



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MALU VITÓRIA BARBOSA DE MELO

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA E UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM OFICINA
CERÂMICA**

Recife, 2022

MALU VITÓRIA BARBOSA DE MELO

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E UTILIZAÇÃO
DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM
OFICINA CERÂMICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientadora: Prof^a Dra. Sávia Gavazza

Coorientador: Prof. Júlio César Azevedo Luz de Lima

Recife

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Melo, Malu Vitória Barbosa de.

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA PLUVIAL EM OFICINA CERÂMICA / Malu Vitória Barbosa de Melo. -
Recife, 2022.

56 : il., tab.

Orientador(a): Savia Gavazza dos Santos Pessoa

Coorientador(a): Júlio César Azevedo Luz de Lima

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil -
Bacharelado, 2022.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Água de Chuva.
2. Diagnóstico.
3. Sistema Alternativo de Abastecimento.
4. Sustentabilidade. I. Pessoa, Savia Gavazza dos Santos. (Orientação). II. Lima, Júlio César Azevedo Luz de. (Coorientação). III. Título.

MALU VITÓRIA BARBOSA DE MELO

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM OFICINA CERÂMICA**

Monografia de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Sávia Gavazza (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Sylvana Melo dos Santos (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Ingrid Arthur Vieira de Melo (Examinadora Externa)

Instituto Oficina Francisco Brennand

Dedico este trabalho à Maura, Pedro, Rita e a Luiz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me dar saúde, está sempre comigo nos momentos mais difíceis, nos momentos de comemoração e por ter dado essa oportunidade.

Aos meus pais Pedro Pereira e Maria José, por todo carinho, suporte e apoio, por sempre me deixarem livre para seguir o caminho que achava certo e sempre me influenciarem a estudar mais e me tornar uma profissional melhor.

A Matheus Luiz, por todo o apoio, compreensão, amizade, paciência e ajuda nos momentos críticos dessa jornada.

As minhas amigas, Eduarda Nunes, Victória Farçal e Nicelle Ayanne, por todo o companheirismo, amizade, carinho, ajuda, risadas, choros, durante todo o tempo que estive ao lado de vocês. A faculdade se tornou mais leve ao lado de vocês, muito obrigada!

À Oficina Brennand e todos os funcionários que proporcionaram e viabilizaram a realização deste projeto. Muito obrigada!

À Universidade Federal de Pernambuco e a todos os professores que auxiliaram no aprendizado de assuntos técnicos e não técnicos. Aos conselhos, meu muito obrigada!

À Sávia Gavazza por me permitir fazer parte de sua equipe de Projeto de Água de Chuva, por todas as oportunidades.

À Júlio Lima, pelas oportunidades, pelo trabalho, projetos e orientação.

À Alessandro Amorim e Ana Iacy, pelo companheirismo e colaboração durante todo o desenvolvimento do projeto.

Por fim, aos meus avós, Maura e Luiz, que estavam aguardando por esse momento, e agora estão em paz.

RESUMO

O consumo de água cresceu mais do que o dobro da taxa de aumento populacional no último século e, associado ao fato da existência de um abastecimento irregular e incerto, a situação de regiões que vivenciam escassez de água e estresse hídrico é agravada. Por isso, o Brasil enfrenta a necessidade de mudanças de padrões de consumo e o aprimoramento da gestão de recursos hídricos. O Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, buscando incorporar o viés da sustentabilidade ambiental e implementar alternativas para o abastecimento de água, fomenta a pesquisa e o desenvolvimento de projetos de inovação. O presente trabalho é fruto desta iniciativa, em que foi realizado um diagnóstico detalhado do empreendimento para a avaliação técnica da implantação de um sistema de abastecimento com a utilização de água da chuva. O estudo indicou que há o potencial de captação pluvial de cerca de 1.589,22 m³/mês e a região possui uma potencial bacia hidrográfica, podendo atuar como uma barragem com um escoamento superficial de cerca de 1082,54 m³/mês suprindo efetivamente as demandas do local. Outro fator impactante é que a qualidade da água de chuva é superior à de outras fontes de água, por isso requer apenas uma simples desinfecção para enquadramento ao padrão de potabilidade, reduzindo ainda mais os custos. Dessa forma, a incorporação da captação de água de chuva para abastecimento humano promove ganhos econômicos, ambientais e sociais para o Instituto e para a sociedade como um todo.

Palavras-chaves: Água de chuva. Diagnóstico. Sistema Alternativo de Abastecimento. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Water consumption has grown at more than double the rate of population growth in the last century and, associated with the existence of an irregular and uncertain supply, aggravates the state of regions where there is already water scarcity and water stress. Therefore, Brazil faces the need to change consumption patterns and improve water resources management. The Brennand Workshop, seeking to incorporate the environmental sustainability bias and implement alternatives for water supply, promotes research and innovation projects. This project is the result of this initiative, in which a detailed diagnosis of the enterprise was carried out for the technical evaluation of the implementation of a supply system with the use of rainwater. The study indicated that there is a potential for rainwater harvesting of about 1,589.22 m³/month and the region has a potential hydrographic basin, which can act as a dam with a surface runoff of about 1082.54 m³/month, effectively supplying the site demands. Another impacting factor is that the quality of rainwater is superior to other sources of water, so it only needs simple disinfection to meet the potability standard, further reducing costs. Everything considered, the incorporation of rainwater harvesting for human supply promotes economic, environmental and social gains for the Institute and for society as a whole.

Keywords: Rainwater. Diagnosis. Alternative Supply System. Sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demanda mundial de água por setor.....	16
Figura 2 - Aumento no consumo mundial de água no último século.....	18
Figura 3 - Regime pluviométrico no Brasil.....	22
Figura 4 Localização do Instituto Oficina Francisco Brennand.....	26
Figura 5 - Mapa do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand.....	27
Figura 6 - Reservatório superior.....	35
Figura 7- Poço cacimba.....	35
Figura 8 - Reservatório intermediário (Poço/reservatório superior).....	35
Figura 9 - Reservatórios locais.....	35
Figura 10 - Poço Artesiano.....	36
Figura 11 Localização atual poço artesiano.....	36
Figura 12 - Diagrama unifilar do sistema de abastecimento existente.....	37
Figura 13 - Levantamento das áreas do telhado.....	40
Figura 14 - Bacia de Contribuição.....	41
Figura 15 - Posicionamento da barragem.....	46
Figura 16 - Rede de distribuição de água tratada.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores referenciais em relação ao coeficiente de Runoff.....	30
Tabela 2 - Valores referentes ao consumo.....	34
Tabela 3 - Dados de precipitação média dos últimos 10 anos em Várzea/Recife - PE	39
Tabela 4 - Consumo per capita atual.....	44
Tabela 5 - Consumo per capita adotados para a projeção futura.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa e motivação	14
1.2 Objetivos gerais e específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Consumo de água potável	15
2.2 Escassez hídrica e alternativas de abastecimento de água	17
2.3 Sistema alternativo – aproveitamento das águas de chuva	19
2.3.1 No Mundo	20
2.3.2 No Brasil	21
2.4 Abastecimento de água na região metropolitana de Recife	24
2.5 Potencial de economia de água potável	24
2.6 Relação entre objetivos de desenvolvimento sustentável e o sistema alternativo de abastecimento	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 Caracterização da área de estudo	26
3.2 Diagnóstico do sistema atual de abastecimento de água	Erro! Indicador não definido.
3.3 Estudo de um sistema alternativo de abastecimento	28
3.3.1 Estudo de precipitação	28
3.3.2 Potencial de captação de água de chuva	29
3.3.3 Contribuição da bacia hidrográfica	29
3.3.4 Infiltração	30
3.3.5 Evaporação	31
3.3.6 Estudo de demanda hídrica	33

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Diagnóstico do sistema atual de abastecimento de água	34
4.2 Estudo de um sistema alternativo de abastecimento	38
4.2.1 Estudo de precipitação	38
4.2.2 Potencial de captação de água de chuva	39
4.2.3 Contribuição da bacia hidrográfica	41
4.2.4 Infiltração	42
4.2.5 Evaporação	43
4.2.6 Estudo de Demanda Hídrica	44
4.2.6.1 Consumo per capita	44
4.2.6.2 Demanda presente e futura	45
4.3 Proposta de sistema de abastecimento de água	46
4.3.1 Ganho Econômico, social e ambiental	47
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

A água é avaliada como o bem mais abundante do planeta, abrangendo cerca de 75% da sua superfície e sendo recurso indispensável à vida. Contudo, a sua maior parte é salgada e imprópria para o consumo. Essa escassez é agravada com o aumento da demanda por água para consumo humano e agrícola decorrentes do crescimento populacional que, combinados com o uso irracional da água, agrava essa situação. A escassez hídrica torna a água um fator limitante, ocasionando na população insegurança hídrica (FIORIN, 2005).

O consumo de água tem crescido mais do que o dobro da taxa de aumento populacional no último século e, associado ao fato da existência de um abastecimento irregular e incerto, agrava a situação de regiões na qual já apresentam escassez de água e estresse hídrico.

A necessidade pelas mudanças de padrões de consumo e o aprimoramento da gestão de recursos hídricos, são fatores que o Brasil tem enfrentado. Não restam dúvidas de que a segurança hídrica precisa ser prioridade absoluta no país, não só por estar intimamente ligada ao desenvolvimento socioeconômico, mas também por manter os ecossistemas saudáveis e, principalmente, para garantir a sobrevivência humana.

Pernambuco possui cerca de 184 municípios com rede de distribuição de água, dessas unidades 75% possuem ocorrência de racionamento (IBGE, 2017). Com isso, percebe-se uma irregularidade de abastecimento para a população que enfrenta a cada dia mais problemas de escassez hídrica, necessitando de técnicas adequadas para convivência com essa adversidade.

Com o intuito de incorporar o viés da sustentabilidade ambiental e implementar alternativas para o abastecimento de água, o Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, fomenta pesquisas e projetos de inovação. Com isso, tendo em vista as demandas do local são avaliadas alternativas para a complementação do abastecimento de água nas instalações do empreendimento a partir de um diagnóstico detalhado.

Para isso, a captação de água da chuva, por exemplo, é considerada uma ferramenta de complementação do abastecimento de água, seja para fins potáveis ou não potáveis. Essa água, dependendo das condições locais, pode apresentar uma baixa concentração de poluentes, podendo ser utilizada como fonte alternativa (LIMA, 2012). Algumas propostas apresentadas no diagnóstico terão por objetivo prover o uso racional das fontes de água existentes e incentivar a exploração de fontes alternativas de abastecimento de água.

O Instituto possui potencial de captação de água de chuva por apresentar uma elevada superfície de captação. Diante disso, neste trabalho foi feito um diagnóstico do sistema de abastecimento de água, com avaliação de alternativas de abastecimento que possam contribuir com os valores de sustentabilidade ambiental do Instituto.

1.1 Justificativa e motivação

O presente projeto decorre da vontade do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand de incorporar fontes alternativas de abastecimento de água e ampliar práticas de sustentabilidade ambiental. O Instituto é um local de grande importância histórica e cultural para o estado de Pernambuco, possuindo mais de 2 mil obras de arte. O objetivo do Instituto é inovar conceitualmente e modernizar suas instalações de abastecimento de água. O grupo de pesquisa da UFPE contribui no provimento de suporte técnico, norteando a administração do Instituto para a implantação e uso de tecnologias sustentáveis em um ambiente já consolidado e de complexa intervenção na estrutura, devido a presença de diversas construções de relevância artística que fazem parte do conjunto arquitetônico da oficina. Tais intervenções têm por objetivo prover o uso racional das fontes de água existentes e incentivar a exploração de fontes alternativas de abastecimento de água.

