

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO – EIXO DAS TECNOLOGIAS  
ENGENHARIA CIVIL**

**RAFAEL SIQUEIRA VIEIRA**

**VIABILIDADE TÉCNICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO DA UNIDADE DA  
UFAL CAMPUS DO SERTÃO EM SANTANA DO IPANEMA/AL**

Delmiro Gouveia – AL

2018

RAFAEL SIQUEIRA VIEIRA

**VIABILIDADE TÉCNICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO DA UNIDADE DA  
UFAL CAMPUS DO SERTÃO EM SANTANA DO IPANEMA/AL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como pré-requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.

Delmiro Gouveia – AL

2018

**Catologação na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Larissa Carla dos Prazeres Leobino – CRB-4 2169

V658v Vieira, Rafael Siqueira

Viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais : estudo de caso da unidade da Ufal Campus do Sertão em Santana do Ipanema/Al / Rafael Siqueira Vieira. – 2018.

63 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.  
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2018.

1. Engenharia Civil. 2. Águas pluviais. I. Título.


CDU: 628.1

RAFAEL SIQUEIRA VIEIRA

**VIABILIDADE TÉCNICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO DA UNIDADE DA  
UFAL CAMPUS DO SERTÃO EM SANTANA DO IPANEMA/AL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a  
banca examinadora do Curso de Engenharia  
Civil da Universidade Federal de Alagoas –  
Campus Sertão, aprovado no dia \_\_\_\_ de \_\_\_\_  
de \_\_\_\_\_.

**Banca Examinadora:**



Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL.  
(Orientador)



Eng. Tiago Alves da Silva  
(Examinador Interno)



Eng. Me. Diogo Carlos Henrique.  
(Examinador Externo)

Aos meus familiares e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força, coragem e saúde para enfrentar todas as dificuldades e driblar os obstáculos que surgiram durante a graduação, mas que foram de extrema importância para que eu chegasse nesse momento tão importante em minha vida.

Aos meus pais, José Carlos e Maria Izabel, por terem sido compreensivos comigo perante as escolhas que fiz na vida. Vocês sempre me incentivaram a buscar o caminho da escola, sem medir esforços, pois foi o mesmo caminho que mudou a trajetória de suas vidas. É um sonho realizado não só para mim, mas para meu pai em ver seu filho concluindo o curso de Engenharia Civil, pois além de ter trabalhado 15 anos na construção civil em São Paulo foi através do incentivo de um Engenheiro Civil que você reencontrou o caminho da escola.

Aos meus irmãos, Carla Izabela e João Manoel, que sempre me apoiaram e torceram por minha formação acadêmica.

A minha esposa, Alcilane Medeiros, que cuidou tão bem dos nossos filhos, Arthur e Rafaela, durante a minha ausência devido à correria entre a graduação e o trabalho. Você sempre buscou me incentivar a superar as difíceis etapas, e sempre me acolheu de braços abertos, mesmo quando eu chegava tarde da noite estressado.

Aos grandes amigos que formei dentro da universidade e que foram extremamente importantes nesse longo percurso da minha graduação. Dentre eles gostaria de destacar Arlan, Filipe Amaro, Jackson Junior, Leonardo, Tiago, Stefane e Victorino.

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos e sempre estiveram dispostos a contribuir para um melhor aprendizado.

Ao meu orientador, Thiago Alberto, pela disponibilidade e paciência na orientação deste trabalho, que tornaram possível sua conclusão.

Aos Engenheiros Diogo e Tiago pelo suporte que foi dado para que este trabalho fosse concretizado.

Enfim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação acadêmica e aprendizado.

## RESUMO

Uma das grandes questões relacionadas com o uso dos recursos hídricos no mundo está à conservação da água que pode se dar por duas maneiras, por medidas convencionais e não convencionais. Uma das medidas não convencionais mais utilizadas no Brasil, principalmente na região nordeste é o aproveitamento de água da chuva para consumo humano e dessedentação animal. O aproveitamento de água da chuva é praticado em países como Estados Unidos, Alemanha, Japão, entre outros, com o objetivo principal de reduzir os picos de escoamento, minimizando as enchentes, e otimizando o uso consciente de água potável, já no Brasil, o sistema é utilizado em algumas cidades do Nordeste, principalmente, como fonte de suprimento de água potável, haja vista a inexistência de rede de abastecimento de água potável ou a escassez provocada por longos períodos de estiagem. O uso de água de chuva é viável pela diminuição na demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, diminuindo os custos com água potável, e a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes. No processo de coleta de água da chuva, são utilizadas áreas impermeáveis, principalmente o telhado. Em detrimento da grande contaminação dos telhados pela sedimentação de vários contaminantes durante o período de estiagem é altamente recomendável que os primeiros 2mm de chuva que caem do telhado sejam descartados. A água de chuva coletada por intermédio das calhas, condutores verticais e horizontais é armazenada em reservatório podendo ser de diferentes materiais. A água armazenada deverá ser utilizada tanto para consumo potável como não potável, sendo para o primeiro necessário um tratamento prévio, os casos de uso não potável ela pode ser utilizada em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para lavagem de veículos e para lavagem de roupas. Este trabalho trata da análise da viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA, polo da UFAL - Campus Sertão com o objetivo de estimar a demanda de água não potável e calcular a confiabilidade do sistema de aproveitamento águas pluviais. Para a sua execução foi utilizado o Método da Simulação conforme recomendações da NBR 15.527/2007. Haja vista que a principal motivação para implantação do reservatório de armazenamento de água de chuva era para utilização de rega das áreas verdes da unidade educacional, conclui-se que as dimensões do reservatório para o regime pluviométrico da cidade inviabilizam sua execução para atendimento da demanda total, porém, pode ser atendida a demanda parcial de 2,31 m<sup>3</sup>/dia com um volume de reservatório máximo de 400m<sup>3</sup>.

**Palavras-chave:** Simulação. Aproveitamento. Água pluvial.

## ABSTRACT

One of the major issues related to the use of water resources in the world is the conservation of water that can occur in two ways, by conventional and unconventional measures. One of the unconventional measures most used in Brazil, mainly in the northeast region is the use of rain water for human consumption and animal fodder. The use of rainwater is practiced in countries such as the United States, Germany, Japan, among others, with the main objective of reducing runoff, minimizing flooding, and optimizing the conscious use of drinking water, in Brazil. The system is used in some cities of the Northeast, mainly as a source of drinking water supply, due to the lack of a drinking water supply network or the shortage caused by long periods of drought. The use of rainwater is feasible due to the decrease in the demand of water provided by sanitation companies, reducing the costs of drinking water, and reducing the risk of flooding in the event of heavy rains. In the process of collecting rainwater, impermeable areas are used, mainly the roof. To the detriment of the great contamination of the roofs by the sedimentation of several contaminants during the drought period, it is highly recommended that the first 2mm of rain falling from the roof be discarded. The rainwater collected through the gutters, vertical and horizontal conductors is stored in a reservoir and can be made of different materials. The stored water should be used for both potable and non-potable consumption, and for the former a prior treatment is required, non-potable use cases can be used in sanitary basins, garden faucets, vehicle washing and washing clothing. This work deals with the technical feasibility analysis of the implantation of a rainwater harvesting system in the 1st STAGE OF THE SANTANA OF THE EDUCATIONAL UNIT SANTANA DO IPANEMA, UFAL - Campus Sertão, with the objective of estimating the demand for non-potable water and calculate the reliability of rainwater harvesting system. For its execution, the Simulation Method was used according to the recommendations of NBR 15.527 / 2007. It should be noted that the main motivation for the implantation of the rainwater storage reservoir was to irrigate the green areas of the educational unit, it is concluded that the dimensions of the reservoir for the rainfall regime of the city make it impossible to meet the total demand , however, partial demand of 2,31 m<sup>3</sup> / day can be met with a maximum reservoir volume of 400m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Simulation. Use. Rainwater.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	19
<b>Figura 2</b> – Proteção de calhas para evitar acúmulo de detritos.....	23
<b>Figura 3</b> – Esquema de um filtro autolimpante .....	24
<b>Figura 4</b> – Tonel de descarte para pequenas áreas de captação (a), reservatório de descarte com torneira-boia.....	25
<b>Figura 5</b> - Reservatório de armazenamento com freio d'água, sifão-ladrão e sistema flutuante de captação da água. ....	26
<b>Figura 6</b> – Localização da cidade de Santana do Ipanema no mapa de Alagoas ....	28
<b>Figura 7</b> - Imagem aérea da construção da 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA. Área total do terreno contornada de vermelho.....	29
<b>Figura 8</b> - foto da 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA. À esquerda Bloco 1 e a direita Bloco 2 .....	29
<b>Figura 9</b> - foto da cobertura com telha de fibrocimento do tipo ondulada do Bloco 2 da 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA. ....	30
<b>Figura 10</b> – Área de contribuição para diversos casos.....	31
<b>Figura 11</b> – Precipitação média mensal entre os anos 1995 a 2003.....	42
<b>Figura 12</b> – Resultados do dimensionamento de reservatório para demanda total de água não potável utilizando o Excel.....	47
<b>Figura 13</b> – Resultados do dimensionamento de reservatório para demanda parcial (irrigação dos jardins) de água não potável utilizando o Excel.....	48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tipos e características dos materiais constituintes dos telhados.....	22
<b>Tabela 2</b> - Dispositivos que contribuam para preservação da qualidade da água pluvial.....	25
<b>Tabela 3</b> - Métodos de dimensionamento do reservatório.....	27
<b>Tabela 4</b> – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água <i>per capita</i> por dispositivo sanitário para alunos. ....	33
<b>Tabela 5</b> – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água <i>per capita</i> por dispositivo sanitário para professores. ....	34
<b>Tabela 6</b> – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água <i>per capita</i> por dispositivo sanitário para funcionários.....	34
<b>Tabela 7</b> – Coeficientes de frequência para diferentes tipos de categoria.....	35
<b>Tabela 8</b> – Consumo médio para usos públicos.....	37
<b>Tabela 9</b> – Precipitação média mensal e anual entre os anos 1995 a 2003.....	42
<b>Tabela 10</b> – Número total de usuários por categoria e sexo.....	43
<b>Tabela 11</b> – Média diária <i>per capita</i> por categoria de consumo de água dor dispositivo sanitário. ....	44
<b>Tabela 12</b> – Consumo diário total estimado de água por dispositivo de uso individual. ....	44
<b>Tabela 13</b> – Consumo médio diário de água na irrigação dos jardins. ....	45
<b>Tabela 14</b> – Consumo total diário e total mensal de água por dispositivos e atividades. ....	45
<b>Tabela 15</b> – Variáveis de entrada utilizadas para o cálculo no Excel. ....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>CASAL</b>	Companhia de Saneamento de Alagoas
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>MAS</b>	Método da Análise da Simulação
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PNUD</b>	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
<b>UFAL</b>	Universidade Federal de Alagoas

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1. Objetivo Geral</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1. A Importância do Reuso da Água</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2. Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3. Normas e Legislações Aplicadas ao Aproveitamento de Água de Chuva</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4. Dimensionamento do Sistema de Captação de Água de Chuva</b> .....	<b>21</b>
3.4.1. Determinação da demanda .....	21
3.4.2. Determinação da área de captação.....	21
3.4.3. Determinação do índice pluviométrico.....	22
3.4.4. Calhas e condutores .....	22
3.4.5. Filtro autolimpante .....	23
3.4.6. Água de limpeza do telhado .....	24
3.4.7. Reservatório de armazenamento .....	25
3.4.8. Reservatório de armazenamento .....	26
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
<b>4.1. Área de Estudo</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2. Levantamento de Dados</b> .....	<b>31</b>
4.2.1. Área da coberta.....	31
4.2.2. Dados pluviométricos .....	32
4.2.3. Dados do consumo de água.....	32
<b>4.3. Cálculo da Demanda</b> .....	<b>32</b>
4.3.1. Entrevista com os usuários .....	32
4.3.2. Estimativa do consumo de água .....	33
<b>4.4. Análise de Critérios Técnicos</b> .....	<b>38</b>
4.4.1. Dimensionamento do reservatório.....	38
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
<b>5.1. Levantamento de Dados</b> .....	<b>41</b>
5.1.1. Área da coberta.....	41
5.1.2. Dados pluviométricos .....	41
<b>5.2. Vazões</b> .....	<b>43</b>
5.2.1. Vazão dos dispositivos individuais .....	43
5.2.2. Vazão de uso coletivo .....	44
5.2.3. Vazão total diária e mensal do sistema .....	45
<b>5.3. Análise Técnica</b> .....	<b>45</b>
5.3.1. Dimensionamento do reservatório inferior.....	46

<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento demográfico mundial gerou a temática da sustentabilidade nas reflexões sobre as práticas socioeconômicas e socioambientais, no suprimento das necessidades, sem comprometer as gerações futuras, abrangendo os recursos naturais utilizados pelo homem, inclusive a água. Há uma crise hídrica no mundo devido à poluição das reservas de água potável, das perdas nos sistemas de distribuição de água tratada e da impermeabilização do solo. É perceptível que com o crescimento populacional mundial, o consumo de água potável tem crescido drasticamente nos últimos anos e esse descontrole no consumo de água tem aumentado cada vez mais o risco de escassez desse instrumento essencial em nossa vida.

O Brasil comporta as maiores reservas de água doce do planeta. Isso requer a conservação da água e diminuição das perdas na distribuição de água potável. A falta de água potável não pode ser totalmente suprida pelo aproveitamento de água da chuva, mas pode ser reduzido seu consumo com a captação de águas pluviais para fins não potáveis. Grande parte da água potável no Brasil fornecida pelas concessionárias é utilizada de forma incorreta, proporcionando enormes perdas financeiras e ambientais. A região mais afetada com falta de água potável no Brasil é a região Nordeste, principalmente o semiárido, pois as chuvas são mal distribuídas durante o ano, além dos baixos níveis de precipitações (características do clima).

