

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AUDITORIA AMBIENTAL
MESTRADO EM AUDITORIA AMBIENTAL**

PRISCILLA SOUZA CORREA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA
FINS NÃO POTÁVEIS NO ORQUIDÁRIO MUNICIPAL DE SANTOS.**

SANTOS/SP

2019

PRISCILLA SOUZA CORREA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA
FINS NÃO POTÁVEIS NO ORQUIDÁRIO MUNICIPAL DE SANTOS.**

Dissertação apresentada a
Universidade Santa Cecília como parte
dos requisitos para obtenção de título
de mestre no Programa de Pós-
Graduação em Auditoria Ambiental,
sob a orientação da Profa. Dra.
Luciana Lopes Guimarães e Co
orientação Prof. Dr. Fernando Sanzi
Cortez

SANTOS/SP

2019

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

628.212 Correa, Priscilla Souza
C845e Estudo da viabilidade do aproveitamento de água pluvial
para fins não potáveis no Orquidário Municipal de Santos
n.páginas
97 p.

Orientador: Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães
Co - Orientador: Prof. Dr. Fernando Sanzi Cortez
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília,
Programa de Pós-Graduação , Santos, SP, 2019.

1. sistema captação água pluvial. 2. Água de chuva. 3. Projeto
captação de água 4. Análise de água de chuva. 5. Qualidade água
chuva.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas – Unisanta

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de conseguir algo tão precioso que é o conhecimento. A minha avó por todo seu carinho e suporte. A minha orientadora, Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães pelo empenho neste trabalho. Ao meu guia e mestre Márcio Gonçalves Paulo pela dedicação e ajuda na condução da pesquisa. Aos funcionários do Orquidário Municipal pela ajuda no desenvolvimento do trabalho. A Sabesp pelas análises de alguns parâmetros desta pesquisa. A Fernanda Silva pela amizade, e ajuda no Laboratório da Unisanta. Aos meus colegas do mestrado que contribuíram de várias formas nesta pesquisa. E a todos que de alguma forma ajudaram nesta pesquisa.

RESUMO

Embora a água potável seja amplamente utilizada, a sua preservação, constitui ação de sustentabilidade. Nesse sentido, o aproveitamento de água da chuva é um sistema simples e eficaz, para contribuir e evitar o desperdício. Em nosso país existe uma Normativa para o aproveitamento de água de chuva, para fins não potáveis, que é a norma ABNT 15.527:2007. O Brasil costuma passar por crises hídricas, indicando a necessidade de implantar políticas públicas para o reaproveitamento de água com objetivo de conscientizar sobre o uso racional dos recursos hídricos. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica da implantação do sistema de captação de água pluvial em um dos Viveiros do Orquidário Municipal de Santos. No desenvolvimento desta pesquisa foi apurado o cálculo do reservatório de armazenamento, que atende à demanda do local utilizada atualmente. A análise comparativa dos métodos de dimensionamento, demonstrou diferença entre os valores. Além disso, do ponto de vista da qualidade da água captada, foi apurado um grau de satisfação bom. Todos os parâmetros analisados atenderam a norma ABNT 15.527:2007. As análises desses fatos justificam o presente trabalho, que busca trazer alternativa para mitigar o desperdício dos recursos naturais. As análises do volume do reservatório e qualidade da água captada, projetaram resultados que indicaram que a implantação do sistema de captação de águas pluviais no Orquidário Municipal de Santos, certamente seria viável.

Palavras Chave: água pluvial. Viabilidade. Sustentabilidade. Captação de água de chuva. Hidrologia.

ABSTRACT

Although potable water is widely used, its preservation is a sustainability action. In this sense, the use of rainwater is a simple and effective system to contribute and prevent waste. In our country there is a Standard for the use of rainwater for non-potable purposes, which is ABNT 15.527: 2007. Brazil usually goes through water crises, indicating the need to implement public policies for the reuse of water in order to raise awareness about the rational use of water resources. Thus, the present work aimed to analyze the technical feasibility of the implementation of the rainwater catchment system in one of the Nurseries of the Municipal Orchid of Santos. In the development of this research was calculated the storage reservoir calculation, which meets the demand of the place currently used. Comparative analysis of the sizing methods showed differences between the values. In addition, from the point of view of the quality of the water captured, a good degree of satisfaction was found. All parameters analyzed met ABNT 15.527: 2007. The analysis of these facts justifies the present work, which seeks to bring an alternative to mitigate the waste of natural resources. The analysis of the reservoir volume and the quality of the captured water projected results that indicated that the implementation of the rainwater catchment system in the Santos Municipal Orchid would certainly be viable.

