

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS MACEIÓ
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ARTHUR COSTA SANTANA
VINÍCIUS DANTAS JÚNIOR**

**ESTUDO DE UMA PROPOSTA DA UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA
PISCINA DO CAMPUS IFAL-MACEIÓ**

Maceió – AL

2022

**ARTHUR COSTA SANTANA
VINÍCIUS DANTAS JÚNIOR**

**ESTUDO DE UMA PROPOSTA DA UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA
PISCINA DO CAMPUS IFAL-MACEIÓ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Instituto Federal de Alagoas Maceió como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.
Orientador(a): Prof. Dr. João Gilberto da Silva Texeira.

**Maceió – AL
2022**



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Maceió
Biblioteca Benevides Monte


S232e Santana, Arthur Costa.
Estudo de uma proposta da utilização das águas pluviais na piscina do
Campus IFAL-Maceió / Arthur Costa Santana, Vinícius Dantas Júnior. - 2022.
71 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. João Gilberto da Silva Teixeira.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) -
Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió, Maceió, 2022.

Arquivo no formato digital em PDF do trabalho acadêmico.

1. Águas pluviais. 2. Sustentabilidade. 3. Piscina esportiva - IFAL/Campus
Maceió. 4. Precipitação média. I. Dantas Júnior, Vinícius. II. Título.

CDD: 624


Nalva Maria Amaral
Bibliotecária - CRB-4/989

ARTHUR COSTA SANTANA
VINÍCIUS DANTAS JÚNIOR

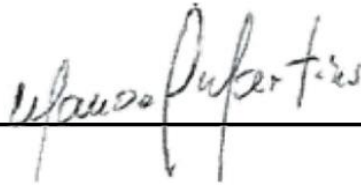
**ESTUDO DE PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA PISCINA
DO CAMPUS IFAL-MACEIÓ**

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado
à Banca do curso de bacharelado em Engenharia
Civil do Instituto Federal de Alagoas Campus
Maceió .
Maceió, Alagoas, 30 de julho de 2022.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. João Gilberto da Silva Texeira (Orientador)
Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Prof. Dr. Manoel Martins Dos Santos Filho
Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Prof. Dr. Walter Pereira Vianna Junior
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Dedicamos o presente trabalho as nossas famílias, em especial nossos pais por proporcionarem a oportunidade de estudar e realizar nosso sonho profissional, agradecemos aos amigos pelo incentivo durante o curso, e por fim dedicamos também as nossas namoradas, Mariana e Alanna, por todo apoio incondicional que nos permitiu concluir mais uma etapa de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Alagoas (IFAL), por nos conceder a oportunidade de fazer o projeto de pesquisa que originou o presente trabalho, contemplado com auxílio bolsa pesquisa.

Ao professor Orientador Doutor João Gilberto da Silva Texeira, por todo suporte para conosco desde o acompanhamento no projeto de pesquisa até a elaboração do presente trabalho.

Aos pais, Ernando Barbosa Santana, Selma Marília Pino Costa Santana, Vinicius Dantas e Tharcila Leão que nunca negaram palavras de força, incentivo e otimismo ao longo da jornada acadêmica.

A avó, Josefa Marleide da Silva Dantas por todo afeto, acolhimento e fé ao longo da jornada.

Aos irmãos, Elizabete Priscila Costa Santana e Cristiano Costa Santana, por todo apoio emocional e incentivo.

A namorada, Mariana, que jamais negou apoio. Obrigado por ser tão atenciosa e carinhosa.

A namorada, Alanna Lira, que é a força para sempre seguir em frente, o suporte e carinho infidável e razão para nunca parar.

“Os sonhos não determinam o lugar onde iremos chegar, mas produzem a força necessária para tirar-nos do lugar em que estamos.”

(CURY, 2015)

RESUMO

Muito se sabe da importância e riqueza da água, com ela pode ser obtida os mais críticos e essenciais meios de sobrevivência do ser humano, e como sua ausência impacta não só nos humanos, mas também na fauna e flora do planeta. A água potável é um recurso limitado, caso não seja utilizado sistemas que possam manter seu ciclo regular, o mau uso pode gerar sua ausência e escassez na Terra. Sua utilização precisa ser consciente e racional, respeitando critérios de sustentabilidade e economia. Nesse sentido, foi elaborado um estudo voltado para sustentabilidade ambiental no Instituto Federal de Alagoas (IFAL), campus Maceió, assim, foi estudado uma proposta de utilização das águas pluviais com o objetivo de utilizá-las no reabastecimento da piscina esportiva da unidade. O reabastecimento dessa piscina é responsável por parte do consumo de água do campus, por possuir dimensões de uma piscina semiolímpica, a demanda para abastecê-la é significativa. Após pesquisas verificou-se que a precipitação média anual, no período de 2016 a 2021, é de 1.425,34 mm. Para captação de água pluvial foi definido a edificação correspondente ao bloco de informática, o qual detém uma área de captação aproximada de 357m². A partir destes dados chegou-se aos potenciais médios de captação mensais para a área de cobertura, além da demanda de água pluvial total calculada para o reabastecimento das piscinas equivalente 160 m³. Ademais, foi aplicado dimensionamentos de reservatórios de água pluvial previstos pela ABNT 15527/07, deles concluiu-se que o Método Prático Inglês apresentou o menor reservatório dentre todos métodos calculados, além disso mostrou-se compatível com a disposição de espaço pra locação do reservatório, e ainda com o potencial de captação mensal de água pluvial. Assim, o volume de reservação do sistema ficou estabelecido em 30 m³. Em seguida, determinou-se o funcionamento do sistema de aproveitamento da água da chuva, o qual apresentou a necessidade de investimentos de equipamentos e mão de obra que encareceriam o funcionamento do campus, contudo, é uma alternativa de captação em casos de futuros déficits. Por fim, foram apresentadas algumas recomendações para estudos futuros objetivando-se o alcance da viabilidade do aproveitamento de água da chuva no IFAL-Maceió.

Palavras-chave: águas da chuva; sustentabilidade; piscina; precipitação média.

ABSTRACT

Much is known about the importance and richness of water; with it we can obtain the most critical and essential means of survival for human beings, and how its absence impacts not only humans, but also the fauna and flora of the planet. Drinking water is a limited resource, and if systems that can maintain its regular cycle are not used, misuse can generate its absence and scarcity on Earth. Its use needs to be conscious and rational, respecting criteria of sustainability and economy. In this sense, a study aimed at environmental sustainability at the Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Maceió campus, was carried out; thus, a proposal for the use of rainwater was studied in order to use it to refill the unit's sports pool. The refilling of this pool is responsible for part of the water consumption of the campus, as it has the dimensions of a semi-Olympic pool, the demand to refill it is significant. After research it was found that the average annual precipitation, in the period from 2016 to 2021, is 1,425.34 mm. For rainwater catchment the building corresponding to the IT block was defined, which has a catchment area of approximately 357m². From these data it was possible to calculate the average monthly catchment potentials for the coverage area, besides the total rainwater demand calculated for the refilling of the swimming pools, equivalent to 160 m³. It was concluded that the English Practical Method presented the smallest reservoir among all the methods calculated, and also proved to be compatible with the space available for the location of the reservoir, and also with the potential for monthly rainwater catchment. Thus, the system's reservoir volume was set at 30 m³. Next, the operation of the rainwater harvesting system was determined, which presented the need for investments in equipment and labor that would make the campus more expensive; however, it is a harvesting alternative in cases of future deficits. Finally, some recommendations were presented for future studies aiming at the viability of rainwater harvesting at IFAL-Maceió.

Keywords: rainwater; sustainability; pool; average precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água na Terra.....	22
Figura 2 - Ciclo da Água.....	22
Figura 3 - Sistema de Fluxo Total	24
Figura 4 - Sistema com Derivação	24
Figura 5 - Sistema com volume Adicional de Retenção	25
Figura 6 - Sistema com Infiltração no Solo.....	26
Figura 7 - Variantes do reservatório elevado que permitem o escoamento por gravidade.....	27
Figura 8 - Reservatório inferior com captação por meio de escoamento por gravidade	27
Figura 9 - Ábacos apresentados pela NBR 10844 (ABNT, 1989b) para determinação do diâmetro dos condutores verticais.....	31
Figura 10 - Tela instalada na calha para remoção de materiais.....	33
Figura 11 - Grade instalada na calha para remoção de materiais.....	34
Figura 12 - Filtro de água da chuva para remoção de sólidos	34
Figura 13 - Dispositivo para autolimpeza baseado em boia para pequenos volumes	35
Figura 14 - Dispositivo para autolimpeza baseado em boia com depósito da primeira água da chuva para maiores volumes de descarte	36
Figura 15 - Localização do IFAL-Maceió.....	44
Figura 16 - Localização da piscina esportiva e do prédio do bloco de informática do campus Maceió	50
Figura 17 - Piscina esportiva do IFAL campus Maceió	51
Figura 18 - Planta de cobertura do bloco de informática	54
Figura 19 - Área de locação do reservatório	56
Figura 20 - Representação da área de captação da cobertura do prédio do bloco de informática do IFAL campus Maceió	63
Figura 21 - Filtro para remoção de materiais grossos Filtro VORTEX WFF 150.....	64
Figura 22 - Dimensões do reservatório de 750 litros.....	64
Figura 23 - Dimensões do reservatório de 15m ³	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferentes níveis de qualidades de água exigidos de acordo com o uso 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto	29
Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade	30
Tabela 3 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)	32
Tabela 4 - Coeficiente de Runoff médio	38
Tabela 5 - Fatores de correção relacionados a inclinações	47
Tabela 6 - Dados pluviométricos mensais de 2016 a 2021	52
Tabela 7 - Potencial de captação mensal da área de cobertura do Bloco do Informática do IFAL campus Maceió.....	55
Tabela 8 - Volume de reservação calculado pelo Método de Rippl.....	57
Tabela 9 - Volume de reservação calculado através do Método da Simulação	58
Tabela 10 - Volume de reservação calculado através do Método Azevedo Neto	59
Tabela 11 - Volume de reservação determinado através do Método Prático Alemão	60
Tabela 12 - Volume de reservação obtido por meio do Método Prático Inglês	60
Tabela 13 - Volume de reservação obtido pelo Método Prático Australiano	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
NBR	NORMA BRASILEIRA
CEMADEN	CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS
PVC	POLICLORETO DE POLIVINILA
UNRIC	CENTRO REGIONAL DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
IFAL	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALAGOAS
INPE	INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
DBO	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO
ANA	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	JUSTIFICATIVA	18
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
4.1	CICLO DA ÁGUA.....	21
4.2	SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	23
4.3	COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	28
4.3.1	Área de Captação	28
4.3.2	Calhas e condutores	28
4.3.3	Tratamento da água da chuva	32
4.3.3.1	Filtração de Materiais Grosseiros	33
4.3.3.2	Descarte da água de escoamento inicial	35
4.3.3.3	Desinfecção.....	36
4.4	RESERVATÓRIOS.....	37
4.5	COEFICIENTE DE RUNNOF	38
4.6	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS	38
4.6.1	Método de Rippl	39
4.6.2	Método de Simulação	39
4.6.3	Método de Azevedo Neto	40
4.6.4	Método Prático Alemão	41
4.6.5	Método Prático Inglês	41
4.6.6	Método Prático Australiano	42
5	METODOLOGIA	44
5.1	ÁREA DE ESTUDO	44
5.2	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	45
5.3	DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL.....	45
5.4	ÁREA DE COBERTURA	46
5.5	POTENCIAL DE CAPTAÇÃO.....	47
5.6	VOLUME DE RESERVAÇÃO E DE DESCARTE	48

5.7	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	48
5.8	ESTUDO DA PROPOSTA.....	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
6.1	ÁREA DE ESTUDO	50
6.2	CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA PISCINA.....	51
6.3	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	52
6.4	DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL.....	53
6.5	ÁREA DE COBERTURA	54
6.6	POTENCIAL DE CAPTAÇÃO.....	55
6.7	ÁREA DE LOCAÇÃO DO RESERVATÓRIO.....	56
6.8	VOLUME DE RESERVAÇÃO.....	57
6.8.1	Método De Rippl	57
6.8.2	Método De Simulação	58
6.8.3	Método De Azevedo Neto.....	59
6.8.4	Método Prático Alemão.....	59
6.8.5	Método Prático Inglês	60
6.8.6	Método Prático Australiano	61
6.8.7	Avaliação dos volumes de reservatórios pelos métodos da NBR 15527/2007	61
6.8.8	Volume De Reservatório Adotado.....	62
6.9	VOLUME DE DESCARTE	62
6.10	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	63
6.11	ESTUDO DA PROPOSTA.....	65
7	CONCLUSÕES	68
7.1	RECOMENDAÇÕES	69
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura, a sociedade está muito interessada na conservação dos recursos naturais. Destes, a água é um dos recursos mais valiosos, pois além de ser um recurso insubstituível, a água é também um importante fator de produção para diversas atividades, sendo essencial para o desenvolvimento econômico e tecnológico (MARINOSKI, 2007).

Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial é atualmente estimada em 7,7 bilhões de pessoas, com tendência de chegar a 9,7 bilhões em 2050 (ONU, 2019). Devido ao grande aumento populacional e, conseqüentemente, ao aumento do consumo de água potável, tem-se verificado uma diminuição gradual da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos.

Com este cenário, é necessário recorrer a novas técnicas de utilização da água. Assim, uma alternativa para atender às necessidades da população quanto a isso é o uso da água da chuva, recurso natural disponível amplamente no território brasileiro.

Nesse aspecto existem estudos e programas no Brasil sobre o uso racional da água em prédios escolares ou universitários, com foco principalmente em questões como o uso de tecnologia de economia de água e conscientização do usuário para reduzir a poluição da água, no entanto, há poucos estudos relacionados à proposta de implantação de sistemas de coleta de água de chuva em instituições de ensino na literatura nacional (MARINOSKI, 2007).

Partindo desse princípio, este estudo investigará uma proposta de utilização das águas pluviais para reabastecimento da piscina do campus IFAL-Maceió; trata-se de uma análise sob o ponto de vista da engenharia civil, de forma a analisar os aspectos técnicos e normativos pertinentes.

A metodologia utilizada baseia-se na utilização de normas técnicas brasileiras que dizem respeito ao aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas, bem como o levantamento de dados pluviométricos e características técnicas do local de interesse.

Esse trabalho toma como base teórica principal a autora COLASIO (2015), o autor TOMAZ (2011), a NBR 15527 (ABNT, 2007) e a NBR 10844 (ABNT, 1989).

O estudo se organizará da seguinte forma:

A atual seção aborda as considerações iniciais a respeito do tema deste trabalho, ou seja, apresenta a proposta de trabalho, delimitando o tema. A segunda seção trata dos objetivos do estudo, dividindo-se em objetivo geral e específico, com o intuito de direcionar os principais pontos do trabalho. A terceira seção diz respeito a justificativa, contextualizando o tema de forma a abordar sua importância no cenário atual. A quarta seção apresenta a revisão bibliográfica de forma a contextualizar e desenvolver as temáticas envolvidas nas seções anteriores. A quinta seção abordará a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo. A sexta seção discutirá os resultados alcançados, evidenciando assim as respostas a serem retiradas de tais análises. Por fim, a sétima seção apresenta de maneira sucinta as conclusões a respeito dos resultados desse trabalho e também em que aspecto o estudo contribui para o meio científico-acadêmico e social.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar uma proposta para o aproveitamento de águas pluviais para a piscina do campus IFAL-Maceió.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Avaliar a área de captação de águas pluviais pela cobertura do Bloco de Informática do campus IFAL-Maceió;
- II. Propor um sistema para a captação, reservação e utilização da água pluvial no campus IFAL-Maceió;
- III. Analisar a proposta quanto à implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva para a piscina do campus IFAL-Maceió.

3 JUSTIFICATIVA

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência humana e de todas as espécies de seres vivos, observa-se que ela é um dos recursos mais usados em quaisquer aspectos da vida do homem desde como bebida natural, composição química de produtos de higiene e limpeza, além de ser um importante insumo para a grande maioria das atividades econômicas como a agricultura e indústria (SHUBO, 2003).

Os registros sobre a importância da água são identificados desde as primeiras civilizações da antiguidade, tais como a egípcia, a chinesa e a persa, que se estabeleceram e prosperaram por séculos, vivendo próximos aos rios perenes: Nilo, Tigre, Amarelo e Eufrates. Esses rios foram responsáveis por promover o alimento através da agricultura, subsistência humana, e a manutenção da vida de animais para locomoção (AGUIAR JÚNIOR, 2011).

Em termos estatísticos atuais aproximadamente 60% da água doce disponível no planeta se encontra em nove países, dentre eles o Brasil, já outros 80 países enfrentam escassez hídrica (SUASSUNA, 2021).

O uso da água aumenta a uma taxa de 1% ao ano desde a década de 1980, esse crescimento está relacionado a uma combinação de fatores como o crescimento populacional, o desenvolvimento socioeconômico e devido a evolução dos padrões de consumo (CENTRO REGIONAL DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2021).

Segundo o Centro Regional de Informação das Nações Unidas (UNRIC) a agropecuária é responsável por 69% das captações anuais de água a nível mundial, sendo o setor que mais consome água no planeta, logo após o setor industrial é responsável por 19% e por fim o consumo familiar responsável por 12%.

Embora o Brasil apresente uma das maiores bacias hídricas do mundo, a crise hídrica atinge as regiões brasileiras devido ao desequilíbrio entre a distribuição demográfica, distribuição de renda, concentração de água e condições climáticas (TOMAZ, 2011).

Estudos sobre a evolução da retirada da água no Brasil contidos no Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil do ano de 2019, elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), mostram que no território brasileiro a cada

segundo utiliza-se uma média de dois milhões e oitenta e três mil litros de água. Quando essa quantidade é comparada aos 131.000 litros por segundo de uso do ano de 1931, representa 6,3% do uso atual. Assim, a pesquisa indica que a utilização da água tende a crescer 24% até 2030, alcançando a marca de 2,5 milhões de litros por segundo.

Nesse contexto, considerando que a água potável é um recurso finito, o uso indevido desta como para lavagem de pisos, automóveis, ou regar plantas não favorecem a utilização sustentável. Desse modo, a necessidade de buscar meios alternativos do uso dos recursos da natureza se mostra cada vez mais presente (MATSUBARA, 2015).

O uso racional da água está baseado na moderação, economicidade e preocupação uma vez que os meios naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e limitados a questões, por exemplo, geográficas. A partir disso, a preservação desse recurso evita que ele seja desperdiçado, poluído ou até mesmo envenenado. Dessa forma, faz-se necessário a compreensão de todos e educação social quanto a utilização consciente da água e recursos hídricos, haja vista o impacto negativo que a crise hídrica proporciona a sociedade e ao meio ambiente (SILVEIRA, 2008).

O aproveitamento de água da chuva para consumo não potável é uma alternativa sustentável que é empregada em vários países há anos com o objetivo de proporcionar o uso dessa água para fins não nobres, essa alternativa contribui para prevenção de enchentes causadas por chuvas em grandes cidades, em que a superfície tornou-se impermeável devido a pavimentação, construção de edificações e diminuição de áreas verdes, impedindo assim a infiltração da água (TOMAZ, 2011).

No nordeste brasileiro essa técnica é praticada em virtude da dificuldade de acesso a recursos hídricos, devido às condições climáticas. Diante disso, o uso dessa prática é usada em residências, edifícios ou escolas com maiores áreas de telhado e outras coberturas (SILVA E REAIS, 2014).

O IFAL campus Maceió possui uma piscina para fins esportivos e recreativos. O atual sistema de abastecimento da piscina é apenas por meio da concessionária de abastecimento público.

Dessa forma, o presente trabalho justifica-se no sentido de buscar uma alternativa para reduzir o consumo de água potável na piscina do campus IFAL-Maceió, através do aproveitamento de água da chuva, a fim de promover a

conservação de recursos naturais, incentivar o uso racional da água e prevenir problemas futuros de falta de água.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção serão abordados os temas necessários para o melhor entendimento do trabalho.

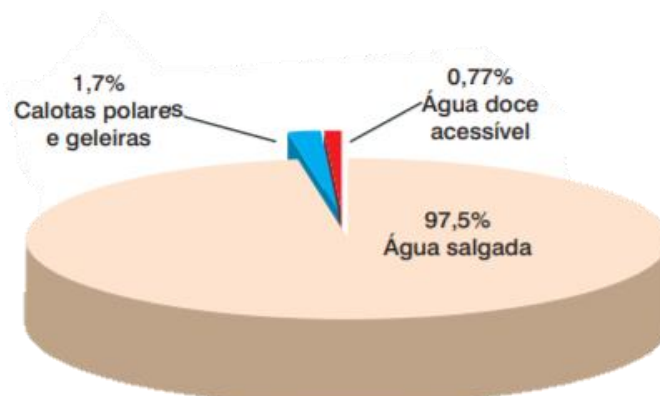
4.1 CICLO DA ÁGUA

A água é uma das substâncias mais importantes da natureza, pois integra o planeta Terra, garante suporte à vida, participa dos ciclos biogeoquímicos, além de ser o solvente universal. A importância da água na vida humana evidencia-se pelos múltiplos usos, desde para atividades básicas até as mais desenvolvidas:

O Homo sapiens além de usar a água para suas funções vitais como todas as outras espécies de organismos vivos, utiliza os recursos hídricos para um grande conjunto de atividades, tais como, produção de energia, navegação, produção de alimentos, desenvolvimento industrial, agrícola e econômico (TUNDISI, 2003, p. 31).

A água cobre cerca de 70% da superfície da Terra e tem um volume total de 1.386 milhões de km cúbicos, mas aproximadamente 97,5% da água de nosso planeta está presente nos oceanos e mares, na forma de água salgada, ou seja, imprópria ao consumo humano. De fato, apenas 2,5%, representam o total de água doce existente, cerca de dois terços estão armazenados nas geleiras e calotas polares. Conforme se verifica na figura 1, a distribuição de água acessível tem percentual restrito, tendo aproximadamente 0,77% de toda a água doce a disposição para o consumo humano, estando ainda disposta sob diferentes formas, como: rios, lagos, água subterrânea, atmosfera e na biota (GRASSI,2001).

Figura 1 - Distribuição de água na Terra



Fonte: Grassi, 2001.

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, isto é, trata-se de um processo natural de movimentação da água na Terra de maneira constante e permanente. Esse ciclo é impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre, o que faz com que no decorrer do processo a água migre de estágios físicos da matéria: líquido, sólido e gasoso.

Na figura 2 é possível observar os mecanismos de funcionamento do ciclo hidrológico.

Figura 2 - Ciclo da Água



Fonte: Grassi, 2001.

Dessa forma, no ciclo hidrológico pode-se citar os seguintes mecanismos de transferência da água: evaporação, condensação, precipitação, infiltração e o escoamento superficial.

A evaporação relaciona-se à mudança de estado líquido da água para o vapor d'água, no estado gasoso. Essa ação ocorre em superfícies líquidas, como em mares, rios e lagos, em superfícies terrestres quando umedecidas, e através de plantas por transpiração. A condensação se refere à mudança do estado gasoso para o estado líquido, formando pequenas gotas d'água que se encontram na atmosfera, isso sendo possível graças ao peso relativamente insignificante das gotas. Nesse processo há a composição das nuvens. Uma vez que as gotículas de água armazenadas nas nuvens vão passando por processos de aglutinação e coagulação, aumentando seu volume e seu peso, desenvolve-se o processo de precipitação. A depender da localização geográfica e condições climáticas a precipitação pode ocorrer em forma de chuva, neve, granizo, nevoeiro, orvalho e geada. A infiltração equivale a uma parcela da água proveniente da precipitação que infiltra no solo através dos vazios, esse processo de movimento sob a superfície terrestre é chamado de percolação da água, sendo responsável pela formação de lençóis d'água e contribuição da manutenção dos corpos d'água superficiais e aquíferos. Por fim, o escoamento superficial trata-se da parcela da água precipitada que flui sobre terrenos e é direcionada para corpos hídricos, como: córregos, lagos, rios e oceanos (COLASIO, 2015).

4.2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

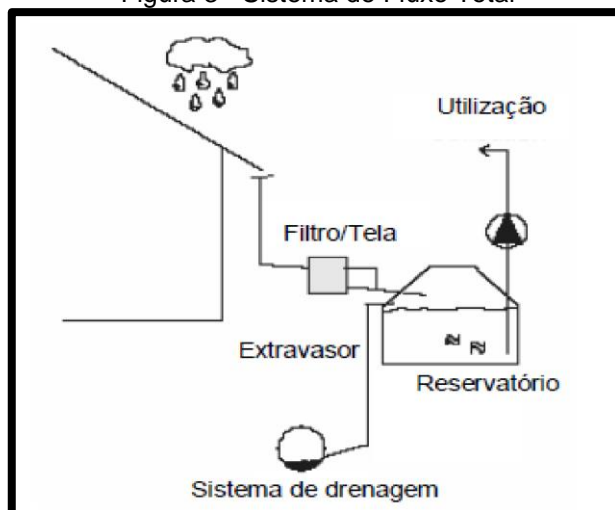
Um sistema de aproveitamento de água da chuva trata-se basicamente da captação da água pluvial que cai sobre a superfície do telhado, direcionando-a a reservatórios de armazenamento para posterior utilização (ANNECCHINI, 2005).