Uma das vantagens da utilização de água pluvial como fonte de abastecimento, está relacionada com o uso no local da precipitação, que por sua vez, diminui custos com uma rede de distribuição, sendo esse um componente custoso em um sistema de abastecimento convencional. Além disso, águas pluviais, em muitos casos, apresentam melhor qualidade quando comparadas à mananciais de superfície, principalmente em relação aos parâmetros físico-químicos (Carvalho *et al.*, 2018). E, considerando o cenário de escassez de água e a baixa qualidade das águas (superficiais e subterrâneas) nas áreas urbanas e industriais, a água da chuva pode se tornar uma fonte alternativa de abastecimento.

A presente proposta aborda um diagnóstico com a finalidade de apoiar reformulação do sistema de abastecimento de água no Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, sendo objeto de estudo todas as unidades de reservação, distribuição, tratamento e fontes de água existentes. Para ampliação da oferta de água foi considerado o aproveitamento de água pluvial para fins potáveis e não potáveis. Desta forma, o Instituto contribui com o apelo global ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 da Organização das Nações Unidas - ONU, com a universalização do abastecimento de água por fonte alternativa e proteção ambiental.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O presente trabalho tem por objetivo geral analisar o potencial de fontes alternativas de aproveitamento de água com vistas à inovação e sustentabilidade ambiental do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand.

Desta forma, os objetivos específicos são:

- Analisar a relação de oferta e demanda hídrica considerando a infraestrutura física existente;
- Avaliar as condições atuais de reservação, distribuição, tratamento e fontes de água existentes;
- Propor sistema alternativo de aproveitamento de água para fins potáveis e não potáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Consumo de água potável

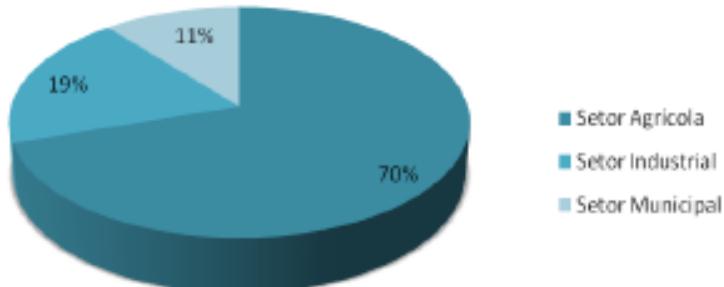
Segundo a UNICEF (2019), desde o ano 2000, 1,8 bilhões de pessoas possuem acesso a serviços básicos de água potável, contudo existem elevadas desigualdades na acessibilidade, disponibilidade e qualidade desses serviços. De acordo com estimativas 1 a cada 10 pessoas necessitam de serviços básicos de saneamento, sendo que 144 milhões de pessoas bebem água não tratada. Em áreas rurais essa realidade é encontrada com maior facilidade. Outro dado importante é que a cobertura de serviços básicos se apresenta duas vezes maior em grupos com poder aquisitivo maior, isso comprova a desigualdade na acessibilidade, qualidade e disponibilidade de água, saneamento e higiene.

A crise hídrica mundial relaciona-se com desigualdades sociais, basta analisar as diferenças existentes entre países desenvolvidos e os que estão em desenvolvimento. Por exemplo, no Continente Africano a média de consumo por pessoa é de 19 m³/dia ou de 15 L/pessoa, já em Nova York a média se encontra em 2000 m³/dia. A exploração dos lençóis freáticos está sendo utilizada como alternativa para suprir o déficit hídrico, porém a extração de água dessa fonte ocorre em uma velocidade maior que a recarga, esgotando-os e sendo mais uma fonte de água deteriorada (CETESB, 2022).

O setor da agricultura é o maior consumidor de água a nível mundial. Dessa forma, em 2050 a competição entre as cidades e a indústria demanda melhorias urgentes de práticas de gestão com vista a aumentar a produção com disponibilidade limitada de terra e água (FAO,

2015). Cerca de 70% do total de água extraído é utilizado para a agricultura, seguido pelo setor industrial, com 19% e pelo setor municipal 11%, como é possível visualizar na Figura 1 (FAO, 2014).

Figura 1 – Demanda mundial de água por setor.



Fonte: FAO (2014).

A indústria ocupa o segundo lugar no ranking de consumo, seguida dos municípios (consumos domésticos e comerciais). Contudo, estimativas indicam que o crescimento do consumo mundial no setor agrícola será de 19% até 2050. Esse dado inclui a capacidade pluvial e a agricultura irrigada. Por outro lado, as estimativas relacionadas ao consumo no setor industrial indicam que terá duplicado em 2025, e que a emissão de poluentes lançados por esse setor será quadruplicada (UNESCO 2012).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano 2000, a demanda de água na região sudeste do Brasil alcançou os 360 L/hab.dia, enquanto que na região norte do país o volume era de 190 L/hab.dia. E levando-se em consideração que o maior percentual da população brasileira se localiza na região sudeste, conclui-se que essa região é a maior consumidora de água potável do país e consequentemente, onde há maiores desperdícios.

De acordo com o Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo - PURA (2011), quase 1/3 de toda água potável consumida nas residências brasileiras é utilizada em bacias sanitárias, resumindo, cerca de 30% de água potável poderia ser economizada, se fossem implantadas nas residências sistemas utilizadores de fontes alternativas de água para essa finalidade. Como exemplo, pode ser citado o sistema de captação e aproveitamento de águas de chuva, que podem ser utilizadas em pontos de consumo que não exijam potabilidade da água, como é o caso das bacias sanitárias (LAGE, 2010). Outra problemática que também

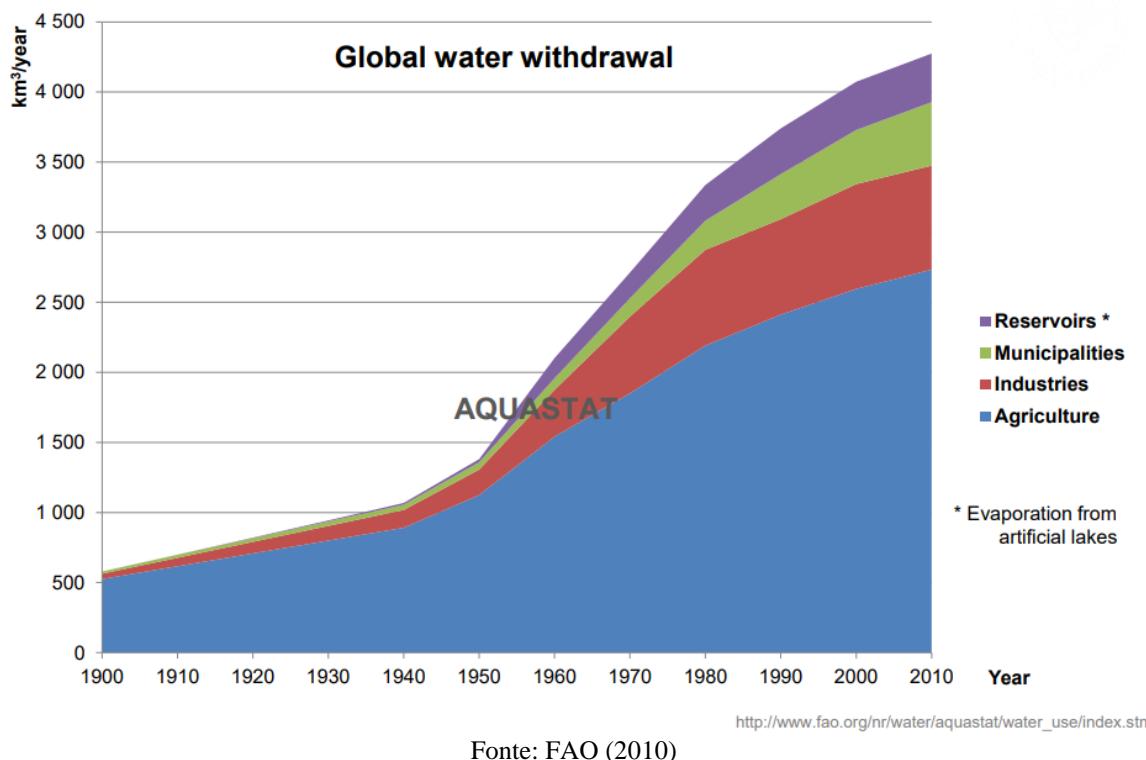
deve ser levada em consideração são as perdas de água durante o transporte na rede de distribuição de água. Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referente ao ano de 2017, a região Nordeste apresenta um índice de perda na distribuição de 47,4%, o segundo maior índice das regiões brasileiras, ficando apenas atrás da região Norte 53,7%. E o estado de Pernambuco possui um índice de perda de 52%, reforçando ainda mais a importância da adoção de sistemas que não dependam de rede para abastecimento. Isso diminuiria consideravelmente essas estatísticas.

2.2 Escassez hídrica e alternativas de abastecimento de água

Em todo o mundo, a distribuição residencial de água encanada atinge 79% das áreas urbanas, em contraste com 32% das áreas rurais (WHO / UNICEF, 2015). Para o ano de 2050, espera-se um aumento de 55% na demanda mundial de água, gerando escassez e competição entre os setores de uso da água (WWAP, 2015).

Várias regiões do mundo já sofrem com problemas relacionados à escassez hídrica. O crescimento demográfico e o desenvolvimento econômico, vem consumindo os recursos hídricos, na maioria das vezes, de forma irreversível, principalmente em regiões áridas. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), ao longo do século passado, o aumento do consumo de água foi duas vezes maior que a taxa de crescimento populacional. Além disso, as previsões para o ano de 2025 é de cerca de 1,8 bilhões de pessoas no mundo vivam regiões ou países com absoluta escassez de água (menos de 500m³/hab.ano), e que aproximadamente dois terços da população mundial enfrentarão condições de estresse hídrico (valores entre 500 e 1000m³/hab.ano) (FAO, 2014b).

Figura 2 – Aumento no consumo mundial de água no último século



O estresse hídrico também se faz presente em locais com abundância hídrica. Isso ocorre quando a demanda é maior que a oferta, corroborando para conflitos entre os usos desse recurso, além de medidas de restrição de utilização. A bacia do alto Tietê, localizada na região metropolitana de São Paulo, por exemplo, não consegue abastecer sozinha a demanda de uma população de mais de 15 milhões de habitantes, um dos maiores complexos industriais do mundo e alguns municípios menores. Com isso, recursos hídricos complementares são procurados em bacias próximas, elevando os custos, problemas político-institucionais e legais. Analisando toda a problemática, a substituição da água potável por águas de qualidade inferior, para atender as demandas menos restritivas, se torna fundamentalmente admissível (HESPAHOL, 2002).

Surge da situação mundial de escassez e das diferentes situações de disponibilidade hídrica, a necessidade de estabelecer formas alternativas para disponibilizar e potabilizar as águas pouco contaminadas. A busca de novas estratégias para o uso sustentável da água e uma

possível solução para mitigar o impacto sobre os recursos hídricos, isso inclui o reuso de efluentes tratados e a coleta de água da chuva no ponto de consumo.

Steffen *et al.*, (2012) afirmam que instalações de sistemas de captação de água de chuva aumenta a autossuficiência dos sistemas de água das cidades e pode ajudar a retardar a necessidade de investimentos em novas infraestruturas de água encanada. O uso de água da chuva, é uma solução que oferece várias vantagens sobre os sistemas públicos de abastecimento de água (GOLD *et al.*, 2010), sendo a mais evidente, a redução da demanda na rede de abastecimento de água (LI *et al.*, 2010).