Keywords: Rainwater. Viability. Sustainability. Rainwater harvesting. Hydrology.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> – Fluxograma do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	27
<i>Figura 2</i> – Área de coleta do telhado.	28
<i>Figura 3</i> – Área de coleta laje impermeabilizada.	28
<i>Figura 4</i> – Tela plástico ou metal.	29
<i>Figura 5</i> – Dispositivo de primeira lavagem..	30
<i>Figura 6</i> – Dispositivo de primeira lavagem e descarte sólido grosseiro.....	31
<i>Figura 7</i> – Filtro de areia.	31
<i>Figura 8</i> – Filtro de cartucho.	32
<i>Figura 9</i> – Bomba centrífuga auto escovante..	32
<i>Figura 10</i> – Separação atmosférica padronizada.....	33
<i>Figura 11</i> – Localização do Orquidário	42
<i>Figura 12</i> – Posicionamento geográfico do Orquidário	43
<i>Figura 13</i> – Frente do Viveiro.....	44
<i>Figura 14</i> – Projeto experimental	45
<i>Figura 15</i> – Sistema de condução de água de chuva.....	46
<i>Figura 16</i> – Calha para captação	46
<i>Figura 17</i> – Sistema de filtragem.	47
<i>Figura 18</i> – Hidrometro do local..	48
<i>Figura 19</i> – Divisão do telhado.....	49
<i>Figura 20</i> – Caixa de armazenamento.....	53
<i>Figura 21</i> – Índice pluviométrico de 2008 a 2018	58
<i>Figura 22</i> – Quantificação da demanda mensal água.....	59
<i>Figura 23</i> – Resultado das aferições de temperatura das amostras após contao com telhamento.....	64
<i>Figura 24</i> – Resultado das aferições de pH das amostras após contao com telhamento	65
<i>Figura 25</i> – Resultado das aferições de turbidez das amostras após contao com telhamento	66
<i>Figura 26</i> – Resultado das aferições de cor das amostras após contao com telhamento	67
<i>Figura 27</i> – Resultado das aferições de temperatura das amostras após periodo de retenção	68

<i>Figura 28 – Resultado das aferições de pH das amostras após periodo de retenção .</i>	69
<i>Figura 29 – Resultado das aferições de turbidez das amostras após periodo de retenção</i>	70
<i>Figura 30 – Resultado das aferições de cor das amostras após periodo de retenção</i>	71
<i>Figura 31 - Resultado das aferições de O D das amostras após periodo de retenção</i>	72
<i>Figura 32 – Folhas presentes na caixa de armazenamento</i>	72
<i>Figura 33 – Resultado das aferições de DQO das amostras após periodo de retenção.</i>	74
<i>Figura 34 – Resultado das aferições de DBO das amostras após periodo de retenção</i>	74
<i>Figura 35 – Resultado das aferições de fosfato das amostras após periodo de retenção</i> <i>Concentração de DQO após periodo de retenção.</i>	75
<i>Figura 36 – Resultado das aferições de nitrito das amostras após periodo de retenção</i>	76
<i>Figura 37 – Resultado das aferições de nitrato das amostras após periodo de retenção</i>	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculo de Rippl .	50
Tabela 2 – Coleta logo após contato com telhamento	52
Tabela 3 – Coleta após período de retenção	52
Tabela 4 – Cálculo de Rippl telhado A.	60
Tabela 5 – Cálculo de Rippl telhado AD.	61
Tabela 6 – Cálculo Pratico Ingles telhado A.	62
Tabela 7 – Cálculo Pratico Ingles telhado AD.	62
Tabela 8 – Cálculo Azevedo Neto telhado A.	63
Tabela 9 – Cálculo Azevedo Neto telhado AD.	63
Tabela 10 – Comparação dos métodos telhado A.	78
Tabela 11 – Comparação dos métodos telhado AD.	78
Tabela 12 – Comparação com outros autores coleta logo após a chuva.	79
Tabela 13 – Comparação com outros autores coleta logo após a chuva.	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –Parâmetros de qualidade da água chuva.....	21
Quadro 2 – Leis sobre aproveitamento de águas pluviais	22
Quadro 3 – Parâmetros Rainwater Harvesting.....	24
Quadro 4 – Parâmetros Standard Pratices.....	24
Quadro 5 – Parâmetros Australian Guidelines.	25