Segundo Tomaz (2010) no sertão nordestino o volume de chuvas varia entre 250mm/ano a 600mm/ano, diferente da região Amazônia e centro do país onde esses índices variam entre 3.000mm/ano e 1.300mm/ano. Em Alagoas é constante os problemas com a falta de água e má distribuição da mesma, tendo em vista que o sertão do estado é a região mais afetada, pois sofre com os baixos níveis dos rios (que dificulta a captação de água pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL)), devido os longos períodos de estiagem. Com a finalidade de amenizar os problemas existentes, surgem medidas como a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.

Com intuito de buscar alternativas para diminuição do consumo de água potável, é analisada neste trabalho a viabilidade técnica para implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, restringindo-se ao dimensionamento de um reservatório inferior, na 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL

SANTANA DO IPANEMA, polo da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) - Campus do Sertão, priorizando o atendimento das demandas dos jardins e bacias sanitárias do prédio.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA, polo da UFAL - Campus Sertão.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Estimar a demanda de água não potável para utilização em bacias sanitárias e irrigação de jardins;
- Calcular a confiabilidade do sistema de aproveitamento águas pluviais para consumo de água não potável aplicada na 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA, polo da UFAL em Santana do Ipanema - Campus Sertão.



### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. A IMPORTÂNCIA DO REUSO DA ÁGUA

A água é um elemento imprescindível para manutenção da vida de todos os organismos do planeta. Além da importância vital, a água é um recurso necessário para a realização de várias atividades humanas. Na atualidade, uma pessoa consome para suas necessidades básicas, cerca de 300 litros de água diariamente. Por exemplo, para a produção de 1 kg de papel, são gastos 540 litros de água, 1 t de aço, despendem 4000 litros de água e 1 kg de carne, de 20 a 60 mil litros (PORTAL, 2015).

O crescente aumento da demanda pela água em contraposição a métodos de governança que nem sempre conseguem fazer refletir na prática a importância do tema podem levar a um déficit global de água cada vez maior, exceto se houver uma restauração entre o equilíbrio da demanda e da oferta, segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – Água para um mundo sustentável – sumário executivo – divulgado em 20 de março de 2015, em homenagem ao dia mundial da água (UNESCO, 2015).

Dentre os fatores que contribuem para situação de crise de água no Brasil, especialmente na região Nordeste, podem ser destacados os seguintes:

- Crescimento rápido e desordenado das demandas, situação bem ilustrada pelo fato de apenas nove regiões metropolitanas totalizarem 42,5 milhões de habitantes, ou seja, 27% do total da população brasileira em 156 municípios, ou 3% do total (IBAM, 1993);
- Degradação da qualidade dos mananciais normalmente utilizados, em níveis nunca imaginados. Esse quadro resulta do lançamento de esgotos domésticos e industriais não tratados (90% dos esgotos domésticos e 70% dos efluentes industriais) e das formas de disposição do lixo produzido. Efetivamente, convive-se com a maioria do lixo que se produz. São 241.614 toneladas de lixo produzidas diariamente no país, das quais cerca de 90 mil são de lixo domiciliar. Grande parte do lixo urbano gerado não é coletada, permanecendo em logradouros públicos e terrenos baldios. Da parcela que é coletada, cerca de 76% são dispostos de forma inadequada a céu aberto (lixão ou vazadouro em áreas alagadas). Em consequência, os mananciais que abastecem 2.641

idades (rio ou ribeirão, 2.161; lago ou lagoa, 74; açude ou reservatório artificial, 406) já apresentam alguma forma de contaminação (IBGE, 1992). Além disso, rios, lagoas e até praias situadas no meio urbano frequentemente apresentam qualidade de água imprópria ao banho.

- Baixa eficiência dos serviços de saneamento básico, situação caracterizada pelas grandes perdas de água tratada nas redes de distribuição (entre 25 e 60%), grandes desperdícios gerados pela cultura da abundância, pelo absolutismo nas empresas e pelo obsolescência dos equipamentos (torneiras e descargas sanitárias em especial).

É muito provável que, no início do terceiro milênio, a água passe a ser tão preciosa, para as populações, como o ouro e o petróleo. A atual pressão sobre os recursos hídricos resultante do crescimento populacional, tecnológico e econômico, traduzindo-se nas expressivas taxas de urbanização das últimas décadas e aliando-se à ocorrência de cheias e secas e à degradação do meio ambiente hídrico, que atingem cada vez maiores contingentes populacionais (ANA, 2002). No Nordeste Brasileiro, essa previsão não é difícil de fazer, tendo em vista o tratamento inadequado exercido pelas populações, o pouco volume existente, as secas sucessivas, e a falta total de planejamento dos órgãos públicos com relação à gestão da água (SUASSUNA, 2005).

A água da chuva é uma alternativa interessante para combater os efeitos da estiagem, uma vez que pode ser captada com equipamentos simples e baseada em técnicas populares de armazenamento de água, ser de custo acessível e de nível tecnológico apropriado para pequena escala, com capacidade de produzir resultados imediatos (SILVA, 2018).

Sendo uma forma de desenvolvimento sustentável, a captação de água para reuso é uma ótima solução hídrica para resolver o problema da falta de água. O reuso reduz a demanda sobre os mananciais, tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. O aproveitamento de água pluvial apresenta vários aspectos positivos, pois possibilita a redução no consumo de água potável.

Esses problemas associados justificam a discussão da viabilidade do uso de água da chuva para usos básicos em uma residência domiciliar, escolas, empresas. Com o objetivo claro de reduzir o consumo de água, através de ações tecnológicas, econômicas ou sociais, deu-se início ao desenvolvimento de diversos programas de

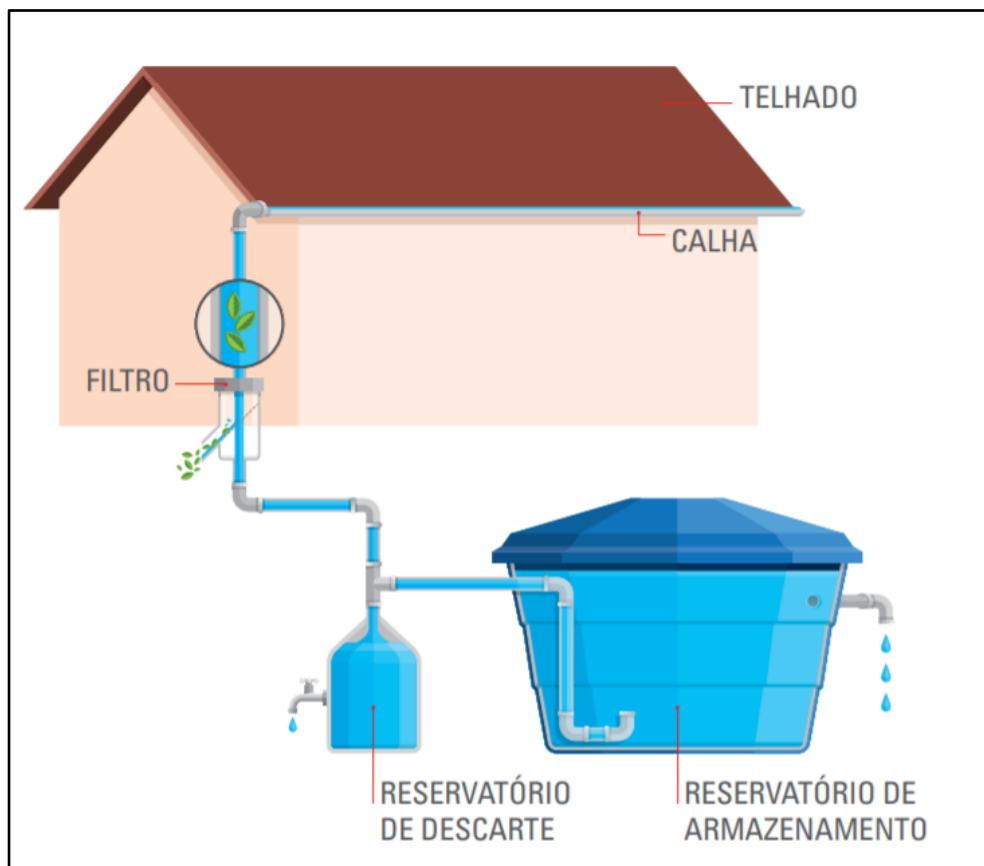
uso racional. Essa alternativa resultará na diminuição do uso de água fornecida pelas companhias de saneamento, na demanda dos custos com o uso de água potável e na redução dos riscos de enchentes em caso de chuvas intensas.

### 3.2. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste de um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro.

O sistema é composto por: área impermeabilizada de captação, calhas e condutores verticais, filtro autolimpante, reservatório de descarte da água de limpeza do telhado (água da primeira chuva), reservatório de armazenamento e tratamento da água (Figura 1).

**Figura 1** - Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: IPT, 2015. Ilustração adaptada.

O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, cujo objetivo é de conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável do sistema convencional de abastecimento (KOENIG, 2003). Ressalta-se que apesar do investimento inicial, a redução das tarifas de água e esgoto proporcionadas pelo aproveitamento de água pluvial compensa em longo prazo, pois a economia equivalente é significativa.

Na contextualização, percebe-se que o reuso de água pode propiciar uma economia significativa de água e de recursos financeiros, desde que respeitados os diversos fatores operacionais e sociais relativos a cada região se tornando uma prática bastante atrativa, apresentando relação custo benefício satisfatória, sem oferecer risco à saúde dos usuários.

Além disso, o aproveitamento de água de chuva pode proporcionar uma fonte alternativa à água potável, também favorece na conservação dos recursos hídricos disponíveis; redução do risco de enchentes e erosões em áreas urbanas; redução do escoamento superficial; sendo uma instalação de baixa complexidade com água captada com baixa concentração de poluentes e promove uma redução dos custos associados às tarifas de água.

### **3.3. NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICADAS AO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

As normas brasileiras que versam sobre o aproveitamento de água pluvial são a ABNT NBR 15527:2007 (Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis) e ABNT NBR 10844:1989 (Instalações prediais de águas pluviais). Ainda não existe legislação que regulamente e crie diretrizes para o aproveitamento de água de chuva em nível nacional e estadual.

Existe um projeto de lei (PL nº 7.818/2014) em nível federal para criação da Política Nacional de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais. Em nível estadual existem vários projetos de lei que abordam o assunto, destacando-se o PL nº 1.621/2015 lançada na Câmara dos Deputados, que objetiva criar o Programa de Captação de Água de Chuva. Em Alagoas, na capital Maceió, a PL nº 6.825/2016, elaborada na câmara municipal, objetiva criar o sistema de reuso de água de chuva no município de Maceió/AL, para utilização não potável em condomí-

nios, clubes, conjuntos habitacionais, imóveis residenciais, industriais e comerciais e demais órgãos e entidades públicas.

### **3.4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA**

O dimensionamento dos sistemas de captação de água de chuva passa pela determinação da demanda, da área de captação, do índice pluviométrico, das dimensões do reservatório, das calhas e dos condutores, dos filtros autolimpantes.

#### **3.4.1. Determinação da demanda**

O dimensionamento do sistema inicia-se com a determinação da vazão diária demandada de água de chuva ou do volume mensal demandado. Essa demanda representa um ou todos os pontos de consumo no empreendimento que permitam a utilização de água de chuva. O empreendedor deve identificar onde deverá ser utilizada a água de chuva para realizar a estimativa do consumo de água pluvial que pode servir para irrigação paisagística, limpeza de pisos, sistema de refrigeração, água de processamento em indústrias, aspersão de vias.

O atendimento total ou parcial da demanda depende da qualidade da água captada, da área de captação disponível e dos índices pluviométricos da localidade, bem como de uma análise de viabilidade econômica do sistema.

#### **3.4.2. Determinação da área de captação**

A área de captação pode ser qualquer superfície impermeabilizada, dando-se preferência aos telhados que possibilitem a captação da água com melhor qualidade. Telhados com inclinação facilitam a captação de água de chuva e reduzem as perdas. A determinação da área de captação deve preferencialmente seguir as diretrizes da ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

A área de captação é a projeção do telhado na horizontal. O material do telhado influencia na qualidade da água captada e no coeficiente de escoamento (Tabela 1). Os valores de coeficiente de escoamento mais próximos de 1 são mais indicados para a captação de água de chuva, pois indicam uma perda menor de água na captação.

**Tabela 1** - Tipos e características dos materiais constituintes dos telhados

<b>Tipo</b>	<b>Coefficiente de escoamento</b>	<b>Observações</b>
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade da água excelente. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha Cerâmica	0,60 a 0,9	Se vitrificada, apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação das junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Telhas novas podem contribuir para águas coletadas de boa qualidade. Não existe nenhuma evidência de que a ingestão da água que passe por essas telhas cause algum efeito cancerígeno. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de escoamento. Quando velhas, podem apresentar lodo e rachaduras
Orgânico (Sapê)	0,20	Qualidade da água ruim (>200 CF/100ml). Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à presença de matéria orgânica dissolvida e em suspensão

**Fonte:** Lopes, 2012 apud Thomas e Martinson, 2007.

### 3.4.3. Determinação do índice pluviométrico

Os dados de precipitação podem ser obtidos no site HIDROWEB da ANA (Agência Nacional das Águas). Para a obtenção dos dados pluviométricos, o usuário deve deixar habilitada a aba “Dados Convencionais” na parte superior da página. Para pesquisar e localizar a estação pluviométrica deve clicar no ícone, localizado na parte inferior da página. Este link irá abrir uma caixa de diálogo, na qual o usuário deve informar o tipo de estação, a unidade federativa e o município. Caso o município não possua estação pluviométrica, uma nova pesquisa deverá ser realizada, utilizando-se o município mais próximo.