Portanto, a instalação de sistemas de utilização de águas pluviais pode ajudar a aliviar os sistemas de abastecimento de água e aumentar a autossuficiência de água das cidades (GODSKESEN *et al.*, 2013). Dependendo da qualidade da água de chuva armazenada, ela pode ser usada para substituir a água do sistema público para fins potáveis como, beber e cozinhar ou não potáveis como, descarga de vasos sanitários, lavagem de roupa, lavagem de carro e irrigação de jardim (DEVKOTA *et al.*, 2015).

Embora a escassez de água não seja um problema generalizado, um número crescente de cientistas está motivado, em virtude do baixo custo de manutenção e energia, a desenvolver alternativas de concepção de sistemas de coleta de águas pluviais, e essas práticas estão se disseminando rapidamente pelas áreas urbanas em todo o mundo. Mahmoud *et al.* (2014) ressalta que os sistemas de captação de água da chuva são atrativos para instalação em regiões urbanas ou rurais. Caso sejam construídos reservatórios de grande capacidade é possível armazenar água para diversos fins, sem comprometer a confiabilidade da disponibilidade da água para usos primários, afirma Imteaz *et al.* (2012).

A depender do ambiente atmosférico, a água de chuva captada tem melhor qualidade do que a água distribuída pelas companhias de saneamento, principalmente quanto à ocorrência de poluentes químicos comuns nas águas superficiais, que passam incólumes pelas ETAs (LIMA, 2012; ALVES *et al.*, 2014).

2.3 Sistema alternativo – aproveitamento das águas de chuva

A sociedade está em um caminho crescente de conscientização sobre o impacto do uso dos recursos, um exemplo claro disso, é que o uso sustentável de recursos foi um dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio estabelecidos pelas Nações Unidas. (ONU, 2000). Além deste,

diversos outros objetivos envolvem qualidade de vida das pessoas, por meio da universalização do saneamento e melhoria da saúde.

O fornecimento de água potável de forma confiável mantendo os padrões de drenagem em níveis adequados para o uso urbano da terra são objetivos importantes para a gestão das águas de qualquer cidade que interferem diretamente na qualidade de vida das pessoas que ali residem pois, segundo as Nações Unidas (2015) mais de 50% da população no mundo, reside em áreas urbanas, local onde ocorre grande influência das mudanças climáticas e da urbanização.

De acordo com Farreny *et al.* (2011) e Melidis *et al.* (2007) além da economia, o aproveitamento de água da chuva também é um método ecológico e sustentável de gestão hídrica, resultando na redução do escoamento urbano e inundações, uma vez que promova a redução do escoamento superficial.

2.3.1 No Mundo

Alguns países do mundo adotaram legislações para o incentivo à captação da água de chuva, como Alemanha, Espanha, Estados Unidos e Austrália, e implementaram políticas de captação de água de chuva em diferentes níveis, inclusive com incentivos econômicos (Domènec e Saurí, 2011; Partzsch, 2009; Siems e Sahin, 2016, GOLD *et al.*, 2010). Na Malásia, o Estatuto de Construção de 2012 determina a utilização de cisternas de captação de água de chuva nas instalações de todos os edifícios com área de cobertura maior ou igual a 100 m².

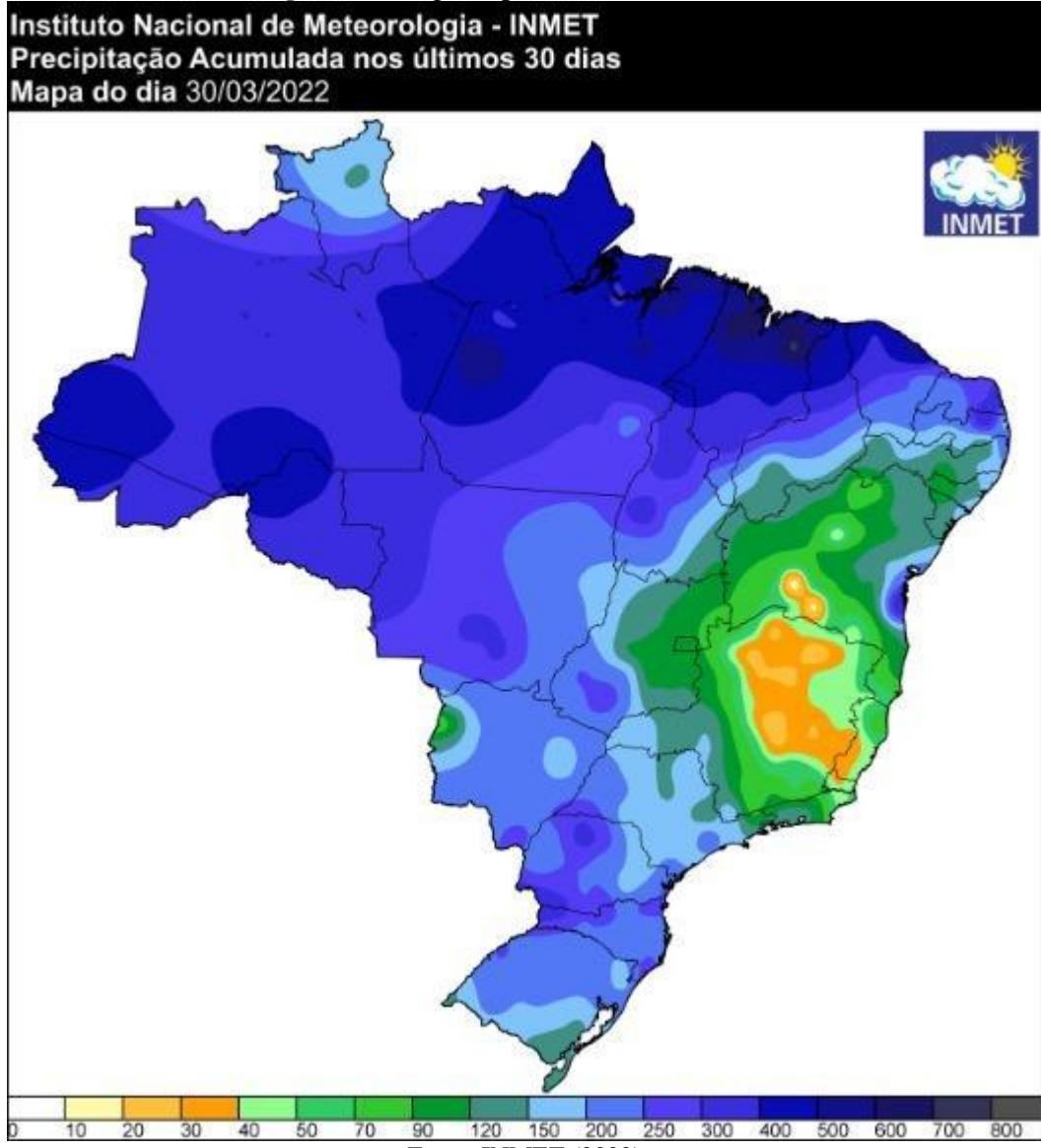
De acordo com Chubaka *et al.* (2018) na Austrália, local com regularidade de períodos secos, para mitigar os efeitos da seca na sustentabilidade dos recursos hídricos disponíveis, alguns estados introduziram requisitos regulamentares e incentivos para a instalação de sistemas de captação da água de chuva com objetivo de economizar água municipal. No entanto, em áreas urbanas, com grandes superfícies impermeabilizadas de captação, o armazenamento de água da chuva é utilizado para reduzir a vazão de escoamento, que ocasionam problemáticas urbanas como deslizamentos e enchentes. Porém, a água da chuva, ao contrário da água de sistemas de abastecimento convencionais, raramente está sujeita a barreiras sanitárias que garantam a sua segurança para consumo humano. Por isso, os departamentos de saúde desenvolveram diretrizes sugerindo o uso da água de abastecimento público para fins potáveis.

A China, por exemplo, ao perceber a ameaça de seca na região nordeste, implanta cisternas e reservatórios em todo o país com o objetivo de captar água da chuva. O sucesso desta iniciativa inspirou o programa brasileiro de implantação de cisternas. E Israel, que se destaca mundialmente pela gestão de recursos integrada, possui uma taxa de perda no sistema de abastecimento de 11%, sendo a mesma inferior à média proposta pela ONU, que é de 20% (CHUBAKA *et al.*, 2018).

2.3.2 *No Brasil*

No Brasil, a situação é teoricamente privilegiada em relação ao volume de água presente comparado ao cenário mundial, possuindo cerca de 12% da água doce disponível no planeta, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011). No entanto, a bacia do rio Amazonas concentra cerca de 73% da água doce em uma área que possui 5% da população do Brasil, enquanto os outros 27% são utilizados para suprir os 95% restantes da população. Essa distribuição se torna irregular, causando estresse hídrico em determinados períodos do ano, quando ocorrem estiagens. As estiagens são mais comuns no Distrito Federal e em alguns estados do Nordeste como Pernambuco, Alagoas, Paraíba, Sergipe e Rio Grande do Norte. Além dessa distribuição irregular, podemos também observar a pluviosidade nas regiões do país, como mostra a Figura 3, desenvolvida pelo INMET no ano de 2022.

Figura 3 - Regime pluviométrico no Brasil



Sobre as legislações envolvendo essa problemática de escassez hídrica e qualidade da água para distribuição, os corpos hídricos possuem classificação quanto ao seu uso, por meio da Resolução N° 357 (CONAMA, 2005). A Resolução os divide em água doce, água salgada e água salobra e traz os parâmetros orgânicos e inorgânicos de cada classe de água, bem como seus respectivos valores de referência. Para a utilização com fins potáveis da água, é necessário um rigoroso controle de suas propriedades e valores limites dos parâmetros. Uma das maiores referências neste sentido é o Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da

Saúde que informa diretrizes quanto ao controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. O Anexo possui um detalhamento quanto às análises que devem ser realizadas, sua frequência, número de amostras e os parâmetros que devem ser monitorados (BRASIL, 2017).

Quando se trata de água de chuva para fins potáveis, não há regulamentação no país, apesar das diretrizes existentes recomendarem a utilização para fins não potáveis (NBR 15527/2019). No entanto, pesquisas realizadas no Brasil indicam que a água de chuva pode ser utilizada para fins potáveis desde que seja assegurada desinfecção para seu uso (LIMA, 2012; ALVES *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2018). Em 2017, por meio da Lei nº 13501, a água da chuva foi incluída como recurso hídrico na Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil, incentivando o seu aproveitamento (BRASIL, 2017). Desta forma, a política nacional passou a reconhecer o potencial do recurso hídrico da água da chuva, com qualidade melhor do que a maioria dos cursos de água superficiais brasileiros. No entanto, poucos avanços ocorreram desde então, apesar da ANA reconhecer o papel da água de chuva para atingir a segurança hídrica no país (BRASIL, 1997). Somado ao benefício já mencionado, o aproveitamento de água de chuva tem o potencial de reduzir o escoamento superficial, aliviando o estresse do sistema de drenagem e protegendo as encostas dos morros, reduzindo o extravasamento de canais na planície e melhorando a mobilidade urbana em dias chuvosos, além da redução da proliferação de diversas doenças, com reflexo direto na promoção da saúde e redução dos custos do Sistema Único de Saúde (SUS).

O Brasil é referência mundial quando se trata do uso de água de chuva para fins potáveis na zona rural, em função do sucesso do antigo Programa 1 Milhão de Cisternas do governo federal, que depois foi denominado de “Água para Todos”. O principal objetivo do programa, que vem sendo desmobilizado ao longo dos últimos 5 a 10 anos, era garantir o acesso à água de qualidade às famílias que convivem com a seca, através da construção de cisternas de placas de cimento para o armazenamento de água da chuva.