Nesse contexto há quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva descritas por Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005):

I. Sistema de fluxo total: Conforme a figura 3, a chuva precipitada na superfície do telhado é direcionada para a calha, logo após passando por uma tela ou

filtro, e por fim sendo destinada ao reservatório de armazenamento. A chuva em excesso no reservatório é destinada para o sistema de drenagem.

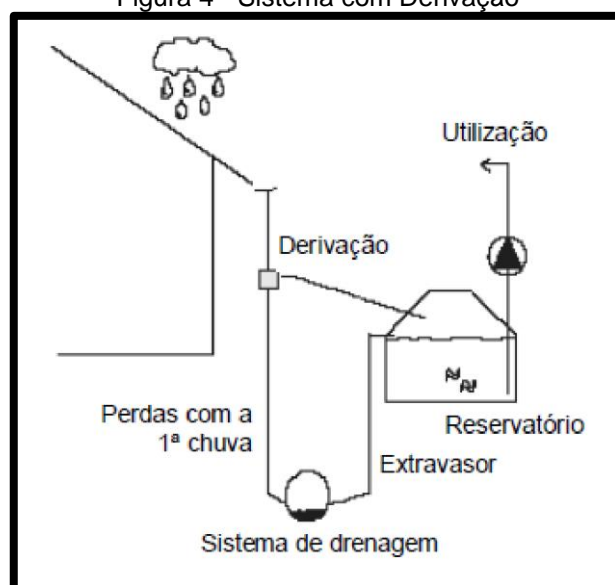
Figura 3 - Sistema de Fluxo Total



Fonte: Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005, p.37).

II. Sistema com derivação: Também chamado de sistema autolimpante, esse sistema conta com um derivação na tubulação que direciona a água da chuva para o reservatório, conforme observa-se na figura 4. Essa derivação objetiva descartar a primeira chuva para o sistema de drenagem. Os demais componentes do sistema são similares ao sistema anterior.

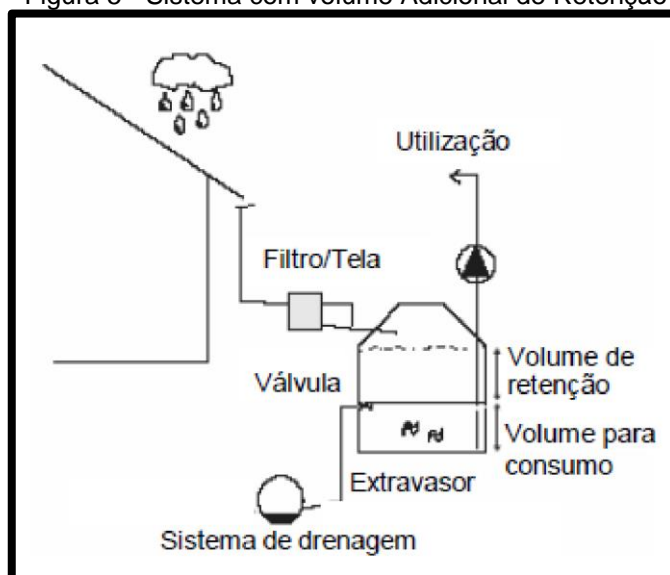
Figura 4 - Sistema com Derivação



Fonte: Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005, p.37).

III. Sistema com volume adicional de retenção: Distinto dos demais sistemas construtivos, esse conta com um reservatório maior, a fim de armazenar um volume de chuva necessário para suprimento da demanda e um volume adicional para evitar eventuais inundações. Conforme representado na figura 5, esse sistema possui uma válvula capaz de regular a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção, sendo este direcionado ao sistema de drenagem.

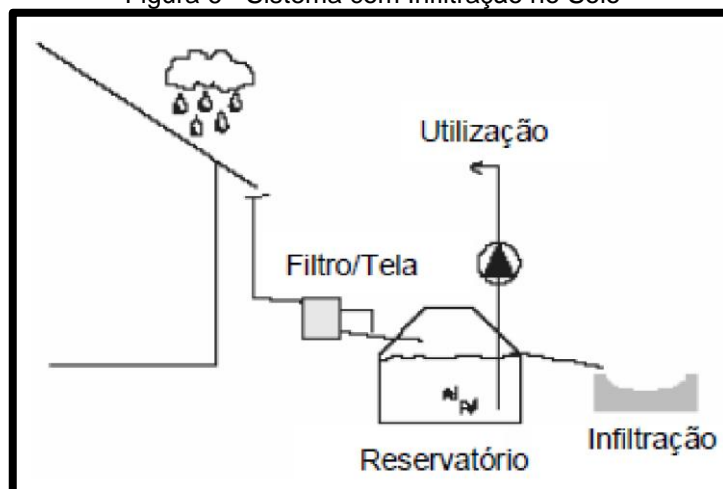
Figura 5 - Sistema com volume Adicional de Retenção



Fonte: Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005, p.37).

IV. Sistema com infiltração no solo: Similar ao sistema de fluxo total, toda água da chuva é direcionada ao reservatório, passando antes por um filtro ou tela. Contudo, o volume de chuva em excesso, ao contrário do primeiro sistema, é destinado para o sistema de infiltração no solo, conforme figura 6.

Figura 6 - Sistema com Infiltração no Solo



Fonte: Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005, p.37).

Segundo Alves, Zanella e Santos, 2008 apud Colasio (2015), semelhante a projetos prediais de águas pluviais, o fluxo da água da chuva ocorre sobre os telhados sendo direcionados por meio de calhas, condutores, tubulações rígidas e outros componentes para o reservatório.

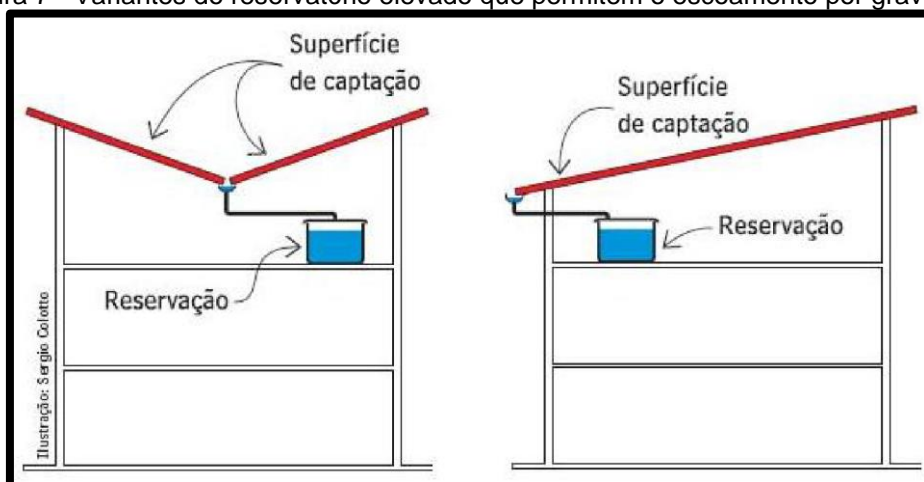
Ainda segundo os autores, podem ser considerados três soluções para a captação e condução de águas pluviais, com relação ao posicionamento do reservatório e a influência da área de captação:

- I. reservação somente com reservatório elevado;
- II. reservação somente com reservatório inferior; e
- III. reservação com reservatório inferior e superior.

No primeiro caso (I) é considerado o reservatório elevado o qual permite a possibilidade do escoamento da água da chuva por gravidade. No segundo caso (II) e no terceiro caso (III) o escoamento da água por gravidade devem ser assegurados.

Na figura 7 observa-se as possibilidades de posicionamento de reservatório elevado em relação ao tipo de cobertura de edificação de forma a garantir o escoamento da água da chuva por gravidade.

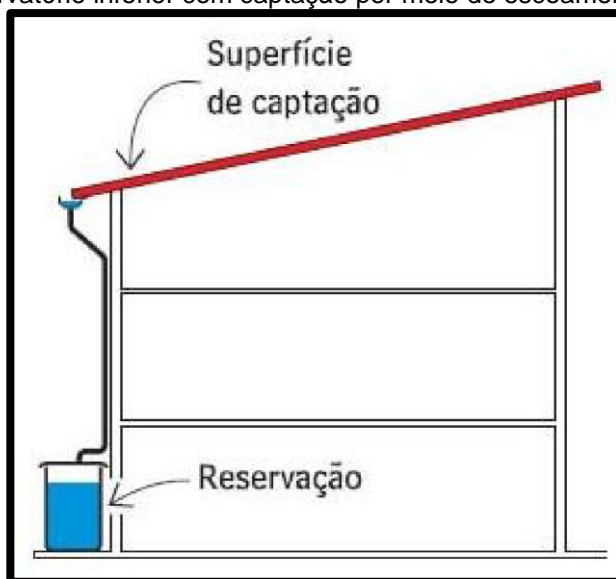
Figura 7 - Variantes do reservatório elevado que permitem o escoamento por gravidade



Fonte: Alves, Zanella e Santos (2008 apud COLASIO, 2015, p.30).

Já a figura 8 representa a captação de água da chuva para reservatório inferior através de escoamento por gravidade.

Figura 8 - Reservatório inferior com captação por meio de escoamento por gravidade



Fonte: Alves, Zanella e Santos (2008 apud COLASIO, 2015, 9.31).

4.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

No presente tópico serão discutidos todos os elementos constituintes para que seja possível elaborar um sistema de captação de águas pluviais, sendo eles: calhas e condutores; a área de captação da água da chuva; tratamento da água e reservatórios.

4.3.1 Área de Captação

De acordo com a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 15527 (ABNT, 2007, p. 2), a área de captação é “área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura em que a água é captada”.

Segundo Tomaz (2011) a área de captura geralmente é a área do telhado, contudo existe uma grande variabilidade de materiais, assim os telhados podem ser de vários tipos, por exemplo: cerâmico; fibrocimento; ferro galvanizado; plástico.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989b) o dimensionamento da área de captação considera as seguintes superfícies: superfície plana horizontal; superfície inclinada; superfície plana vertical única; duas superfícies planas verticais opostas; duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares; três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares, sendo as duas opostas adjacentes; e quatro superfícies planas verticais, sendo uma com maior altura.

4.3.2 Calhas e condutores

Para captação e transporte da água de chuva são necessárias calhas, condutores verticais, e por vezes condutores horizontais.

Conforme a NBR 10844/89, que trata sobre instalações prediais de águas pluviais, as calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado (NBR 7005, NBR 6663), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, policloreto de polivinila (PVC) rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

Os condutores verticais, tem de ser constituídos por tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), chapas de aço galvanizado (NBR 6663, NBR 7005), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento ou fibra de vidro.

Já os condutores horizontais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), fibrocimento (NBR 8056), PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), cerâmica vidrada (NBR 5645), concreto (NBR 9793, NBR 9794), alvenarias, cobre, ou canais de concreto.

O dimensionamento das calhas inicia-se com o cálculo da vazão da calha, por meio da Equação 01:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

Em que:

Q é a vazão de projeto (L/min);

I é a intensidade pluviométrica (mm/h); e

A é a área de contribuição (m²).

Conforme disposto na NBR 10844/89, em caso de calhas de beiral ou platibanda que a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes da Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: Adaptado de ABNT, 1989b.

O dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada na Equação 02, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times R_H^{2/3} \times i^{1/2} \quad (2)$$

Em que:

Q é a Vazão de projeto (L/min);

S é a área da seção molhada (m²);

n é o coeficiente de rugosidade;

R_H é o raio hidráulico (m);

i é a declividade da calha (m/m);e

K equivale a 60.000;

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de rugosidade dos materiais (n) geralmente adotados na confecção de calhas.

Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade

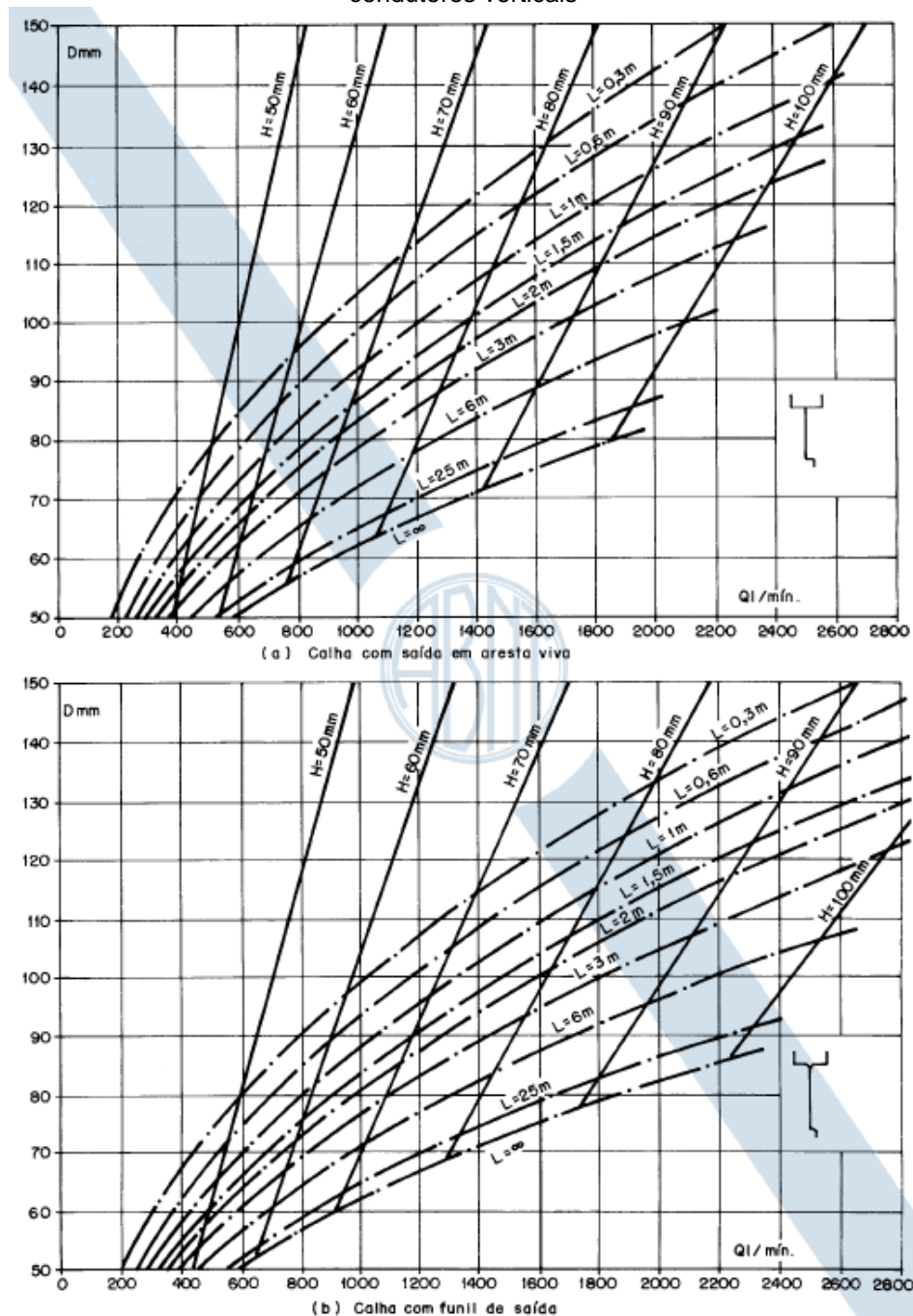
Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado de ABNT (1989b, p. 6).

A NBR 10844/89 prevê que os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Caso haja necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, além disso devem ser previstas peças de inspeção para eventuais verificações. O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 milímetros, podendo ainda esses condutores serem alocados internamente ou externamente ao edifício a depender das considerações de projeto. Seu dimensionamento deve ser feito a partir dos seguintes dados: vazão de projeto (Q), em litros/minutos; altura da lâmina de água na calha (H), em milímetros; e o comprimento do condutor vertical, em metros. A partir desses

dados, o diâmetro do condutor vertical é obtido por meio dos ábacos apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Ábacos apresentados pela NBR 10844 (ABNT, 1989b) para determinação do diâmetro dos condutores verticais



Fonte: ABNT (1989b, p. 8).

Por outro lado, a norma estabelece que os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

O dimensionamento deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

Diâmetro (D) (mm)	n = 0,0011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	77	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2510	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado de ABNT(1989b, p. 9).

4.3.3 Tratamento da água da chuva

Segundo Alves, Zanella e Santos, 2008 apud Colasio (2015), o tratamento de águas pluviais provenientes de telhados é composto por:

- I. filtração de materiais grosseiros;
- II. descarte das águas de escoamento inicial;
- III. filtração de materiais particulados finos; e
- IV. desinfecção.

4.3.3.1 Filtração de Materiais Grosseiros

De acordo com a NBR 10844/89, devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos em sistemas de aproveitamento de água da chuva em áreas de cobertura. Conforme a NBR 12213/92, esses dispositivos podem ser:

- I. Grade: Dispositivo constituído de barras paralelas, destinado a impedir a passagem de materiais grosseiros, flutuantes ou em suspensão;
- II. Tela: dispositivo constituído de fios que formam malhas destinadas a reter materiais não retidos pela grade.

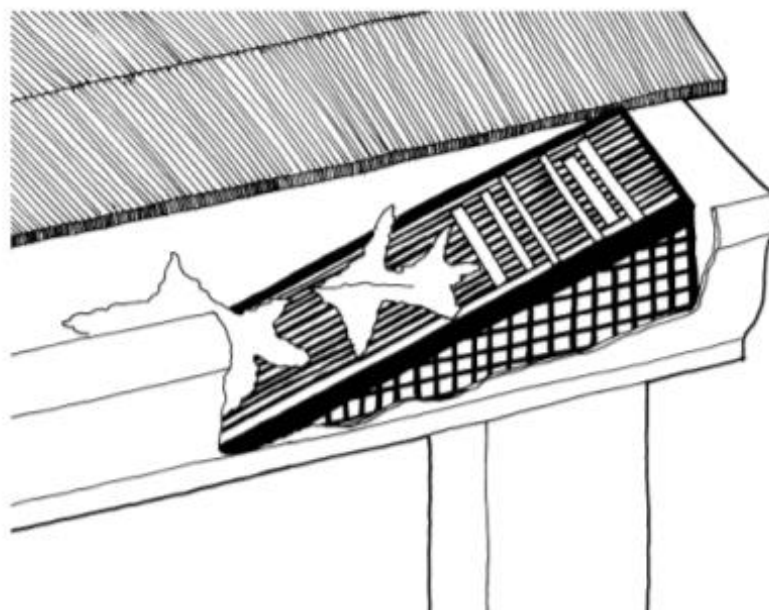
As figuras 10 e 11 apresentam respectivamente uma tela e uma grade instaladas em calhas de edificação.

Figura 10 - Tela instalada na calha para remoção de materiais



Fonte: CANAÃ, 2015.

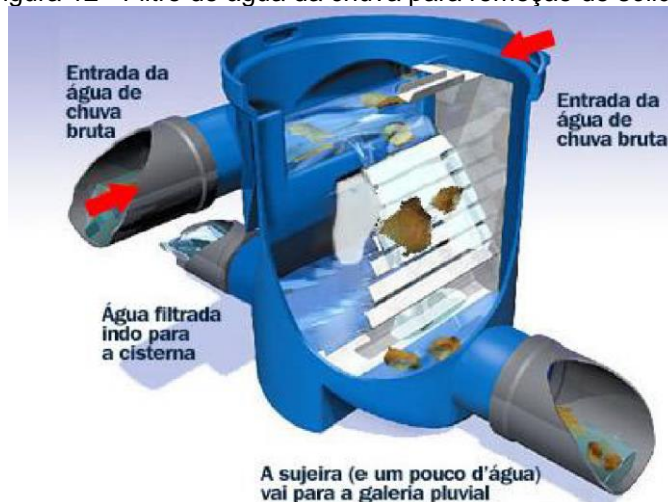
Figura 11 - Grade instalada na calha para remoção de materiais



Fonte: WATERFALL, 2004.

Ademais na Figura 12 é apresentado um tipo de filtro de água da chuva mais sofisticado, o qual deve ser instalado na tubulação de descida da água da calha do telhado.

Figura 12 - Filtro de água da chuva para remoção de sólidos



Fonte: ZÁRYA, 2021.

4.3.3.2 Descarte de água de escoamento inicial

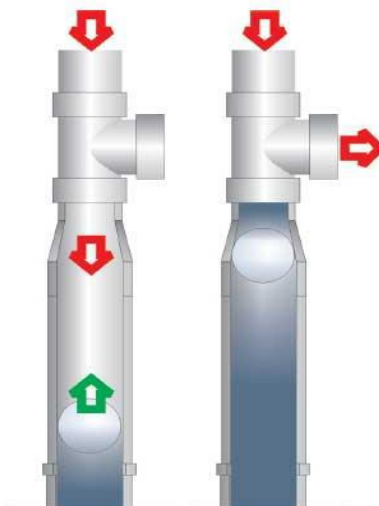
O telhado de cobertura de captação de água pluvial está sujeito constantemente a deposição de folhas, excreta de animais, poluição atmosférica, entre outros. Embora grande parte dos sólidos grosseiros permanecerem retidos nos dispositivos de filtragem utilizados nas calhas e condutores, a água da chuva é capaz de conter substâncias e partículas menores (sólidos dissolvidos) que prejudicam a sua qualidade. Isto acontece principalmente para o primeiro volume de chuva precipitado, responsável por “lavar” a área de captação (ZANELLA, 2015).

O descarte das primeiras chuvas ou *first flush* é um procedimento simples e recomendável. Nada mais é que a remoção dos primeiros milímetros de chuva, por componente simples ou com o auxílio de dispositivos automáticos (REIS E SILVA, 2014).

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) é recomendado que o dispositivo seja automático e dimensionado pelo projetista. Contudo, quando não for possível dimensionar é indicado realizar o descarte de 2 milímetros da precipitação inicial.

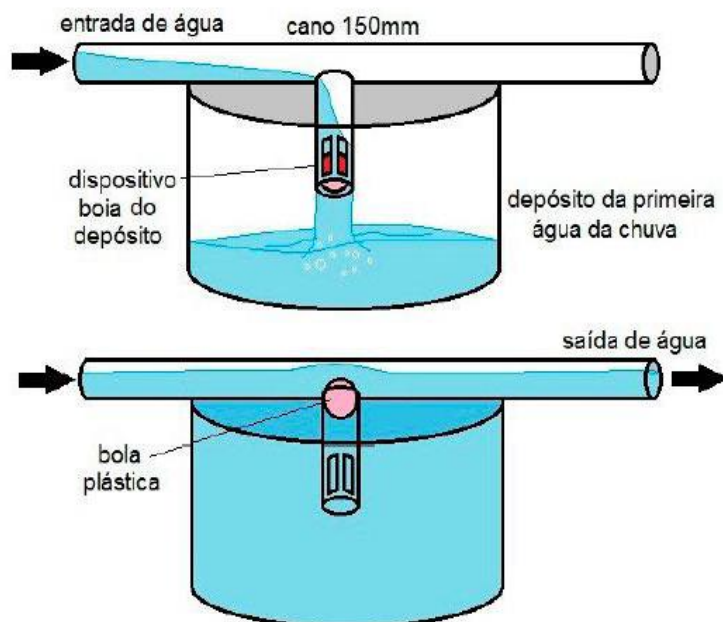
O dispositivo de auto limpeza baseado em boia é um exemplo do que trata a NBR 15527 (ABNT, 2007). Quando a primeira água da chuva encher o primeiro reservatório a bóia irá subir e tapar a entrada, com isso a água da chuva passa para o reservatório de armazenamento, como apresentado nas figuras 13 e 14 (TOMAZ, 2011).

Figura 13 - Dispositivo para autolimpeza baseado em boia para pequenos volumes



Fonte: Alves, Zanella e Santos (2008 apud COLASIO, 2015).

Figura 14 - Dispositivo para autolimpeza baseado em boia com depósito da primeira água da chuva para maiores volumes de descarte



Fonte: Oliveira *et al.* (2012).

4.3.3.3 Desinfecção

No sistema de aproveitamento de água da chuva, a água inicia seu tratamento de qualidade logo após atingir a área de captação através da remoção dos sólidos grosseiros presentes no telhado. Em um segundo momento, ocorre outra etapa de pré-tratamento, através do descarte da primeira água de chuva. Além desses processos, para maior confiabilidade na qualidade é recomendado que seja feita a desinfecção da água armazenada (RODRIGUES,2017).

