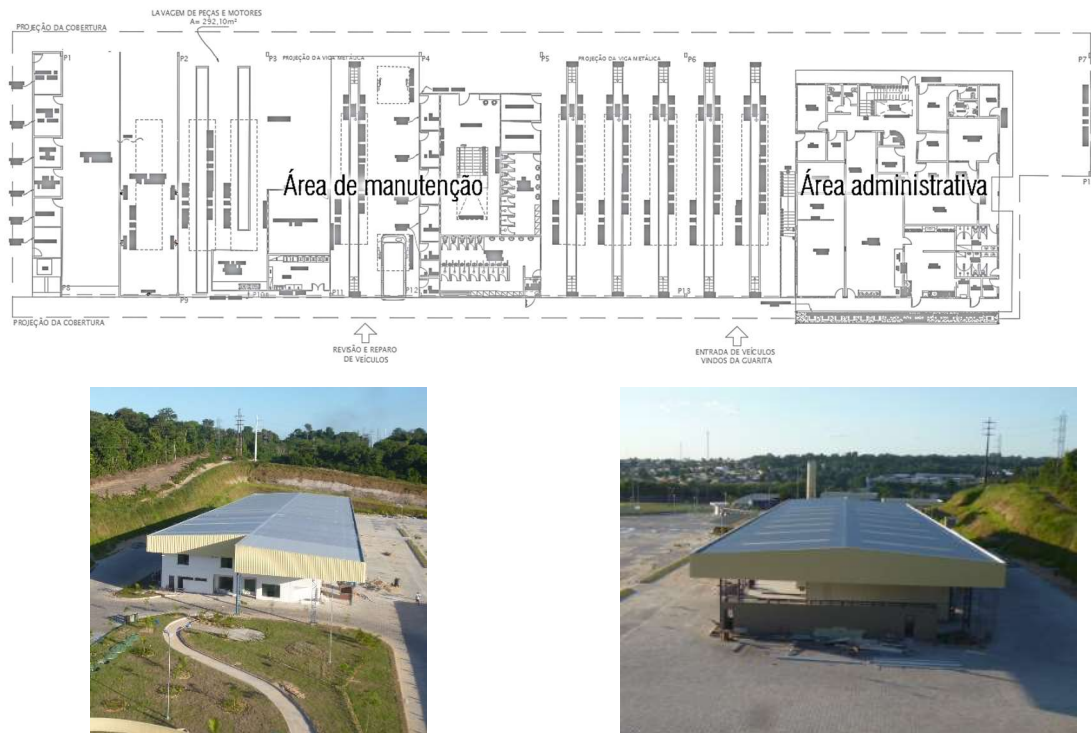


Fonte: a autora.

O bloco administrativo – com dois pavimentos, térreo e superior, e o bloco de manutenção – apenas com pavimento térreo, se encontram alinhados e dispostos sob a mesma cobertura, com dois planos inclinados de telhado, ou duas águas (lados A e B), de comprimentos diferentes, conforme planta (projeção) e imagens apresentadas na Figura 14.

As coberturas dos blocos administrativo e de manutenção, de abastecimento e de lavagem são constituídas por duas águas, com telhas metálicas e transparentes no bloco administrativo e de manutenção e somente telhas metálicas nos demais blocos. Esses telhados possuem inclinação de 8% e a água da chuva é recolhida por calhas metálicas, localizadas nas extremidades dos planos inclinados dessas coberturas, enquanto diversos condutores verticais de 150 milímetros realizam o transporte vertical da água de chuva, a partir do fundo dessas calhas até o pavimento térreo.

Figura 14: Cobertura única dos blocos administrativo e de manutenção: planta e imagens



Fonte: Adaptado de [sem título], 2012 e imagens do acervo da empresa, 2012.

A Tabela 8 mostra as dimensões das mencionadas coberturas – largura, comprimento, área em planta e alturas das respectivas cumeeiras, contadas a partir do plano da extremidade dos pilares, referentes aos blocos administrativo e de manutenção (lados A e B), de abastecimento e de lavagem de veículos.

Tabela 8: Dimensões das coberturas de blocos da empresa, em 2022

BLOCO		DIMENSÕES		
		Largura x Comprimento (m)	Área (m ²)	Altura da cumeeira (m)
Administrativo e de Manutenção	lado A	14 x 106	1.484	1,50
	lado B	14 x 99	1.386	1,50
Abastecimento		19,85 x 21	416,85	440,67
Lavagem de veículos		13 x 16	208	220,80

Fonte: a autora.

6.1 POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Na estimativa das vazões de água de chuva, resultantes das coberturas dos blocos, da empresa, em estudo, foram consideradas as áreas de contribuição apresentadas na Tabela 9, obtidas considerando-se, no respectivo cálculo, o incremento da inclinação dessas coberturas, conforme recomendação normativa (ABNT, 1989).

Tabela 9: Áreas de contribuição das coberturas dos blocos, da empresa, em estudo

BLOCO		LARGURA x COMPRIMENTO (m)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m ²)	ALTURA DA CUMEEIRA (m)
Administrativo e de Manutenção	lado A	14 x 106	1.563,5	1,50
	lado B	14 x 99	1.460,25	1,50
Abastecimento		19,85 x 21	440,67	440,67
Lavagem de veículos		13 x 16	220,80	220,80
TOTAL			3.685,22	

Fonte: a autora.

A estação pluviométrica mais próxima da empresa em estudo é a Estação Manaus, sob o número 360000, cujos dados de precipitação (Apêndice A), de janeiro de 2009 a dezembro de 2018, foram escolhidos para estudo, dentre os dados pluviométricos de janeiro de 1961 a junho de 2019, disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (BRASIL, [19-- e 20--]). Na Tabela 10 tem-se as médias pluviométricas mensais, por ano, calculadas a partir dos dados medidos na estação 360000, resultando que, para a estação considerada, a precipitação média mensal ($P_{méd}$) é de aproximadamente 16,85 mm/mês.

Tabela 10: Médias pluviométricas mensais, por ano de estudo

ANO	QUANTIDADE DE MESES REGISTRADOS NO ANO (n)	MÉDIA PLUVIOMÉTRICA (P_n) (mm/mês)
2009	12	163,21
2010	12	181,99
2011	12	231,67
2012	12	181,63
2013	12	224,88
2014	12	215,89
2015	12	177,20
2016	9	154,30
2017	7	177,90
2018	12	178,97
TOTAIS	$n = 112$ meses	$\sum_{n=1}^n P_n = 1.886,64$ mm

Fonte: Adaptado de BRASIL, [19-- e 20--].

Pelo exposto, tem-se que as coberturas dos blocos em estudo produzem uma vazão total de água de chuva estimada em 62,09 m³/mês ou 62.090 L/mês.

6.2 OFERTA DE ÁGUA NA EMPRESA

Nesta seção, será abordada a oferta de água – a quantidade de água disponível ou disponibilidade de água, somente para a finalidade de lavagem de veículos na empresa, foco do presente estudo.

Inicialmente, convém destacar que os veículos higienizados nas instalações da empresa passam por duas lavagens, cujos processos são diferentes entre si, assim como a oferta de água para cada um desses dois processos de lavagem de veículos, conforme resumido na Tabela 11.

Tabela 11: Lavagem de veículos adotada na empresa em estudo e respectivos processos e fontes de oferta de água, em 2022

TIPO DE LAVAGEM	PROCESSOS	FONTES DE OFERTA DE ÁGUA
Lavagem prévia	Realizada automaticamente por uma máquina	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aproveitamento de água de chuva ▪ reuso da água residuária resultante de lavagem dos veículos ▪ água subterrânea captada por poço tubular, adotada apenas quando ocorre a insuficiência das outras duas fontes
Lavagem de acabamento	Realizada manualmente com utilização de esponjas e de uma mangueira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ exclusivamente água captada por poço

Fonte: a autora.

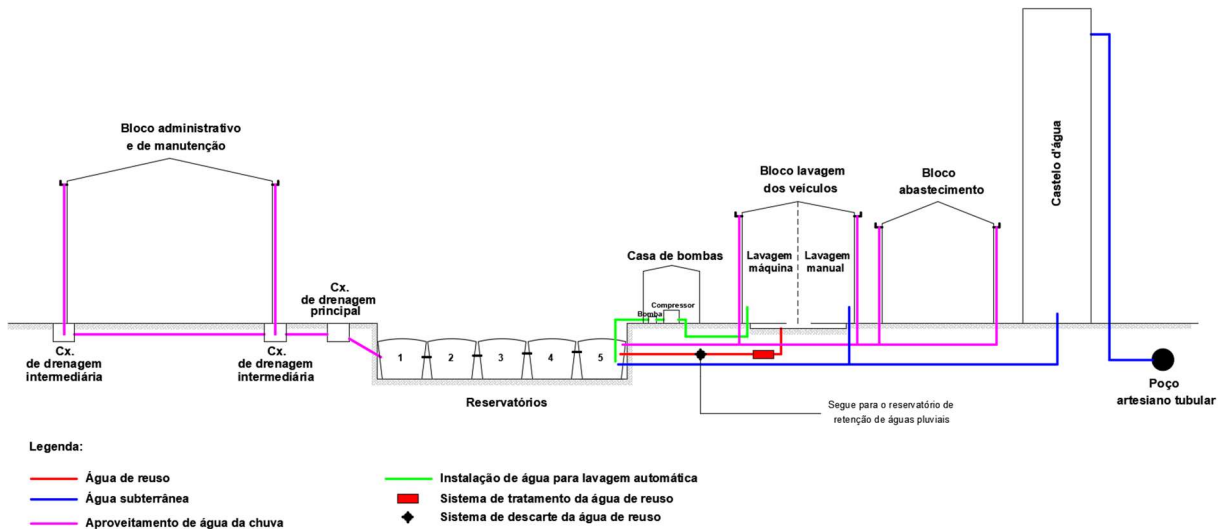
O poço tubular produz vazão de 4.000 L/h, segundo informação do encarregado de manutenção da empresa. Desse poço, a água segue para um castelo d'água, de onde é distribuída para os diversos setores da empresa, inclusive para o bloco onde é realizada a lavagem de veículos.

Quanto ao aproveitamento de água de chuva tem-se cerca de 62,09 m³/mês, ou, 62.090L/mês, conforme explanado na seção 6.1 desse estudo.