### 3.4.4. Calhas e condutores

As calhas e condutores devem ser dimensionados conforme diretrizes da ABNT NBR 10844/1989 (Instalações prediais de águas pluviais), nos casos em que o empreendimento não o possua. Além do correto dimensionamento das calhas é imprescindível que elas possuam dispositivos para retenção dos sólidos grosseiros,

tais como folhas, gravetos, pedaços da superfície de coleta. A instalação de telas (figura 2) ou grades é uma maneira simples e eficaz para a remoção desse tipo de material.

**Figura 2** – Proteção de calhas para evitar acúmulo de detritos



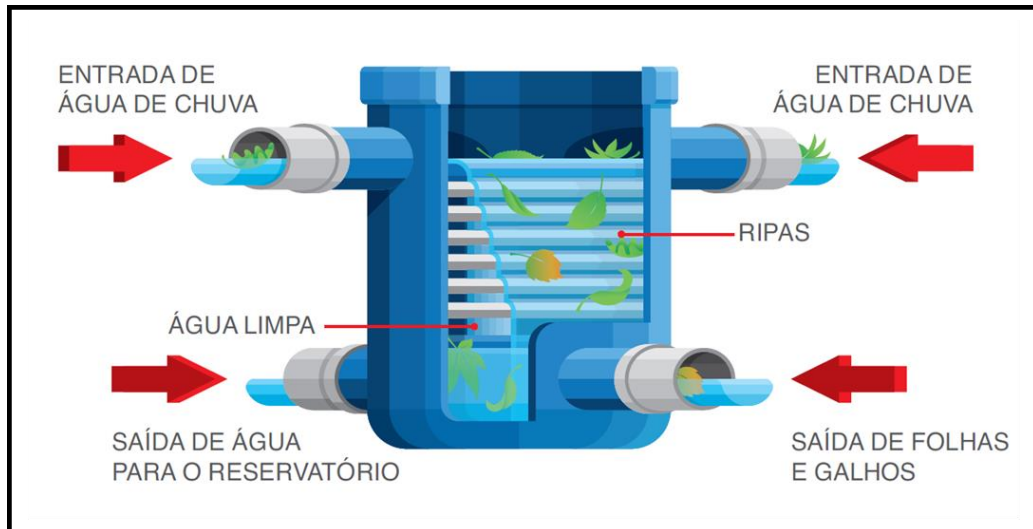
Fonte: Adaptado de BRAGA, 2017

#### **3.4.5. Filtro autolimpante**

Outra solução para resolver o problema da retenção de sólidos grosseiros é a utilização de filtros autolimpantes, que podem ser fabricados no local ou adquiridos no mercado, sua função de remover sólidos grosseiros como galhos, folhas, fezes secas de animais, dentre outros, que porventura tenham sido carreados pela chuva logo após o início da precipitação. Seu dimensionamento deve ser realizado tomando como base a área de filtração, sendo realizado previamente ou informado pelos fornecedores no segundo caso.

É possível a confecção de um filtro autolimpante de baixo custo, com materiais disponíveis no mercado. Na literatura encontram-se diversas recomendações para a construção desses filtros. Também existem vários filtros pré-fabricados comercializados no mercado brasileiro (Figura 3).

**Figura 3** – Esquema de um filtro autolimpante



Fonte: 3P Technik. Ilustração adaptada

#### 3.4.6. Água de limpeza do telhado

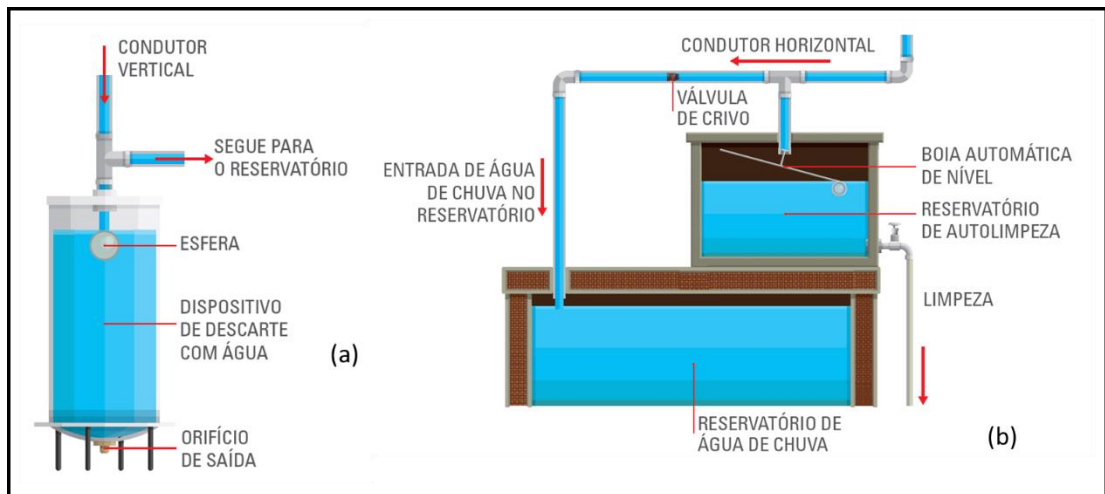
Com o objetivo de promover a limpeza da superfície de captação é realizado o descarte da primeira chuva desviando-se a água de pior qualidade do reservatório de armazenamento.

O volume de água descartado é proporcional ao tamanho da área de captação, que deve ser entre 1 a 2 mm de chuva para cada metro quadrado. A ABNT NBR 15527/2007 (Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) recomenda adotar 2 mm / m<sup>2</sup> nos casos em que o projetista não disponha de informações que justifiquem a adoção de outro valor.

A forma mais simples para descartar o volume da primeira chuva é a utilização de reservatórios de descartes com limpeza automática (figura 4).



**Figura 4** – Tonel de descarte para pequenas áreas de captação (a), reservatório de descarte com torneira-boia.



Fonte: Adaptada PROSAB, 2006 (a), Adaptada DACACH, 1990 (b)

### 3.4.7. Reservatório de armazenamento

Para aumentar a eficiência do armazenamento o reservatório deve dispor de alguns dispositivos que contribuam para preservação da qualidade da água e impeçam o acesso de animais e insetos ao seu interior (Tabela 2).

**Tabela 2** - Dispositivos que contribuam para preservação da qualidade da água pluvial

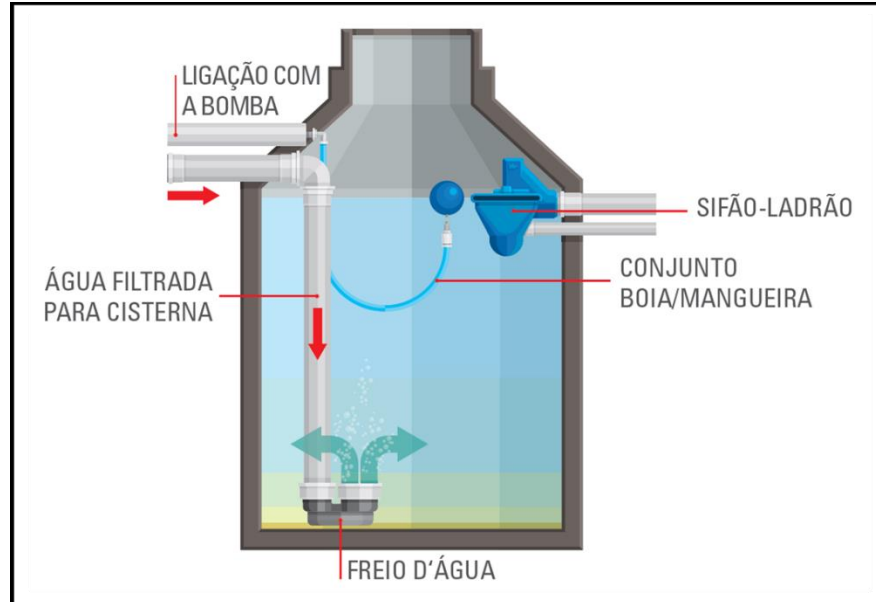
Dispositivo	Finalidade	ilustração
Freio d'água	Reduzir a velocidade de entrada da água no reservatório e impedir a ressuspensão dos sólidos sedimentados no fundo da cisterna, permitindo que a água mais ao fundo seja oxigenada, evitando anaerobiose no reservatório.	
Sifão-ladrão	Eliminar as impurezas da superfície da água na cisterna, impedindo a entrada de insetos e animais e evitando a entrada de gases das galerias pluviais.	
Sistema flutuante de captação da água	Garantir a captação da água mais limpa, sem as impurezas da superfície e das partículas depositadas no fundo e deve ser conectado à saída da água e ficando instalado na parte superior do reservatório, pouco abaixo do nível da água, no ponto onde ela está mais limpa.	

Fonte: Adaptado de SICOLINO e FURTADO, 2015

Além dos dispositivos citados (tabela 2) é importante que o reservatório possua um sistema de realimentação proveniente da concessionária de abastecimento,

permitindo o enchimento da cisterna com água potável durante os períodos de escassez de água de chuva. A Figura 5 apresenta uma ilustração dos elementos apresentados na tabela 2 dispostos no reservatório para acúmulo de água pluvial.

**Figura 5** - Reservatório de armazenamento com freio d'água, sifão-ladrão e sistema flutuante de captação da água.



Fonte: [www.ecohabitatbrasil.com.br](http://www.ecohabitatbrasil.com.br). Ilustração adaptada.

### 3.4.8. Reservatório de armazenamento

Em termos de custo o reservatório de armazenamento de água pluvial é o item mais caro do sistema, motivo pelo qual deve ser objeto de dimensionamento criterioso. Existem vários métodos de dimensionamento do reservatório de armazenamento (Tabela 3), cabendo ao projetista/empreendedor avaliar o mais adequado para sua realidade e para finalidade desejada. É importante salientar que os métodos recomendados pela ABNT NBR 15527:2007 têm volumes de cisterna muito diferentes, sendo o método de Rippl o mais conhecido e que resulta em maiores volumes.

Tabela 3 - Métodos de dimensionamento do reservatório

Método	Formulação	Observação
Método Prático Inglês	$V = 0,05 \cdot P \cdot A$	Método simples. Pode resultar no superdimensionamento do reservatório.
Método Prático Alemão	$V = \min(D; P) \cdot 0,06$ (6%)	Método simples. Pode resultar em reservatórios subdimensionados.
Método Azevedo Neto	$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T$	Método simples. Dificuldade para determinar mês com pouca chuva
Método da Simulação	$S_{(i+n)} = S_{(i)} + AP_{(i)} - D_{(i)}$	Método mais elaborado. Consiste na realização de um balanço de massa.
Método de Rippl	$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$ $Q_{(t)} = C \cdot P \cdot A$ $V = \sum S_t$ , somente para $S_t > 0$	Método mais elaborado. Volume do reservatório determinado por análise gráfica. Não leva em consideração a demanda por água de chuva
Método Prático Australiano	$V = A \cdot C \cdot (P - I)$ $V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}$ Confiança = $1 - (N_{(t)}/N)$	

\* As equações detalhadas encontram-se no Anexo A da ABNT NBR 15527:2007

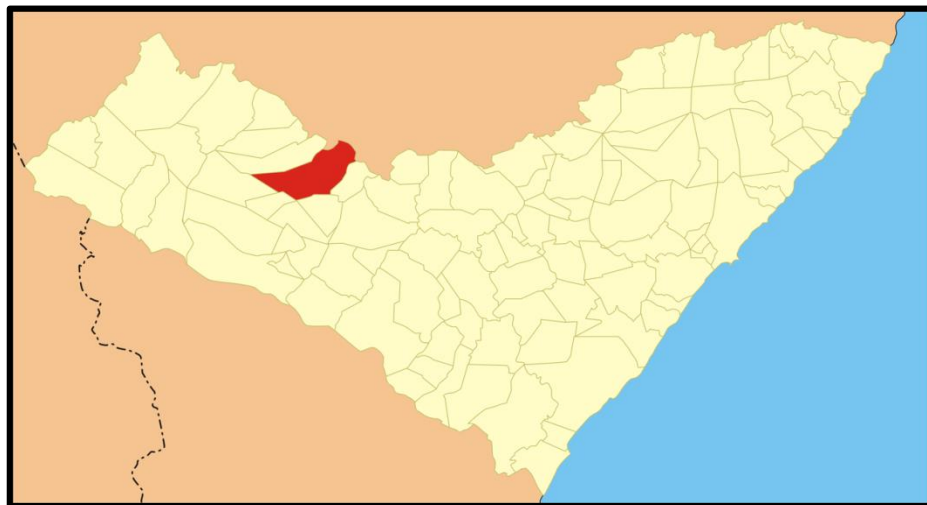
O sistema de aproveitamento de águas pluviais tem o reservatório como maior custo para execução, logo, este elemento precisa ser dimensionado com cuidado. Como exposto na tabela 3, existem diversos métodos para o dimensionamento, tendo em vista que todos esses métodos devem ser analisados previamente antes de sua aplicação, pois alguns possuem como alvo o abastecimento de demanda de água, outros o combate a enchentes. O método da simulação consiste em um método mais bem elaborado, com facilidade para encontrar os dados de entrada necessários para o cálculo do dimensionamento do reservatório. O cuidado a ser tomado a na coleta dos dados pluviométricos, pois o método da simulação não permite falhas diárias na série histórica, ou seja, deve haver leituras mensais em todos os dias do mês, conforme intervalo e estação pluviométrica em estudo. Segundo Tomaz (2009) o método da simulação do reservatório é um método aplicado por tentativas de erros, onde o mesmo é suposto um conhecido volume do reservatório e demanda.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abordada neste trabalho está localizada na cidade de Santana do Ipanema com área de aproximadamente 437,88 km<sup>2</sup> (IBGE, 2016), com uma população de 48.232 habitantes (IBGE, 2017) sendo considerada a principal cidade do sertão de alagoas (Figura 6). O município está a uma distância de 210 quilômetros da capital Maceió e sua altitude em relação ao nível do mar é de 250 metros, com temperaturas que variam entre 20°C e 39°C, localizado às margens do Rio Ipanema. O clima da região é tropical chuvoso, com verão seco, e estações de chuva entre janeiro e fevereiro com término em setembro, mas podendo prolongar até outubro (IBGE). O ponto forte da economia na cidade esta voltado ao comércio local que atrai inúmeras pessoas de municípios circunvizinho devido sua diversidade.