O nível do tratamento da água da chuva varia de acordo com o seu fim. Conforme a Group Raindrops (2002, apud OLIVEIRA, 2005), há uma separação do uso da água da chuva em quatro grupos, cada grupo com suas particularidades tem seu tipo de tratamento da água, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1 - Diferentes níveis de qualidades de água exigidos de acordo com o uso

Uso da Água da Chuva	Tratamento da Água
Rega de jardins	Não é necessário.
Irrigadores, combate a incêndio, ar-condicionado	É necessário para manter os equipamentos em boas condições
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de roupas e carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano
Piscina/banho, para beber e para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Adaptado de GROUP RAINDROPS (2002 apud OLIVEIRA, 2005, p. 10).

Segundo Alves, Zanella e Santos, 2008 apud Colasio (2015), os sistemas de desinfecção comumente utilizados para o aproveitamento da água da chuva são baseados em derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio ou outros. A desinfecção basicamente trata da inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e ou químicos, desse modo ao utilizar-se o cloro como desinfetante, é possível garantir uma ação mais prolongada por meio da concentração residual de cloro livre.

4.4 RESERVATÓRIOS

Seguindo as orientações da NBR 15527 (ABNT, 2007) as características dos reservatórios devem atender à NBR 12217 (ABNT, 1994). Em que o projeto do reservatório deve ser considerado um extravasor, um dispositivo de esgotamento, a cobertura, a inspeção, a ventilação e a segurança.

Os reservatórios podem estar apoiados, enterrados ou elevados, podendo ser construídos no local, ser pré-fabricados, ou ainda ser fabricados em indústrias, como são os de plástico e poliéster, de acordo com Tomaz (2011).

4.5 COEFICIENTE DE RUNNOF

O coeficiente de Runoff é definido pela NBR 15527 (ABNT, 2007) como uma representação da relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume precipitado variando conforme a superfície.

Ele representa as diversas perdas que ocorre no escoamento da água, entre elas: resultantes da limpeza do telhado, da perda por evaporação, perdas na autolimpeza, entre outros (TOMAZ, 2011).

Na Tabela 4 estão apresentados os principais coeficientes de Runoff em relações a alguns tipos de superfícies.

Tabela 4 - Coeficiente de Runoff médio

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

Fonte: TOMAZ (2011).

4.6 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

Em sistemas de captação de água pluvial, é importante que o dimensionamento do reservatório considere a possibilidade de ficar inativo por muito tempo ou de desperdiçar água armazenada. O tamanho de reservatórios pode variar de acordo com a região de estudo, pois está intimamente ligado a fatores pluviométricos e aos objetivos finais de implantação do sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008).

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta em seu anexo “A” métodos de cálculo para dimensionamento dos reservatórios para aproveitamento de água pluvial. Os métodos apresentados são: Método de Rippl; Método da Simulação; Método Azevedo Neto; Método Prático Alemão; Método Prático Inglês; e Método Prático Australiano.

4.6.1 Método de Rippl

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) podem ser usadas as séries históricas de precipitações mensais ou diárias. O cálculo do volume do reservatório se dá por meio das equações 3, 4 e 5.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (3)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (4)$$

$$V = \Sigma S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (5)$$

Sendo que: $\Sigma D(t) < \Sigma Q(t)$

Em que:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório; e

C é o coeficiente de escoamento superficial.

4.6.2 Método de Simulação

Nesse método é atribuído arbitrariamente um volume para que seja verificado o que acontece com a água que vai sobrar (overflow) e com a água que faltará, seja por abastecimento público ou caminhão tanque (TOMAZ, 2011).

Consoante a NBR 15527 (ABNT, 2007), nesta análise não há consideração da parcela de água que passa por evaporação. Para o cálculo de um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade, apresentada pelas equações 06 e 07:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (6)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (7)$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

Em que:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t -1;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório; e

C é o coeficiente de escoamento superficial.

4.6.3 Método de Azevedo Neto

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) estabelece que o volume de chuva para esse método se obtém por meio da equação 08.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

Em que:

P é o valor numérico da precipitação média anual (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de captação de coleta em projeção (m²); e

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório fixado (L).

4.6.4 Método Prático Alemão

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), esse dimensionamento é um método empírico em que se adota uma das seguintes opções: o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo; ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. Sendo calculado por meio da equação 9.

$$V_{adotado} = \text{mínimo } V; D \times 0,06 \quad (9)$$

Em que:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável (L); e

$V_{adotado}$ é o valor numérico do volume de água do reservatório (L).

4.6.5 Método Prático Inglês

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume de chuva é calculado pela equação 10:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (10)$$

Em que:

P é o valor numérico da precipitação média anual (mm);

A é o valor numérico da área de captação de coleta em projeção (m²); e

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

4.6.6 Método Prático Australiano

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) estabelece que o volume de chuva para esse método se obtém por meio da equação 11.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (11)$$

Em que:

C é o coeficiente de escoamento superficial;

P é a precipitação média mensal;

I é a intercepção da água que molha as superfícies e perdas por evaporação;

A é a área de coleta; e

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

Ressalte-se que o cálculo do volume do reservatório se dá por meio de tentativas, até utilizar valores otimizados de confiança e volume do reservatório. Além disso, para o primeiro mês calculado há de se considerar o reservatório vazio. A equação 12 apresenta o cálculo para o volume do reservatório.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (12)$$

Em que:

$Q_{(t)}$ é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

$V_{(t)}$ é o volume de água presente no tanque no fim do mês t;

$V_{(t-1)}$ é o volume de água que está presente no reservatório no mês t; e

$D_{(t)}$ é a demanda mensal.

Nos casos que $(V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}) < 0$, o volume $V_{(t)}$ será igual a zero.

A equação 13 apresenta o cálculo para verificação da confiança.

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad (13)$$

Em que:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda ($V(t)=0$); e

N é o número de meses considerado.

Em síntese, a confiança é igual a $(1-P_r)$. Além disso, é recomendado que os valores de confiança situem-se entre 90% e 99%.

5 METODOLOGIA

Para elaboração de uma proposta de aproveitamento da água da chuva na piscina no campus IFAL-Maceió, foi desenvolvida uma metodologia baseada no trabalho realizado por COLASIO (2015), de forma a abranger as seguintes etapas: a área de estudo; o índice pluviométrico; a demanda de água pluvial; a área de cobertura; o potencial de captação; o volume de reservação e o volume de descarte; a descrição do sistema; e o estudo da proposta.

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Campus Maceió, está localizada na cidade de Maceió, na Rua do Ferroviário, com as coordenadas de $9^{\circ}39'49''\text{S}$ e $35^{\circ}43'49''\text{O}$. A localização do IFAL pode ser observada na Figura 15.

Figura 15 - Localização do IFAL-Maceió



Fonte: Google Earth (2021).

O IFAL, campus Maceió, em sua estrutura conta com: ginásio de esportes, piscina esportiva, uma biblioteca, prédios de sala de aula, laboratórios de informática, praça de alimentação, setores administrativos e coordenações de curso.

5.2 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o índice pluviométrico é uma unidade de medida que se refere à quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e em determinado período. Esse índice é calculado em milímetros.

Além disso, foram levantados dados pluviométricos mensais referentes ao período de 2016 a 2021, da estação pluviométrica “Farol”, código 270430203A, por meio do mapa interativo da rede observacional para monitoramento de risco de desastres naturais do Centro Nacional de Monitoração e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN. Esses dados foram utilizados para a determinação do potencial de captação da área de estudo.

Em consulta ao site do CEMADEN, dentre as estações pluviométricas presentes no território da cidade de Maceió com proximidade ao IFAL, a referida estação “Farol (270430203A)” é do tipo automática e detém todos os dados registrados no período de 2016 a 2021, informações mais recentes disponíveis, enquanto outras estações pluviométricas por não serem automáticas ou por falhas técnicas não apresentam sequencialmente dados pluviométricos registrados, havendo lacunas entre períodos de precipitação, logo não possuem amostragem sequencial e de ampla abrangência, não sendo assim utilizadas no presente estudo.

5.3 DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL

A água da chuva será usada para o reabastecimento da piscina existente no campus Maceió. A decisão da utilização originou-se a partir de discussão com

professor de engenharia civil do campus Maceió e administração do local, como alternativa de caráter sustentável para diminuir o consumo de água proveniente da concessionário de abastecimento público.

O consumo total de água gasto para o reabastecimento da piscina é variável, principalmente levando em consideração os meses do ano em que as atividades esportivas não ocorrem devido a recessos escolares, ou como na situação de uma pandemia, como a causada pelo novo coronavírus, SARS-CoV2, em que as atividades presenciais no IFAL foram parcial e temporariamente suspensas. Além disso, o reabastecimento é feito conforme a necessidade, não havendo um padrão definitivo, variando conforme a temperatura, o uso, a quantidade de cloro, entre outros fatores. Contudo, foi possível realizar uma estimativa, considerando a frequência de um reabastecimento semanal.

5.4 ÁREA DE COBERTURA

Por intermédio do setor administrativo do IFAL campus Maceió, foi possível obter as plantas de cobertura da área de estudo.

O dimensionamento da área de cobertura foi realizado através da verificação das áreas e da inclinação do telhado, obtidos através da planta de cobertura. Foi determinado que a área a ser utilizada corresponde ao telhado do prédio de informática por estar situado próximo ao local de interesse. A área de cobertura será utilizada no cálculo do volume de água da chuva a ser captada.

Dessa forma, para cálculo da área de contribuição de cobertura foi considerado a área inclinada demonstrada na Figura 8, e utilizada a equação 14.

$$A = A_{planta} \times f \quad (14)$$

Em que:

A é a área de contribuição (m²);

A_{planta} é a área de cobertura em planta baixa (m);e

f é o fator de correção relativo a inclinação da cobertura;

O fator de correção pode ser calculado por meio da equação 15.

$$f = \frac{1}{\cos[\tan^{-1}(\frac{h}{a})]} \quad (15)$$

As variáveis “h” e “a” representam respectivamente a altura e o comprimento da cobertura. Assim, como forma de direcionamento, a tabela 5 apresenta valores do fator de correção para algumas inclinações comuns.

Tabela 5 - Fatores de correção relacionados a inclinações

Inclinação	Fator de Correção
0%	1,000
5%	1,001
10%	1,005
15%	1,011
20%	1,020
25%	1,031

Fonte: Elaborado pelos autores.

5.5 POTENCIAL DE CAPTAÇÃO

Para cálculo do potencial de captação foi necessário utilizar a equação fornecida na norma NBR 15527 (ABNT, 2007), conforme equação 16.

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad (16)$$

Em que:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura; e

$\eta_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial.

Dessa forma, a precipitação média foi obtida conforme descrito na subseção 5.2 a partir de uma média aritmética entre os intervalos de ano em estudo, e a área de cobertura foi obtida de acordo com a subseção 5.4.

O coeficiente de escoamento superficial, foi adotado o valor equivalente a 0,90, porque o telhado do prédio do bloco de informática é do tipo cimento amianto. Por fim, a eficiência do sistema de captação é segundo Tomaz (2010) apud Bezerra, Stella Maris da Cruz et al (2010), na prática igual a 0,85.

5.6 VOLUME DE RESERVAÇÃO E DE DESCARTE

Para o cálculo do volume de reservação, foram utilizados os métodos mencionados na seção 4.6, sendo eles: Método de Rippl; Método da Simulação; Método Azevedo Neto; Método Prático Alemão; Método Prático Inglês; e Método Prático Australiano. Assim, analisaram-se os valores obtidos através dos métodos práticos a fim de apurar o comportamento do reservatório da água da chuva, adotando o volume mais adequado à situação real em relação a limitação de espaço para locação e atendimento à demanda.

Quanto ao cálculo do volume de descarte, foram seguidas as orientações da norma NBR 15527 (ABNT, 2007), que recomenda a realização de um volume de descarte equivalente a 2 mm da precipitação inicial.

5.7 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A partir do levantamento de dados e o dimensionamento das unidades do sistema, foi possível definir as peças necessárias para a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva. A definição do sistema foi baseada em pesquisa bibliográfica apresentada neste trabalho em conjunto dos dados de dimensionamento

das unidades do sistema e da situação fática relativa ao espaço para locação das peças para implantação do sistema.