Toda a água utilizada na lavagem dos veículos, tanto na lavagem realizada pela máquina quanto na lavagem manual de acabamento, é coletada e destinada ao sistema local de reuso de água, cuja finalidade é a utilização na lavagem realizada pela máquina.

Os sistemas de águas, destinadas às lavagens, prévia e de acabamento, de veículos na empresa, estão esquematizados na Figura 15 e Apêndice B.

Figura 15: Perfil esquemático dos sistemas de águas destinadas à lavagem de veículos na empresa



Fonte: a autora.

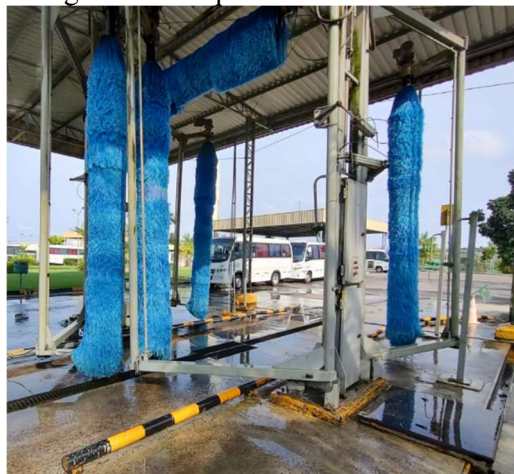
6.3 CONSUMO DE ÁGUA NA LAVAGEM DOS VEÍCULOS DA EMPRESA

Nessa seção, será abordado o consumo de água relativo exclusivamente ao setor de lavagem de veículos, foco do presente estudo, dividido em lavagem prévia (em máquina automática) e lavagem de acabamento (manual).

6.3.1 Lavagem prévia

A máquina automática de lavagem de veículos, utilizada na edificação comercial, é a CECCATO DMR, modelo 1461 (Figura 16), cujo manual de uso e manutenção, fornecido pela empresa, informa que tal equipamento proporciona vazão de água de 10.000 L/h ou 2,78 L/s.

Figura 16: Máquina CECCATO DMR



Fonte: a autora.

Os tempos cronometrados na lavagem em máquina, dos diferentes tipos de veículos que compõem a frota da empresa, encontram-se no Apêndice C. A análise desses tempos permitiu concluir que não havia proporção direta entre o tamanho do veículo e o respectivo tempo gasto nessa lavagem prévia, sendo esse tempo mais dependente da forma com a qual o motorista conduzia o veículo durante a lavagem.

Dessa forma, optou-se pelo tempo médio de lavagem de 86,68 segundos, independentemente do tipo de veículo, conforme consta na Tabela 12, logo, considerando a vazão de 2,78 L/s, da máquina de lavagem utilizada, resulta em 240,97 L de água consumida, por veículo.

Tabela 12: Tempos médios gastos na lavagem prévia, em máquina, dos veículos

TIPO DE VEÍCULO	TEMPO MÉDIO (s)
Ônibus	95
Micro-ônibus	87,38
Van	77,67
MÉDIA GERAL	86,68

Fonte: a autora.

O volume encontrado, utilizado para a lavagem prévia de um veículo, é 13,45% superior ao apontado pelo Conselho Nacional de Trânsito (CNT, 2017a), o que demonstra que há espaço para melhorias.

Pelo exposto, na lavagem prévia dos 168 veículos da frota da empresa, tem-se o consumo diário total de aproximadamente 40.483 L de água. Portanto, considerando 12 dias de lavagem por mês, tem-se um consumo mensal de água de aproximadamente 485.796 L na lavagem prévia de veículos, utilizando a citada máquina.

6.3.2 Lavagem de acabamento

Dois funcionários da empresa são responsáveis pela lavagem manual de acabamento dos veículos e, segundo eles informam, a torneira de jardim fica aberta em sua vazão máxima, sem interrupções, cerca de três horas e meia – das 06:30h às 10:00h, período que equivale a 12.600 segundos, estando conectada nessa torneira uma mangueira de 20 metros de comprimento.

A Tabela 13 apresenta os tempos obtidos em três observações seguidas do enchimento, com água, de um recipiente de volume conhecido, colocado na extremidade da mangueira, o que resultou num tempo médio de 4,15 segundos, obtendo-se assim a vazão de 0,24 L/s para a torneira em questão.

Tabela 13: Tempo gasto para preencher totalmente o recipiente de 1 L

NÚMERO DA OBSERVAÇÃO	VOLUME MEDIDO (L)	TEMPO (s)
1	1	4,13
2	1	4,18
3	1	4,15

Fonte: a autora.

Considerando o tempo total de torneira aberta de 12.600 segundos e a vazão dessa torneira de 0,24 L/s, obtém-se o consumo diário total de 3.024 L de água utilizada na lavagem de acabamento, resultando em 18 L de água por veículo lavado.

Dessa forma, o volume, utilizado na lavagem manual de acabamento de um veículo, é bastante inferior ao mencionado pelo Conselho Nacional de Trânsito (CNT,2017a), no entanto, tal resultado já era esperado, pois se trata de uma lavagem de acabamento, posterior a uma lavagem prévia, na qual já se consumiu água.

Quanto ao consumo mensal de água, na lavagem manual de acabamento, considerando 12 dias de lavagem por mês, esse equivale a aproximadamente 36.288 L de água.

6.4 BALANÇO HÍDRICO

Na Tabela 14, observa-se que o consumo de água utilizado na lavagem prévia é aproximadamente 13,4 vezes maior que o consumo de água utilizado na lavagem manual de acabamento, totalizando um consumo mensal de 522.084 L de água por mês, na lavagem dos veículos da frota.

Tabela 14: Origem da água e volume consumido mensalmente, por tipo de lavagem, em 2022

TIPO DE LAVAGEM	ORIGEM	VOLUME TOTAL CONSUMIDO (L)
Lavagem prévia (máquina)	Aproveitamento de água de chuva e reuso de água	485.796
Lavagem de acabamento (manual)	Água potável, proveniente do poço tubular	36.288
TOTAL		522.084

Fonte: a autora.

Em relação ao volume ofertado por mês (Tabela 15), a maior parte desse provém do reuso da água utilizada na lavagem prévia (em máquina) dos veículos, sendo o volume total

médio ofertado de 584.174 L por mês, considerando a não utilização do abastecimento por meio do poço tubular.

Tabela 15: Volume médio ofertado mensalmente, por tipo de lavagem, em 2022

MODALIDADE DE OFERTA		VOLUME MÉDIO OFERTADO POR MÊS (L)
Água residuária resultante da lavagem dos veículos	Lavagem prévia (máquina)	485.796
	Lavagem de acabamento (manual)	36.288
Água de chuva		62.090
TOTAL		584.174

Fonte: a autora.

Como o sistema de reservação possui capacidade total de 50.000 L, para receber o volume total médio ofertado, são realizados cerca de 12 ciclos de reuso ao longo do mês, sendo descartados os 62.090 L superavitários de água.

Observa-se que o volume descartado corresponde exatamente ao volume estimado de captação da água de chuva, isso se deve a consideração de que a água utilizada na lavagem dos veículos é integralmente captada para o reuso, desprezando-se possíveis perdas. Isso posto, para se obterem valores mais precisos para o balanço hídrico, seria necessário realizar um mapeamento anual, verificando, com mais detalhes, as entradas e saídas dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água.

Todavia, dos resultados encontrados, conclui-se que não é necessário o abastecimento suplementar de água potável para a lavagem prévia dos veículos por meio da máquina automática, no entanto, a empresa relata que, ao longo do ano, é necessário utilizar o abastecimento por meio de poço tubular esporadicamente ao longo de 2 ou 3 meses, nos períodos em que os índices pluviométricos são mais baixos, contudo, diante do exposto, os sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água são capazes de abastecer a lavagem de veículos sem a necessidade de abastecimento de água potável, destacando que uma análise mais detalhada ao longo do tempo é necessária para resultados mais assertivos.

Então, com um bom planejamento e com a gestão apropriada dos sistemas, além da utilização do tratamento adequado, poder-se-ia dispensar a utilização de água potável para o fim estudado, ao longo de todo o ano.

6.5 O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DA EMPRESA

A denominação como sistema **aproveitamento de água da chuva**, ao invés de sistema de aproveitamento de águas pluviais, deve-se ao fato de que as coberturas, dos blocos da empresa que coletam a precipitação, são superfícies onde não há circulação de pessoas, veículos e animais, atendendo assim à nomenclatura definida por norma técnica brasileira (ABNT, 2019a).

Na empresa em estudo, o sistema de aproveitamento de água da chuva (Apêndice B) compreende os seguintes componentes:

- a) calhas metálicas, que recebem a contribuição das coberturas dos blocos;
- b) condutores verticais aparentes, que transportam verticalmente a contribuição das calhas até o pavimento térreo;
- c) caixas de drenagem intermediárias, no pavimento térreo, recebendo as contribuições dos condutores verticais;
- d) condutores horizontais, sob o piso do pavimento térreo, transportando água de chuva nesse nível, até a caixa de drenagem principal;
- e) caixa de drenagem principal, sob o pavimento térreo;
- f) um reservatório aparente, em nível inferior ao térreo, que recebe as contribuições provenientes da caixa de drenagem principal, distribuindo-as a outros quatro reservatórios, conectados ao primeiro;
- g) instalação de bombeamento da água, a partir do último reservatório, cuja tubulação de recalque está conectada a um compressor, do qual parte a tubulação que se conecta à máquina de lavagem prévia dos veículos; e,
- h) reservatório de retenção de águas pluviais, no qual é realizado o descarte do volume de água excedente dos 5 reservatórios.

A empresa, apesar de afirmar que o projeto do sistema de aproveitamento de água de chuva existe, não conseguiu localizá-lo em seu acervo, dispondo apenas da planta de drenagem pluvial (Anexo B), mostrando que a água de chuva segue para a canaleta de drenagem, não citando o aproveitamento dessa água.

No sistema implantado na empresa, são coletadas as águas de chuva provenientes dos telhados dos blocos: administrativo, de manutenção, de abastecimento e de lavagem de veículos. Tais águas são recolhidas por calhas metálicas, nas quais se encontram as ligações com os condutores verticais de PVC 150 mm (Figura 17).