2.4 Abastecimento de água na região metropolitana de Recife

A cidade do Recife é dividida em 94 bairros e, do ponto de vista administrativo, seis regiões político-administrativas ou Distritos Sanitários (DS), relacionados à gestão de saúde. Essas regiões possuem características de relevo diversificadas como, morros, planícies, estuários e praias, possuindo grande desigualdade social. Em relação à Região Metropolitana do Recife (RMR), no tocante ao saneamento básico, 12,7% dos domicílios urbanos não são servidos de abastecimento de água com canalização interna ligada à rede geral e 67,9% dos domicílios não possuem esgotamento sanitário com rede coletora (CAMARÃO, *et al.*, 2005). Falando especificamente sobre o sistema de abastecimento de água da RMR, a mesma possui 7 barragens de maior porte e suas respectivas Estações de Tratamento de Água: Tapacurá e Várzea do Una, em São Lourenço da Mata; Duas Unas e ETA Presidente Castelo Branco em Jaboatão dos Guararapes; Bita Utinga e ETA Suape em Ipojuca; Gurjaú no Cabo de Santo Agostinho; ETA Gurjaú e Botafogo em Igarassu, ETA Botafogo e outras pequenas barragens de regulação de nível para futura captação, como a barragem de Pitanga (Igarassu). Existem os pontos de captação a fio d'água que são instalados diretamente nos rios: Arataca em Goiana, Cumbe e Pilão em Araçoiaba, Conga e Tabatinga em Igarassu, Paratibe em Paulista, Caixa d'água em Olinda, Castelo II em São Lourenço da Mata e mais 150 poços artesianos, que somam uma vazão de 10.000 L/s. O sistema também conta com 73 reservatórios entre apoiados e elevados, que são responsáveis pela fase de distribuição ao consumidor.

2.5 Potencial de economia de água potável

O estudo deste potencial de economia é importante para a realização da análise da viabilidade econômica na implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva. Cientes dessa importância, alguns autores vêm estudando sobre o assunto.

Lima *et al.* (2011) estudaram o potencial de economia através da utilização de águas pluviais para 40 cidades da região amazônica e obtiveram como resultado uma faixa entre 21% – 100% de potencial de economia e um valor de economia médio de 76%.

Pereira *et al.* (2008) estudou a viabilidade econômica para a instalação de sistema de aproveitamento de água de chuva, considerando a precipitação média da capital Goiânia e diferentes valores de consumo, obtendo valores positivos em todos os resultados.

Ghisi e Marinoski (2008), para obter uma análise da viabilidade econômica para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial com fins não potáveis em uma instituição de ensino em Florianópolis-SC concluíram que a implantação era economicamente viável, devido ao tempo de retorno do investimento ser de 4 anos e 10 meses, período considerado curto, além do potencial de economia de água potável ser em torno de 45,8%.

Zolet (2005) realizou um estudo na cidade de Curitiba e verificou que a região urbana possui um elevado potencial para a utilização de águas pluviais, considerando o clima e a precipitação da região, obtendo um potencial de redução em até 50% do consumo de água potável na capital, caso seja o sistema com água pluvial seja implantado para fins não potáveis como, descarga de vasos sanitários, máquinas de lavar roupa, irrigação de jardins e lavagem de carros e pisos.

2.6 Relação entre objetivos de desenvolvimento sustentável e o sistema alternativo de abastecimento

A melhoria das condições de saneamento e saúde contribui diretamente na qualidade de vida das pessoas, isso está alinhado com alguns dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas. Os ODS são um apelo global à nação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Estes são os objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo para que até 2030 possamos alcançar o acesso universal e igualitário à água potável e segura para todos. Entre os ODSs, 9 deles podem ser correlacionados ao aproveitamento de água de chuva para fins potáveis e não potáveis, sendo eles: ODS 2 (fome zero e agricultura familiar), ODS 3 (saúde e bem-estar), ODS 6 (água potável e saneamento), ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura), ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (consumo e produção responsáveis), ODS 13 (ação contra a mudança global do clima), ODS 15 (vida terrestre) e ODS 17 (parcerias e meios de implementação).

Para alcançar os objetivos citados anteriormente, é essencial a participação do setor privado. Financiamentos de empresas privadas para aplicação em projetos que envolvam sustentabilidade e conscientização de consumo de recursos naturais finitos se destaca no cenário e causa grande influência educativa como, por exemplo, para os visitantes e empresas parceiras e financiadoras do Instituto, visando a preservação do meio ambiente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

Francisco de Paula Coimbra de Almeida Brennand foi um artista plástico brasileiro que desenvolvia seu trabalho com diversos suportes, tornando-se notório como ceramista. Um dos espaços fundados em 1917 tinha ênfase na fabricação de telhas e tijolos refratários sendo denominado de Olaria São João. Em 1971, Francisco Brennand transformou o local em fonte inspiradora e depositária de sua história, possuindo um admirável conjunto arquitetônico e artístico-cultural. O local está situado no bairro da Várzea, zona oeste do Recife.

Em 2019, após o falecimento do artista Francisco Brennand, o complexo artístico foi transformado no Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, como era da vontade do artista. Ambos o Instituto e o Laboratório de Biologia Molecular e Tecnologia Ambiental (LABIOTA) da UFPE, onde este projeto foi desenvolvido, estão localizados no bairro da Várzea, na cidade de Recife – PE (Figura 4). A Várzea fica localizada na mesorregião metropolitana do Recife e na microrregião do Recife, limitando-se ao norte com os municípios de Olinda e Paulista; ao sul com Jaboatão dos Guararapes; a leste com o oceano Atlântico e a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe. A área municipal ocupa 217,01 km². A Várzea integra a 4º Região Político Administrativa do Recife (RPA 4), a oeste da cidade, que é formada por 12 bairros (RECIFE, 1997).

Figura 04 – Localização do Instituto Oficina Francisco Brennand



Fonte: Autor, 2022

A área do empreendimento situa-se nas coordenadas geográficas latitude 08° 03' 10" S e longitude 34° 58' 26" W, a uma altitude de 10,0 metros. O relevo apresenta-se caracterizado por uma topografia levemente ondulada e plana. O clima não possui 4 estações bem definidas. Em geral, é quente e úmido com incidência maior de chuva durante os meses de junho a agosto, e sol constante nos outros meses do ano caracterizando-o como tropical. A temperatura média anual da região é de 25,1°C, com máxima de 29,9°C no verão e mínima de 22°C no inverno. A cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, apresenta um clima tropical úmido, com uma precipitação regular durante todos os meses do ano (RAMOS *et al.*, 2009).

A oficina possui 15 km² de área (Figura 5). O complexo conta com espaços como a accademia (pinacoteca), o anfiteatro, o salão de esculturas, o templo central, o templo do sacrifício, o estádio (espaço destinado à realização de eventos), auditório, capela Imaculada Conceição, projetada pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha, loja de souvenirs e objetos utilitários, Brennand Café, além de jardins projetados por Burle Marx.

Figura 05 – Mapa do Instituto Oficina Francisco Brennand.



Fonte: Metro arquitetos associados (2021).

O projeto se encontra em estágio de desenvolvimento e toda as análises são realizadas nas instalações do LABIOTA (<https://sites.ufpe.br/lسا/>).

3.2 Diagnóstico do sistema atual de abastecimento de água

Para a realização do diagnóstico do sistema atual de abastecimento do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, foram realizadas aproximadamente 12 visitas, com o objetivo de coletar as informações necessárias para a escolha de um sistema de abastecimento alternativo que seja viável dado a estrutura que possuímos hoje e eficiente possuindo abastecimento contínuo no instituto, de acordo com a demanda necessária para a quantidade de visitantes e trabalhadores atual e para uma situação futura (2027) do local.

A partir dessas visitas e informações obtidas junto à administração foi possível construir o diagrama unifilar do sistema de abastecimento existente na localidade.

3.3 Estudo de um sistema alternativo de abastecimento

3.3.1 Estudo de precipitação

A implantação de um sistema alternativo de abastecimento de água em uma edificação deve ser acompanhada de estudos que atestem a sua segurança operacional durante todo o seu ciclo de vida. Além disso, o fato da edificação possuir uma necessidade de consumo contínuo, intrínseca ao seu uso é considerado um dos grandes desafios, apesar da ocorrência de precipitação em todos os meses do ano em Recife, uma vez que os períodos de estiagem geralmente coincidem com o de maior consumo. Este regime pode interferir na segurança do suprimento de água e deve ser bem analisado visando proporcionar uma reservação suficiente para transpor estas fases sem interromper o fornecimento.

Visando entender o regime pluviométrico da região, foi realizado um estudo do histórico de precipitação analisando dados da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), observando o índice pluviométrico da região (estação pluviométrica da Várzea), onde se situa o Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand. O objetivo foi analisar os dados dos últimos 10 anos de precipitação e realizar um estudo estatístico dos dados coletados, desconsiderando os anos atípicos de chuva.

A partir disso, foi obtida a média aritmética de chuva esperada, Equação 1. Esta informação permite que seja analisada a potencialidade de oferta de chuva na região, identificando os meses em que existem maiores e menores ocorrências pluviométricas e o período mínimo no qual não ocorrerá precipitação, a partir desse dado e da demanda de vazão

do instituto podemos descobrir a necessidade de armazenamento de água para abastecer este período de tempo de forma autônoma ou com complementação externa à chuva.

$$P_{méd} = \frac{\sum_{n=1}^{12} P_n}{n} \quad Equação\ 1$$

Onde:

P_n = Precipitação média (mm/mês)

P_n = Taxa de precipitação mensal (mm)

n = Número de meses em estudo

3.3.2 Potencial de captação de água de chuva

De forma complementar ao estudo de capacidade de oferta hídrica, a potencialidade de captação de água da chuva que a oficina possui deve ser estudada. Por isso, com o auxílio do estudo cartográfico realizado com o uso de drones, foi possível obter a área total de captação do empreendimento, que associada com a média de precipitação mensal da região, permite o cálculo do volume potencial de coleta de água da chuva, em litros (Equação 2). Para este estudo se considerou áreas que possuem superfície de captação, mas com estrutura para a coleta de água de chuva já instalada. Sendo classificados como telhado **classe A**, os telhados da academia e do auditório, que apresenta uma cobertura mais nova, possibilitando a utilização da água colhida para tratamento e posteriormente consumo humano e os telhados **classe B**, que são os telhados mais antigos, e que vão ter a água de chuva neles captada direcionada ao reservatório inferior (barragem), sendo este volume coletado possível de ser tratado e utilizado para fins não potáveis.

$$Volume\ (m^3) = P_{méd} * 10^{-3} * Área\ Total \quad Equação\ 2$$

3.3.3 Contribuição da bacia hidrográfica

Além da análise e captação realizada através dos telhados, também foi realizado um estudo referente à bacia de contribuição da oficina, pois foi identificado que a área da oficina oferece potencial para construção de uma barragem para acumular água para fins potáveis e não potáveis. No local foi realizado um estudo topográfico sendo possível identificar a área da bacia de contribuição, sendo a mesma de 44548,82 m².

Para contabilizar o volume de água de chuva, foi realizado o cálculo do escoamento superficial (Equação 3) através do método racional desenvolvido pelo irlandês Thomas Mulvaney, 1851 (PINTO *et al.*, 1976). Essa metodologia é utilizada para uma área que está sujeita a uma intensidade média de precipitação, por um determinado tempo de concentração. De acordo com o tipo de solo, o escoamento superficial possui um comportamento diferente (Tabela 1).

$$V = C * I * A \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

V = Vazão de escoamento superficial da bacia ($\text{m}^3/\text{mês}$)

C = Coeficiente de Runoff, tabela 1

I = Intensidade (mm/mês)

A = Área total (m^2)

Tabela 1. Valores referenciais em relação ao coeficiente de Runoff.