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS

Σ	Somatório
%	Porcentagem
<	Menor que
>	Maior que

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
km	Quilômetro
m	Metro
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico
L	Litro
mm	Milímetro
m μ	Micrômetro

SIGLAS

DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
UFC	Unidades Formadoras de Colônias

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Fundamentação teórica.....	16
1.1.1. Escassez da água	176
1.1.2. A água e o meio ambiente	197
1.1.3. Uso de águas pluviais.....	17
1.1.4. Vantagens e desvantagens do uso de águas pluviais	218
1.1.5. Qualidade da água de chuva para uso não potável.....	19
1.1.6. Normas sobre o uso da água de chuva	20
1.1.7. Leis nacionais de incentivo a captação de águas pluviais	21
1.1.8. Leis e guias internacionais sobre o uso da água de chuva.....	23
1.1.9. Componentes do sistema de captação	25
1.1.9.1. Área	27
1.1.9.2. Calhas e condutores	27
1.1.9.3. Grades e filtros	29
1.1.9.4. Sistema de bomba	32
1.1.9.5. Sistema de água de chuva e água potável	33
1.1.9.6. Reservatório de armazenamento	34
1.1.10. Dimensionamento do volume do reservatório	35
1.1.11. O uso de águas pluviais e a sustentabilidade	38
1.1.12. A qualidade das águas em sistemas de captação de águas pluviais	39
1.1.1. Gestão sustentável dos parques urbanos.....	40
1.2. Justificativa	40
2. OBJETIVOS	41
2.1. Objetivos Gerais	41
2.2. Objetivos Específicos	41
3. METODOLOGIA	41
3.1. Instalação do projeto piloto	41
3.2. Dimensionamento do reservatório	47
3.2.1. Levantamento dos índices pluviométricos.....	47
3.2.2. Quantificação da demanda	48
3.2.3. Cálculo do reservatório	48
3.2.3.1. Cálculo de Rippl	49
3.2.3.2. Método prático inglês	51

3.2.3.3 Metodo Azevedo Neto	51
3.3. Análise da qualidade da água	51
3.3.1 Determinação de Escherichia coli e outros coliformes.....	54
3.3.2 Determinação da temperatura.....	55
3.3.3 Determinação do potencial hidrogênico	55
3.3.4 Determinação da cor aparente	55
3.3.5 Determinação da turbidez	56
3.3.6 Determinação de nitrito e nitrato	56
3.3.7 Determinação de fosfato	56
3.3.8 Determinação do oxigenio dissolvido.....	57
3.3.9. Determinação de DBO	57
3.3.10. Determinação de DQO	58
4. RESULTADOS	58
4.1. Dimensionamento do reservatório	58
4.1.1 Levantamento dos indices pluviometricos.....	58
4.1.2 Quantidade da demanda mensal de agua	59
4.1.3 Calculo do reservatorio	60
4.1.3.1 Calculo de Rippl	60
4.1.3.2 Metodo pratico ingles	62
4.1.3.3 Metodo Azevedo Neto.....	62
4.2. Análise da qualidade da água após contato com telhamento.....	63
4.2.1. Temperatura	63
4.2.2. Potencial hidrogenico (pH).....	64
4.2.3. Turbidez	65
4.2.4. Cor.....	66
4.2.5. <i>Escherichia coli</i>	67
4.3. Análise da qualidade da água armazenada após um período de retenção	67
4.3.1. Temperatura	68
4.3.2. Potencial hidrogenonico (pH).....	68
4.3.3. Turbidez	69
4.3.4. Cor Aparente	70
4.3.5. <i>Escherichia coli</i>	71
4.3.6. Oxigênio dissolvido	71
4.3.7. DQO/ DBO	73