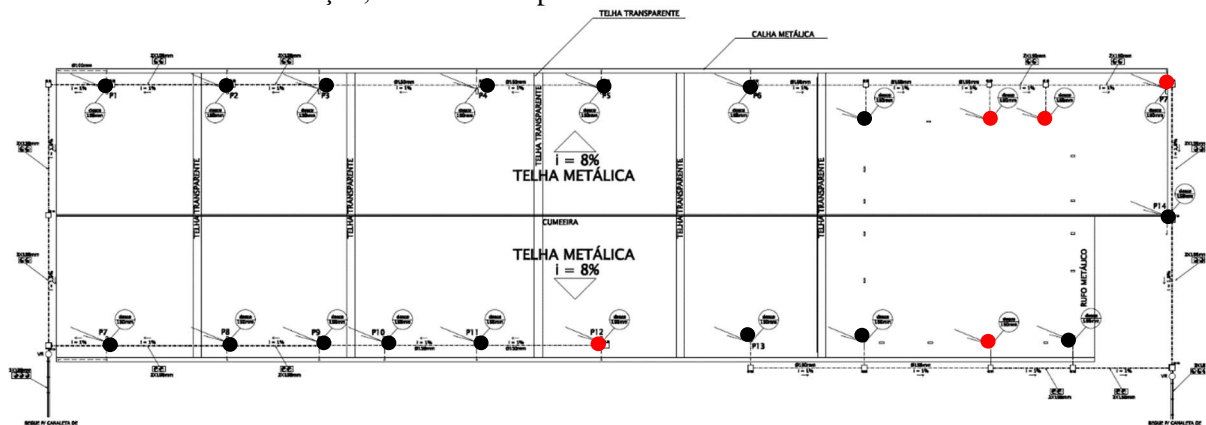
Figura 17: Detalhe da ligação da calha com o condutor vertical



Fonte: a autora.

No projeto original de drenagem pluvial, no nível da cobertura dos blocos administrativo e de manutenção, cujo excerto adaptado se encontra representado pela Figura 18, constam 21 condutores verticais ligados às calhas, no entanto, na instalação existente, constatou-se a existência de apenas 16 condutores verticais.

Figura 18: Esquema geral de drenagem de água de chuva, na cobertura dos blocos administrativo e de manutenção, destacando o posicionamento dos condutores verticais



Legenda:

- Condutores verticais que constam no projeto original, mas não foram executados;
- Condutores verticais que constam no projeto original e foram executados.

Fonte: Adaptado de [autor desconhecido], 2010.

As diferenças identificadas, entre o projeto original e a execução, provavelmente devem-se à falta de compatibilização entre os diversos projetos dessa edificação comercial. Notou-se, por exemplo, que devido a uma incompatibilidade entre o projeto de estrutura do telhado e da respectiva drenagem pluvial, o local no qual deveria haver um condutor vertical

está impedido, visto que nesse ponto a calha está apoiada sob uma tesoura de cobertura e o condutor vertical não pôde ser executado no local previsto (Figura 19).

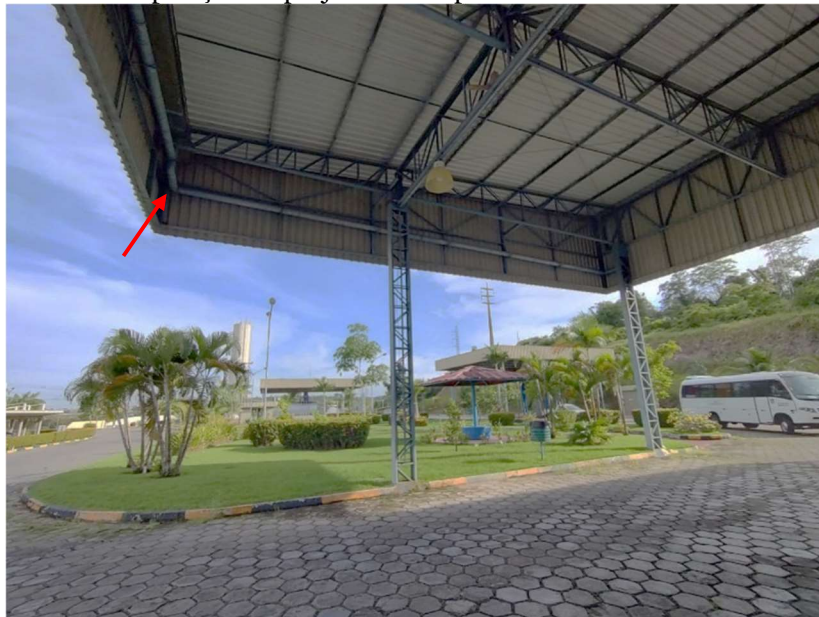
Figura 19: Incompatibilidade entre a posição prevista para um condutor vertical, do sistema de drenagem pluvial, e da tesoura do sistema estrutural da cobertura



Fonte: a autora.

Notou-se também, a não execução de um dos pilares previstos no projeto original (Figura 20), fato que impossibilitou a ancoragem do condutor vertical, implicando na não execução dele, acarretando a ocorrência de desvios (Figura 21) buscando conduzir a água captada nas calhas para condutores verticais adjacentes.

Figura 20: Vista inferior da cobertura dos blocos administrativo e de manutenção, destacando a posição de projeto de um pilar não executado



Fonte: a autora.

Figura 21: Desvio realizado onde deveria haver um condutor vertical



Fonte: a autora.

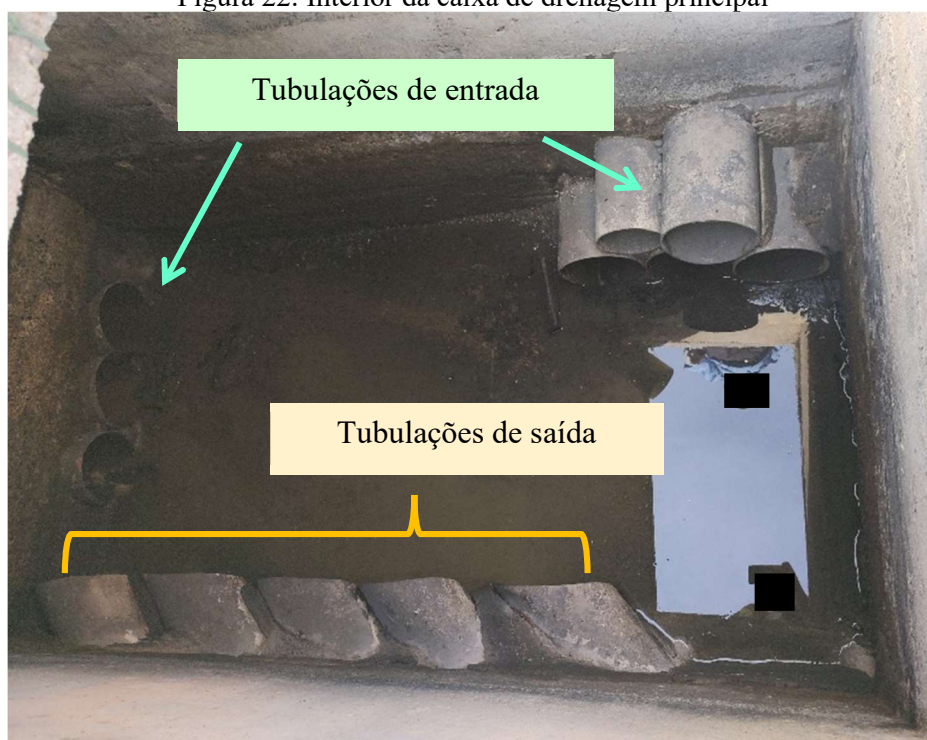
Apesar disso, conforme relato dos funcionários da empresa, mesmo na ocorrência de fortes chuvas não há extravasamento das calhas. Isso denota que, apesar da incompatibilidade entre o projeto original de drenagem pluvial e o que foi executado e observado *in loco*, o sistema de aproveitamento de água de chuva foi executado de forma suficientemente adequada para manter o funcionamento sem causar problemas.

As águas de chuva captadas nos blocos administrativo e de manutenção, a partir dos condutores verticais, seguem para tubulações horizontais subterrâneas que as encaminham para caixas de drenagem intermediárias e, em seguida, para a caixa de drenagem principal.

A Figura 22 mostra o interior da caixa de drenagem principal, onde estão identificadas:

- a) as tubulações de entrada – condutores horizontais que transportam a água da chuva a partir das caixas de drenagem intermediárias dos blocos administrativo e de manutenção; e,
- b) as tubulações de saída – condutores horizontais que seguem para os 5 reservatórios desse sistema.

Figura 22: Interior da caixa de drenagem principal



Fonte: a autora.

As águas de chuva provenientes da caixa de drenagem principal, chegam em tubulações diretamente ligadas ao reservatório 1 indicado na Figura 21, juntamente com outros quatro tanques, totalizando 5 reservatórios de fibra plástica, cada um com capacidade de 10.000 L.

Nessa etapa do sistema, detecta-se uma não conformidade, visto que, conforme norma técnica brasileira (ABNT, 2019a), a água de chuva deveria passar por tratamento prévio, anterior à reservação, que poderia ser realizado por meio de grades e telas, com o objetivo de reter sólidos indesejáveis.

O sistema em estudo também não possui dispositivos de descarte da primeira água de chuva, item recomendado por norma técnica brasileira (ABNT, 2019a) e por vários autores (MORAIS 2017; TOMAZ, 2010; HAGEMANN, 2009), implicando que impurezas arrastadas pelas águas de chuva, tais como poeira, folhas, fezes de passarinho, e similares, cheguem aos reservatórios, dando causa a impactos negativos, inclusive a contaminação dessa água armazenada.

Da caixa de drenagem principal, por meio das tubulações de saída, a água segue para os reservatórios de abastecimento da máquina de lavagem automática, estando as tubulações diretamente ligadas ao reservatório indicado com o número 1 na Figura 23.

Figura 23: Identificação dos reservatórios de abastecimento



Fonte: a autora.

Em relação aos reservatórios, constatou-se que eles cumprem uma parte dos requisitos recomendados pela norma técnica brasileira (ABNT, 2019a), pois possuem extravasor – apesar de esse elemento não estar telado ou gradeado, e janela de inspeção, no entanto, o sistema de reservação não possui dispositivo de esgotamento e de ventilação.