Coeficiente de Runoff			
	Superfície	Intervalo	C valor esperado
Cobertura grama solo pesado	Pequena declividade (2%)	0,13 - 0,17	0,15
	Média declividade (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,20
	Forte declividade (7%)	0,25 - 0,35	0,30

Fonte: ASCE, 1969.

3.3.4 Infiltração

De acordo com Tucci (2004), a infiltração consiste no processo no qual um líquido consegue percolar por partículas sólidas, ou seja, depende fundamentalmente da e do tipo de solo. Levando-se em consideração o fato da bacia hidrográfica possuir um volume que é infiltrado na área da bacia de influência, devido a localização escolhida para a barragem ser um local de vegetação sem a impermeabilização do solo, a infiltração pode exercer influência considerável e a mesma será calculada utilizando a equação de Darcy.

As camadas superiores do solo se umedecem à medida que a água infiltra. Dessa forma o perfil do solo é alterado, tendendo à saturação em sua profundidade, sendo a superfície o

primeiro nível a saturar. Contudo, as precipitações comumente não são capazes de saturar o solo, restringindo-se às camadas mais próximas à superfície, formando um perfil na qual o teor de umidade decresce com a profundidade (TUCCI, 2004).

$$I = k_o * A \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

I = Infiltração ($\text{m}^3/\text{mês}$)

K_o = Permeabilidade do solo (m/s)

A = Área da bacia de contribuição (m^2)

3.3.5 Evaporação

A evaporação consiste no processo de transformação da água em vapor devido a incidência solar sobre o líquido, ocorrendo a troca constante de moléculas de vapor com a atmosfera circundante. Portanto, o processo de evaporação ocorre quando o número de partículas que saem de um corpo é superior que as que entram. A tensão de vapor da atmosfera controla esse processo, estabelecendo um equilíbrio quando a mesma atinge a saturação. Para encontrar a evaporação do corpo hídrico foi utilizado os cálculos estabelecidos por Tucci (TUCCI, 2004).

$$E_s = 4,58 * 10^{(7,5*t/(237,3+T))} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

E_s =Tensão de vapor saturado (mm de hg)

t = Temperatura média (C°)

$$E_a = \frac{U * E_s}{100} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

E_a =Tensão parcial de vapor de água (mm de hg)

E_s =Tensão de vapor saturado (mm de hg)

U =Umidade relativa do ar

$$Qef/L = \frac{(G(1-a) - \sigma * T^4 (0,56 - 0,09 * \sqrt{Ea}) * (0,1 + 0,9 * p))}{L} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

Qef/L = Radiação efetiva

G = Radiação incidente de onda curta (cal/cm².dia), encontrado por $G = Rt$ (0,24+0,58. p), $Rt = 835,08$

p = Índice de insolação de acordo com o local, X horas/ valor da tabelado pelo local

a = Altura do albedo

σ = Constante, igual a $1,19 \cdot 10^{-7}$ (cal/cm².dia)

T = Temperatura do local em Kelvin (299,15), temperatura usada em Celsius de 26;

L = constante, igual a 59 cal/ (cm².mm)

$$\frac{A}{y} = \frac{38640 * 10^{(7,5*T/(237,3+T))}}{(237,3+T)^2} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

$\frac{A}{y}$ = Variável auxiliar para os cálculos.

T = Temperatura em C° (usando $T = 26^\circ\text{C}$)

$$Ei = 0,35 * (0,5 + \frac{w^2}{160}) * (es - ea) \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

Ei = Termo de evaporação em condições isotérmicas

w^2 = Velocidade do ar a 2 metros de altura em km/dia (118,37 km/dia)

ea = Tensão parcial de vapor de água (mm de hg)

es = Tensão de vapor saturado (mm de hg)

$$E0 \text{ (mm/dia)} = \frac{\left(\frac{A}{y} * \frac{Qef}{L} + Ei\right)}{\left(\frac{A}{y} + 1\right)} \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

$E0$ = Evaporação em mm/dia

3.3.6 Estudo de demanda hídrica

O estudo da demanda hídrica no campo científico possui o objetivo de estabelecer os consumos atuais e prever as demandas futuras para o planejamento de novos setores de redes de abastecimento de água, sendo interesse especial neste trabalho. Além disso, conforme a Lei 9.433/97 as diretrizes gerais de ação na Política Nacional de Recursos Hídricos são, a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país; a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo, áreas onde a pesquisa está inserida (BRASIL, 1997).

De acordo com Porto (2006) no sistema de abastecimento de água ocorrem variações de consumo significativas, que podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. Para projetos de sistema de abastecimento de água as variações de consumo devem ser consideradas para que o cálculo de volume de consumo a ser consumido seja o mais condizente com a realidade.

As variações diárias consideram a vazão do dia de maior consumo com relação a média diária anual, conforme a Equação 11, resultando em um coeficiente K1 que pode variar entre 1,2 e 2,0, dependendo das condições locais.

$$K1 = \frac{\text{vazão média do dia de maior consumo}}{\text{vazão média diária anual}} \quad \text{Equação 11}$$

Já as variações horárias, Equação 12, consideram-se os picos de vazão ao longo das horas do dia, possuindo um nível máximo em determinado horário do dia, esse coeficiente é denominado de k2, que pode variar entre 1,5 e 3,0.

$$K2 = \frac{\text{maior vazão horária do dia}}{\text{vazão média horária do dia}} \quad \text{Equação 12}$$

A equação abaixo permite estimar a vazão de distribuição considerando o consumo médio per capita com suas respectivas variações:

$$Q = k1 * k2 * \frac{P * q}{86400} \quad \text{Equação 13}$$

em que:

$$Q = \text{vazão média anual, em L.s}^{-1}$$

$$P = \text{população da área abastecida}$$

$$q = \text{consumo médio diário per capita, em L.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}, \text{Tabela 03}$$

O coeficiente k_1 é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto o k_2 utiliza-se apenas no cálculo da rede de distribuição. A partir desses dados é possível quantificar a vazão necessária para atender o consumo atual e futuro do empreendimento.

Tabela 2. Valores referentes ao consumo

Museu majorado	10 L/visitante.dia	Creder, 1991
Funcionários do campo	80 L/funcionário.dia	Creder, 1991
Jardinagem	1,5 L/m ²	Creder, 1991
Espelhos de água	Evaporação	Calculado por Pneman

Fonte: Creder (1991)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico do sistema atual de abastecimento de água

A partir dos levantamentos realizados no diagnóstico quanto às fontes de abastecimento, foi possível perceber que a fonte de água principal do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand atualmente é derivada da utilização de água de poço e complementada por carros pipa, quando a vazão dos poços não é suficiente para atender a demanda de determinado mês. O sistema encontrado no local é composto por diversas estruturas, sendo elas:

- Um reservatório superior de 30 mil litros (dois reservatórios de 15 mil litros) (Figura 6);
- Um poço cacimba (Figura 7);
- Um reservatório intermediário que fica ao lado da accademia (Figura 8);
- Caixas de água distribuídas ao longo da propriedade (Figura 9);
- Um poço artesiano (Figura 10 e 11);
- Um reservatório exclusivo para o sistema de refrigeração do telhado da igreja;

Figura 6 - Reservatório superior.



Figura 7 – Poço cacimba.



Figura 8 - Reservatório intermediário (poço/reservatório superior).



Figura 9 - Reservatórios locais.



Figura 10 - Poço Artesiano.



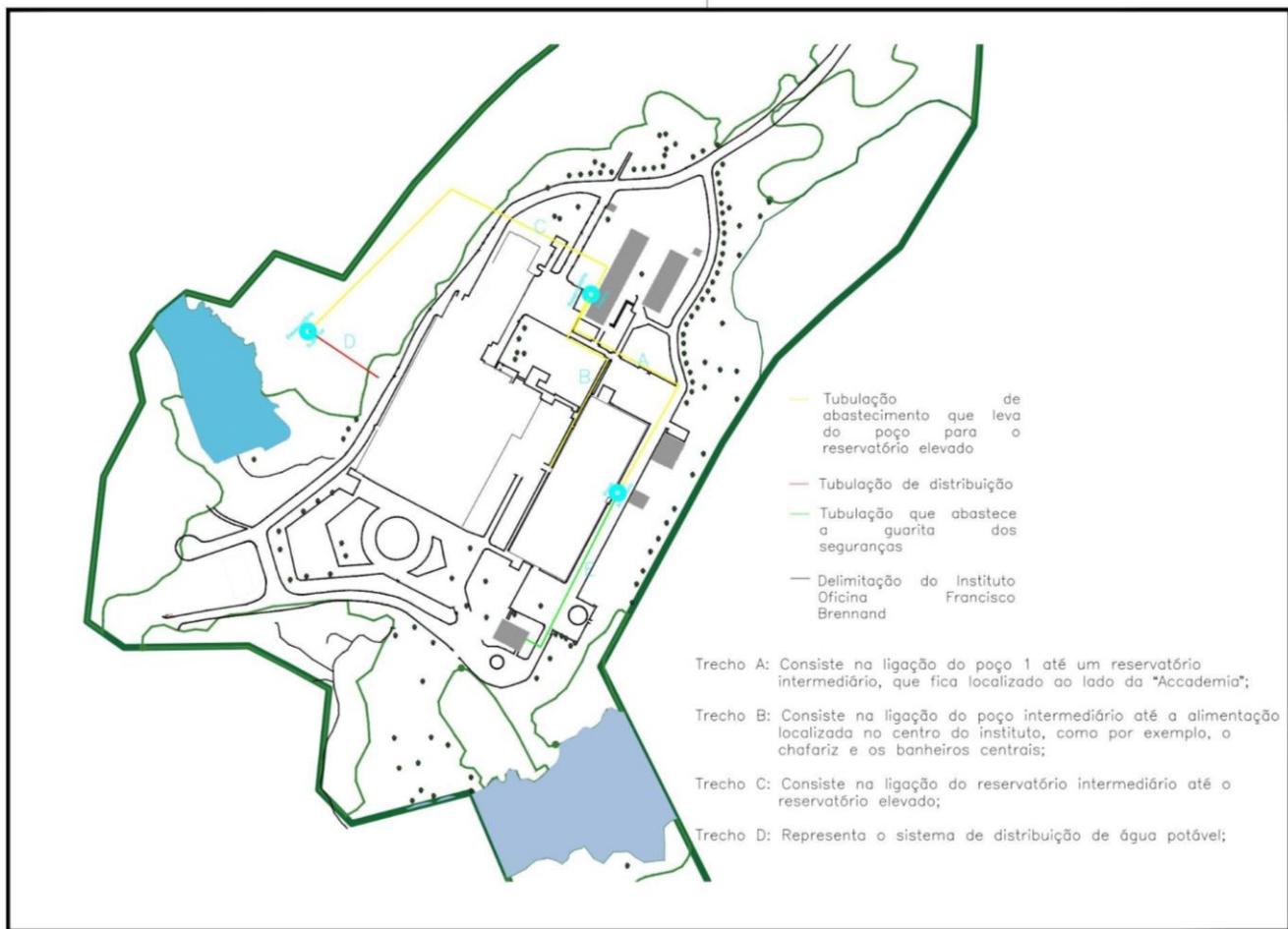
Figura 11 - Localização
Poço Artesiano.



Fonte: Autor, 2022.

Para a coleta de informações acerca do local as visitas foram guiadas por um funcionário local, a partir disso, conseguiu-se levantar informações suficientes para o desenvolvimento de um croqui base e do diagrama unifilar - traçado simplificado utilizando linhas, necessário para representar o trajeto de água existente (Figura 12).

Figura 12 – Diagrama unifilar do sistema de abastecimento existente.



Fonte: Autor (2022).