4.3.8. Fosfato	74
4.3.9. Nitrito	75
4.3.10. Nitrato	76
5. DISCUSSAO	76
6. CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXO A – Planta Baixa do Viveiro de Mudas	90
ANEXO B – Planta da Cobertura do Viveiro de Mudas	91
ANEXO C – Tabela Índices Pluviométricos da Cidade de Santos de 2008 a 2018..	92
ANEXO D – Resultados das Análises de Qualidade da Água	93
ANEXO E – Protocolo Entrega Relatório Técnico.....	96

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à qualidade de vida da sociedade, portanto é indiscutível que o governo, a população e as indústrias se mobilizem com ações que visem sua preservação (MALHEIROS, 2014).

A água potável está sendo considerado um recurso cada vez mais escasso, visto que a disponibilidade dela está esgotando, devido ao aumento gradativo da demanda excessiva (SOUZA, 2008).

A partir da crescente ausência de água potável, se faz necessário buscar alternativas para uma gestão sustentável. O tema de sustentabilidade foca no uso da água para consumo humano, para que não falte este recurso para futuras gerações (TOMAZ, 2003).

A sustentabilidade ambiental gerencia o procedimento de base para o desenvolvimento sustentável, agindo como um meio de estimular a sociedade. A Constituição Federal, em seu artigo 23, dispõe que é competência da União, Estados, Distrito Federal e Municípios a proteção do meio ambiente e preservação das florestas, fauna e flora (BRASIL, 1988).

Deste modo, é imprescindível a criação de projetos de conscientização da sociedade sobre o uso racional da água. Uma alternativa é a implantação da coleta de água de chuva, substituindo a água potável para atender demandas que não necessitam de água tratada. O uso de água pluvial é um meio simples e barato, que substitui a água potável por uma de qualidade compatível com alguns usos (GOMES, 2014).

Utilizar água de chuva traz benefício a toda sociedade, pois diminui o uso de água potável, protegendo o meio ambiente. (FERREIRA, 2007).

Os benefícios de utilizar a água de chuva é sua aplicação em descargas de vaso sanitário, lavagens de pisos e canos, regas de jardim, dentre outras aplicações (CETESB, 2015).

Porém existe alguns inconvenientes na captação de água pluvial, pois fica atrelado ao volume pluviométrico, que as vezes pode ser insuficiente. Também deve ser feita manutenção no sistema de captação para evitar riscos à saúde (NASCIMENTO E DOMINGOS, 2007).

Apesar desses aspectos, o uso de água pluvial está crescendo

consideravelmente, principalmente nas residências, para lavagem de pisos e carros (MEHRABADI *ET AL.*, 2013).

Deve-se verificar também a qualidade da água a ser utilizada. A poluição da atmosfera e o fato de a água entrar em contato com o telhado, pode vir a contaminá-la, necessitando de um tratamento para sua utilização (GIKAS, 2012).

Aplicando conceitos sustentáveis de utilização de recursos hídricos, podem-se diminuir muitos problemas, gerando menos gastos, menor impacto ambiental e ganho para toda a sociedade (GOMES, 2014).

O regime pluviométrico na cidade de Santos/SP é caracterizado por período chuvoso nos meses de novembro a março e um período de estiagem nos meses de abril a outubro. A média pluviométrica anual varia entre 2000 a 2500 mm (CETESB, 2010).

Atualmente não há estudos que tenham analisado o uso de água pluvial no parque. Portanto, pretende-se com esse trabalho contribuir para implantação do sistema de captação de água pluvial em todo o parque e também fomentar a aplicação desse sistema em outros equipamentos públicos da cidade.

Com a implantação deste projeto, será possível mitigar o consumo de água potável utilizado no Orquidário Municipal de Santos, para cultivo de mudas, rega dos jardins e canteiros do parque.