5.8 ESTUDO DA PROPOSTA

Por fim, realizou-se um estudo do sistema de aproveitamento da água da chuva proposto. Para isso, foi considerada a cobertura do prédio do bloco de informática como área de captação de águas pluviais, e também o sistema existente de reabastecimento da água da piscina. O primeiro por causa da sua proximidade com a unidade da piscina esportiva, como forma de evitar custos adicionais com emprego de materiais e mão de obra, já o segundo por conta da passagem da água pluvial captada pelo sistema para tratamento, em especial pela casa de bombas, e aproveitamento da tubulação existente para posterior destinação final na piscina.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo para o aproveitamento da água da chuva é o espaço da piscina esportiva e do prédio do bloco de informática, situada no IFAL Campus Maceió, em Maceió/AL, conforme ilustrado pela figura 16.

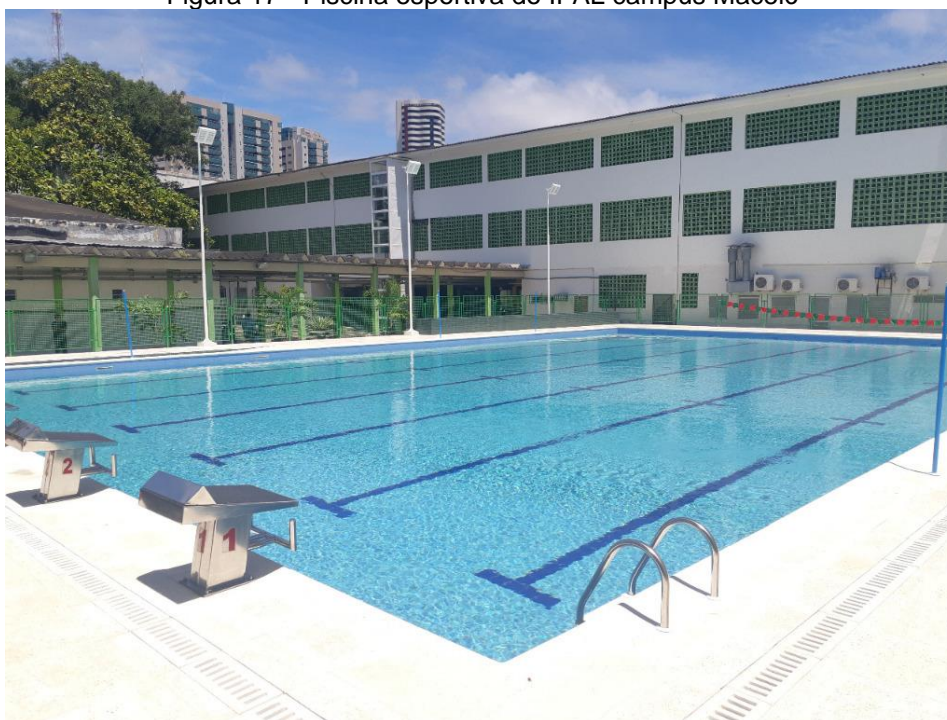
Figura 16 - Localização da piscina esportiva e do prédio do bloco de informática do campus Maceió



Fonte: Google Earth (2021).

A piscina foi reinaugurada em dezembro de 2019, após passar por uma reforma geral em sua estrutura. A piscina tem 25 x 16 metros de comprimento, enquadrando-se nos parâmetros de piscina semi-olímpica, e uma profundidade de 1,67 metros. Além disso, em sua estrutura conta com arquibancada, plataformas de salto, rampas de acesso, entre outros itens, conforme pode-se observar na figura 17.

Figura 17 - Piscina esportiva do IFAL campus Maceió



Fonte: INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS (2019).

As atividades que são desenvolvidas na piscina são as práticas de educação física das turmas de ensino médio, escola de natação para iniciantes, e equipes de natação avançada para alunos e servidores do instituto.

6.2 CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA PISCINA

A forma atual de captação de água é por meio da concessionária de abastecimento de água e esgoto BRK Ambiental. A água chega através de tubulações na casa de máquinas, para então passar pelo sistema de tratamento e desinfecção, e logo após ser armazenada em reservatórios para sua utilização.

6.3 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

Para o cálculo do potencial de captação, foram levantados dados pluviométricos mensais do período de 2016 a 2021, da estação pluviométrica Farol, código 270430203A, através do mapa interativo da rede observacional para monitoramento de risco de desastres naturais, disponível no site do CEMADEN, conforme apresentado na Tabela 6.

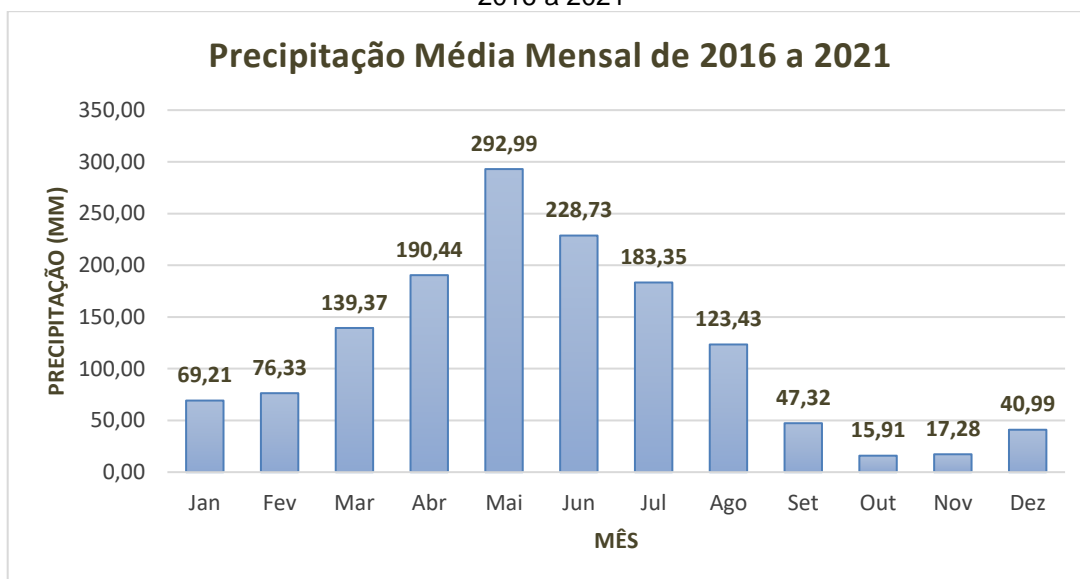
Tabela 6 - Dados pluviométricos mensais de 2016 a 2021

Mês	Precipitação Total Mensal (mm)					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Janeiro	6,57	27,00	76,69	196,42	22,27	86,29
Fevereiro	74,99	5,34	158,55	66,64	113,76	38,72
Março	205,47	35,64	67,61	141,90	203,59	182,01
Abril	15,00	88,02	208,27	93,27	292,67	445,41
Mai	205,88	544,68	149,15	188,49	409,22	260,53
Junho	101,92	400,48	131,44	248,41	207,81	282,31
Julho	82,67	242,15	139,79	197,65	217,18	220,65
Agosto	56,74	98,08	19,97	157,87	99,55	308,36
Setembro	19,53	40,06	24,47	45,97	62,91	90,96
Outubro	15,81	27,00	1,60	11,50	9,61	29,93
Novembro	13,40	24,24	41,97	5,13	9,87	9,06
Dezembro	9,68	24,24	42,74	26,63	61,00	81,63

Fonte: CEMADEN (2022).

Em posse desses dados, foi possível obter as médias mensais de precipitação, apresentadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Precipitação Média da estação pluviométrica: Farol (270430203A) referente ao período de 2016 a 2021



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base no Gráfico 1, verifica-se que os meses com as menores precipitações médias mensais são outubro, novembro e dezembro, com valores equivalentes a 15,91 mm, 17,28 mm e 40,99 mm, respectivamente. Já os meses com maiores precipitações médias são abril, maio e junho, com valores equivalentes a 190,44 mm, 292,99 mm e 228,73 mm.

Por fim, a precipitação média anual correspondente dos 6 anos avaliados foi equivalente a 1425,34 mm.

6.4 DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL

Para o cálculo da demanda de água pluvial para o sistema proposto, foi realizada uma estimativa considerando um reabastecimento de água na piscina equivalente a uma altura de 10 cm por semana. Essa altura foi definida em função das informações repassadas pelo responsável pelo tratamento da piscina, dentre as quais foi relatada a questão da evaporação natural da água. Portanto, utilizando as dimensões das piscinas apresentadas na seção 6.1, pode-se determinar o volume necessário para a piscina.

$$V = 16 \times 25 \times 0,10 = 40 \text{ m}^3$$

Assim, pode-se concluir uma estimativa de demanda de água pluvial por mês, referente ao reabastecimento da piscina, igual a 160 m³.

6.5 ÁREA DE COBERTURA

A partir das plantas de cobertura do IFAL campus Maceió, disponibilizadas pela própria instituição, foi escolhida a planta de cobertura da área desejada, referente apenas ao cobrimento do bloco de informática, foi realizado uma adaptação da planta para sua demonstração conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Planta de cobertura do bloco de informática



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, sendo a área em planta baixa equivalente a 355,157 metros quadrados e por meio da tabela 5 o fator de correção para a inclinação de 10% sendo igual a

1,005, através da equação 15, obteve-se a área de cobertura para captação da água da chuva, conforme demonstrado a seguir.

$$A = 355,157 \times 1,005 = 356,95 \text{ m}^2$$

6.6 POTENCIAL DE CAPTAÇÃO

Para a determinação do potencial de captação, através da Equação 16, foram utilizados a área de cobertura apresentada na seção 6.5, e os valores das precipitações médias mensais apresentadas no Gráfico 1.

O coeficiente de *runoff* adotado foi de 0,90, e a eficiência do sistema de captação é igual a 0,85. Na Tabela 7 estão apresentados os resultados obtidos.

Tabela 7- Potencial de captação mensal da área de cobertura do Bloco do Informática do IFAL campus Maceió

Mês	Precipitação Média (m)	Volume Captável (m³)
Janeiro	0,069	18,899
Fevereiro	0,076	20,843
Março	0,139	38,057
Abril	0,190	52,003
Mai	0,293	80,006
Junho	0,229	62,459
Julho	0,183	50,067
Agosto	0,123	33,705
Setembro	0,047	12,922
Outubro	0,016	4,344
Novembro	0,017	4,719
Dezembro	0,041	11,193

Fonte: Elaborado pelos autores.

Através da Tabela 7, pode-se inferir que nenhum mês possui volume captável de água de chuva que atende à demanda calculada na subseção 6.4.

6.7 ÁREA DE LOCAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Com o intuito de determinar um espaço para locação do reservatório que não interferisse nas atividades cotidianas que acontecem no instituto, e que seja adequado quanto a proximidade com a captação da água pluvial assim como com proximidade a casa de bombas, adotou-se o ambiente por trás do bloco de informática e ao lado da casa de bombas conforme ilustrado na figura 19, esse ambiente dispõe de uma área aproximada de 154 m², além de não acontecerem atividades de colaboradores ou alunos no local.

Figura 19 - Área de locação do reservatório



Fonte: Elaborado pelos autores.

6.8 VOLUME DE RESERVAÇÃO

Os volumes de reservação foram calculados através dos métodos apresentados na subseção 5.4.

6.8.1 Método De Rippl

O volume de reservação pelo método Rippl foi determinado utilizando as Equações 3, 4 e 5. Para isso, a área de captação considerada foi a apresentada na subseção 6.5, de 356,95 m², as precipitações médias mensais demonstradas no Gráfico 1 e a demanda de água pluvial (subseção 6.4) de 160,0 m³. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Volume de reservação calculado pelo Método de Rippl

Método de Rippl						
Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área de Captação	Volume de Chuva Mensal	Diferença entre os Volumes da Demanda	Diferença Acumulada
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)
Janeiro	69,2	160,0	357,0	22,2	-137,8	-120,2
Fevereiro	76,3	160,0	357,0	24,5	-135,5	-255,6
Março	139,4	160,0	357,0	44,8	-115,2	-370,9
Abril	190,4	160,0	357,0	61,2	-98,8	-469,7
Maio	293,0	160,0	357,0	94,1	-65,9	-535,6
Junho	228,7	160,0	357,0	73,5	-86,5	-622,1
Julho	183,4	160,0	357,0	58,9	-101,1	-723,2
Agosto	123,4	160,0	357,0	39,7	-120,3	-843,5
Setembro	47,3	160,0	357,0	15,2	-144,8	-988,3
Outubro	15,9	160,0	357,0	5,1	-154,9	-1143,2
Novembro	17,3	160,0	357,0	5,6	-154,4	-1297,7
Dezembro	41,0	160,0	357,0	13,2	-146,8	-1444,5
Total	1425,4	1920,0		457,9		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Portanto, percebe-se que a partir desse método em todos os meses há necessidade de cobrir a demanda mensal, inclusive chegando a uma diferença acumulada entre a demanda constante e o volume de chuva correspondente a 1.444,5 m³. Percebe-se que por meio do método de Rippl que não há como estimar precisamente o volume para reservatório, pois a demanda mostra-se maior que a precipitação durante todo o ano.