**Figura 6** – Localização da cidade de Santana do Ipanema no mapa de Alagoas



Fonte: [pt.wikipedia.org/wiki/Santana\\_do\\_Ipanema](http://pt.wikipedia.org/wiki/Santana_do_Ipanema)

O objeto de estudo é a 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA pertencente à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), integrada ao Campus do Sertão. Está localizada na Rua João Agostinho dos Santos nº 10, bairro Santo Antônio, Santana do Ipanema, Alagoas. O polo da UFAL em Santana do Ipanema oferece dois cursos de graduação: Ciências Econômicas e Ciências Contábeis. O objeto em estudo possui terreno com área equivalente a 19.891,89m<sup>2</sup> (Figura 7). Esse terreno abrange os dois prédios do polo conforme

mostrado na figura 8 (com estética externa similar, mas com a divisão dos ambientes interno diferente), área externa (pavimentação, jardins e calçadas para passeio) e áreas destinadas a construções futuras. Os prédios são identificados como Bloco 1 e Bloco 2, compostos por dois pavimentos e uma área construída de 1469m<sup>2</sup> (térreo = 740,05m<sup>2</sup>/ 1º pavimento = 729m<sup>2</sup>) cada Bloco.

**Figura 7** - Imagem aérea da construção da 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA. Área total do terreno contornada de vermelho



Fonte: Adaptado do Google Earth Pro, 2018

**Figura 8** - foto da 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA. À esquerda Bloco 1 e a direita Bloco 2



Fonte: autor, 2018.

Os Blocos 1 e 2 possuem coberturas com superfícies planas (laje de concreto armado da caixa d'água) e inclinadas (telhado de fibrocimento conforme figura 9) nas quais formam áreas significativas para contribuição da captação de água das pluviais.

**Figura 9** - foto da coberta com telha de fibrocimento do tipo ondulada do Bloco 2 da 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA.



Fonte: autor, 2018.

As calhas da cobertura são de concreto com arredondamento de arestas e abaulamento dos cantos (visível do lado direito na figura 9). As calhas devem receber impermeabilização em manta asfáltica com 3 mm de espessura, à base de asfaltos modificados com polímeros. A manta deve ultrapassar as arestas em uma altura de 5cm, para garantir a impermeabilização dos cantos (Ver detalhe na Planta de Coberta no ANEXO A).

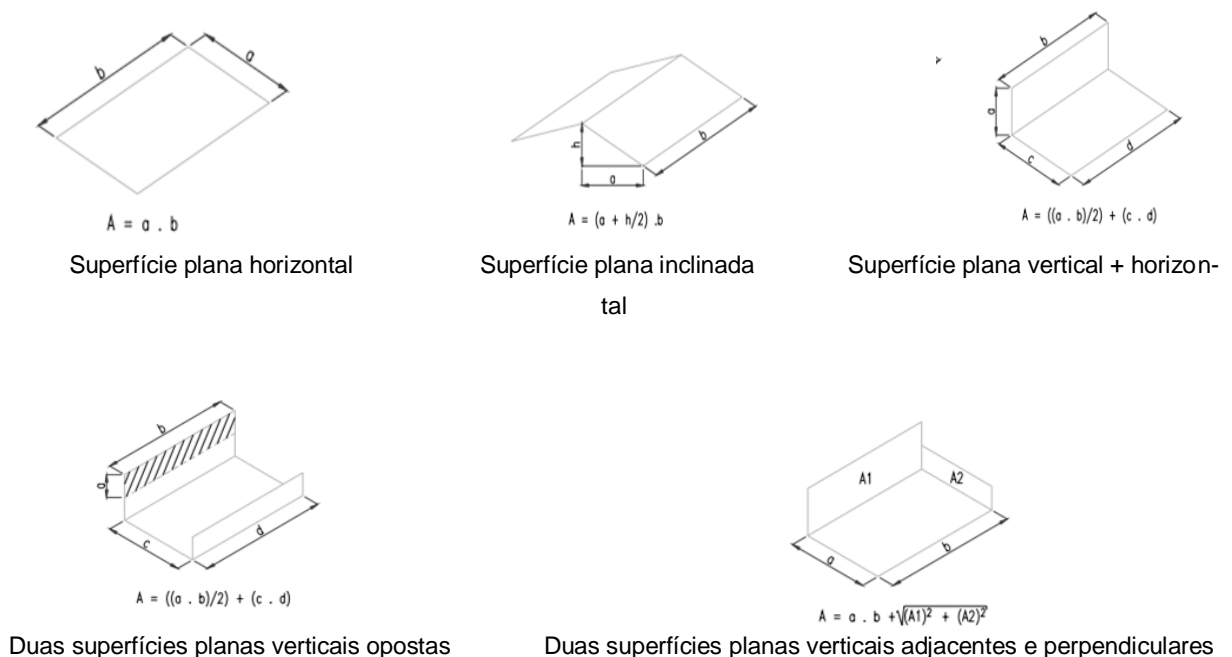
Os condutores verticais foram executados com tubos de pvc com espessuras que variam entre 75mm a 150mm. Os condutores verticais são ligados em caixas de passagem, e essas caixas de passagem estão interligadas com tubos de pvc com espessuras que variam entre 100mm a 150mm. O Projeto de Águas Pluviais com o detalhamento esta no ANEXO B.

## 4.2. Levantamento de Dados

Para realização da análise da viabilidade técnica do sistema de reaproveitamento de águas pluviais na unidade educacional da UFAL em Santana do Ipanema foi necessário ser realizado o levantamento de dados que compreendem a obtenção da área da cobertura de cada prédio, os índices pluviométricos da cidade de Santana do Ipanema e os dados do consumo de água (bacias sanitárias e irrigação de jardins) do objeto em estudo.

### 4.2.1. Área da cobertura

A área da cobertura a ser dimensionado é um dos dados de extrema importância para o cálculo do volume tanto das águas pluviais que será coletado pelo telhado, como também do reservatório a ser dimensionado. O levantamento da área da cobertura será efetuado de acordo com os projetos em formato dwg, disponíveis no site institucional da UFAL. O programa AutoCad versão estudantil foi utilizado para abrir os projetos no computador e determinar a área da cobertura com maior exatidão, tendo em vista que, a área plana da cobertura no projeto será corrigida conforme parâmetros determinados pela norma NBR 10.844 (ABNT, 1989) de acordo com os casos específicos para cada situação.



**Figura 10** – Área de contribuição para diversos casos.

Fonte: ABNT NBR 10844/89.

#### **4.2.2. Dados Pluviométricos**

Os dados do histórico pluviométrico que foram usados nos cálculos deste trabalho foram encontrados no portal *Hidroweb* da Agência Nacional de Água (ANA). Nesse portal foram encontradas seis estações pluviométricas na região de Santana do Ipanema e selecionada a estação que possuem dados mais atualizados e com a maior série histórica, ou seja, sem falhas diárias na coleta dos dados pluviométricos. O número de falhas é detectado com utilização do software *Hidro 1.3* para determinação da série a ser utilizada no trabalho. É válido ressaltar que o método da simulação que está sendo utilizado neste trabalho não permite que não haja os dados de chuvas de todos os dias do mês.

#### **4.2.3. Dados do Consumo de Água**

O levantamento dos dados de consumo de água foi realizado de acordo com o consumo estimado das vazões de aparelhos sanitários e áreas de irrigação dos jardins, tendo em vista que o objeto de estudo encontra-se em fase de construção. Esses dados do consumo de água serão levantados conforme a quantidade de pessoas locadas na UFAL em Santana do Ipanema. Para isto foi utilizado os resultados de um questionário aplicado com os usuários da UFAL no Campus do Sertão em Delmiro Gouveia/AL (ALCANTRA JR., 2016). Nos resultados deste questionário foram coletados os dados de frequência de vezes ao dia que as pessoas utilizavam os dispositivos sanitários. Os dados do consumo de água da irrigação dos jardins foram encontrados a partir da área de jardim do objeto em estudo e a quantidade de litros por metro quadrado que é utilizado para irrigação do mesmo.

### **4.3. Cálculo da Demanda**

#### **4.3.1. Entrevista com os usuários**

No intuito de identificar o consumo de água em cada dispositivo conforme características de cada tipo de usuário dentro da 1ª Etapa da Sede da Unidade Educacional Santana do Ipanema foram utilizados para os cálculos do consumo de água os resultados da frequência de vezes por dia que os usuários utilizavam os dispositi-



vos sanitários, obtidos no questionário aplicado com os usuários da UFAL no Campus do Sertão em Delmiro Gouveia/AL (ALCANTRA JR., 2016), devido o objeto de estudo estar na mesma instituição (UFAL) e localizados na mesma região (sertão de alagoas). Os usuários entrevistados foram divididos em três categorias: alunos, professores e funcionários. O consumo será calculado de acordo com população de usuários do objeto em estudo e conforme características das bacias sanitárias que serão instaladas no mesmo. O questionário das entrevistas com os resultados utilizados neste trabalho estão dispostos no ANEXO C.

#### 4.3.2. Estimativa do consumo de água

A estimativa de consumo de água foi medida de acordo com os valores das médias de frequência e tempo de uso individual conforme resultados dos questionários aplicados, das vazões de cada dispositivo e da quantidade de pessoas que utilizam os mesmos (ALCANTRA JR., 2016).

##### a) Estimativa de *consumo de água em dispositivos de uso individual*

Os aparelhos como bacia sanitária e mictório são considerados dispositivos de uso individual. Os resultados do consumo médio diário *per capita* por dispositivo foram determinados conforme resultados obtidos em entrevista e apresentados nas tabelas 4 a 6:

**Tabela 4** – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água *per capita* por dispositivo sanitário para alunos.

Usuários	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Homens		Mulheres		Homens		Mulheres		Homens		Mulheres	
Dispositivo	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	1,82	0,88	2,27	1,10	15,23	13,65	14,42	22,58	4,23	6,38	6,13	18,22
Bebedouro	2,54	1,93	2,30	1,67	17,30	24,86	10,58	11,64	1,21	2,59	0,79	1,25
Bacia Sanit.	<b>1,11</b>	0,80	<b>1,67</b>	1,06	-	-	-	-	5,54	4,01	8,35	5,32
<b>Consumo Médio Diário Total</b>									<b>10,97</b>		<b>15,27</b>	

Fonte: ALCANTRA JR., 2016.

**Tabela 5** – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água per capita por dispositivo sanitário para professores.

Usuários	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Homens		Mulheres		Homens		Mulheres		Homens		Mulheres	
Aparelho	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	4,19	1,07	3,40	0,89	15,63	9,43	18,00	8,37	9,33	6,04	8,82	4,31
Bebedouro	1,63	2,07	1,60	2,30	8,63	10,80	13,00	26,36	0,58	0,93	0,93	1,78
Bacia Sanit.	<b>2,50</b>	1,41	<b>2,60</b>	0,55	-	-	-	-	12,50	7,07	13,00	2,74
<b>Consumo Médio Diário Total</b>									<b>22,41</b>		<b>22,75</b>	

Fonte: ALCANTRA JR., 2016.

**Tabela 6** – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água per capita por dispositivo sanitário para funcionários.

Usuários	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Homens		Mulheres		Homens		Mulheres		Homens		Mulheres	
Dispositivo	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	3,10	1,37	2,86	1,35	16,90	10,19	7,93	2,24	8,79	8,29	3,27	1,67
Bebedouro	3,00	3,53	1,29	1,25	15,00	19,15	15,71	22,44	1,39	1,80	0,76	1,02
Bacia Sanit.	<b>2,10</b>	1,10	<b>1,71</b>	1,11	-	-	-	-	10,50	5,50	8,57	5,56
Tanque (Lab.)	0,01	0,02	0,06	0,15	90,00	202,48	8,57	22,68	0,44	0,95	0,38	1,02
<b>Consumo Médio Diário Total</b>									<b>20,68</b>		<b>12,60</b>	

Fonte: ALCANTRA JR., 2016.

Os valores de frequência de vezes por dia que serão utilizados para os cálculos do consumo conforme cada categoria e usuário estão grifados em vermelho.

As categorias de usuários citadas possuem frequências diferentes dentro da universidade. No caso dos alunos, alguns possuem grades de aulas onde não frequentam diariamente a universidade, logo, é levada em consideração 80% (0,8) de frequência dessa categoria. Os professores geralmente frequentam três dias semanais a universidade, gerando uma frequência 60% (0,6) para essa categoria. Os funcionários são os que frequentam diariamente a universidade de segunda a sexta, gerando uma frequência de 100% (1) para essa categoria (ALCANTRA JR., 2016). Esses coeficientes de frequência semanal determinados para cada categoria na universidade devem ser multiplicados pelo consumo mensal especificados nas equações posteriores (equações 1 a 2) a fim de obter resultados mais precisos.