Foi observado que a principal fonte de abastecimento de água é proveniente de poços. Desta forma foi solicitada a identificação da qualidade da água dos poços, bem como do espelho d'água e de um açude próximo para fazerem parte do diagnóstico de qualidade. O estudo da qualidade da água foi realizado no dia 29/10/2020. A análise foi realizada por empresa terceirizada. Os resultados indicaram que em todos os pontos das amostras (poço artesiano, cacimba, espelho d'água e açude) a qualidade da água estava fora dos parâmetros sugerido para corpos hídricos subterrâneos pela resolução CONAMA 396, necessitando de uma limpeza e de um tratamento adequado (BRASIL, 2008).

Além disso, foi solicitado um teste para a investigação da vazão máxima, para que fosse verificada a suficiência do poço para o consumo mensal necessário para atender a demanda atual e futura do Instituto.

Para realizar a verificação para a demanda de consumo de água do Instituto, a administração estimou o valor atual de visitantes por ano em 50 mil pessoas e valor futuro de cerca de 200 mil visitantes. Vale destacar que o Instituto está passando por um planejamento de ampliação de público, previsto para 2027. Desta forma, além dessa demanda de visitantes existe a utilização diária dos funcionários da empresa, sendo representados por 30 funcionários que atuam na “ACCADEMIA” e 30 funcionários da linha de produção. O diagnóstico abrangendo estudo de oferta e demanda é apresentado no item 4.2.6.

4.2 Estudo de sistema alternativo de abastecimento

Para a melhor escolha de solução para um sistema alternativo de abastecimento de água visando atender a demanda futura e buscando promover a sustentabilidade, obtendo como objetivo a eficiência do sistema, faz-se necessário estudos de oferta e demanda. A seguir, serão discutidos os pontos que devem ser considerados para a definição do sistema de abastecimento de água.

4.2.1 Estudo de precipitação

Os dados foram coletados através do banco de dados da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) e foi possível verificar o índice pluviométrico da região onde se situa o Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, no bairro da Várzea/Recife. Foi utilizado para esse estudo o banco de dados dos últimos 10 anos de precipitação, eliminando os anos atípicos de precipitação. Ao final, foi possível identificar uma média mensal de cerca de **162 mm/mês**.

Tabela 3 - Dados de precipitação média acumulada dos últimos 10 anos em Várzea/Recife - PE.

Posto	Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Recife - Várzea	2012	197,4	190,6	139,0	56,1	190,3	295,6	260,5	173,3	20,1	53,9	9,9	25,1
	2013	95,7	43,8	98,6	223,6	317,7	494,7	415,2	224,0	146,0	128,5	76,5	177,1
	2014	106,3	150,9	251,6	339,4	312,5	319,9	278,4	162,3	250,0	146,5	56,0	71,3
	2015	64,6	54,0	341,8	74,4	171,0	449,4	445,5	116,6	29,7	16,2	30,6	91,8
	2016	119,6	70,9	244,3	291,6	478,8	146,7	111,1	58,3	46,6	13,7	16,2	67,8
	2017	28,7	20,9	139,2	291,7	397,7	487,0	486,2	109,1	83,8	60,0	14,8	30,1
	2018	153,6	119,8	120,6	466,4	183,1	133,6	94,2	105,5	50,3	21,1	37,4	74,5
	2019	143,5	111,1	159,9	281,1	205,0	462,8	306,1	183,4	110,0	59,5	3,9	22,2
	2020	56,2	84,3	166,2	251,1	246,9	329,0	186,9	119,4	62,4	17,4	55,4	62,9
Média (mm)	107,3	94,0	184,6	252,8	278,1	346,5	287,1	139,1	88,8	57,4	33,4	69,2	

Fonte: APAC.

4.2.2 Potencial de captação de água de chuva

Com o auxílio da cartografia pode-se verificar as áreas de telhados do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand e, com isso, verificar o potencial de captação de água de chuva no empreendimento, classificando os seus tipos e os diferenciando quanto aos tipos de uso. Os telhados **classe A** possuem uma área de 1150 m² e os telhados considerados **classe B**, apresentam uma área de aproximadamente 12990m², onde 8660 m² são captados pelo sistema de calha existente, possibilitando a instalação de novas calhas como forma de aumentar essa captação em um momento oportuno (Figura 13).

Figura 13 - Levantamento das áreas do telhado



Através do mapeamento realizado por drone, e a identificação e classificação dos telhados em 2 tipos, é possível analisar o potencial da captação de água de chuva na oficina e da sua utilização para os diferentes propósitos.

A capacidade de coleta de água de acordo com o potencial de cada tipo de telhado foi calculada para cada tipo de telhado. Para o telhado classe A (1150 m^2), utilizando a média de precipitação obtida pelo estudo pluviométrico (162 mm/mês), temos:

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Área (m}^2\text{)} . \text{Precipitação (mm} \cdot 10^{-3} \text{/mês)}$$

$$\text{Volume (Classe A)} = 1150 \text{ m}^2 \cdot 162 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Volume (Classe A)} = 186,3 \text{ m}^3/\text{mês}$$

O telhado classe A tem potencial de captação de $186,3 \text{ m}^3$ de água por mês. Já para os telhados classe B (12990 m^2 onde 8660 m^2 já possui o sistema de captação), temos:

$$Volume (m^3) = Área (m^2) . Precipitação (mm \cdot 10^{-3} /mês)$$

$$Volume(Classe B) = 8660 m^2 \cdot 162 \cdot 10^{-3} m/mês$$

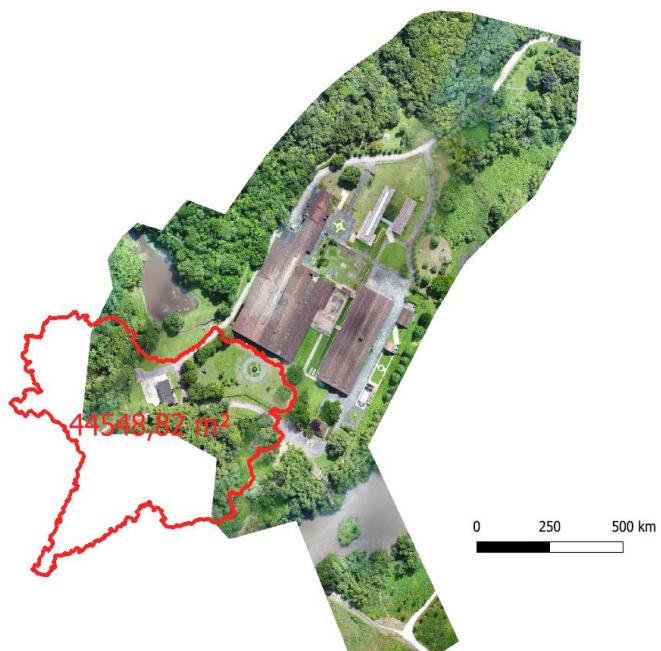
$$Volume(Classe B) = 1402,92 m^3/mês$$

Portanto, o potencial de captação de água de chuva (Telhados classe A e B) é de 1589,22 m³/mês sendo possível a utilização para fins potáveis, como beber e cozinhar, e para fins não potáveis como irrigação de plantas, lavagem de pisos, e para a finalidade da Oficina na fabricação de peças de cerâmica. O estudo de demanda é apresentado no item 2.4.6.

4.2.3 Contribuição da bacia hidrográfica

Além da vazão acumulada devido a captação de água de chuva dos telhados, é possível afirmar que uma boa parte da área superficial ao entorno possui um potencial de contribuição muito positivo para uma possível barragem contribuindo para o seu armazenamento, então, utilizando o software livre QGIS, foi possível identificar sua bacia hidrográfica, mostrada na figura abaixo e que apresenta um valor de contribuição de **44548,82 m²**.

Figura 14 – Bacia de Contribuição



Fonte: Autor (2022).

Seguindo o método racional descrito na metodologia de Thomas Mulvaney, conseguimos estimar o volume de escoamento superficial da bacia hidrográfica. Para isso foi utilizado a média de precipitação obtida de 162 mm/mês e o coeficiente de Runoff de 0,15 por representar um solo argiloso e com baixa declividade, de acordo com Asce, 1969.

$$V = C.I.A$$

$$V = 0,15.162 \text{ mm/mês.} 44548,82 \text{ m}^2$$

$$V = 1082,54 \text{ m}^3/\text{mês}$$

O volume de 1082,54 m³/mês representa o escoamento superficial da bacia hidrográfica. Sendo esse correspondente para acumular em um possível reservatório, sendo esse montante cerca de 1/2 do volume necessário mensalmente pela instituição.

4.2.4 Infiltração

Como a infiltração será apenas uma parte do volume de precipitação obtido pela bacia hidrográfica, utilizaremos um estudo realizado por Pinheiro, Nummer e Rauber; 2017 no lugar do ensaio em campo, como forma de reduzir os custos atrelados ao presente trabalho. No estudo apresentado os autores consideraram para um solo semelhante ao encontrado no Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, no qual a localização foi da “formação de Santa Maria exceto Arenito”, o K_0 igual utilizado foi $2,3 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Então, temos como infiltração

$$I = -K_0 \cdot A \quad (5)$$

Sendo A, a área da bacia hidrográfica.

$$I = -2,3 \cdot 10^{-8} \cdot 44548,82$$

$$I = -1,025 \cdot 10^{-3} - 3 \frac{m^3}{s} \text{ ou } I = -2.655,82 \frac{m^3}{mês}$$

Com isso, o volume de 2655,82 m³/mês contribuirá para o aumento do volume da barragem.

4.2.5 Evaporação

Para encontrar a evaporação do corpo hídrico utilizaremos o processo de cálculos descrito através das equações de Tucci (TUCCI, 2004), e os dados de temperatura e umidade relativa do ar utilizados são baseados na base de dados do INMET, 2022.

$$Es = 4,58 \cdot 10^{(7,5 \cdot T / (237,3 + T))}$$

Onde temos que:

Es = Tensão de vapor saturado (mm de hg);

T = temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), onde foi utilizado $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ como valor.

$$Es = 4,58 \cdot 10^{(7,5 \cdot 26 / (237,3 + 26))}$$

$$Es = 25,2 \text{ mm de hg}$$

Depois de encontrar o valor da tensão de vapor saturado, vamos encontrar agora a tensão parcial de vapor d'água (Ea):

$$Ea = \frac{U \cdot Es}{100}$$

Onde:

Ea = Tensão parcial de vapor de água (mm de hg)

Es = Tensão de vapor saturado (mm de hg)

U = Umidade relativa do ar, onde foi utilizado o valor de 77,6%

$$Ea = \frac{77,6 \cdot 25,02}{100}$$

$$Ea = 19,42 \text{ mm de hg}$$

$$Qef/L = \frac{(G(1-a) - \sigma \cdot T^4 (0,56 - 0,09 \cdot \sqrt{Ea}) \cdot (0,1 + 0,9 \cdot p))}{L}$$

$$Qef/L = 6,55 \text{ mm/dia}$$

Transformando para mês e considerando a área superficial de $1225,45\text{ m}^2$. Como determinado anteriormente no tópico 4.3 deste trabalho.

$$Qef/L = 240,67 \text{ m}^3$$

$$\frac{A}{y} = \frac{38640 \cdot 10^{(7,5 \cdot 26 / (237,3 + 26))}}{(237,3 + 26)^2}$$

$$\frac{A}{y} = 2,50 \text{ mm/dia}$$

$$Ei = 0,35 \cdot (0,5 + \frac{118,37}{160}) \cdot (25,2 - 19,42)$$

$$Ei = 2,51 \text{ mm/dia}$$

$$EO = \frac{(2,50 \cdot 240,67 + 2,51)}{(2,50 + 1)}$$

$$Eo = 5,40 \text{ mm/dia}$$

Transformando para mês e considerando a área superficial 1225,45 m². A evaporação da bacia é igual a 198,52 m³/mês.