6.8.2 Método De Simulação

Por meio das equações 6 e 7 foi tentado o cálculo do volume de reservação pelo Método de Simulação.

Conforme apresentado na tabela 9, observou-se que nenhum mês tem volume de chuva maior que a demanda constante mensal, o que conseqüentemente faz com que seja preciso suprimento de água externo durante todo o período analisado, além disso não há períodos de *overflow* para nenhum mês, logo, mesmo alterando o volume do reservatório fixado, não foi possível determinar um volume específico de reservatório a partir desse método.

Tabela 9 - Volume de reservação calculado através do Método da Simulação

Método da Simulação									
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo t-1	Volume do reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de água externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Jan	69,2	160,0	357,0	22,2	30	0	-137,8	0	-137,8
Fev	76,3	160,0	357,0	24,5	30	0	-135,5	0	-135,5
Mar	139,4	160,0	357,0	44,8	30	0	-115,2	0	-115,2
Abr	190,4	160,0	357,0	61,2	30	0	-98,8	0	-98,8
Mai	293,0	160,0	357,0	94,1	30	0	-65,9	0	-47,1
Jun	228,7	160,0	357,0	73,5	30	0	-86,5	0	-52,3
Jul	183,4	160,0	357,0	58,9	30	0	-101,1	0	-60,3
Ago	123,4	160,0	357,0	39,7	30	0	-120,3	0	-100,4
Set	47,3	160,0	357,0	15,2	30	0	-144,8	0	-128,7
Out	15,9	160,0	357,0	5,1	30	0	-154,9	0	-132,3
Nov	17,3	160,0	357,0	5,6	30	0	-154,4	0	-148,2
Dez	41,0	160,0	357,0	13,2	30	0	-146,8	0	-148,3
Total	1425,4	1920,0		457,9				0	-1304,9

Fonte: Elaborado pelos autores.

6.8.3 Método De Azevedo Neto

Utilizando a Equação 8, calculou-se o volume de reservação para a área de 356,95 m², considerando a precipitação média anual equivalente a 1.425,34 mm e o número de meses de pouca chuva igual a seis meses. Assim, o valor obtido para o reservatório foi de 128,2 m³ conforme evidenciado na Tabela 10.

Tabela 10 - Volume de reservação calculado através do Método Azevedo Neto

Método de Azevedo Neto			
Área (m²)	Precipitação Média Anual (mm)	Tempo (meses)	Volume de Reservação (m³)
357,0	1425,3	6	128,2

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que este método prevê um reservatório com cerca de 128.200 litros de capacidade, assim considerando as limitações de espaço físico, condições pluviométricas e consumo de água, o método não se mostra compatível com a realidade, pois não há espaço físico o suficiente para locação de um reservatório de tal proporção dado a área limitada evidenciada na subseção 6.7. Além disso, conforme demonstrado no gráfico 1, na maior parte do ano esse reservatório não se encontraria sequer com sua metade da capacidade preenchida por água, seja devido a baixa precipitação, seja pelo consumo constante de água.

6.8.4 Método Prático Alemão

O volume de reservação do Método Prático Alemão, foi calculado a partir do volume de precipitação média anual aproveitável, utilizando a precipitação média anual equivalente a 1.425,34 mm, a área de captação igual a 356,95 m² e o coeficiente de Runoff de 0,9.

Dessa forma, determinou-se o volume médio de consumo anual, o qual é resultante da multiplicação da demanda de água pluvial (160,0 m³) pelo número de meses em um ano (12 meses). Em seguida, foi possível calcular o volume de

reservação por meio da Equação 9, obtendo-se o valor apresentado de 27,5 m³ conforme disposto na Tabela 11.

Tabela 11 - Volume de reservação determinado através do Método Prático Alemão

Método Prático Alemão					
Área	Precipitação Média Anual	Volume Anual de Precipitação Aproveitável	Volume de Consumo Anual	Volume Adotado	Volume de Reservação
(m²)	(mm)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
357,0	1.425,3	457,9	1.920	457,9	27,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Percebe-se por esse método que seria necessário um reservatório com capacidade de 27.500 litros, levando-se em consideração a precipitação do local e espaço disponível para locação, esse método se aproxima das condições reais do presente estudo.

6.8.5 Método Prático Inglês

Para o cálculo do volume de reservação através do Método Prático Inglês, foram utilizados os mesmos valores de área de captação e de precipitação média anual correspondente ao período de seis anos, apresentados nos métodos anteriores. Esses valores foram aplicados na Equação 10, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Volume de reservação obtido por meio do Método Prático Inglês

Método Prático Inglês		
Área (m²)	Precipitação média anual (mm)	Volume de reservação (m³)
357,0	1.425,3	25,4

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esse método prevê a necessidade de um reservatório com capacidade de 25.400 litros. Levando-se em consideração a precipitação do local e espaço disponível para locação, esse método se aproxima das condições do presente estudo.

6.8.6 Método Prático Australiano

Pelo Método Prático Australiano foram utilizados os valores das precipitações médias mensais apresentadas no Gráfico 1, a área de captação 356,95 m², o coeficiente de Runoff de 0,90 e a interceptação de 2 mm. Com esses valores, foram utilizadas as Equações 11 e 12, obtendo os resultados apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Volume de reservação obtido pelo Método Prático Australiano

Método Prático Australiano							
Meses	Prec. Média Mensal	Área	Coef. Runoff	Interceptação	Volume da Chuva	Demanda	Volume Reservatório
	(mm)	(m²)	C	(mm)	(m³)	(m³)	(m³)
Jan	69,2	357,0	0,9	2,0	21,6	160,0	0,0
Fev	76,3	357,0	0,9	2,0	23,9	160,0	0,0
Mar	139,4	357,0	0,9	2,0	44,1	160,0	0,0
Abr	190,4	357,0	0,9	2,0	60,5	160,0	0,0
Mai	293,0	357,0	0,9	2,0	93,5	160,0	0,0
Jun	228,7	357,0	0,9	2,0	72,8	160,0	0,0
Jul	183,4	357,0	0,9	2,0	58,3	160,0	0,0
Ago	123,4	357,0	0,9	2,0	39,0	160,0	0,0
Set	47,3	357,0	0,9	2,0	14,6	160,0	0,0
Out	15,9	357,0	0,9	2,0	4,5	160,0	0,0
Nov	17,3	357,0	0,9	2,0	4,9	160,0	0,0
Dez	41,0	357,0	0,9	2,0	12,5	160,0	0,0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Portanto, infere-se da tabela 13 que pelo Método Prático Australiano não há um mês em que o volume de chuva seja superior a demanda para satisfazer o cálculo do volume do reservatório, resultando por conseguinte valor nulo para todos os meses.

6.8.7 Avaliação dos volumes de reservatórios pelos métodos da NBR 15527/2007

Devido a elevada demanda de água quando comparada ao volume de captação de chuva, os seguintes métodos demonstraram ser inapropriados para determinação

do volume de reservatório: Método Prático Australiano, Método da Simulação e Método de Rippl.

Por outro lado, os métodos de Azevedo Neto, Prático Alemão e Prático Inglês foram capazes de determinar o volume de reservatório. Contudo, o Método de Azevedo Neto apresentou um volume de 128.200 litros o que mostra-se demasiadamente elevado dado as características pluviométricas do local, o espaço disponível para locação do reservatório e além de possivelmente ser alto o valor de mercado de um reservatório de tal proporção, logo o método não foi capaz de atender as peculiaridades do estudo.

Já os métodos Prático Alemão e Prático Inglês determinaram volumes de 27.500 litros e 25.400 litros, respectivamente, sendo o Método Prático Inglês o responsável por determinar o valor mais baixo dentre todos os métodos.

6.8.8 Volume De Reservatório Adotado

Considerando os volumes de reservação calculados através dos métodos apresentados acima, optou-se pelo volume de 25.400 litros, obtido pelo Método Prático Inglês. Essa decisão foi tomada baseada no índice pluviométrico de Maceió o qual demonstra precipitações irregulares, tendo como maiores precipitações os meses compreendidos entre abril e agosto, além disso foi considerado que a água armazenada em reservatório seria constantemente utilizada para reabastecimento da piscina, não sendo reservada por longos períodos, e considerado a limitação de espaço para locação do reservatório descrita na subseção 6.7.

6.9 VOLUME DE DESCARTE

O volume de descarte foi calculado considerando um descarte de 2,00 mm/m² de área de captação. Assim, o volume de descarte resultou em 0,714 m³, conforme demonstrado a seguir.

$$V = A(m^2) \times h (m)$$

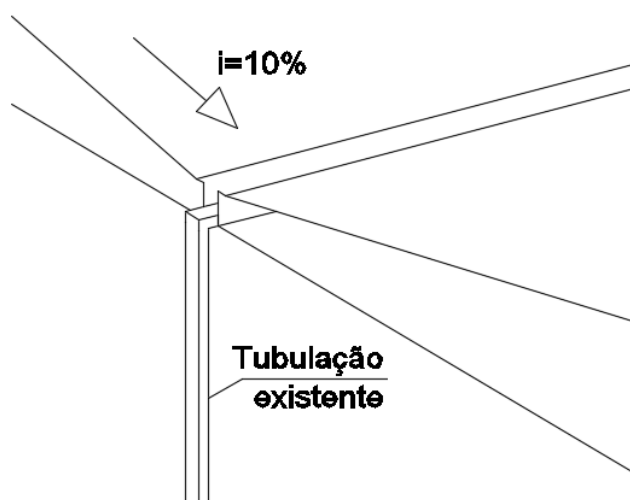
$$V = 356,95 \times 0,002 = 0,714 m^3$$

6.10 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Por meio de pesquisas bibliográficas e visitas *in loco*, foi definido a melhor metodologia para proposta de implantação do sistema de captação de águas pluviais para a piscina do Campus Maceió.

O sistema teria início nas instalações já existentes na cobertura de duas águas do bloco de informática, em que a calha horizontal captaria a água proveniente da cobertura e direcionaria para a tubulação vertical, conforme ilustrado na figura 20.

Figura 20 - Representação da área de captação da cobertura do prédio do bloco de informática do IFAL campus Maceió



Fonte: Elaborado pelos autores.

A tubulação vertical se conectaria com filtro de materiais grossos, como por exemplo, o filtro VORTEX WFF 150 apresentado na figura 21, o qual se adequa a uma área de captação de até 500m², de modo que apenas um filtro desse contemplaria a área de captação do sistema calculada em 356,95 m².

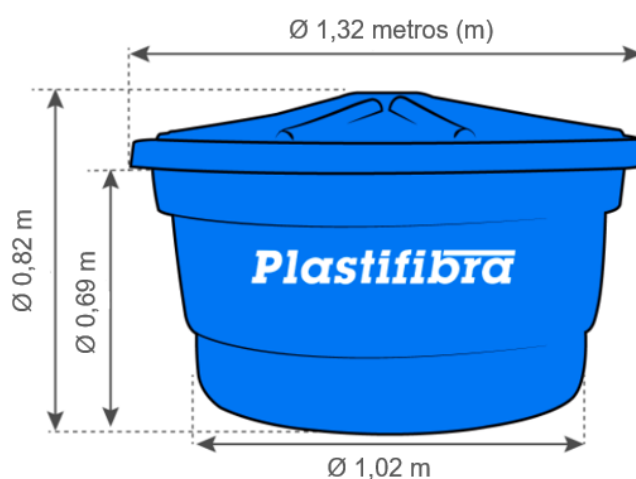
Figura 21 - Filtro para remoção de materiais grossos Filtro VORTEX WFF 150



Fonte: Acquacontroll (2022).

Após a passagem pelo filtro, a água seria direcionada aos reservatórios de descarte, localizado ao lado do Bloco de Informática. O reservatório contaria com um dispositivo de descarte automático através de boia, conforme apresentado na subseção 4.3.3.2. Dessa forma, seria utilizado uma cisterna de 750 litros alimentada pela parte superior que, ao ser preenchida seu volume total a boia trancaria a entrada da água, sendo que a água da chuva posterior ao descarte seria destinada para o próximo reservatório. A figura 22 representa as dimensões do reservatório proposto.