**Tabela 7** – Coeficientes de frequência para diferentes tipos de categoria.

<b>Categoria de Usuário</b>	<b>Coeficiente de frequência</b>
Alunos	0,8
Professores	0,6
Funcionários	1,0

Fonte: ALCANTRA JR., 2016

Para calcular o consumo de água das bacias sanitárias, foi feito levantamento de toda população feminina e masculina conforme categorias de usuários, tendo em vista que 60% da população masculina não utilizam as bacias sanitárias na universidade, logo, o consumo de água das bacias sanitárias para população masculina será multiplicado por 40% (população masculina que utiliza o vaso sanitário) a fim de atingir resultados mais precisos (ALCANTRA JR., 2016). Segue abaixo a equação 1 para calcular o consumo das bacias sanitárias.

$$C_{\text{bacia sanitária}} = C_{\text{médio diário}} \cdot P_{\text{bs}} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde:

$C_{\text{bacia sanitária}}$ : é o consumo médio diário total das bacias sanitárias (litros/dia);

$C_{\text{médio diário}}$ : é o consumo médio diário *per capita* de água no dispositivo (litros/dia/pessoa);

$P_{\text{bs}}$ : é a população total feminina mais a porcentagem da população masculina que utiliza as bacias sanitárias.

Para calcular o consumo médio diário de água do mictório é considerada apenas a população masculina, conforme equação abaixo:

$$C_{\text{mictório}} = C_{\text{médio diário}} \cdot P_{\text{masc}} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde:

$C_{\text{mictório}}$ : é o consumo médio diário total dos mictórios (litros/dia);

$C_{\text{médio diário}}$ : é o consumo médio diário *per capita* de água no dispositivo (litros/dia/pessoa);

$P_{\text{masc}}$ : é a população total masculina.

O somatório de todos os consumos especificados nas equações acima resultará no consumo total de todos os dispositivos de uso individual conforme equação 3:

$$C_{\text{individual}} = C_{\text{bacia sanitária}} + C_{\text{mictório}} \quad [\text{Eq. 3}]$$

#### b) Estimativa de consumo de água em atividades de uso coletivo

As atividades que se enquadram no uso coletivo são as que servem para manutenção da universidade de modo geral, como a utilização da água para condição de funcionamento de lanchonetes, limpeza do prédio, irrigação dos jardins, ou seja, setores que estão inclusos no consumo de água para manutenção da universidade.

Neste trabalho será calculado apenas o consumo médio diário de irrigação, pois a 1ª Etapa da Sede da Unidade Educacional Santana do Ipanema encontra-se em fase de construção impossibilitando o cálculo para os consumos de água na limpeza do prédio e funcionamento da lanchonete devido à falta de informações referente à estimativa de consumo. O cálculo do consumo médio diário de irrigação será realizado pelo produto entre a área a ser irrigada e o consumo de água por metro quadrado de grama conforme equação 4:

$$C_{\text{irrigação}} = A \cdot r \quad [\text{Eq. 4}]$$

Onde:

$C_{\text{irrigação}}$ : é o consumo médio diário a partir da irrigação dos jardins (litros/dia);

A: é a área a ser irrigada (m<sup>2</sup>);

r: é o consumo de água por metro quadrado de grama (litros/m<sup>2</sup>).

O consumo de água por metro quadrado de grama (litros/m<sup>2</sup>) foi determinado a partir da tabela 8:

**Tabela 8** – Consumo médio para usos públicos

<b>Estabelecimento</b>	<b>Consumo</b>
Aeroporto	8-15 L/passageiro
Banheiro público	10-25 L/usuário
Clínica de repouso	200-450 L/paciente, 20-60 L/empregado
Prisão	200-500 L/detento, 20-60 L/empregado
Quartel	150 L/soldado
Rega de jardim	1,5 L/m <sup>2</sup>

Fonte: LÉO HELLER, VALTER LÚCIO DE PÁDUA, 2006, *apud* MACINTYRE 2003.

O consumo da irrigação será multiplicado por um fator de correção correspondente a 0,65 (15 dias / 23 dias = 0,65) devido à frequência de irrigação dos jardins serem independente do número de dias letivos da universidade, ou seja, dos 23 dias letivos apenas 15 dias são utilizados para irrigação dos jardins (ALCANTRA JR., 2016).

c) Estimativa do *consumo total diário e mensal de água*

A soma dos resultados obtidos entre o consumo de água em dispositivos de uso individual e o consumo de água em atividades de uso coletivo será igual ao consumo total diário conforme equação 5:

$$C_{\text{diário total}} = C_{\text{individual}} + C_{\text{coletivo}} \quad [\text{Eq. 5}]$$

Onde:

$C_{\text{diário total}}$ : é o consumo diário total de água da universidade (litros/dia);

$C_{\text{individual}}$ : é o consumo total diário de água em dispositivos de uso individual (litros/dia);

$C_{\text{coletivo}}$ : é o consumo total diário de água utilizada em atividades de uso coletivo (litros/dia).

O produto entre o consumo diário total de água da universidade e o número de dias úteis em um mês letivo resultará no consumo mensal total de água da universidade, conforme equação 6:

$$C_{\text{mensal}} = C_{\text{diário total}} \cdot d \quad [\text{Eq. 6}]$$

Onde:

$C_{\text{mensal}}$ : é o consumo mensal total de água na universidade (litros/dia);

$C_{\text{diário total}}$ : é o consumo diário total de água da universidade (litros/dia);

$d$ : é a quantidade de dias úteis em um mês letivo (dias).

A quantidade de dias úteis durante o mês letivo que será adotado para o cálculo do consumo mensal total de água da universidade é de 23 dias, já incluindo os dias que a universidade geralmente é utilizada pelos professores para aplicação de provas e por pessoas da limpeza e manutenção nos sábados.

#### **4.4. ANÁLISE DE CRITÉRIOS TÉCNICOS**

A análise técnica pautou no dimensionamento do reservatório inferior para atendimento à demanda do consumo de água não potável da universidade. O cálculo do dimensionamento será efetuado a partir do método da simulação.

##### **4.4.1. Dimensionamento do reservatório**

Em atendimento ao volume calculado da demanda de água da universidade, será dimensionado o reservatório inferior para armazenamento das águas pluviais captadas na cobertura e analisado a viabilidade técnica da construção do mesmo, com finalidade de utilizar a água captada para fins não potáveis, ou seja, para as descargas das bacias sanitárias e irrigação dos jardins da 1ª Etapa da Sede da Unidade Educacional Santana do Ipanema conforme levantamentos realizados.

Segundo o Tomaz (2009) o melhor método para avaliar-se um reservatório seria o Método da Análise de Simulação. O volume do reservatório deve possuir uma eficiência de 90%, tendo em vista que o percentual de falhas não deve ser superior aos 10% condicionando o não atendimento ao volume da demanda, logo, este

método da Análise de Simulação arbitra um volume e permite acompanhar o volume de água excedente, bem como a demanda de água, tornando possível avaliar a eficiência do sistema de captação de águas pluviais. No método da simulação, aplicado para o dimensionamento do reservatório inferior, são verificados os resultados dos cálculos introduzindo inicialmente um suposto volume conhecido.

O Método da Simulação consta na NBR 15.527 (ABNT, 2007), que descreve os requisitos para o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas (para captação de águas pluviais) para fins não potáveis. Iremos aplicar a equação da continuidade de um reservatório finito para determinação do volume de água do reservatório no tempo “t”:

$$s_{(t)} = q_{(t)} + s_{(t-1)} - D_{(t)} \quad [\text{Eq. 7}]$$

$$q_{(t)} = C \cdot P_{(t)} \cdot A \quad [\text{Eq. 8}]$$

Sendo que:  $0 \leq s_{(t)} \leq V$ .

Onde:  $s_{(t)}$ : 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 no tempo t;

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

V: é o volume do reservatório fixado;

C: é o coeficiente de escoamento superficial.

$P_{(t)}$ : é a precipitação de chuva registrada no tempo t;

A: é a área de contribuição da coberta.

Para este método são definidas duas hipóteses, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t” e os dados históricos são representativos para as condições futuras. Segue as considerações a serem adotadas:

- Se  $s_{(t)} < 0$ , considera-se falha e  $s_{(t)} = 0$ ;
- Se  $s_{(t)} > V$ , considera-se extravasamento, utiliza volume do reservatório ( $s_{(t)} > V$ );
- Se  $0 \leq s_{(t)} \leq V$ , utiliza-se o volume encontrado.

Para o desenvolvimento dos cálculos através da aplicação do Método da Simulação será utilizado o programa do Excel para avaliar os diferentes volumes do reservatório adotados de acordo com as precipitações diárias informadas no intervalo da série histórica em estudo. Será adotado o coeficiente de perdas das águas pluviiais de 90% em consequência da composição do material da cobertura. Com a determinação das variáveis de entrada, ou seja, área da cobertura do objeto que esta sendo estudado, o volume almejado do reservatório e demanda diário, podemos calcular com o auxílio do Excel o percentual de falhas conforme equação 9:

:

$$FS(\%) = \frac{\sum F \times 100}{\sum d} \quad [\text{Eq. 9}]$$

Onde:

$FS(\%)$ : percentual de falhas;

$\sum F$ : somatório dos dias que o sistema possa vir a falhar;

$\sum d$ : somatório de dias que foram coletados os dados utilizados neste método.

Deve-se considerar que o número de falhas seja de 10% para que o método da simulação seja viável.



## **5. RESULTADOS**

Neste capítulo iremos ver os levantamentos de dados e resultados obtidos referentes ao estudo realizado na 1ª Etapa da Sede da Unidade Educacional Santana do Ipanema, que serviram como base para analisarmos a viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

### **5.1. LEVANTAMENTO DE DADOS**

#### **5.1.1. Área da cobertura**

A área da cobertura foi determinada a partir das plantas da cobertura (ANEXO A) e cortes (ANEXO D), com o auxílio das ferramentas do item 4.2.1 conforme citado na metodologia. A área especificada no carimbo da prancha do projeto da cobertura era de 820 m<sup>2</sup> cada Bloco, mas após levantamento quantitativo da área da cobertura no projeto através do programa AutoCad versão estudantil foi encontrado 618,28 m<sup>2</sup> já com aplicação das correções dos 8% devido inclinação da cobertura, tendo em vista que não foi considerado a área da laje de concreto armado da caixa d'água existente no mesmo, pois essa laje de concreto armado não possuía condutores verticais para drenar a água coletada das chuvas para as caixas de passagem conforme projeto no ANEXO B. As duas cobertas são idênticas, logo, teremos um valor de 1.236,56 m<sup>2</sup> de área total da cobertura em telhado de fibrocimento ondulado para contribuir na captação de águas das chuvas.

#### **5.1.2. Dados Pluviométricos**

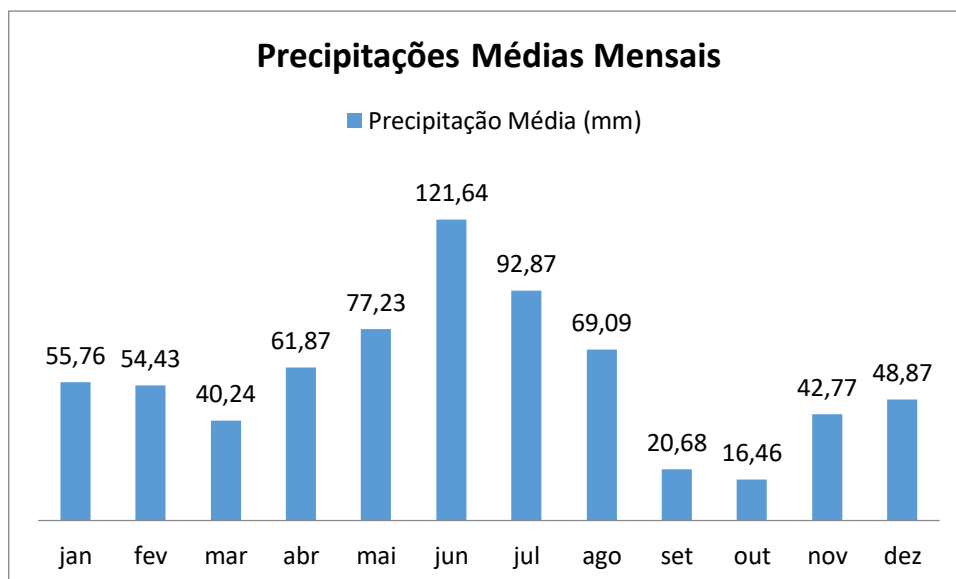
Os dados pluviométricos referentes à cidade de Santana do Ipanema utilizados neste trabalho foi coletado no portal de Hidroweb no site da ANA (Agência Nacional de Água) e retirado a informação referente a estação pluviométrica cujo código para identificação da mesma é 00937032, com série histórica entre os anos de 1978 a 2017. O período histórico analisado foi entre 1995 a 2003 (nove anos) por conter leituras diárias de todos os meses sem nenhuma falha. No período histórico analisado foi detectada uma precipitação média anual de 701,9 mm/ano e médias mensais apresentadas na tabela 9.