4.2.6 Estudo de Demanda Hídrica

4.2.6.1 Consumo per capita

A demanda atual de abastecimento do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand, conforme dados coletados com funcionários, apresenta um valor de 50 mil visitantes por ano e 60 funcionários, 30 no prédio da academia e 30 funcionários da produção, e apresenta o consumo mensal de cerca de 1977,42 m³/mês. Já utilizando a previsão de visitantes anuais e também dos funcionários fixos da oficina, representará um consumo médio mensal futuro de cerca de 2239,84 m³/mês, como mostrado na Tabela 5.

Tabela 4 - Consumo per capita atual.

Tipo de consumo	Quantidade	Consumos per capita (L/hab.dia)	Total
Visitantes	50.000 (vis/ano)	10	73,97 m ³ /mês
Funcionários Accademia	30	50	81,00 m ³ /mês
Funcionários produção	30	80	129,60 m ³ /mês
Restaurante	20 (refeições)	25	27,00 m ³ /mês
Jardinagem	17500 (m ²)	1,5(L/m ²)	1417,50 m ³ /mês
Nível mínimo espelho de água	700 (m ²)	6,57 (mm/dia)	248,35 m ³ /mês
Total			1977,42 m³/mês

Fonte: Autor (2022).

Tabela 5 - Consumo per capita adotados para a projeção futura.

Tipo de consumo	Quantidade	Consumos per capita (L/hab.dia)	Total
Visitantes	200.000 (vis/ano)	10	295,89 m ³ /mês
Funcionários Accademia	30	50	81 m ³ /mês
Funcionários produção	30	80	129,60 m ³ /mês
Restaurante	50 (refeições)	25	67,50 m ³ /mês
Jardinagem	17500 (m ²)	1,5 (L/m ²)	1417,50 m ³ /mês
Nível mínimo espelho de água	700 (m ²)	6,57 (mm/dia)	248,35 m ³ /mês
Total			2239,84 m³/mês

Fonte: Autor (2022).

4.2.6.2 Demanda presente e futura

Demanda presente

A vazão atual utilizada, pode ser estimada através do consumo dos visitantes anuais e também dos funcionários da accademia e dos funcionários da produção:

- Demanda média (Q_m) = Consumo médio diário de água (consumo mensal/30 dias)
 $= 1977,42/30 = 65,91$ (m³/dia) = 0,0659 L/s
- Demanda máxima diária: $K_1 * Q_m = 1,2 * 0,0659 = 0,079$ = L/s
- Demanda máxima horária: $K_1 * K_2 * Q_m = 1,2 * 1,5 * 0,0659 = 0,1186$ L/s

Demandta futura

Com base nos números calculados acima, é possível classificar alguns termos que serão utilizados ao longo de todo o projeto.

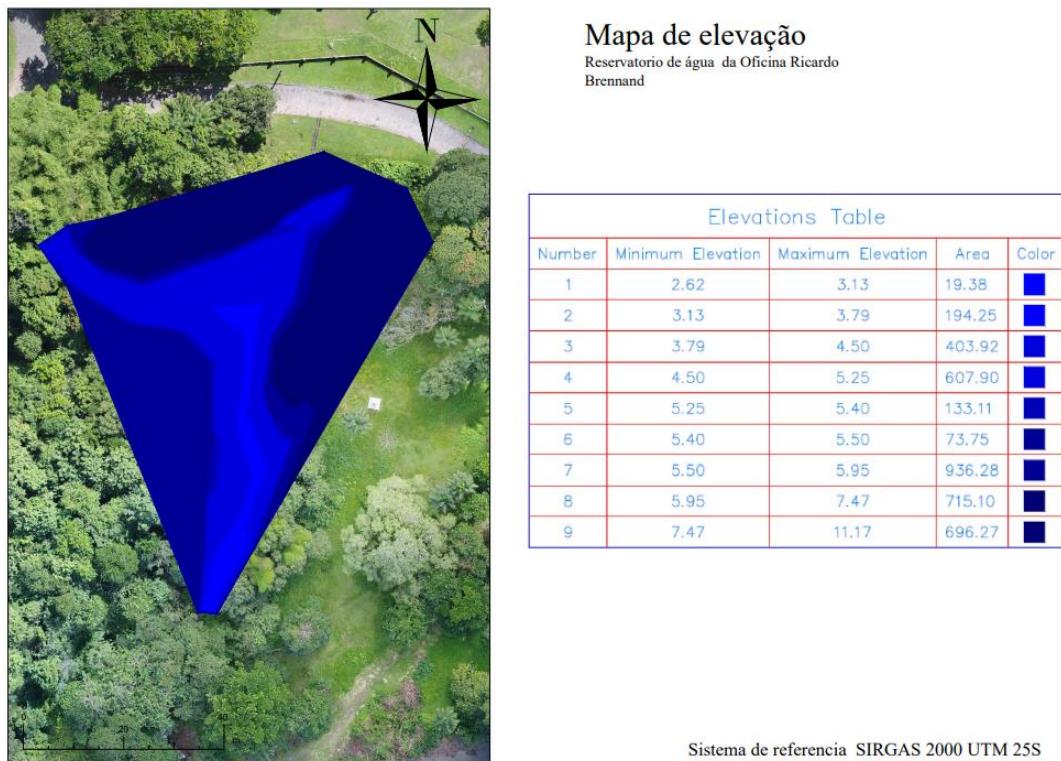
- Demanda média (Q_m) = Consumo médio diário de água (consumo mensal/30 dias)
 $= 2239,84/30 = 74,66$ (m³/dia) = 0,0747 L/s
- Demanda máxima diária: $K_1 * Q_m = 1,2 * 0,0747 = 0,08959$ L/s

- Demanda máxima Horária: $K_1 * K_2 * Q_m = 1,2 * 1,5 * 0,0747 = 0,13446 \text{ L/s}$

4.3 Proposta de sistema de abastecimento de água

O Instituto tem potencial de armazenar uma grande quantidade de água devido a sua topografia, sem custos de construção de reservatórios para acumulação de água de chuva. Uma das possíveis soluções para o abastecimento é utilizar uma determinada área do empreendimento como um reservatório aberto (Figura 15), que servirá como base para receber a drenagem pluvial de todo o Instituto.

Figura 15 – Posicionamento da barragem.



Fonte: Autor (2022).

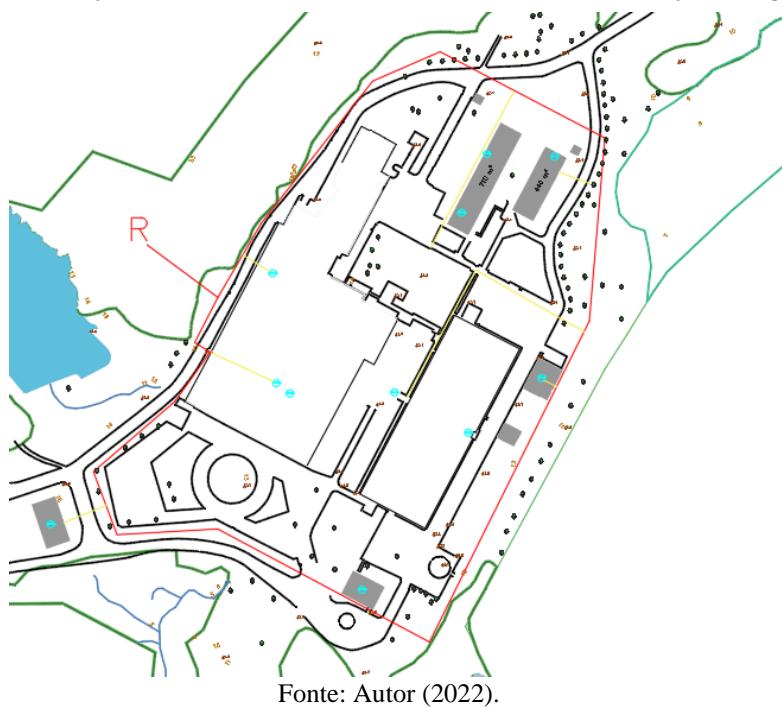
A área levantada do local é capaz de suportar aproximadamente 1000 m³ de água, e apresenta uma área superficial de 1225,45 m² (somatório da tabela do ponto 1 até o ponto 4). O sistema citado, é similar a um reservatório inferior, onde necessitará de uma estação elevatória para bombear a água para o reservatório superior. Após esse transporte, haverá o processo de tratamento de água onde todo o volume acumulado passará por um processo de ultrafiltração

para a retirada dos sólidos. A desinfecção pode ser feita por cloração para eliminar os riscos bacteriológicos.

Tendo em vista que o sistema de abastecimento terá um volume de água suficiente para abastecer de forma ininterrupta todo o complexo de edificações, não se faz necessário a utilização dos micro reservatórios superiores em todas as edificações.

Como forma de exemplificar e prever o traçado das adutoras, foi desenvolvido o croqui da Figura 16, que ilustra onde o novo sistema de abastecimento de água será localizado. A ideia é que um anel externo faça a distribuição, conectando internamente às tubulações já existentes. O dimensionamento do novo sistema não foi objeto de estudo deste projeto.

Figura 16 - Indicação de encaminhamento da nova rede de distribuição de água tratada.



4.3.1 Ganho Econômico, social e ambiental

A implantação do sistema alternativo com utilização de água da chuva no sistema de abastecimento de água do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand possibilita diversos ganhos ao empreendimento e ao meio ambiente. Entre eles está o ganho social compreendido pelo fato do local receber centenas de pessoas mensalmente, estrangeiros ou brasileiros. Considera-se que essa iniciativa impacta diretamente as pessoas que trabalham ou visitam o

Instituto. O papel de formador de opinião do Instituto traz também o potencial de proporcionar ações ambientalmente sustentáveis, promovendo boas práticas de proteção do meio ambiente.

Outro significativo impacto é no viés econômico, em virtude da tecnologia em questão ser acessível, de baixo custo e de fácil absorção pela sociedade. Além disso, por não se tratar de um tratamento de água convencional, o aproveitamento pluvial promove a redução dos custos com tarifas de energia elétrica e água a partir da diminuição da demanda por bombeamento em caso de água subterrânea. A assimilação de práticas sustentáveis para o uso da água colabora com o sistema público deficitário, que é resultado de uma baixa disponibilidade hídrica da localidade ou na dificuldade financeira de ampliação por deficiência de novos investimentos.

O ganho ambiental significativo está associado à preservação do corpo hídrico subterrâneo que hoje abastece o Instituto. O aproveitamento de água de chuva também proporciona redução da utilização de materiais civis, utilizados em grande escala em sistemas de abastecimento de água convencionais, além disso, a elevada qualidade em água de chuva promove segurança hídrica para os consumidores, tanto nos usos potáveis como não potáveis, contribuindo com um reflexo direto na promoção da saúde. Pelo fato da qualidade desse recurso ser superior a de fontes convencionais, a mesma necessita apenas de uma simples desinfecção reduzindo o impacto ao meio ambiente pelo fato da produção desses compostos possuir um elevado custo energético e impacto negativo no ecossistema.

5 CONCLUSÃO

A partir desse trabalho, espera-se que cada vez mais seja possível implementar novas tecnologias para a melhoria da qualidade de vida das pessoas, objetivando desta forma ganhos para a sociedade de maneira geral, incentivando a busca por sistemas e tecnologias alternativas que agregam valor ambiental, econômico e social.

A partir do levantamento de dados, realizado no diagnóstico do empreendimento, foi possível identificar as fontes de abastecimento de água, estados de conservação e funcionamento, além do estabelecimento do fluxo de água para abastecimento do Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand. Com isso, foi possível avaliar as medidas necessárias para a escolha de um sistema de abastecimento alternativo para o local, bem como foi possível estudar a demanda de consumo atual e futura do mesmo.