No interior do reservatório 1 (Figura 24), pode-se notar a chegada dos 5 tubos de 150 mm, que trazem águas de chuva da caixa de drenagem principal.

Figura 24: Interior do reservatório 1



Fonte: a autora.

O interior dos reservatórios 2, 3 e 4 pode ser ilustrado pela Figura 25, correspondente a um deles, posto que tais tanques possuem duas tubulações diametralmente opostas, interligando-os, possibilitando assim que os cinco reservatórios trabalhem de forma conjunta, proporcionando um volume total de reservação de 50.000 L. Essas tubulações estão

posicionadas em diferentes níveis, estando a de montante em nível inferior ao da tubulação de jusante, de forma que os reservatórios sejam abastecidos gradativamente, na ordem de 1 a 5, com a água da chuva coletada na cobertura dos blocos administrativo e de manutenção.

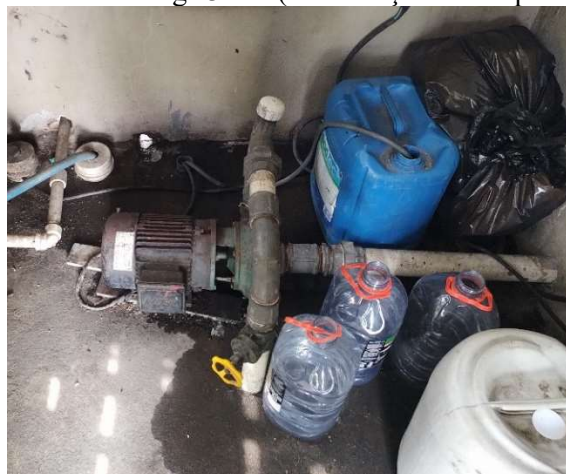
Figura 25: Representação dos reservatórios 2, 3 e 4



Fonte: a autora.

A água de chuva armazenada é aspirada diretamente do reservatório 5, por meio da tubulação de sucção de uma bomba centrífuga de 3CV (Figura 26), de onde é recalçada para um compressor, seguindo então para a máquina de lavagem automática de veículos. Ressalta-se que o aproveitamento de água de chuva para a lavagem de veículos é recomendado pela norma técnica brasileira (ABNT, 2019a), como também por vários estudiosos da área (ALMEIDA *et al.*, 2010; BADOTTI, 2020; MEDEIROS *et al.*, 2015), além de incentivado pela legislação local (MANAUS, 2007) e exigido pela estadual (AMAZONAS, 2019).

Figura 26: Bomba centrífuga 3 CV (alimentação da máquina de lavagem)

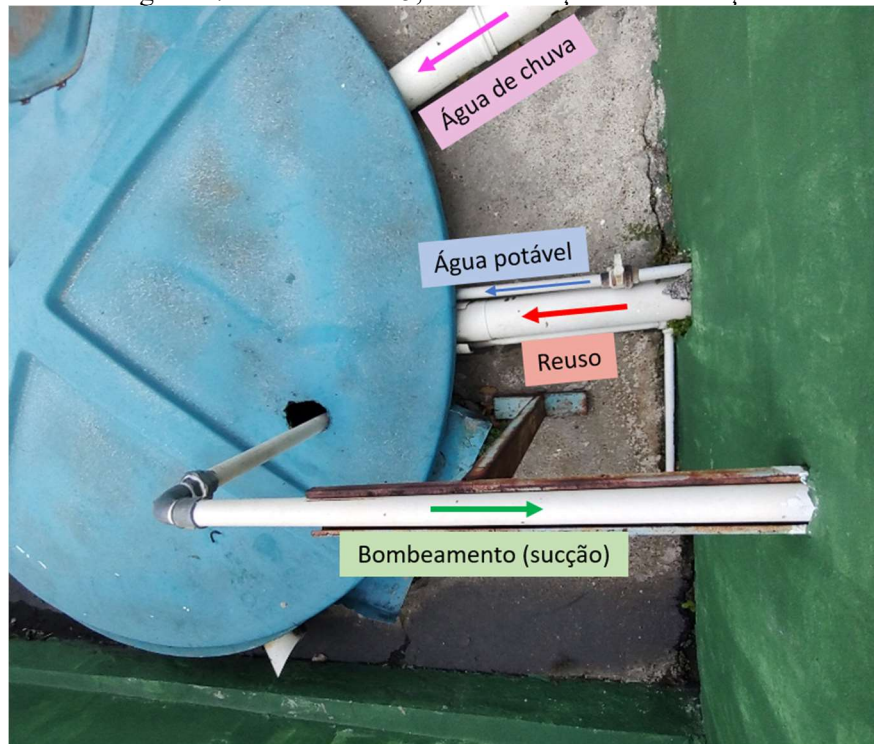


Fonte: a autora.

O reservatório 5 também é o responsável pelo recebimento da água de reuso, da água de abastecimento via poço tubular – no caso de insuficiência no fornecimento de água pelos

sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água – e da água da chuva proveniente dos blocos de abastecimento e de lavagem de veículos (Figura 27).

Figura 27: Reservatório 5, com indicação das tubulações



Fonte: a autora.

Em caso de forte precipitação e do atingimento do volume de reservação máximo, a água escoar por meio do extravasor do reservatório 5 e é dirigida para o reservatório de retenção, para o retardamento do escoamento das águas pluviais para a rede pública de drenagem, em conformidade com a legislação local (MANAUS, 2007). O extravasor se encontra destacado na Figura 28, enquanto a Figura 29 representa o reservatório de retenção.

Figura 28: Reservatório 5, com destaque para o extravasor



Fonte: a autora

Figura 29: Reservatório de retenção de águas pluviais



Fonte: a autora.

6.6 O SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS DA EMPRESA

O sistema de reuso de água, da empresa em estudo, compreende o aproveitamento da água residuária, ou esgoto, resultante da utilização de duas fontes:

- a) água residuária gerada pela lavagem prévia de veículos, com aproveitamento de água de chuva; e,
- b) água residuária gerada pela lavagem manual de acabamento, com água potável de origem subterrânea (poço tubular).

Portanto, fica clara a diferença entre os sistemas existentes na empresa: aproveitamento de água de chuva e reuso de água, consideradas as definições desses sistemas em normas técnicas brasileiras (ABNT, 1997 e 2019a).

O sistema de reuso de água da empresa pode ser classificado como de finalidade não potável municipal, seguindo o apontado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2015).

Na empresa em estudo, o sistema de reuso de água (Apêndice B) compreende os seguintes componentes:

- a) canaleta de coleta das águas residuárias de lavagem dos veículos, localizada no piso do bloco de lavagem, encaminhando tais águas para o sistema ou estação de tratamento de esgoto local (ETE local);
- b) ETE local, a qual compreende 5 câmaras de tratamento e um filtro pré-fabricado;
- c) tubulação enterrada que conduz o efluente final da ETE local para o reservatório 5, distribuindo-o a outros quatro reservatórios, conectados ao primeiro;

- d) um reservatório aparente (número 5), em nível inferior ao térreo, que recebe o efluente final da ETE local, distribuindo-o a outros quatro reservatórios, conectados ao primeiro, salientando que tal conjunto de reservatórios também recebe contribuições de água de chuva;
- e) dispositivo de descarte da água de reuso, posicionado logo após a ETE local, utilizado para garantir que o nível de água previsto nos reservatórios seja mantido e, também, quando deseja-se descartar toda a água de reuso com a finalidade de promover a limpeza dos reservatórios;
- f) instalação de bombeamento da água, a partir do reservatório 5, cuja tubulação de recalque está conectada a um compressor, do qual parte a tubulação que se conecta à máquina de lavagem prévia dos veículos; e,
- g) reservatório de retenção de águas pluviais, no qual é realizado o descarte do volume de água excedente do conjunto de reservatórios e da água de reuso desprezada por meio do dispositivo de descarte de água de reuso.

Observa-se, portanto, que os sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água, implantados na empresa em estudo, compartilham alguns componentes: o conjunto de 5 reservatórios, a instalação de bombeamento e o reservatório de retenção de águas pluviais. Isso ocorre, principalmente, em razão da finalidade comum desses dois sistemas: a lavagem de veículos, uso esse indicado por norma técnica brasileira (ABNT, 1997) e por diversos autores, como Crook (1996) e Hespanhol (2002).

No bloco de lavagem de veículos (Figura 30) tem-se, sob a mesma cobertura, duas áreas:

- a) uma se destina a lavagem prévia, em máquina, realizada pela CECCATO DMR; e,
- b) a outra área se destina à lavagem manual de acabamento.

Figura 30: Bloco de lavagem de veículos, destacando as áreas para lavagem prévia e de acabamento



Fonte: a autora.

No piso da área de lavagem prévia, encontra-se uma canaleta para a coleta das águas residuárias provenientes das duas modalidades de lavagem (Figura 31).

Figura 31: Bloco de lavagem de veículos, destacando a canaleta para coleta de águas residuárias



Fonte: a autora.

A água residuária, coletada do piso das áreas de lavagem, segue para a ETE local, que conta com 5 câmaras de tratamento sucessivas e um filtro pré-fabricado de material plástico, localizados sob o piso lateral, adjacente ao bloco de lavagem, onde se veem as respectivas tampas de concreto (Figura 32).

Figura 32: Estação de tratamento de esgoto local



Fonte: a autora.

Quanto a essas câmaras, como não foi disponibilizado o projeto original do sistema de reuso, não há como confirmar a função dessas no sistema de tratamento, no entanto, a partir da observação *in loco* e relato do colaborador responsável pela manutenção do sistema, depreendeu-se que se tratava de câmaras de decantação sucessivas.

As Figuras 33 e 34 mostram detalhes dos componentes da ETE local: o interior da primeira das cinco câmaras de tratamento e o filtro pré-fabricado. Na superfície líquida da câmara de tratamento ilustrada, observa-se a presença de bolhas, o que permite afirmar a ocorrência de atividade biológica – digestão de matéria orgânica, por microrganismos. Desse modo, é possível que tal câmara esteja funcionando como reator primário anaeróbio, onde ocorre simultaneamente processo físico (decantação) e processo biológico, no entanto, não foi possível comprovar se essa observação corresponde a função prevista no projeto original dessa ETE local.

Figura 33: Interior das câmaras de tratamento



Fonte: a autora.

Figura 34: Filtro pré-fabricado



Fonte: a autora.