**Tabela 9** – Precipitação média mensal e anual entre os anos 1995 a 2003.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1995	21,80	24,50	75,80	62,10	139,10	194,20	99,70	45,20	24,00	0,20	83,90	38,00	<b>808,50</b>
1996	17,10	2,70	1,10	174,70	99,20	186,00	136,10	134,40	6,70	0,00	102,60	19,00	<b>879,60</b>
1997	83,50	41,70	92,30	125,20	115,30	91,30	161,60	88,00	0,00	0,00	47,90	95,40	<b>942,20</b>
1998	26,80	4,70	13,90	6,70	28,40	87,20	62,90	57,80	10,10	1,60	0,00	9,30	<b>309,40</b>
1999	20,70	10,60	21,60	7,50	81,20	84,50	59,70	31,10	44,10	48,90	11,90	115,00	<b>536,80</b>
2000	48,30	138,10	28,50	114,00	66,20	139,10	83,80	53,90	53,30	13,70	37,10	49,10	<b>825,10</b>
2001	8,10	0,00	17,10	20,80	3,80	155,60	110,40	117,60	3,10	53,00	2,00	60,90	<b>552,40</b>
2002	227,90	213,20	92,00	17,60	128,90	120,90	78,50	69,80	8,60	6,50	0,30	50,60	<b>1014,80</b>
2003	47,60	54,40	19,90	28,20	33,00	36,00	43,10	24,00	36,20	24,20	99,20	2,50	<b>448,30</b>
<b>Média</b>	<b>55,76</b>	<b>54,43</b>	<b>40,24</b>	<b>61,87</b>	<b>77,23</b>	<b>121,64</b>	<b>92,87</b>	<b>69,09</b>	<b>20,68</b>	<b>16,46</b>	<b>42,77</b>	<b>48,87</b>	<b>701,90</b>

Fonte: O autor (2018).

Analisando os dados exibidos na figura 11 fica evidente que os meses com maior concentração de chuvas estão entre maio e agosto, pois os mesmos apresentam médias mensais de precipitação elevada em relação aos demais meses. O período entre os meses de setembro a dezembro existe uma redução brusca no volume de chuvas, principalmente nos meses de setembro e outubro que chegam a reduzir aproximadamente cerca de 70% do volume de chuvas em relação ao mês de agosto.

**Figura 11** – Precipitação média mensal entre os anos 1995 a 2003.

Fonte: O autor (2018).

## 5.2. VAZÕES

### 5.2.1. Vazão dos dispositivos individuais

A universidade possui dois banheiros (masculino e feminino) por pavimento (pavimentos térreo e superior) em cada bloco, somando um total de quatro banheiros semelhantes para cada bloco.

O levantamento dos dispositivos sanitários foi realizado a partir dos projetos e especificação técnica disponíveis no site da UFAL. Conforme especificação técnica da obra do objeto em estudo os vasos sanitários a serem instalados são com caixa acoplada e descarga de vazão reduzida (VDR) e acionamento duplo, consumo 3 e 6 litros/descarga, cor branca, com assento plástico e tampa compatíveis com o conjunto, em conformidade com as NBR 9.338/97, NBR 11.852/97 e NBR 9.060/97, caixa com marcação da water line (linha d'água) para regulagem de boia. O consumo médio diário de água do mictório foi desconsiderado por não haver informações referente a frequência (vezes/dia) que o mesmo é utilizado pelos usuários conforme questionário aplicado por Alcantara Jr., 2016.

O número de alunos, professores e funcionários que frequentam o campus foram concedidos pela administração do Polo em Santana do Ipanema. Os dados foram divididos por categoria e estão separados de acordo com o sexo dos usuários apresentado na tabela 10.

**Tabela 10**– Número total de usuários por categoria e sexo.

Categoria de usuários	População		
	H	M	Total
Alunos	213	270	483
Funcionários	17	12	29
Professores	19	6	25
Total	249	288	<b>537</b>

Legenda: H = Homens; M = Mulheres.

Fonte: O autor (2018)

Com os valores da coluna de frequência (vezes/dia) das tabelas do item 4.3.2a podemos calcular o consumo (litros/pessoa/dia) para os usuários conforme todas as categorias do objeto em estudo. Esta atualização nos valores da coluna de consumo (litros/pessoa/dia) ocorreu devido à característica da bacia sanitária do ob-

jiato de estudo que tem consumo de 6 litros por descarga, divergir da utilizada nas tabelas 4 a 6 do Alcantara Jr., 2016, onde são consumidos 5 litros por descarga. O produto entre a frequência (vezes/dia) e o consumo (litros/descarga) da bacia sanitária resultará na média diária *per capita* por categoria de consumo de água das bacias sanitárias conforme usuários como apresentado na tabela 11.

**Tabela 11**– Média diária per capita por categoria de consumo de água dor dispositivo sanitário.

Aparelho	Alunos		Professores		Funcionários	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Bacia Sanitária	6,66	10,02	15	15,6	12,6	10,26

Fonte: O autor (2018).

Aplicando equação 1 descrita na metodologia do item 4.3.2a podemos determinar o consumo de água das bacias sanitárias que é equivalente ao consumo diário total estimado de água por dispositivo de uso individual, como apresentado na tabela 12.

**Tabela 12** – Consumo diário total estimado de água por dispositivo de uso individual.

Consumo diário total dos dispositivos por categoria de usuários (litros/dia)										
Categoria de Usuários	Alunos			Professores			Funcionários			Todas as Categorias
Dispositivo	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	Total (L/dia)
Bacia Sanitária	453,95	2164,3	2618,27	68,4	56,16	124,56	85,68	123,12	208,8	<b>2951,63</b>

Fonte: O autor (2018).

O resultado do consumo total de todos os dispositivos de uso individual descritos na equação 3 é igual ao consumo médio diário total das bacias sanitárias devido à desconsideração do cálculo do consumo médio diário de água do mictório devido a falta de informações do mesmo.

### 5.2.2. Vazão de uso coletivo

A vazão de uso coletivo neste trabalho inclui a atividade voltada à irrigação dos jardins da universidade. Os dados referente à área total de jardim da universidade foi encontrado na planta de locação e agenciamento (ANEXO E) utilizando o programa do AutoCad versão estudantil. Com a área determinada e aplicando a equa-

ção 4 descrita na metodologia do item 4.3.2b podemos calcular o consumo médio diário de água na irrigação dos jardins que será apresentado na tabela 13.

**Tabela 13** – Consumo médio diário de água na irrigação dos jardins.

Área (m <sup>2</sup> )	Consumo por área (litros/m <sup>2</sup> )	Consumo (litros/dia)
2365,51	1,5	3548,27
<b>Correção de Consumo Total</b>		<b>2306,37</b>

Fonte: O autor (2018).

A correção do consumo total foi efetuada a partir do produto entre o fator de correção (0,65) e o consumo (litros/dia) na irrigação dos jardins conforme descrito item 4.3.2b da metodologia.

### 5.2.3. Vazão total diária e mensal do sistema

O cálculo da vazão total diária e mensal do sistema será efetuado conforme equações 5 e 6 descritas no item 4.4.2c da metodologia. No cálculo do consumo de água mensal foi adotado o valor dos 23 dias letivos na universidade. O consumo diário total é de 5.258,00 L/dia ou 5,26 m<sup>3</sup>/dia e o mensal de 120.934,05 L/dia ou 129,93 m<sup>3</sup>/mês. A tabela 14 apresenta os valores das duas vazões detalhados.

**Tabela 14**– Consumo total diário e total mensal de água por dispositivos e atividades.

Aparelho ou dispositivos	Consumo (L/dia)	Consumo (L/mês)
Bacia Sanitária	2951,63	67887,49
Irrigação	2306,37	53046,56
<b>Total</b>	<b>5258,00</b>	<b>120934,05</b>

Fonte: O autor (2018).

## 5.3. ANÁLISE TÉCNICA

Os cálculos da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais foram restritos para o dimensionamento do reservatório inferior, pois os elementos condutores já existem no objeto de estudo. A prioridade é atender a demanda de

água não potável a ser utilizada em bacias sanitárias e irrigação de jardins conforme consumo calculado anteriormente

### 5.3.1. Dimensionamento do reservatório inferior

Para dimensionar o reservatório inferior de águas pluviais foi usada a metodologia descrita no item 4.4.1 (equações 7, 8 e 9) com auxílio de ferramentas como o Excel para o desenvolvimento dos cálculos e utilizando as variáveis de entrada dimensionadas anteriormente. Os dados das precipitações utilizados foram escolhidos devido a falhas nas medições entre meses anteriores e posteriores, logo, o intervalo entre 1995 e 2003 era maior sequência sem falhas presentes na estação pluviométrica 00937032.

O objeto de estudo possui dois Blocos de salas com área da cobertura no valor de 618,28 m<sup>2</sup> cada, somando um total de 1236,56 m<sup>2</sup> de contribuição para captação de águas pluviais. A demanda diária de água não potável para atendimento do consumo das bacias sanitárias e irrigação dos jardins é 5258,00 L/dia ou 5,26 m<sup>3</sup>/dia conforme apresentado anteriormente na tabela 14. O coeficiente de perdas adotado é 0,90. Para atendimento aos requisitos do dimensionamento do reservatório inferior o valor de falha deve ser menor que 10% para atender o volume da demanda. A tabela 15 mostra o resumo das variáveis de entrada necessárias para os cálculos posteriores.

**Tabela 15 – Variáveis de entrada utilizadas para o cálculo no Excel.**

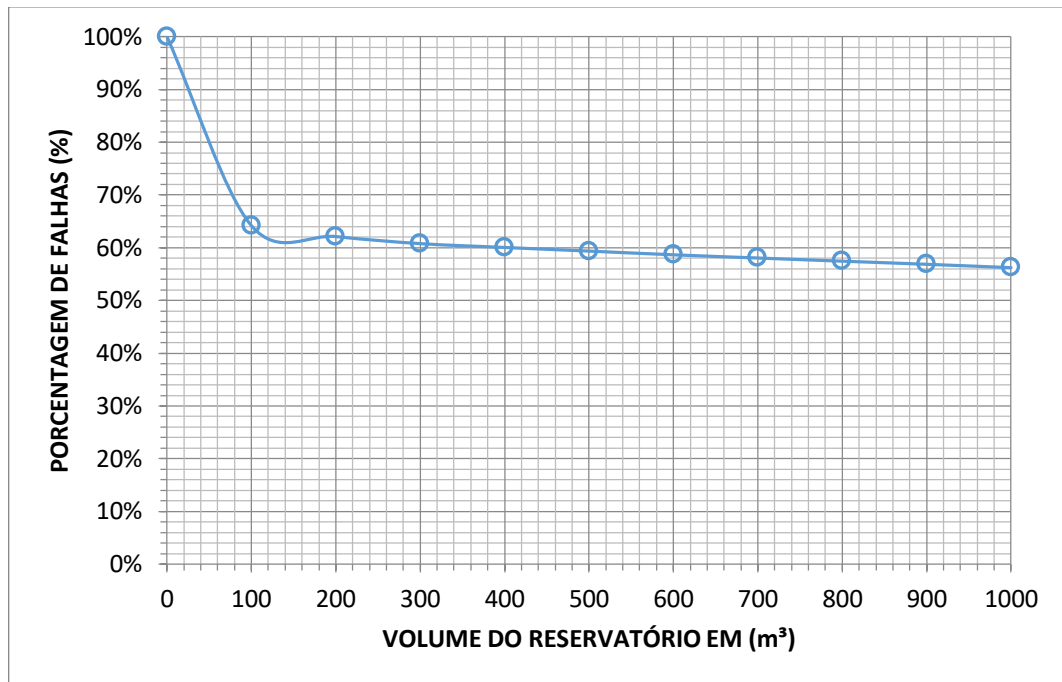
<b>Variáveis de entrada</b>	
Área de cobertura (m <sup>2</sup> )	1236,56
Demanda diária de água não potável (m <sup>3</sup> )	5,26
Coeficiente de perdas	0,90
Período de precipitação	1995 a 2003

Fonte: O autor (2018).

A figura 12 apresenta os resultados referentes à porcentagem de falhas de abastecimento de água em função do volume do reservatório. Analisando o gráfico é perceptível que por maior que seja o volume do reservatório inferior à demanda diária de água não potável necessária para universidade não é atendida, estabilizando o percentual de falhas em aproximadamente 56%, tendo em vista que o método da

simulação adotado neste trabalho não permite um percentual de falhas superior a 10%.

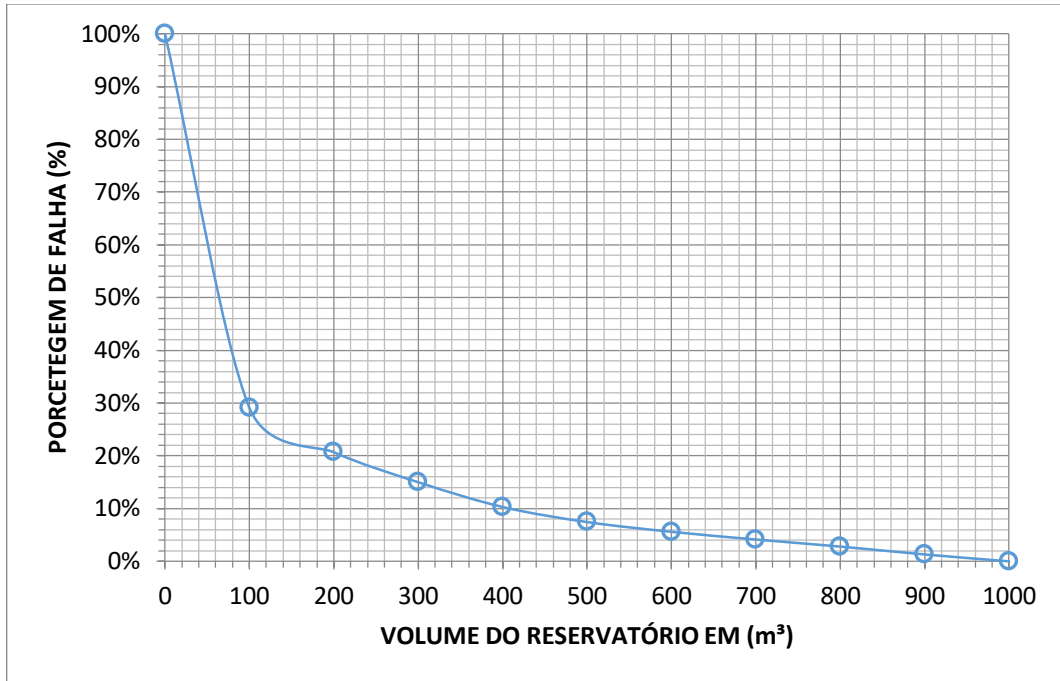
**Figura 12** – Resultados do dimensionamento de reservatório para demanda total de água não potável utilizando o Excel.