Figura 22 - Dimensões do reservatório de 750 litros



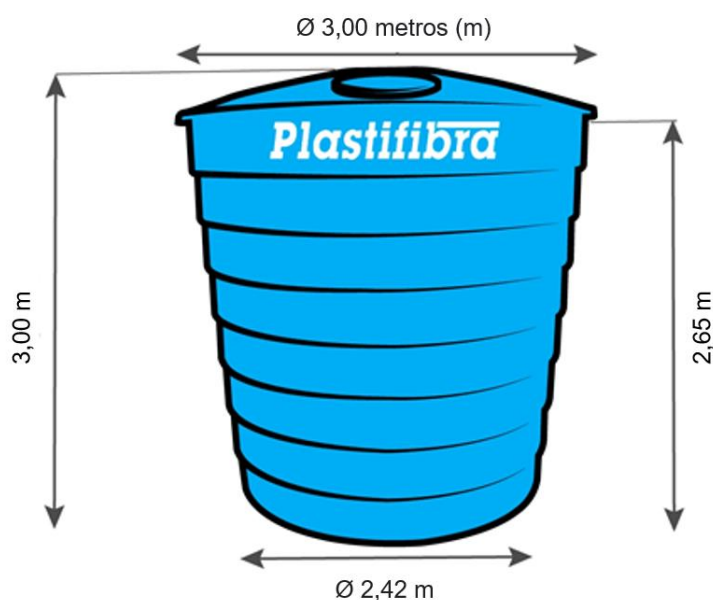
Fonte: PLASTIFIBRA (2022).

Desse modo, propõe-se a implantação de dois reservatórios apoiados de 15 m³, resultando no volume de 30 m³, de forma a atender ao volume de reservação

adotado de 25,4 m³, pois é considerado as dimensões comerciais de mercado do tipo de produto.

A figura 23 representa as dimensões do reservatório, e de acordo com o espaço de locação os reservatórios ficariam dispostos lado a lado com espaço mínimo para conexão em serie entre eles de forma que não ultrapassaria os espaços disponíveis de 10,07 metros na largura e 12,84 metros no comprimento conforme evidencia a figura 19, e por fim, a conexão com a casa de bomba para tratamento dá água para posterior reabastecimento da piscina.

Figura 23 - Dimensões do reservatório de 15m³



Fonte: PLASTIFIBRA (2022).

6.11 ESTUDO DA PROPOSTA

Sabe-se que o abastecimento da piscina do IFAL campus Maceió requer quantidade significativa de água uma vez que ela possui um volume de aproximadamente 668 m³, e atualmente esse abastecimento provém da concessionária de serviço público.

A proposta de um sistema de captação de água pluvial considerou não somente as condições pluviométricas do local de estudo, mas também a disposição da piscina, da casa de bombas e das edificações do IFAL. A partir disso, a proposta tem início na

área de captação da chuva, essa definida como toda a cobertura do bloco de informática do instituto, o qual se situa ao lado da piscina e próximo a casa de bombas, pois foi levado em conta sua proximidade com a área fim de reabastecimento.

Além disso, em consonância ao que preconiza a NBR 10844/89 foi proposto dispositivo para retenção de materiais grosseiros como um filtro de água da chuva sofisticado, dado suas características de compatibilidade com a tubulação vertical, tecnologia e praticidade de limpeza quando comparado aos mecanismos de grade ou telha na calha.

Quanto ao descarte dos primeiros milímetros de chuva ou *First Flush*, em conformidade a NBR 15527/07, foi proposto dispositivo de descarte automático através de boia conectado a um reservatório de 750 litros, de forma a atender critérios de praticidade quanto a tecnologia empregada e de cálculo de descarte de acordo com a subseção 6.9.

Já para o cálculo do reservatório final da água da chuva, foi calculado os métodos de dimensionamento de reservatório disponíveis na NBR 15527/07, os quais ora se apresentavam com volumes grandes ora com resultados indisponíveis em virtude das características vigentes do local de estudo. Assim, buscou-se o método de dimensionamento considerando o índice pluviométrico, a limitação de espaço de locação do reservatório e o consumo semanal da água captada, logo, optou-se pelo Método Prático Inglês que determinou o volume de 25.400 litros, contudo para fins práticos propôs-se dois reservatórios de 15m³.

No que concerne o tratamento e desinfecção da água reservada, como não foi possível realizar análises físico-químicas da água da chuva proveniente da cobertura do bloco de informática devido a restrições de mobilidade por conta da pandemia pelo novo coronavírus, SARS-CoV2, foi proposto que tais atividades sejam realizadas na casa de bombas uma vez que lá ocorre o tratamento adequado da água proveniente da concessionária, de forma que a água quando captada não permaneça reservada por longos períodos para preservar sua qualidade e seu rápido tratamento.

Desta forma, a utilização de água pluvial para o reabastecimento da piscina do IFAL campus Maceió, requer investimentos tanto em equipamentos quanto em mão-de-obra. Esses investimentos encareceriam o funcionamento da unidade esportiva, além disso os equipamentos tendem a ficar ociosos por causa do índice pluviométrico no ponto de estudo, contudo nos períodos chuvosos proporcionaria captação de água significativa, podendo também ser uma alternativa em caso de déficit hídrico, e a

utilização do sistema colaboraria para a não sobrecarga de volume de água da chuva nos sistemas de drenagem da cidade, uma vez que uma parcela da chuva precipitada não seria destinada para a drenagem urbana, assim em períodos chuvosos sabe-se que é comum a ocorrência de inundações de ruas por conta da sobrecarga de água, sendo assim, uma forma de mitigação de tal fenômeno.

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho realizou-se um estudo de uma proposta de aproveitamento das águas pluviais para reabastecimento da piscina esportiva do IFAL campus Maceió.

Embora a água seja um recurso abundante e renovável, a ausência de cuidados na sua utilização podem comprometer sua disponibilidade, sendo portanto imprescindível alternativas para mitigar esse problema.

O sistema de aproveitamento da água da chuva proposto considera o índice pluviométrico da cidade de Maceió, o qual conforme apresentado na subseção 6.3, detém uma precipitação média anual 1425,34 mm, no período analisado de 2016 a 2021. Além disso, considera a área de captação de água pluvial toda a cobertura da edificação do bloco de informática do instituto, equivalente a 356,95 m².

Em síntese, a proposta de sistema de aproveitamento de água da chuva consiste em:

- a) Captação da água da chuva por meio de calha existente conectada a cobertura do bloco de informática;
- b) Instalação de condutores verticais;
- c) Filtração de materiais grossos, propondo a instalação de um filtro VORTEX WFF 150;
- d) Um reservatório de descarte com capacidade de 750 litros;
- e) Dois reservatórios de 15.000 litros cada;
- f) Instalação de conexões entres os reservatórios e a casa de bombas;

O sistema de aproveitamento de água pluvial proposto exige investimentos em equipamentos e em mão de obra. Esses investimentos para implantação do sistema tornariam mais caro o funcionamento da unidade esportiva do campus.

Com isso, o sistema proposto, visando reabastecimento da piscina, apresenta limitações técnicas e financeiras, uma vez que enfrenta períodos de pouca captação de água pluvial e demanda de investimentos. Entretanto, em períodos chuvosos, a

captação de água da chuva na unidade esportiva possibilitaria uma fonte para possível escassez de água no futuro. Além disso, o sistema é capaz de colaborar com a diminuição das ocorrências de inundações de ruas devido a sobrecarga de água da chuva nos sistemas de drenagem urbana.

7.1 RECOMENDAÇÕES

Em virtude da dificuldade encontrada para viabilizar o sistema de aproveitamento de água para reabastecimento da piscina do IFAL campus Maceió e por dificuldade de mobilização ao campus por conta da pandemia pelo novo coronavírus, SARS-CoV2, foram determinadas algumas recomendações para estudos futuros, sendo estas:

- a) realizar um estudo econômico-financeiro do sistema de aproveitamento de água da chuva;
- b) estudar a possibilidade de captar a água da chuva em mais de um área de cobertura para poder fazer a reposição da piscina com um volume maior;
- c) realizar estudo da qualidade da água da chuva a fim de verificar o atendimento aos padrões normativos;e
- d) objetivar a utilização da água da chuva em atividades menos nobres, como por exemplo, nos vasos sanitários, limpeza de pisos, irrigação de gramados, etc.

8 REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>>. Acesso em: 23 outubro 2022.

FILTRO vortex wff 300 essencial para o sistema de aproveitamento de água. **Acquacontrol**. [S.l.]. Disponível em: <<https://www.acquacontrol.com.br/filtro-vortex-wff-300>>. Acesso em: 12 março 2022.

AGUIAR JÚNIOR, S. R. **Análise da Gestão Pública: política da água e sustentabilidade**. 2011. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

ANNECCHINI, K. P. V.; GONÇALVES, R. F. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente construído**. v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

BEZERRA, S. M. C. *et al.* Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400015>>. Acesso em: 19 dez. 2021.

CENTRO REGIONAL DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Água**. [S.l.]. Disponível em: Disponível em: <<https://unric.org/pt/agua/#:~:text=Embora%20o%20objetivo%206%20da,de%20%C3%A1gua%20pot%C3%A1vel%20durante%2C%20pelo>>. Acesso em: 08 de out.

2021.

COLASIO, B. M. **Estudo de uma proposta de utilização de águas pluviais nas piscinas do complexo aquático da Universidade Do Sul de Santa Catarina Unisul), Palhoça/SC.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4788>>. Acesso em: 30 de setembro 2021.

CAIXA d'água em Fibra de Vidro Redonda 15.000 Litros. **Plastifibra.** [S./]. Disponível em: <<https://www.plastifibra.com.br/produtos/31/Caixa-D%27agua-em-Fibra-de-Vidro-Redonda-15-000-Litros>>. Acesso em: 15 março 2022.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAÇÃO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **MAPA INTERATIVO,** 2022. Disponível em:<<http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 12 de abril 2022.

GRASSI, M. T. As águas do planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola,** v. 1, n. 1, p. 31-40, 2001.

GOOGLE EARTH. **Instituto Federal de Alagoas - Campus Maceió.** Disponível em:< <https://earth.google.com/web/search/ifal/@-9.66489269,-35.73081842,3.87748372a,170.66579606d,35y,2.68573004h,0t,0r/data=CigiJgokCS1ICwr8PiPAEdZU54cDYCPAGeYOoNA90kHAIUE0fT6s30HA>>. Acesso em: 12 de dezembro 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Perguntas Frequentes.** < <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=3> >. Acesso em: 13 de dezembro 2021.

MATSUBARA, J. W. **Sistema de captação da água da chuva em piscina para armazenagem em reservatório e o seu impacto sobre o escoamento superficial urbano.** 45 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

MARINOSKY, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: < https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf>. Acesso em: 02 de outubro 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU.** [S./]. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu>>. Acesso em: 28 de abril de 2022.

OLIVEIRA, P. A. V. *et al.* **Aproveitamento da água da chuva na produção de**

suínos e aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. 38 p.

Piscina do Ifal Maceió é reinaugurada. **Instituto Federal de Alagoas**, 2019. Disponível em: < <https://www2.ifal.edu.br/noticias/piscina-do-ifal-maceio-e-inaugurada>>. Acesso em: 16 de dezembro 2021.

RODRIGUES, A. B. F. **Avaliação de um sistema comercial de tratamento de água de chuva.** 91 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

SUASSUNA, J. A má distribuição da água no Brasil. **Fundação Joaquim Nabuco.** Disponível em: <<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/artigos-de-joao-suassuna/a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil>>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

SHUBO, T. **Sustentabilidade Do Abastecimento E Da Qualidade Da Água Potável Urbana.** 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde Pública) - Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

SUSTENTABILIDADE. **Zárya.** [S./.] Disponível em: <<http://www.zarya.com.br/a-tecnologia/sustentabilidade/>>. Acesso em: 06 de dezembro 2021.

SILVA, D. F. R. **Aproveitamento De Água Da Chuva Através De Um Sistema De Coleta Com Cobertura Verde:** Avaliação Da Qualidade Da Água Drenada E Potencial De Economia De Água Potável. Monografia (Bacharelado em Eng. Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, concluída em 2014. Disponível em: . Acesso em: 12 dez. 2021.

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais.** 44 f. Dissertação (Monografia) - Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, 2008.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** 4. Ed – São Paulo: Navegar Editora, 2011.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Cienc. Culto.** , São Paulo, v. 55, n. 4, pág. 31-33, dez. 2003.

WATERFALL, P. H. **Harvesting rainwater for landscape use.** 2 ed. Cooperative Extension, University of Arizona. Arizona, Estados Unidos, 2004. Disponível em: < <https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Harvesting%20Rainwater%20for%20Landscape%20Use.pdf>> . Acesso em: 06 de dezembro 2021.