O tratamento empregado se mostra insuficiente, embasando-se em norma técnica brasileira (ABNT, 1997) que recomenda tratamento mais avançado, com desinfecção, para sistemas prediais de reuso de água com a finalidade de emprego na lavagem de veículos.

Não foi possível constatar se, mesmo sem o tratamento indicado pela norma técnica brasileira (ABNT, 1997), o sistema cumpre o padrão de qualidade estabelecido para a lavagem de veículos, isso porque a empresa não realiza a análise da água relativa a esse sistema, não sendo possível analisar o enquadramento quanto aos padrões requeridos pela citada norma.

Considerando que os 5 reservatórios se encontram na capacidade de armazenamento máxima ou que se deseja esvaziar os reservatórios para manutenção e/ou limpeza, utiliza-se um sistema bastante simples para descartar a água de reuso antes que ela chegue ao reservatório. Tal sistema consiste no uso de um joelho de PVC de 45° ligado a uma redução e acoplado em uma tubulação que intercepta o tubo que leva a água de reuso ao reservatório 5 (Apêndice B).

A Figura 35 apresenta o dispositivo de descarte da água de reuso. Quando o joelho de 45° de PVC está conectado, a água segue da canaleta de coleta para o reservatório 5 – com um pequeno volume sendo descartado devido ao nível de água atingido, posto que o reservatório estava com o nível de água superior ao da extremidade do joelho de PVC, no momento em que a fotografia foi realizada. Retirando-se o mencionado joelho, toda a água de reuso é descartada.

Figura 35: Detalhe do dispositivo de descarte da água de reuso, com e sem o joelho



Fonte: a autora.

Essa água descartada, segue, por gravidade, para o reservatório de retenção de águas pluviais, assim como o volume excedente de água dos 5 reservatórios que extravasa na abertura indicada pela Figura 36.

Figura 36: Reservatório 5, com destaque para o extravasor



Fonte: a autora.

6.7 IMPACTO DOS SISTEMAS E ANÁLISE DO DESEMPENHO

Trabalhando juntos os sistemas geram uma múltipla economia, manifestada nas esferas ambiental, financeira e social. Ambiental, pois auxiliam na diminuição do consumo dos recursos hídricos e na conservação do meio ambiente; financeira, pois o aproveitamento da água da chuva e o reuso de água implicam na diminuição da fatura de energia elétrica – visto que o abastecimento de água potável na empresa em estudo se dá via poço tubular – e social, pois o uso dos sistemas proporcionam uma redução dos custos com o tratamento e distribuição de água, gerando um macroimpacto que causa a diminuição das faturas de água e de esgoto da sociedade em geral.

Apesar de não possuir manual de operação e manutenção dos sistemas, a empresa segue utilizando-os ao longo dos 10 anos no qual encontra-se instalada, fato que denota que esses são percebidos como positivos por ela. Durante as visitas realizadas à empresa, foi possível notar que todos os colaboradores se mostraram orgulhosos da prática adotada, sentindo-se parte da solução de um problema maior, o da escassez hídrica.

Coadunando a escolha da empresa de continuar utilizando os sistemas, de aproveitamento de água e reuso de água, e a percepção geral dos colaboradores, conclui-se, alicerçando-se no indicado por Graça e Gonçalves (1985), que o sistema apresenta bom desempenho.

Conforme relato dos funcionários da empresa, o sistema de aproveitamento de água de chuva é importante para o bom funcionamento do empreendimento e nunca apresentou falhas, sendo a única manutenção aplicada a limpeza dos reservatórios a cada 8 meses, de forma que os demais componentes do sistema não recebem inspeção ou manutenção, estando em não conformidade com o recomendado por norma técnica brasileira (ABNT, 2019a). Quanto aos reservatórios, a frequência de limpeza praticada pela empresa é compatível com a citada norma (ABNT, 2019a).

A empresa em questão não realiza tratamentos prévios para o aproveitamento da água da chuva, não controlando, também, a qualidade dela por meio de análises laboratoriais. Dessa forma, encontra-se em não conformidade com norma técnica brasileira (ABNT, 2019a) e com o sugerido por May (2004) e *Group Raindrops* (1995) apud PROSAB (2006).

O sistema de aproveitamento de água de chuva implantado na empresa conta com a maioria dos componentes recomendados por Hagemann (2009), sendo eles:

- a) área de captação;
- b) calhas e condutores verticais e horizontais; e,
- c) reservatórios de armazenamento de água de chuva;

No entanto, dentre os elementos recomendados por Hagemann (2009), não fazem parte do sistema de aproveitamento de águas pluviais, os seguintes:

- a) filtros ou grades para remoção dos materiais grosseiros; e,
- b) dispositivos de descarte da primeira chuva.

Os elementos faltantes correspondem aos necessários ao tratamento prévio da água de chuva, que deve ser realizado antes da reservação. A ausência desses elementos pode causar prejuízos tanto na operação, quanto em relação à saúde dos colaboradores. Em particular, a não presença do dispositivo de descarte da primeira chuva vai de encontro à norma técnica brasileira (ABNT, 2019a).

Quanto a legislação local, a empresa segue o imposto pela Lei do PRO-Águas (MANAUS, 2007), possuindo o reservatório de retenção de águas pluviais, além disso, segue também a recomendação do aproveitamento da água da chuva, apesar de não realizar o tratamento prévio, o que representa um risco, visto que toda água de fonte alternativa não é completamente segura.

A atividade de “lava-rápido” não constitui atividade econômica prestada pela empresa, no entanto, ocorre no interior de suas instalações para a manutenção da frota, desse modo, caso aplicável, a empresa estaria em conformidade com a legislação estadual local (AMAZONAS, 2019).

As pessoas encarregadas do funcionamento do sistema de reuso de água, embora não possuam o manual de operação e manutenção, alegam que não apresentam dificuldades para a execução de seus serviços, visto que o sistema opera basicamente sozinho e não requer manutenção, excetuando a limpeza dos reservatórios e do filtro, no entanto, o manual de operação do sistema é um item obrigatório abrangido por norma técnica brasileira (ABNT, 1997) e deveria ter sido entregue à empresa pelo projetista do sistema. Ademais, outros elementos do sistema também deveriam ser inspecionados e receber manutenção periódica, conforme indicado pela citada norma.

Quanto ao reuso de água, o Brasil ainda tem muito a evoluir, uma vez que as legislações ainda não são claras e unificadas nacionalmente quando tratam desse tema, principalmente em relação a qualidade requerida para que a água de reuso possa ser utilizada para as diferentes finalidades.

No sistema de reuso de água estudado no presente trabalho, a água passa por processos de tratamento, no entanto, após tais processos não se faz a análise da qualidade da água. Então, apesar de tratada, não se pode assumir que é própria para o fim a que se destina, não sendo possível verificar se atende aos padrões estabelecidos por norma técnica brasileira (ABNT, 1997) para uso em lavagem de veículos.

Além disso, após o tratamento, a água de reuso se destina para os reservatórios de armazenamento de água de chuva, a qual não recebe qualquer tipo de tratamento, então, ocorre a mistura da água de reuso (tratada) com água de chuva potencialmente contaminada, isso posto, a água de abastecimento da máquina automática, que realiza a lavagem prévia, pode representar riscos à saúde dos colaboradores que tiverem contato com ela.

Apesar da água de reuso se destinar para o abastecimento de uma máquina de lavagem automática, que não pressupõe o contato direto com qualquer indivíduo, todos os veículos também passam por uma lavagem manual de acabamento, a qual ocorre ao lado da máquina

automática, deixando os colaboradores susceptíveis à inalação de aerossóis potencialmente contaminados.

No interior dos 5 reservatórios, compartilhados por ambos os sistemas – aproveitamento de água de chuva e reuso de água, percebe-se facilmente odor desagradável, de intensidade decrescente (do reservatório 1 até o 5), odor esse característico de gases resultantes de decomposição anaeróbia de matéria orgânica, como também observou-se a presença de bolhas na superfície líquida (Figura 37), confirmando assim a produção dos mencionados gases dentro dos tanques em questão, indicativos de atividade biológica.

Figura 37: Interior dos reservatórios, indicando a presença de bolha na superfície da água



Fonte: a autora.

O odor desagradável percebido nos 5 reservatórios constitui uma não conformidade dos sistemas, em vista do que dispõe o Manual de conservação e reuso de água em edificações (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005), inclusive no sentido de que a água armazenada se configura em potencial risco à saúde das pessoas que porventura tenham algum tipo de contato com essa água.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho, buscou-se contribuir para a ampliação dos conhecimentos sobre sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva e reuso de água na realidade do Município de Manaus, capital do Amazonas.

Nas visitas realizadas à empresa na qual estão implantados os sistemas estudados, constatou-se o afincamento dos funcionários para o funcionamento dos sistemas, mesmo sem possuir o manual de operação, além de se ter notado que a empresa se orgulha dessa prática não só pela geração de economia financeira, mas também pela economia dos recursos hídricos.

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água, estudados neste trabalho, têm grande porte, porém são considerados, pelos usuários, como sistemas de operação e manutenção simplificadas, não apresentando problemas significativos ao longo de mais de 10 anos de implantação e funcionamento, inferindo-se, a partir disso, que tais sistemas podem ser indicados para replicação em empresas similares, com as seguintes ressalvas:

- a) os componentes de tratamento da água de chuva precisam ser implantados, como recomendam as normas técnicas; e,
- b) o controle e o monitoramento do tratamento da água residuária utilizada para reuso precisam ser efetivamente realizados.

Os sistemas, estudados neste trabalho, apresentam desempenho satisfatório na percepção da administração da empresa, no entanto, sob um olhar técnico, algumas melhorias poderiam ser implementadas, a saber:

- a) instalar sistemas de descarte da primeira água de chuva, potencialmente mais contaminada;
- b) instalar filtros e telas para remoção de materiais grosseiros, como tratamento preliminar para as águas de chuva, posicionando-os antes dos reservatórios, como também praticar a desinfecção dessas águas;
- c) utilizar tela na extremidade do extravasor do reservatório, para evitar a entrada de pequenos animais;
- d) implantar rotina de controle da qualidade das águas utilizadas nos dois sistemas, para verificação do enquadramento dessas em relação aos padrões normativos e legais, nos aspectos físicos, químicos e microbiológicos; e,
- e) executar adequada sinalização dos dois sistemas, identificando os respectivos componentes, por meio de pintura e/ou adesivagem, indicando tratar-se de instalações de águas não potáveis, atendendo os padrões normativos.