Fonte: O autor (2018).

Efetuada os cálculos para o dimensionamento do reservatório inferior aplicando apenas o atendimento do consumo das demandas parciais (bacias sanitárias e irrigação de jardins), foi detectado que existe viabilidade técnica no dimensionamento do reservatório inferior para atender apenas a atividade de irrigação dos jardins, pois a mesma possui o menor volume que atende os critérios impostos no método da simulação. A figura 13 apresenta os resultados apenas para atividade de irrigação dos jardins a partir do valor do volume da demanda igual a 2306,37 L/dia ou 2,31 m³/dia disposto na tabela 14.

**Figura 13** – Resultados do dimensionamento de reservatório para demanda parcial (irrigação dos jardins) de água não potável utilizando o Excel.



Fonte: O autor (2018).

O volume do reservatório para atender a demanda de água não potável para irrigação dos jardins a partir da figura 13 é de aproximadamente 400 m³, pois o mesmo atende o requisito de falha de 10% estabelecido neste trabalho.



## **6. CONCLUSÃO**

O objetivo geral deste trabalho era realização da Análise da viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA, polo da UFAL - Campus Sertão, restringindo-se no dimensionamento do reservatório inferior com base na demanda de água não potável das bacias sanitárias e irrigação dos jardins. A análise da viabilidade técnica foi concretizada, tendo em vista que por maior que seja o volume do reservatório, a porcentagem de falhas apresentada é de aproximadamente 56%, o que torna inviável tecnicamente a execução de um sistema aproveitamento de águas pluviais para atendimento da demanda total, pois o valor das falhas permitido para funcionamento do sistema seria de 10% conforme estabelecido no método da simulação aplicado neste trabalho.

Todavia há possibilidade técnica para o dimensionamento do reservatório inferior, desde que o mesmo atenda apenas a demanda de água não potável encontrada para irrigação dos jardins. O reservatório inferior para captação de águas pluviais a ser executado seria para atender um volume de água de aproximadamente 400 m<sup>3</sup> para um funcionamento com eficiência de 90% em atendimento dos requisitos do método da simulação.

### **6.1. LIMITAÇÕES DESTE TRABALHO**

Durante o levantamento de dados deste trabalho surgiram algumas limitações e dificuldade em encontrar algumas informações precisas:

- Levantamento de consumo de água mais preciso dos dispositivos, pois 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA, polo da UFAL - Campus Sertão, pois a mesma encontra-se em fase de construção;

### **6.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS:**

Através do estudo realizado neste trabalho, segue abaixo sugestões para trabalhos futuros que se assemelhem com este:

- Dimensionamento dos demais elementos (calhas e condutores, estação elevatória, caixa de areia) do sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Viabilidade econômica para implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Levantamento de consumo real dos demais dispositivos da 1ª ETAPA DA SEDE DA UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA, polo da UFAL - Campus Sertão após conclusão da obra;

## REFERÊNCIAS

3P Technik – Filtro Autolimpante pré-fabricado. Disponível em: <http://www. agua-de-chuva.com/4-2-Home.html>.

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

**ABNT NBR 12217:** Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

**ABNT NBR 15527:** Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 1994.

ALCANTRA JÚNIOR, A. C. **Viabilidade Técnica e Econômica de Implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial no Campus Sertão da Universidade Federal de Alagoas**. 2016. 123p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2016.

ANA – Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília; ANA,

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007. 12 p.

BRAGA, Gabriela Izeppi. **Aproveitamento de água da chuva em edificação multifamiliar Florianópolis-SC**. Engenharia civil-Pedra Branca, 2017.

DACACH, N. G. **Saneamento básico**. 3ª ed. revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e Científica, 1990.

Disponível em:

[http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf) Acesso em janeiro 2018

Disponível em:

<http://www.ufal.edu.br/transparencia/licitacoes/2014/concorrenca/concorrenca-no-01-2014/anexos/view> - PROJETOS em janeiro de 2018

Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Santana\\_do\\_Ipanema](https://pt.wikipedia.org/wiki/Santana_do_Ipanema) Acesso em janeiro de 2018

Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/santana-do-ipanea/panorama> Acesso em abril de 2018

HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006. Disponível em: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/kupdf.com\_abastecimento-de-agua-para-consumo-humano-volume-1.pdf. Acesso em dezembro 2017.

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Evolução demográfica dos municípios das regiões metropolitanas brasileiras, segundo a base territorial de 1993, 1960/1991. Rio de Janeiro, *Estudos demográficos*, 18, 1993.

SICOLINO, L. P.; FURTADO, N. **Manual de operação e manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva**. Fundação para o Desenvolvimento da Educação – FDE, São Paulo, 2015.

SILVA, Valquíria Januário da. **PROPOSTA DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**. CAMPUS II. UFPB. 2018.

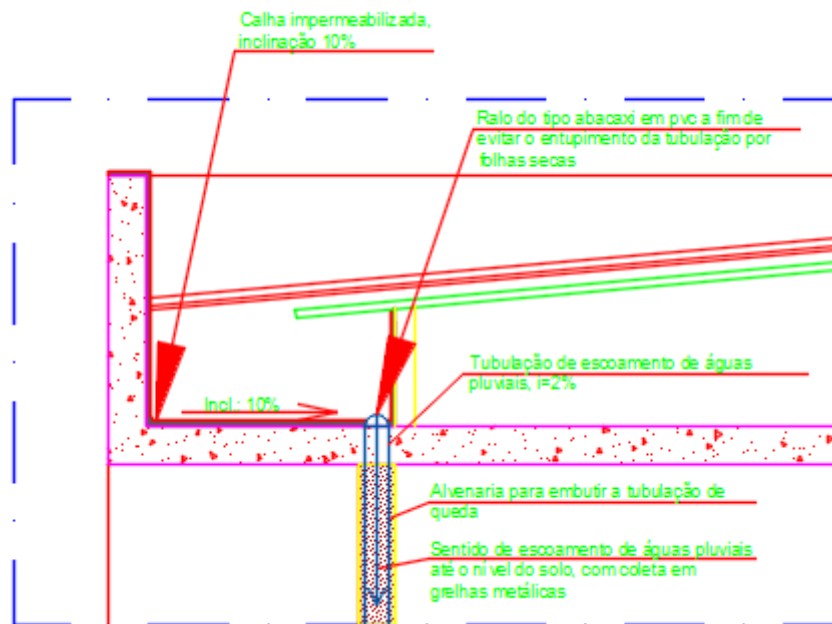
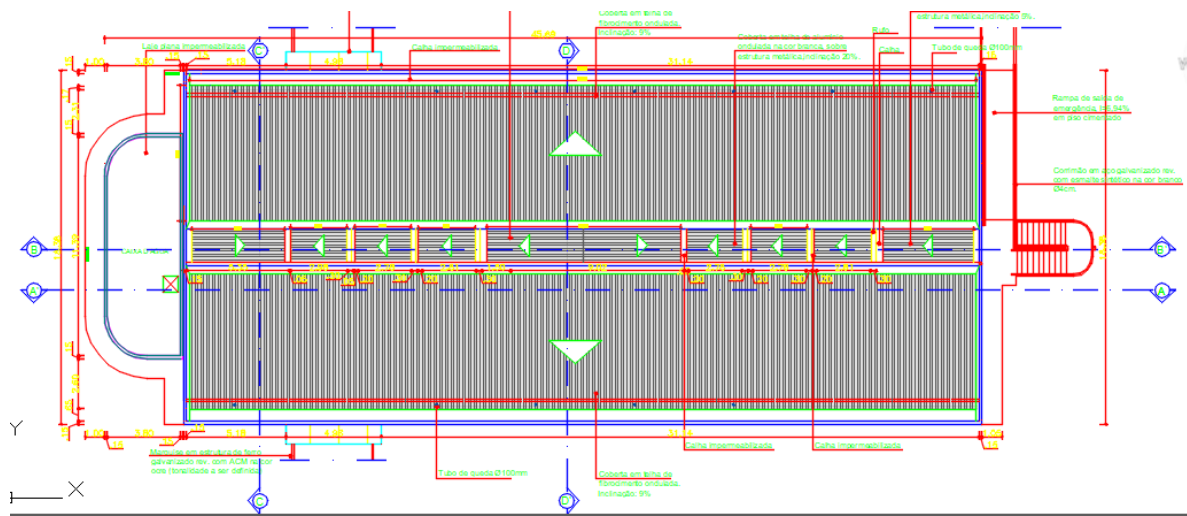
THOMAS, T. H.; MARTINSON, D. B. *Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners*. Delft, Holanda: International Water and Sanitation Centre, 2007.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. *Oceania*, v. 1, n. 4, p. 5, 2009. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf)>. Acesso em: abril. 2018.

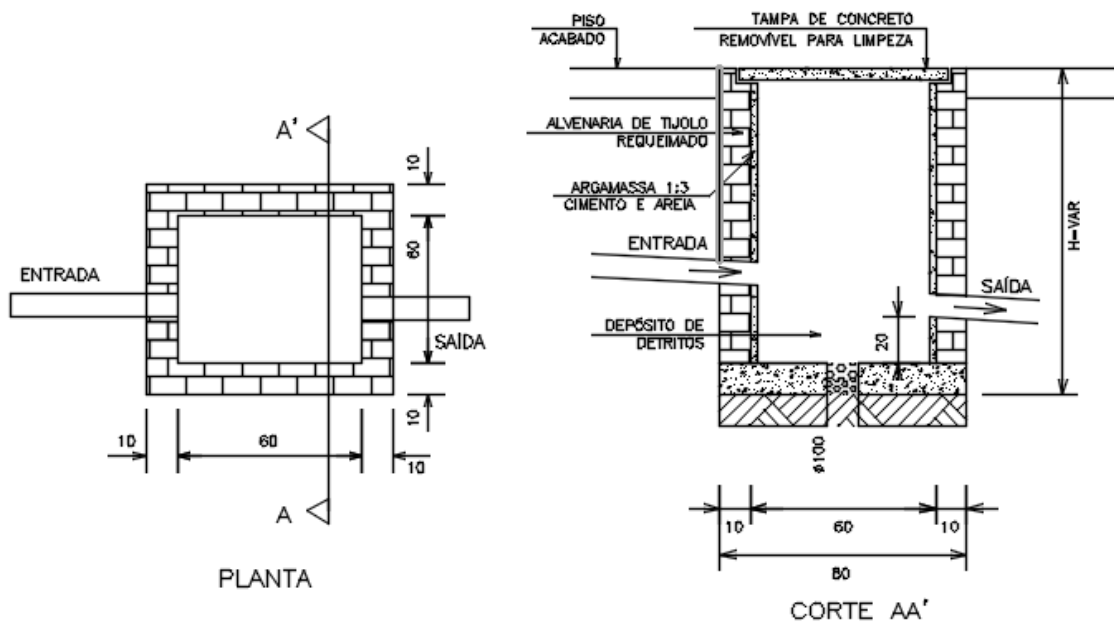
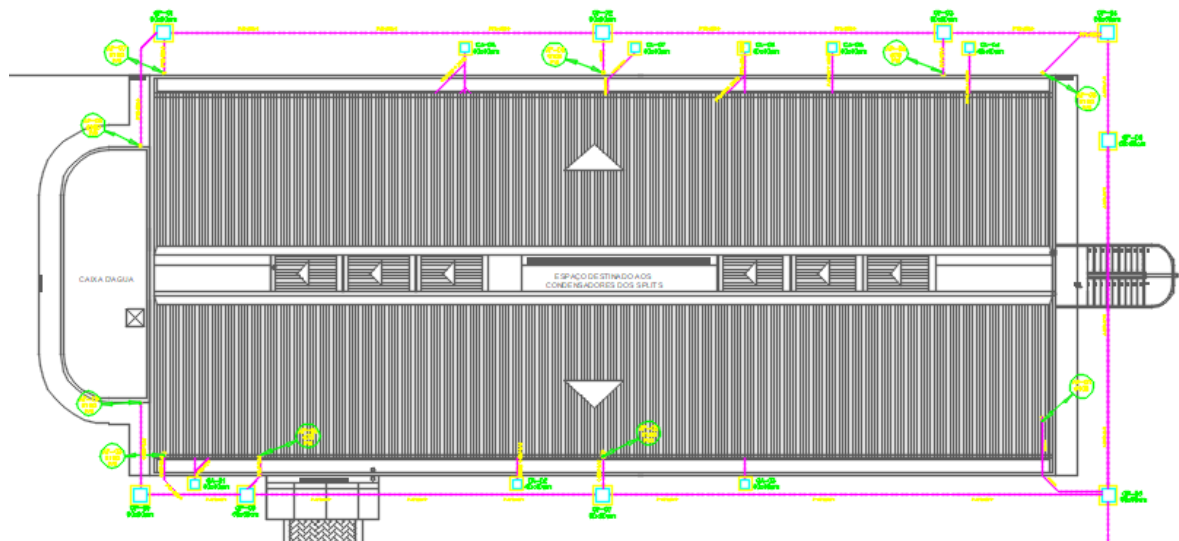
UNESCO. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos: água para um mundo sustentável: sumário executivo**. Colombella, Perugia, 2015. Disponível em: <[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary\\_POR\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2015.