No estudo do sistema alternativo de abastecimento foi possível identificar os seguintes fatores: 1. frequência de precipitação, sendo a média encontrada de 162 mm/mês; 2. potencial de captação de água de chuva para fins potáveis ($186,3\text{ m}^3/\text{mês}$) e não potáveis ($1402,92\text{ m}^3/\text{mês}$). 3. o instituto possui uma proximidade com uma bacia hidrográfica, que pode armazenar $1082,54\text{ m}^3/\text{mês}$, por meio de uma barragem de nível para contenção da água da chuva.

Diante disso, foi possível concluir que o Instituto Oficina Cerâmica Francisco Brennand possui potencial para a construção de um reservatório aberto, reduzindo os custos com a construção de um reservatório apoiado. O sistema necessitará de uma estação elevatória e possuirá um sistema de tratamento de água, proporcionando segurança hídrica aos usuários de acordo com a Portaria nº 2.914 que trata da qualidade de água. Com essa ação é possível alcançar ganhos econômicos, ambientais e sociais que impactam diretamente a sociedade e o empreendimento.

É importante que o Brasil avance no estabelecimento de políticas públicas que incluam e incentivem o uso de água de chuva para fins potáveis e não potáveis, aproveitando o potencial deste recurso para a segurança hídrica nacional. Além disso, incentivar aplicação de tecnologias sustentáveis para a melhoria da qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente, especialmente em locais não atendidos por sistemas de abastecimento convencionais ou locais que sofrem com problemas de escassez hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527:2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. Índice pluviométrico da região da Várzea. Recife: APAC, 2014.

Alves, F., Köchling, T., Luz, J., Santos, S.M., Gavazza, S., 2014. Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. *J. Water Health* 12, 513–525. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wh.2014.139>>.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, 2001. 2^a Ed. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061212102729_Introducao_Gerenciamento.pdf>. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Situação Água Mundo**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/detalheBusca.asp?cod_registro=2300&categoria=3>. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2011**. Brasília: ANA, 2011. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/acoessadministrativas/cdoc/CatalogoPublicacoes_2011.asp> Acesso em: 30 de agosto de 2022.

ASCE,1969. Design and Construction of sanitary and storm sewers. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37).

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lex: coletânea de legislação e jurisprudência. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarIntegra;jsessionid=FF6287BC38836EBD9BC60A913B631C31.proposicoesWebExterno2?codteor=470365&filename=LegislacaoCita da+-PL+1253/2007> Acesso em: 21 de setembro de 2022.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Lex: coletânea de legislação e jurisprudência. Disponível em:

<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 03 de agosto de 2022.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008. Lex: coletânea de legislação e jurisprudência, 315 pág. 2008. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

BRASIL. Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017. Lex: coletânea de legislação e jurisprudência, 926 pág. 2017. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolidado-n-5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 03 de agosto de 2022.

BRASIL. Lei nº 13501 de 30 de outubro de 2017. Lex: coletânea de legislação e jurisprudência. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/516131775/lei-13501-17>>. Acesso em: 03 de agosto de 2022.

CAMARÃO, Fabiana de A., ENCONTRO POR UMA NOVA CULTURA DA ÁGUA NA AMÉRICA LATINA, 2005. Anais in... Vigilância da Qualidade da Água nos Sistemas de Abastecimento de Água e nos Domicílios na Cidade do Recife: a Construção de uma Estratégia para a Detecção Mais Precisa do Risco de Ocorrência de Doenças Relacionadas com a Água, Fortaleza.

Carvalho, Julio Luz, J.R.S., Santos, S.M., Gavazza, S., 2018. A PVC-pipe device as a sanitary barrier for improving rainwater quality for drinking purposes in the Brazilian semiarid region. J. Water Health 16, 391–402. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wh.2018.208>>.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **O problema da escassez do mundo.** 2022. CETESB, São Paulo. Disponível em :<<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.

CHUBAKA, C., HARRIET W., EDWARDS J., ROSS K. **A review of roof harvested rainwater in Australia.** Journal of environmental and public health, Australia, v. 2018, p. 1-14, janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jeph/2018/6471324/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=HDW_MRKT_DE_SUB_ADWO_PA1_DYNA_JOUR_JEPH_X0000_SouthAmerica&gclid=CjwKCAjwpqCZBhAbEiwAa7pXeXYhiJ6JKLoIIZIEwrNDOTUc3SOEdsWZIkiRw7v_o45-jReWc9bGpxoC1sMQAvD_BwE> . Acesso em: 01 de agosto.

CONSIDERAÇÕES PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS. **Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo - PURA.** 2011. Disponível em: <http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE_%C3%81gua-Consid_AAP_set11.pdf> Acesso em: 1 de agosto de 2022.

DEVKOTA, J., SCHLACHTER, H., APUL, D. Life cycle based evaluation of harvested rainwater use in toilets and for irrigation. **J. Clean. Prod.** 95, 311 e 321, 2015.

DOMÈNECH, L., SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. **J. Clean.** 19, 598–608, 2011.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **2050: A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência.** Relatório de 2015. Brasília. Disponível em: <<https://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/>> . Acesso em: 5 de agosto de 2022.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Panorama da agricultura.** Relatório de 2014. Brasília. Disponível em: <[https://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2014/pt/?page=2&ipp=10&no_cache=1&tx_dynalist_pi1\[par\]=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MT0iOSI7fQ==](https://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2014/pt/?page=2&ipp=10&no_cache=1&tx_dynalist_pi1[par]=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MT0iOSI7fQ==)>. Acesso em: 5 de agosto de 2022.

FARRENY, R., MORALES-PINZON, T., GUISASOLA, A., TAYA, C., RIERADEVALL, J., GABARRELL, X., 2011. Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain. **Water Res.** 45, 3245–3254.

FIORIN, J. V. Reutilização das Águas Cinzas e Pluviais em Edificações Residenciais – Estudo de caso: Edifício São Paulo, Ijuí, RS. Projeto de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2005.

GODSKESSEN, B., HAUSCHILD, M., RYGAARD, M., ZAMBRANO, K., ALBRECHTSEN, H.J. Life-cycle and freshwater withdrawal impact assessment of water supply technologies. **Water Res.** 47 (7), 2363 e 2374, 2013.

GOLD, A., GOO, R., HAIR, L., ARAZAN, N., Low impact development 2010: redefining water in the city. In: Proceeding of the 2010 International Low Impact Development Conference 4, 2010.

HESPAÑOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aqüíferos. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2002, v. 7, n.4. Acesso em: 1 de agosto de 2022. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/101/2371239d0aa41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2000. Pesquisa Nacional de Saneamento. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/censo/>>. Acesso em: 1 de setembro de 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2017. Pesquisa Nacional de Saneamento. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/pesquisa/30/84366?ano=2017>>. Acesso em: 13 de setembro de 2022.

INMET. Estação: Recife (Curado). Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/82900>>. Acesso em: 28 de setembro de 2022.

IMTEAZ, M.A., ADEBOYE, O.B., RAYBURG, S., SHANABLEH, A. Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance model. **Resour. Conserv. Recycl.** 62, 51 e 55, 2012.

LAGE, E. de S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo da viabilidade econômica.** 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LI, Z., BOYLE, F., REYNOLDS, A., 2010. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, 260, 1 e 8, 2010.

LIMA, Júlio Cesar Azevedo Luz de. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano.** Orientadora: Sávia Gazzava. Co Orientadora: Sylvana Melo dos Santos. 101. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, UFPE, Recife, 2012.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M. de; JANZEN, J. G.;

MARCHETTO, M. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.16, n.3, jul/set 2011, p.291-298

MAHMOUD, W.H., ELAGIB, N.A., GAESE, H., HEINRICH, J. Rainfall conditions and rainwater harvesting potential in the urban area of Khartoum. **Resour. Conserv. Recycl.** 91, 89 e 99, 2014.

MARINOSK, A. K.; GHISI, E. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis –SC.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

MELIDIS, P., AKRATOS, C.S., TSIHRINTZIS, V.A., TRIKILIDOU, E., 2007. Characterization of rain and roof drainage water quality in Xanthi, Greece. **Environ Monit. Assess.** 127, 15–27.

NAÇÕES UNIDAS, 2015. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.

ONU, 2000. United Nations Millennium Declaration. United Nations General Assembly, pp. p9. Acessado em 10/04/2021
<http://www.undp.org/content/undp/en/home/mdgoverview.html>

PARTZSCH, L. Smart regulation for water innovation – the case of decentralized rainwater technology. **J. Clean. Prod.** 17, 985–991, 2009.

PEREIRA, L. R.; PASQUALETTO, A.; MINAMI, M. Y. M. **Viabilidade econômico/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura.** Departamento de Engenharia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008. Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/VIABILIDADE%20ECONOMICO_AMBIENTAL%20DA%20IMPLANTA%C3%87%C3%83O%20DE%20UM%20SISTEMA%20DE%20CAPTA%C3%87%C3%83O%20E%20APROVEITAMENTO%20DE%20%C3%81GUA.pdf>. Acesso em: 10 de setembro 2022.

PINTO, Nelson L. de Souza *et al.* Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

PINHEIRO, NUMMER e RAUBER. Determinação da condutividade hidráulica das principais unidades geológico-geotécnicas de Santa Maria - RS. 2017. p 347. São Paulo. v. 36, n.2. **Geociências.**

PLATAFORMA AGENDA 2030. A Integração dos OD's. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/os_ods/>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

PORTO, Rodrigo de Melo. Hidráulica básica. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006.

RAMOS, Andrea Malheiros, SANTOS, Luiz André Rodrigues, FORTES Lauro Tadeu Guimarães, Normais Climatológicas do Brasil 1981 – 2010, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2009 – 465 p

RECIFE, Lei nº 16293/97, Anexo 2. Disponível em

<<https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/1997/1629/16293/lei-ordinaria-n-16293-1997-dispoe-sobre-as-regioes-politico-administrativas-do-municipio-do-recife-e-das-outras-providencias>> Acesso em: 10 de setembro de 2022.

Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Brasil. Disponível em:

<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf> Acesso em: 3 de agosto de 2022.

SÁNC HEZ, A. S.; COHIM, E.; KALID, R. A. (2015) A review on physicochemical and microbiological contamination of roof-harvested rainwater in urban areas. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, v. 6, p. 119-137.

SIEMS, R., SAHIN, O. Energy intensity of residential rainwater tank systems: exploring the economic and environmental impacts. *J. Clean. Prod.* 113, 251–262, 2015.

SNIS - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** 2017. SNIS, Brasil. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>> . Acesso em: 1 de agosto de 2022.

STEFFEN, J., JENSEN, M., POMEROY, C.A., BURIAN, S.J. Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in U.S. cities. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 49 (4), 810e824, 2012.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação, 3^a ed. Porto Alegre, UFRGS, ABRH, 2004.

UNESCO. Consumo de água mundial. **UNESCO.** 2012. Disponível em:

<<https://en.unesco.org/gem-report/taxonomy/term/202>> Acesso em: 1 de setembro de 2022.

UNICEF. **Situação mundial da infância** - 2019. Brasília (DF): Escritório da Representação do UNICEF no Brasil; 2019. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.

WHO/UNICEF, 2015. **Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 Update and MDG Assessment.** UNICEF and World Health Organization, United States of America.

WWAP, 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** United Nations World Water Assessment Programme, Paris.

YU, Z., PELDSZUS, S., HUCK, P.M. Adsorption characteristics of selected pharmaceuticals and an endocrine disrupting compound-Naproxen, carbamazepine and nonylphenol on activated carbon. **Water Res.** 42, 2873 – 2882, 2008

ZOLET, M. **Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba.** 2005. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.