A partir da caracterização da demanda, oferta e do consumo de água destinada para a lavagem dos veículos, foi constatado que sem os sistemas de reuso de água e aproveitamento de água de chuva, seriam gastos mensalmente cerca de 522.084 L de água, ou seja, utilizar-se-iam mais de meio milhão de litros de água potável mensalmente para um fim que não requer tal qualidade, o que é ilógico.

É de suma importância divulgar as boas práticas realizadas pela empresa, no intuito de visibilizar as ações e incentivar a adoção delas por outras pessoas, físicas ou jurídicas. Com os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reuso de água implantados, concluiu-se que por ano são economizados até 6.265.008 L de água potável, economia essa que não impacta apenas o campo ambiental, mas também o financeiro e o social.

Para trabalhos futuros, recomenda-se:

- a) elaborar um manual de operação e manutenção dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água existentes na empresa;
- b) realizar estudo da qualidade da água no sistema de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água, especialmente nos reservatórios;
- c) avaliar as condições de saúde dos colaboradores da empresa que estão presentes na área de lavagem prévia em máquina, utilizando água dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água, considerando a qualidade dessas águas;
- d) estimar a economia monetária gerada pela utilização dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água em relação a outro sistema que utilizasse apenas água potável; e,
- e) desenvolver e/ou aplicar modelagem para definir o volume ótimo dos reservatórios que integram o sistema de aproveitamento de água de chuva.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M. V. B. et al. Identifying improvements in water management of bus-washing stations in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, São Paulo – SP, v.54, n.11, p. 821-831, jan./2010. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/papers/journals/2010/2010_JCP_bus.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2022.
- AMAZONAS. **Lei nº 4779, de 18 de janeiro de 2019**. Dispões sobre a utilização de águas da chuva por meio da implantação de sistema de captação pelos postos de serviços lava-rápido, no âmbito do Estado do Amazonas, e dá outras providências. Manaus, AM: Governo do Amazonas, 2019. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=374190>>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- ANA, FIESP & SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica. 2005. 152 p. Disponível em: <<https://smastr16.blob.core.windows.net/municípioverdeazul/2011/11/ManualConservacaoReusoAguaEdificacoes.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Reuso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.abes-dn.org.br/pdf/Reuso_nas_Crises.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- _____. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de Tratamento Complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- _____. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de Cobertura em Áreas Urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- _____. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a.
- _____. **NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

_____. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente – projeto, execução, operação e manutenção**: ABNT, 2020.

AUGUSTO, L. G. S. *et al.* O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, p. 1511-1522, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600015>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/BLQQZStHk3KMFZdj9zwQKL/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

AUTOR DESCONHECIDO. **Instalações hidráulicas – drenagem de águas pluviais – bloco de manutenção/administrativo**. 2010. Prancha de desenho técnico.

AZEVEDO NETTO, J. M. *et al.* **Manual de hidráulica**. São Paulo: Edgard Blucher, 8 ed., 1998.

BADOTTI, V. L. **Aproveitamento da água da chuva para lavagem de veículos em um lava car: estudo de caso para o município de Pato Branco – PR**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento acadêmico de Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco-PR, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27511>. Acesso em: 13 dez. 2022

BAIRRO Armando Mendes. 2022. **Google Maps**. Google. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Armando+Mendes,+Manaus+-+AM/@-3.0671169,-60.0062194,12z/data=!4m5!3m4!1s0x926c1b5a311c2357:0xd4c5f63d57b83ccd!8m2!3d-3.0897108!4d-59.9421428>>. Acesso em 22 dez. 2022.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**, São Paulo: Manole, 2003 p. 125-175.

BRASIL. Decreto Federal Nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2024.643%2C%20DE%2010%20DE%20JULHO%20DE%201934.&text=Decreto%20o%20C%C3%B3digo%20de%20C%C3%81guas.&text=%C3%81GUAS%20P%C3%9ABLICAS-,Art.,de%20uso%20comum%20ou%20dominicais>. Acesso em: 22 dez. 2022.

BRASIL. **Diagnóstico Temático dos Serviços de Água e Esgoto**. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS-AE), 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2022.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (Conselho Nacional de Recursos Hídricos). Resolução nº 54, de 28 de Novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Rio de Janeiro. Disponível em: <

<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf> . Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (Conselho Nacional de Recursos Hídricos). Resolução n° 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH N°54, de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União. Rio de Janeiro.** Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20121.pdf>> . Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021. Altera o anexo XX da Portaria de consolidação GM/MS n°5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Rio de Janeiro. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 20 dez. 2022.

BRASIL. **Séries Históricas.** Sistema Nacional De Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH), [19-- e 20--]. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina.** Pós graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, 2010. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34378/CARVALHO,%20RAQUEL%20ARAVY%20DE.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 jan. 2023.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **O problema da escassez de água no mundo.** 2022. CETESB, São Paulo. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/>>. Acesso em: 27 dez. 2022.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). Água de reuso de estação de tratamento de efluentes: Oportunidades e riscos para o setor empresarial. **Água de reuso: Oportunidades e riscos para o setor empresarial.** 25 de agosto de 2022. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2022/09/CEBDS_CTAguadeReuso_26082022-1.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CNT). **Sondagem CNT de gestão hídrica: transporte rodoviário coletivo de passageiros 2017.** Brasília: CNT, 2017a. Disponível em: <<https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/772cfd7-c56b-494a-b3ba-efd8f923d428.pdf>>. Acesso em: 1 fev. 2023.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CNT). **Manual CNT de gestão hídrica: transporte rodoviário coletivo de passageiros.** Brasília: CNT, 2017b. Disponível em: <

<https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/193a4df4-66cb-498d-b063-6c48d7bcacf3.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2023.

CROOK, J. Water reuse experience in the U.S.. **WEF/AWWA Utility Management Conference**, 1996. Disponível em: <https://www.academia.edu/29156822/Water_Reuse_Experience_in_the_U_S>. Acesso em: 1 fev. 2023.

CURITIBA. **Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003**. Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da água nas Edificações – PURAE. Curitiba, PR. Prefeitura de Curitiba, 2003. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1079/10785/lei-ordinaria-n-10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-razional-da-agua-nas-edificacoes-purac>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

EMPRESA de transporte coletivo realiza lavagem da frota com água captada da chuva. **SINETRAM**, 2019. Disponível em: <<https://www.sinetram.com.br/noticia/empresa-de-transporte-coletivo-realiza-lavagem-da-frota-com-agua-captada-da-chuva>>. Acesso em: 16 dez. 2022.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. A escassez e o reuso de água no âmbito mundial. In MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**, São Paulo: Manole, 2003 p. 21-37.

FORTE de São Marcelo. Salvador: portal da Bahia, março 2021. Disponível em < https://pt.wikipedia.org/wiki/Forte_de_S%C3%A3o_Marcelo >. Acesso em: fev. 2023)

FREITAS, F. C. *et al.* Dimensionamento e avaliação da eficiência de um sistema para captação e tratamento de água da chuva para uso doméstico na zona rural de Manaus. **BioTupé: Meio físico, diversidade biológica e sociocultural do baixo rio negro**, Amazônia Central, v. 3, Manaus, 2011. Disponível em: <<http://biotupe.org/livro/vol3/pdf/cap32.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

GHISI, E. Potencial for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and environment**, v.41, p. 1544-1550, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.03.018>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132305002222>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

GODSKESEN, B.; HAUSCHILD, M.; RYGAARD, M.; ZAMBRANO, K.; ALBRECHTSEN, H.J. Life-cycle and freshwater withdrawal impact assessment of water supply technologies. **Water Research**. Vol. 47(7). 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135413000961>>. Acesso em: 02 jan. 2023.

GOULD, J; NISSEN-PETERSEN, E. Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation. **IT Publications**, Londres, 1999.

GRAÇA, M. E. A.; GONÇALVES, O. M. Desempenho de sistemas sanitários prediais: conceitos fundamentais. **Revista Engenharia Mackenzie**, São Paulo, p. 7-13, jan./fev. 1985.

GUANAYEM, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. Palestina. Applied Research Institute-Jerusalem. RAIWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, Manheim, 2001. **Proceedings**. Alemanha, 2001. p.11.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/7715>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002. Disponível em : <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=101&SUMARIO=1602>>. Acesso em: 01 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2021**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/POP2021_20221212.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2022.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/000743999#:~:text=Abstract%3A%20O%20reuso%20planejado%20da,dos%20efluentes%20%C3%ADquidos%20%C3%A9%20problem%C3%A1tica.>>>. Acesso em: 01 fev. 2023.

LEITÃO, S. A. M. **Bases para estruturação das atividades de reuso de água no Brasil – Estágio atual**. Artigo apresentado no II Encontro das Águas. Montevideu: 1999.

MANAUS. **Lei nº 1.192, de 31 de dezembro de 2007**. Cria, no município de Manaus, o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS. Manaus, AM: Prefeitura de Manaus, 2007. Disponível em: https://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/lei_pro_aguas.pdf. Acesso em: 13 jun. 2022.

MANCUSO, P. C. S. Tecnologia de reuso de água. In MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**, São Paulo: Manole, 2003 p. 291-339.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004, 159 p. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/publico/simonemay.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

MEDEIROS, R. M. *et al.* Estimativa do volume de água utilizado em postos de lavagem de veículos. **Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas**, Pombal – PB, v. 9, n. 1, p. 16-18, 2015.

Disponível em: < <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/view/2979> >. Acesso em: 14 jul. 2022.

MORAIS, J. W. A. **Viabilidade Técnica/econômica no aproveitamento d água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Univesidade Federal do Amazonas, 2017, 126 p. Disponível em : < <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6226>>. Acesso em: 29 dez. 2022.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Levantamento do estado da arte: Água**. Projeto Finep 2386/04. São Paulo: 2007. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/documents/tecnologias-para-construcao-mais-sustentavel/HabitacaomaisSustentavel_D2.1_agua.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas. **Uso Racional da Água em Edificações**. Coordenação por Ricardo Franci Gonçalves. Vitória-ES, 2006. Disponível em: < http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Uso_agua_-_final.pdf> . Acesso em: 19 dez. 2022.

PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (PURA- USP). **Considerações para o Aproveitamento de águas Pluviais**. Versão 1.11 – 1º de setembro de 2011. Disponível em: < http://www.pura.usp.br/wp-content/uploads/sites/19/2015/02/PURA-USP_DiretURA_set11.pdf >. Acesso em: 28 dez. 2022.

RIO DE JANEIRO. **Lei 6.034, de 08 de setembro de 2011**. Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais, localizados no estado do Rio de Janeiro, a instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos. Rio de Janeiro, RJ. Governo do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: < <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/26373595/lei-n-6034-de-08-de-setembro-de-2011-do-rio-de-janeiro>>. Acesso em: 01 fev. 2023.

ROCHA, *et al.* **Avaliação do potencial de aproveitamento de água de chuva no município de Juiz de Fora**. XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS – AP, 2011.

SÃO PAULO. **Lei nº 16.160, de 13 de abril de 2015**. Cria o Programa de reúso de água em postos de serviços e abastecimento de veículos e lava-rápidos no Município de São Paulo, e dá outras providências. São Paulo, SP. Prefeitura de São Paulo, 2015. Disponível em: < [http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16160-de-13-de-abril-de-2015#:~:text=Cria%20o%20Programa%20de%20re%20%C3%BAso,Paulo%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%20%C3%A2ncias.&text=Dalton%20Silvano%20E%80%93%20P\(V\)-,Cria%20o%20Programa%20de%20re%20%C3%BAso%20de%20%C3%A1gua%20em%20posto](http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16160-de-13-de-abril-de-2015#:~:text=Cria%20o%20Programa%20de%20re%20%C3%BAso,Paulo%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%20%C3%A2ncias.&text=Dalton%20Silvano%20E%80%93%20P(V)-,Cria%20o%20Programa%20de%20re%20%C3%BAso%20de%20%C3%A1gua%20em%20posto) >

s%20de,Paulo%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAscias.>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SCHIMDT, M. Captação de água da chuva na Alemanha. 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CUVA NO SEMI-ÁRIDO, Paraíba, 2001. **Anais**. Paraíba: ABRH, 2001.

SEBRAE. **Lava-jato sustentável**. 2016. Disponível em: <https://www.sebrae-sc.com.br/observatorio/relatorio-de-inteligencia/lava-jato-sustentave>. Acesso em: 02 jan. 2023.

TEIXEIRA, P. C. **Emprego da filtração por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água**. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas – S.P., 2003. 199 p.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual of Rainwater Harversting**. 3ed. Austin, 2005. Disponível em: <http://www.twdb.texas.gov/innovativewater/rainwater/doc/rainwaterharvestingmanual_3rdedition.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2022.

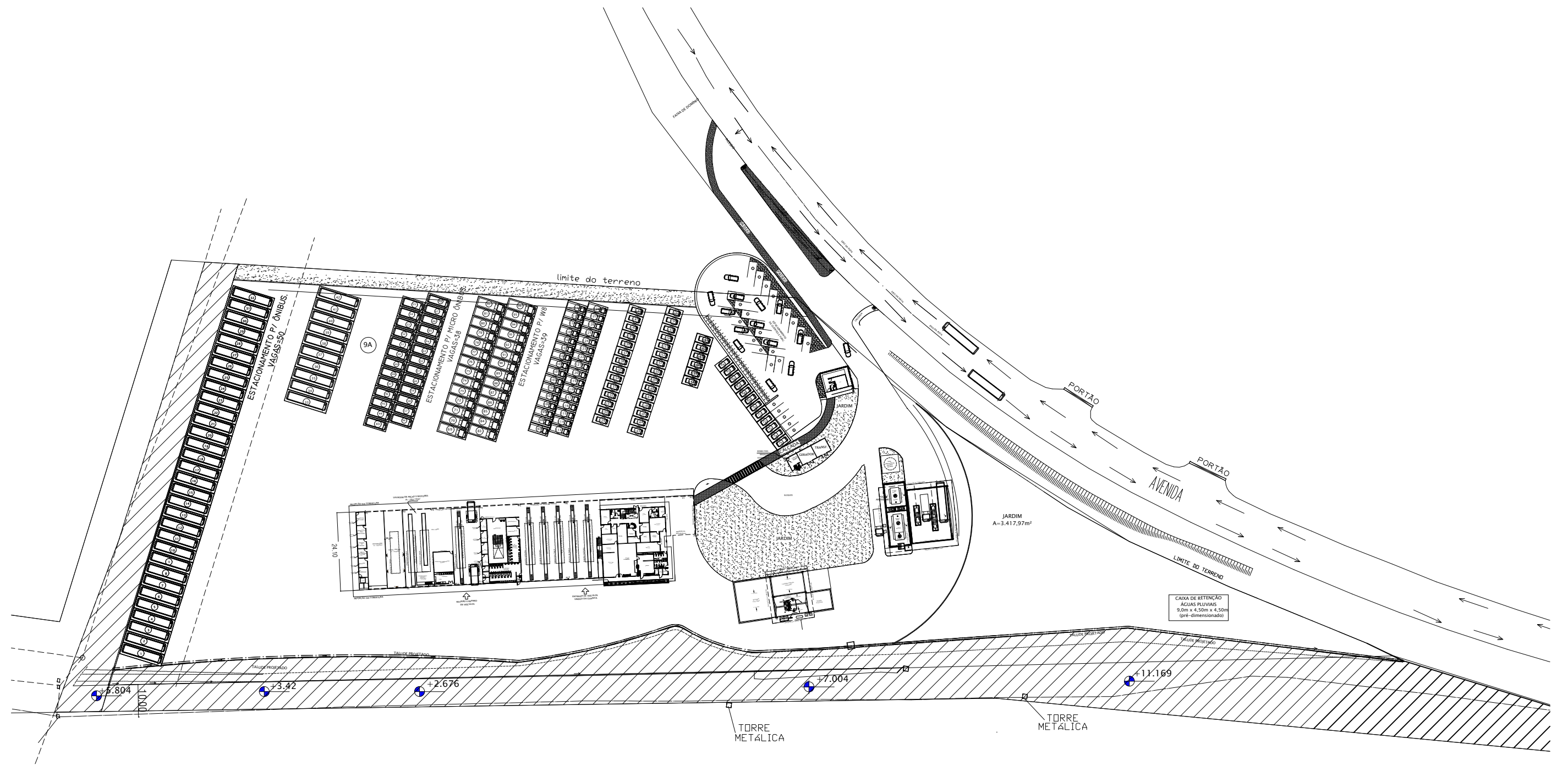
TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Cap. 0 – Introdução. 2010. Disponível em: < https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true>. Acesso em: 05 ago. 2022.

UNESCO. Relatório mundial da Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos: água para um mundo sustentável: sumário executivo. **World Water Assessment Programme**, 2015. Disponível em: < https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232272_por?posInSet=1&queryId=9bfaed01-4a3b-4826-9c7f-92c4f2a872d4>. Acesso em: 27 dez. 2022.

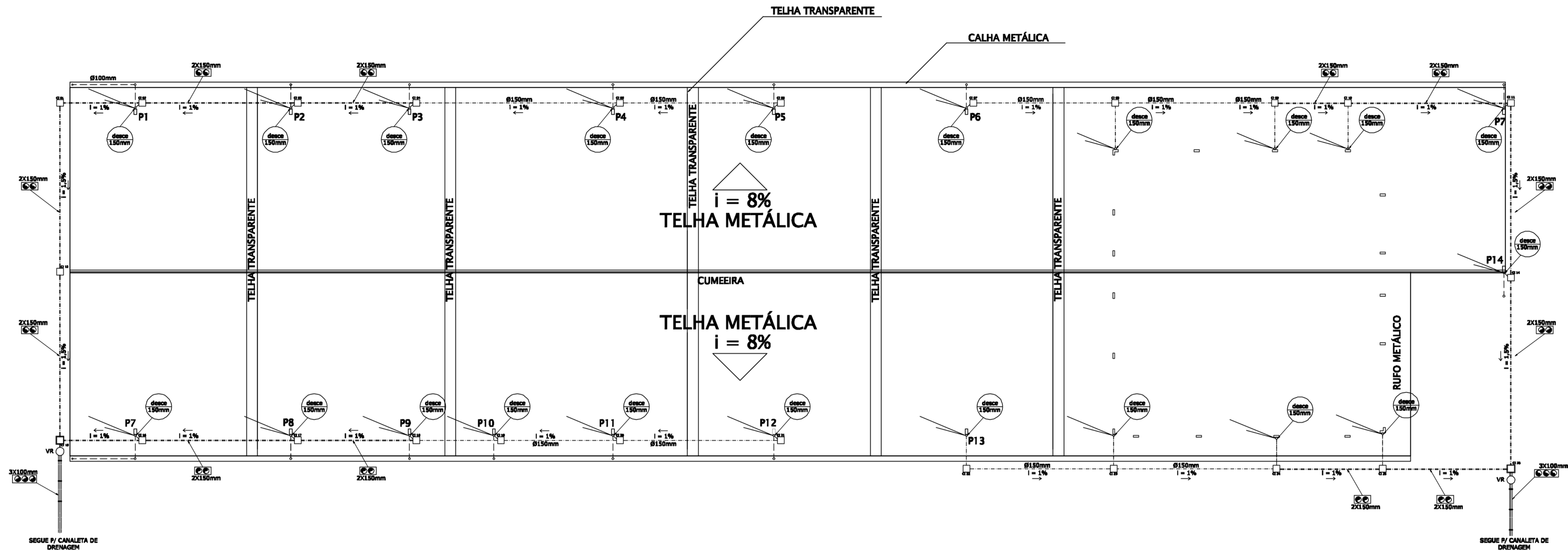
WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. World Health Organization Technical Report Series. No 157, 1973. Disponível em:<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41032/WHO_TRS_517.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 fev. 2023.

YOSHINO, G. H. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária professor José da Silveira Neto**. 2012. 22 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Belém, 2012. Disponível em: < <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/3541>> Acesso em: 02 jan. 2023.