## **ANEXOS**

**ANEXO A - planta da cobertura dos Blocos 1 e 2**



## ANEXO B - planta de locação águas pluviais dos Blocos 1 e 2



**DETALHE CONSTRUTIVO**  
CAIXA DE PASSAGEM PARA ÁGUA PLUVIAL

**ANEXO C – Questionários e resultados utilizados neste trabalho obtidos pelo  
Alcantra Jr. 2016 para os usuários do Campus do Sertão da UFAL em Delmiro  
Gouveia - AL**

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL</b> <b>Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Alunos)</b>
---

**Curso:** \_\_\_\_\_ **Sexo:** \_\_\_\_\_  
**Turno/Carga Horária:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: \_\_\_\_\_
  
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: \_\_\_\_\_
  
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: \_\_\_\_\_
  
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? \_\_\_\_\_  
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: \_\_\_\_\_

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL</b> <b>Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Professores)</b>
--

**Função:** \_\_\_\_\_ **Sexo:** \_\_\_\_\_  
**Turno/Carga Horária:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: \_\_\_\_\_
  
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: \_\_\_\_\_
  
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: \_\_\_\_\_
  
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? \_\_\_\_\_  
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL**  
**Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Funcionários)**

**Função:** \_\_\_\_\_ **Sexo:** \_\_\_\_\_  
**Turno/Carga Horária:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: \_\_\_\_\_
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: \_\_\_\_\_
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: \_\_\_\_\_
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? \_\_\_\_\_  
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: \_\_\_\_\_

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL**  
**Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Funcionários Cozinha)**

**Função:** \_\_\_\_\_ **Sexo:** \_\_\_\_\_  
**Turno/Carga Horária:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: \_\_\_\_\_
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: \_\_\_\_\_  
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: \_\_\_\_\_
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: \_\_\_\_\_
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? \_\_\_\_\_  
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: \_\_\_\_\_
- 5) Quanto tempo por dia, em média, a torneira da pia fica aberta para lavar alimentos? \_\_\_\_\_
- 6) Quantos litros de água por dia se gasta, em média, para cozinhar? \_\_\_\_\_
- 7) Quanto tempo por dia, em média, a torneira da pia fica aberta para lavar louças? \_\_\_\_\_

**Bacia Sanitária - Alunos (Masculino)**

<b>Número</b>	<b>Frequência (vezes/dia)</b>	<b>Volume (litros/descarga)</b>	<b>Consumo (litros/dia)</b>
1	1	5,00	5,00
2	1	5,00	5,00
3	1	5,00	5,00
4	2	5,00	10,00
5	1	5,00	5,00
6	1	5,00	5,00
7	2	5,00	10,00
8	1	5,00	5,00
9	1	5,00	5,00
10	0	5,00	0,00
11	2	5,00	10,00
12	1	5,00	5,00
13	1	5,00	5,00
14	1	5,00	5,00
15	0	5,00	0,00
16	1	5,00	5,00
17	1	5,00	5,00
18	3	5,00	15,00
19	2	5,00	10,00
20	3	5,00	15,00
21	0	5,00	0,00
22	1	5,00	5,00
23	1	5,00	5,00
24	1	5,00	5,00
25	1	5,00	5,00
26	1	5,00	5,00
27	1	5,00	5,00
28	1	5,00	5,00
29	0	5,00	0,00
30	0	5,00	0,00
31	1	5,00	5,00
32	1	5,00	5,00
33	1	5,00	5,00
34	2	5,00	10,00
35	0	5,00	0,00
36	0	5,00	0,00
37	2	5,00	10,00
38	1	5,00	5,00
39	1	5,00	5,00
40	0	5,00	0,00
41	2	5,00	10,00
42	1	5,00	5,00
43	1	5,00	5,00
44	3	5,00	15,00

45	0	5,00	0,00
46	2	5,00	10,00
47	0	5,00	0,00
48	0,3	5,00	1,50
49	1	5,00	5,00
50	0	5,00	0,00
51	1	5,00	5,00
52	2	5,00	10,00
53	1	5,00	5,00
54	2	5,00	10,00
55	2	5,00	10,00
56	2	5,00	10,00
57	1	5,00	5,00
58	2	5,00	10,00
59	0	5,00	0,00
60	2	5,00	10,00
61	2	5,00	10,00
62	0	5,00	0,00
63	2	5,00	10,00
64	1	5,00	5,00
65	2	5,00	10,00
66	0	5,00	0,00
67	1	5,00	5,00
68	0	5,00	0,00
69	1	5,00	5,00
70	2	5,00	10,00
71	0	5,00	0,00
72	1	5,00	5,00
73	0	5,00	0,00
74	1	5,00	5,00
75	1	5,00	5,00
76	1	5,00	5,00
77	3	5,00	15,00
78	1	5,00	5,00
79	2	5,00	10,00
80	2	5,00	10,00
81	1	5,00	5,00
82	2	5,00	10,00
83	0	5,00	0,00
84	1	5,00	5,00
85	0,1	5,00	0,50
86	1	5,00	5,00
87	1	5,00	5,00
<b>Média</b>	<b>1,11</b>	<b>5,00</b>	<b>5,54</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,80</b>	<b>0,0</b>	<b>4,01</b>

**Bacia Sanitária - Alunos (Feminino)**

<b>Número</b>	<b>Frequência (vezes/dia)</b>	<b>Volume (litros/descarga)</b>	<b>Consumo (litros/dia)</b>
1	1	5,00	5,00
2	2	5,00	10,00
3	3	5,00	15,00
4	3	5,00	15,00
5	0	5,00	0,00
6	0	5,00	0,00
7	1	5,00	5,00
8	1	5,00	5,00
9	2	5,00	10,00
10	3	5,00	15,00
11	4	5,00	20,00
12	1	5,00	5,00
13	1	5,00	5,00
14	2	5,00	10,00
15	1	5,00	5,00
16	1	5,00	5,00
17	1	5,00	5,00
18	2	5,00	10,00
19	1	5,00	5,00
20	1	5,00	5,00
21	1	5,00	5,00
22	0	5,00	0,00
23	1	5,00	5,00
24	0	5,00	0,00
25	1	5,00	5,00
26	2	5,00	10,00
27	0	5,00	0,00
28	1,5	5,00	7,50
29	1	5,00	5,00
30	6	5,00	30,00
31	3	5,00	15,00
32	1	5,00	5,00
33	2	5,00	10,00
34	1	5,00	5,00
35	1	5,00	5,00
36	2	5,00	10,00
37	1	5,00	5,00
38	2	5,00	10,00
39	3	5,00	15,00
40	1	5,00	5,00
41	1	5,00	5,00
42	2	5,00	10,00
43	2	5,00	10,00
44	2	5,00	10,00
45	2	5,00	10,00

46	2	5,00	10,00
47	0,1	5,00	0,50
48	1	5,00	5,00
49	2	5,00	10,00
50	2	5,00	10,00
51	4	5,00	20,00
52	2	5,00	10,00
53	2	5,00	10,00
54	2	5,00	10,00
55	1	5,00	5,00
56	1	5,00	5,00
57	2	5,00	10,00
58	2	5,00	10,00
59	1	5,00	5,00
60	1	5,00	5,00
61	1	5,00	5,00
62	2	5,00	10,00
63	3	5,00	15,00
64	2	5,00	10,00
65	2	5,00	10,00
66	2	5,00	10,00
67	2	5,00	10,00
68	0	5,00	0,00
69	3	5,00	15,00
70	3	5,00	15,00
71	3	5,00	15,00
<b>Média</b>	<b>1,67</b>	<b>5,00</b>	<b>8,35</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,06</b>	<b>0,00</b>	<b>5,32</b>

### Bacia Sanitária - Professores (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros/descarga)	Consumo (litros/dia)
1	2	5,00	10,00
2	2	5,00	10,00
3	1	5,00	5,00
4	1	5,00	5,00
5	3	5,00	15,00
6	5	5,00	25,00
7	2	5,00	10,00
8	4	5,00	20,00
<b>Média</b>	<b>2,50</b>	<b>5,00</b>	<b>12,50</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,41</b>	<b>0,00</b>	<b>7,07</b>

**Bacia Sanitária - Professores (Feminino)**

<b>Número</b>	<b>Frequência (vezes/dia)</b>	<b>Volume (litros/descarga)</b>	<b>Consumo (litros/dia)</b>
1	2	5,00	10,00
2	3	5,00	15,00
3	2	5,00	10,00
4	3	5,00	15,00
5	3	5,00	15,00
<b>Média</b>	<b>2,60</b>	<b>5,00</b>	<b>13,00</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,55</b>	<b>0,00</b>	<b>2,74</b>

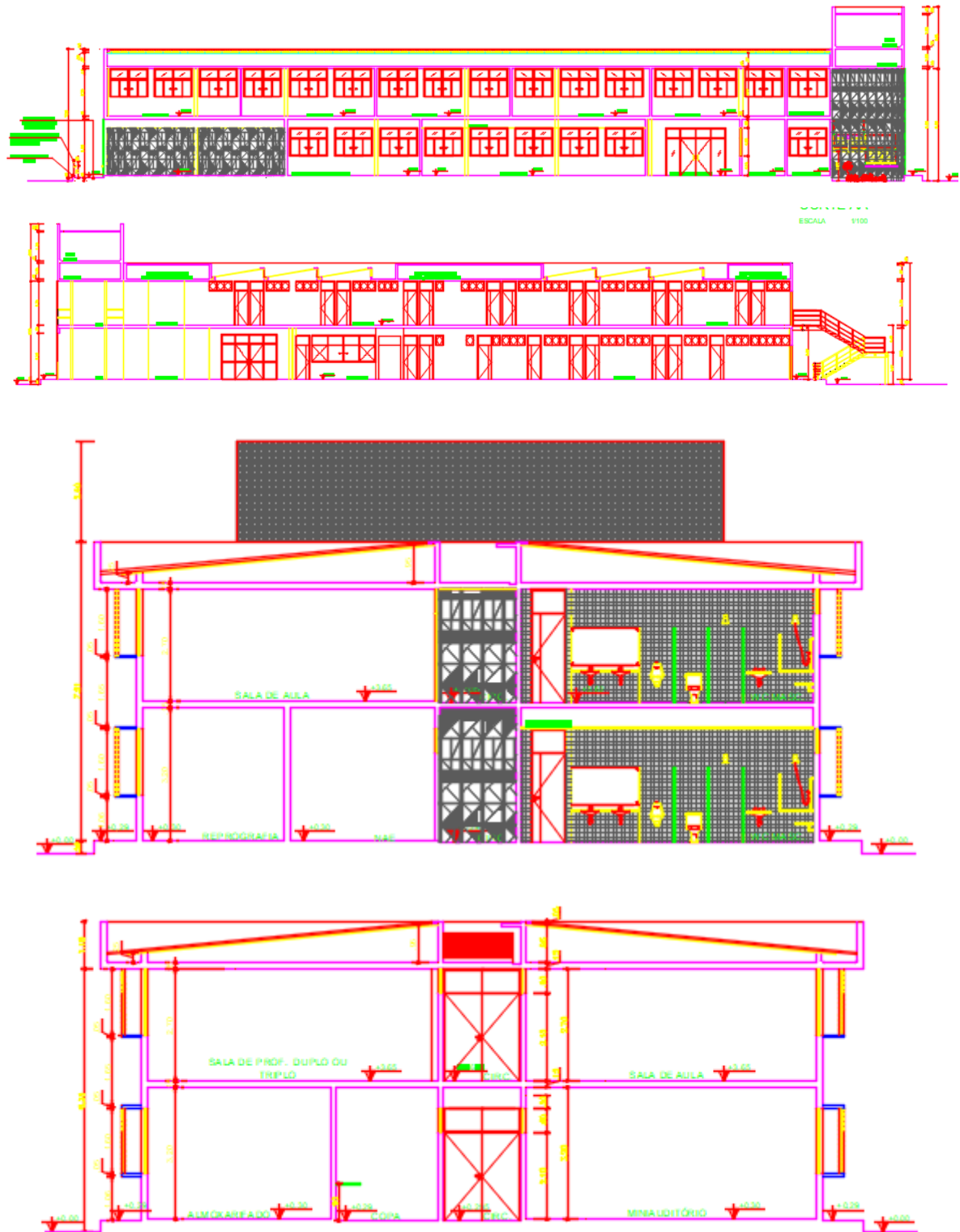
**Bacia Sanitária - Funcionários (Masculino)**

<b>Número</b>	<b>Frequência (vezes/dia)</b>	<b>Volume (litros/descarga)</b>	<b>Consumo (litros/dia)</b>
1	2	5,00	10,00
2	2	5,00	10,00
3	2	5,00	10,00
4	2	5,00	10,00
5	1	5,00	5,00
6	1	5,00	5,00
7	4	5,00	20,00
8	4	5,00	20,00

**Bacia Sanitária - Funcionários (Feminino)**

<b>Número</b>	<b>Frequência (vezes/dia)</b>	<b>Volume (litros/descarga)</b>	<b>Consumo (litros/dia)</b>
1	2	5,00	10,00
2	4	5,00	20,00
3	2	5,00	10,00
4	1	5,00	5,00
5	1	5,00	5,00
6	1	5,00	5,00
7	1	5,00	5,00
<b>Média</b>	<b>1,71</b>	<b>5,00</b>	<b>8,57</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,11</b>	<b>0,00</b>	<b>5,56</b>

ANEXO D - Planta de corte do Blocos 1



### ANEXO E – Planta de locação e agenciamento