ANEXO A

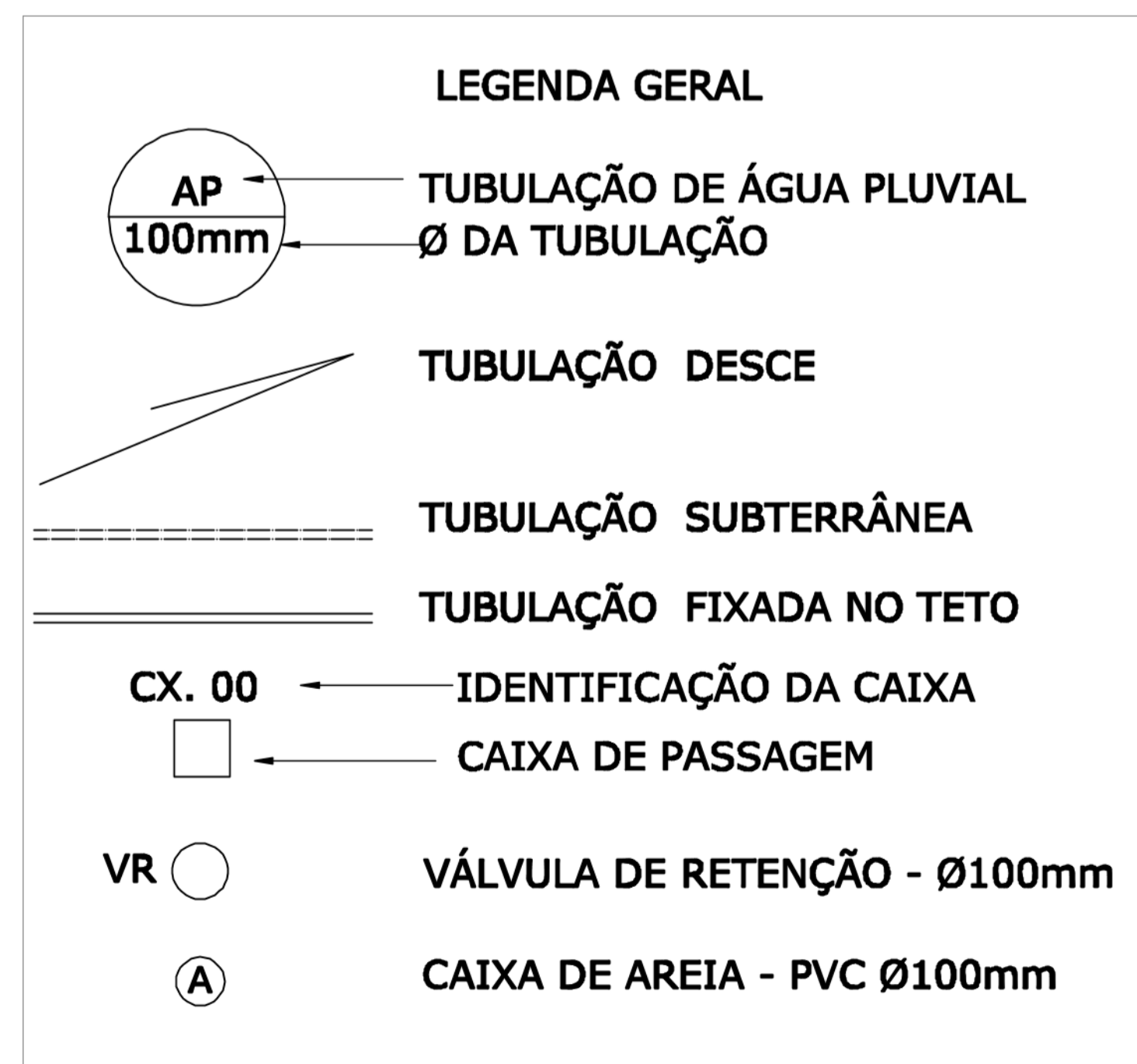


ANEXO B



PLANTA DE COBERTURA - BLOCO DE MANUTENÇÃO/ADMINISTRATIVO.
ESCALA: 1/50

CÁLCULO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO			
Área de contribuição	Largura da água	Comprimento do telhado	Altura do telhado
m ²	m	m	m
2882,25	26,2	105	2,5
DIMENSIONAMENTO DA QUANTIDADE DE CONDUTORES			
Nº de condutores	Vazão total	Vazão do tubo	
und.	l/s	l/s	
	158,52375	4,78	
CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE OS CONDUTORES			
Distância entre os condutores	Comprimento total do plano do telhado	Nº de condutores	
m	m		
	105		
VAZÃO			
Vazão total	Índice pluviométrico	Área da superfície a ser drenada	
l/s	mm/h	m ²	
158,52375	198	2882,25	



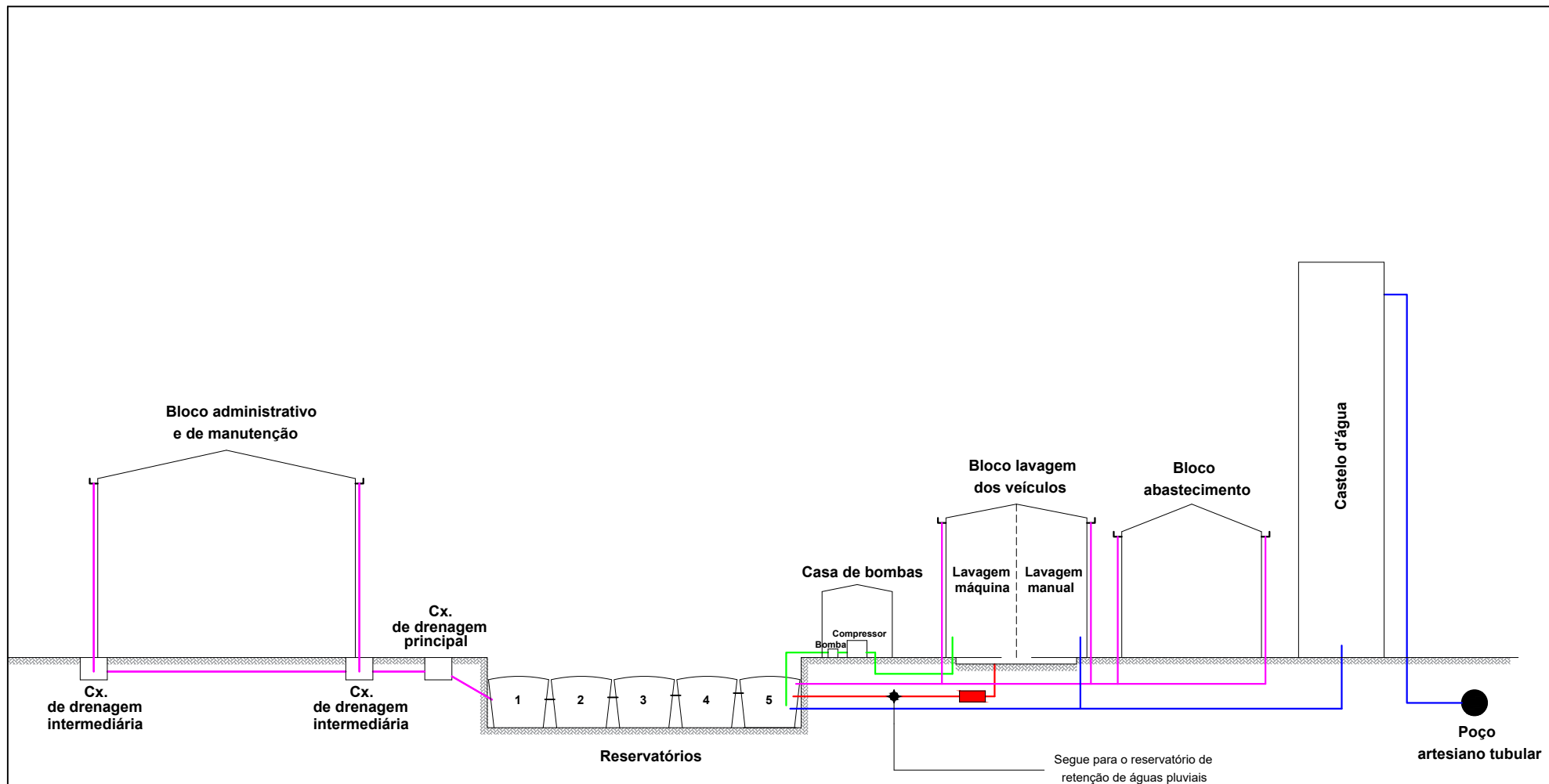
Proprietário: [Redacted]
Responsável Técnico: [Redacted]
Título: [Redacted]

Francha: **DREN 01**

INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS - BLOCO DE MANUTENÇÃO/ADMINISTRATIVO

APÊNDICE A

APÊNDICE B



Legenda:

- Água de reuso
- Água subterrânea
- Aproveitamento de água da chuva
- Instalação de água para lavagem automática
- Sistema de tratamento da água de reuso
- ◆ Sistema de descarte da água de reuso

TÍTULO:	Perfil esquemático dos sistemas de águas destinadas à lavagem de veículos da empresa		
AUTORA:	Litiko Lopes Takeno	ESCALA:	S/ESCALA
		FOLHA:	01/01
		DATA:	20/02/2023

APÊNDICE C

Planilha dos tempos de lavagem em máquina automática, por tipo de veículo

TEMPO DE LAVAGEM DOS VEÍCULOS							
ÔNIBUS		MICRO-ÔNIBUS		MICRO-ÔNIBUS		VAN	
Nº	Tempo (s)	Nº	Tempo (s)	Nº	Tempo (s)	Nº	Tempo (s)
1	125	1	68	28	49	28	68
2	73	2	106	29	52	29	79
3	87	3	72	30	109	30	86
4		4	86	31	72	31	
5		5	122	32	101	32	
6		6	47	33	163	33	
7		7	119	34	147	34	
8		8	76	35	75	35	
9		9	83	36	58	36	
10		10	82	37	80	37	
11		11	40	38	86	38	
12		12	88	39	65	39	
13		13	86	40	61	40	
14		14	51	41	94	41	
15		15	136	42	121	42	
16		16	59	43	103	43	
17		17	58	44	104	44	
18		18	88	45	139	45	
19		19	78	46	126	46	
20		20	69	47	92	47	
21		21	68	48	123	48	
22		22	79	49		49	
23		23	118	50		50	
24		24	62	51		51	
25		25	73	52		52	
26		26	79	53		53	
27		27	81	54		54	
MÉDIA =	95,00	MÉDIA =	87,38		MÉDIA =	77,67	
MÉDIA							
86,68							