1.1. Fundamentação teórica

1.1.1 Escassez da água

É de suma importância a preservação dos recursos hídricos. A água é essencial para a vida no planeta, seja na geração de energia, consumo humano, preservação do meio ambiente, dentre outros (GARCIA *ET AL.*, 2015).

O Brasil conta com 50% das águas superficiais com valor significativo do volume mundial disponível, porém pesquisas mostraram que nos anos de 2013 a 2015, teve uma gradativa perda dos recursos hídricos (CARDOSO *ET AL.*, 2015).

Devido à baixa pluviosidade, a falta de gestão dos recursos hídricos e o crescente aumento da população, teve como consequência uma escassez no abastecimento hídrico (SORIANO *ET AL.*, 2016).

Deste modo, é necessário a implantação de projetos de preservação, para conservação da água de forma sustentável (GIKAS, 2012).

Outro problema é a questão do desperdício da água. Segundo dados da pesquisa do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), temos o índice de 37% de perda total da água tratada e colocada na rede de distribuição (SNIS, 2017).

Deste modo o uso das águas pluviais torna-se meios alternativos, com benefícios econômicos, sociais e ambientais. (LEE *ET AL.*, 2010).

1.1.2. A água e o meio ambiente

As alterações do clima, principalmente o aumento da temperatura e a diminuição das chuvas, prejudicam a qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas (MARENGO *ET AL.*, 2010).

Com o aumento da temperatura no mundo, torna-se mais comum os fenômenos como fortes tempestades, estiagens prolongadas, ondas de calor e frio, impactando diretamente na disponibilidade dos recursos hídricos nos centros urbanos (ROCHA, 2014).

O Brasil passou por uma escassez hídrica no ano de 2014, especialmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, que são os maiores consumidores de água por conta do grande número de habitantes. A maior causa desta escassez foi a redução nas taxas pluviométricas (ANA, 2014).

Destaca-se com isso a necessidade do uso consciente da água, adotando medidas alternativas, como técnicas de reuso, aproveitamento de águas pluviais e recuperação dos mananciais (TUNDISI, 2014).

O estudo dos processos hidrológicos, do solo, clima, recuperação de mangue, aproveitamento de água, deve ser priorizado nas pesquisas científicas, para que se tornem ferramentas no gerenciamento dos recursos hídricos (TUNDISI, 2014).

1.1.3. Uso de águas pluviais

O aproveitamento de águas pluviais é utilizado em países onde o abastecimento de água potável é ineficiente ou inexistente. Também é utilizado por

peças que desejam economizar água, por motivos financeiros ou por questão da sustentabilidade (NADDEO *ET AL.*, 2013).

Devido ao aumento populacional e o baixo estoque dos recursos hídricos, a utilização da água de chuva torna-se indispensável para uso não potável, como descargas de vasos sanitários, irrigação, lavagem de pisos, além de alguns casos, ser utilizada para uso potável, como consumo humano (ASSAYED *ET AL.*, 2013).

Nos Estados Unidos, Alemanha e Austrália, por exemplo, fazem captação de água de chuva tanto para uso não potável quanto para consumo humano. Nesses países existe a vantagem de ter legislação específica sobre esta questão, além de muito investimento em projetos de captação de água de maneira eficaz em termos financeiros e da qualidade (VELOSO E MENDES, 2013).

A montagem do sistema de captação de águas pluviais é bem simples, utiliza o telhado, um reservatório de armazenamento, sistema de filtragem e em alguns casos sistema de bombeamento (NAWAY *ET AL.*, 2012).

1.1.4. Vantagens e Desvantagens do uso de águas pluviais

A captação de águas pluviais traz diversas vantagens. Dentre elas destacam-se: a redução do consumo de água da rede pública e do custo do fornecimento. Além de não utilizar água potável para lavar pisos e irrigar plantas, por exemplo (VELOSO E MENDES, 2013).

O investimento financeiro é pequeno, a superfície de coleta são os telhados e o retorno do investimento é certo. Ajuda também na contenção das enchentes, pois retém parte da água que seria drenada para galerias e rios (VELOSO E MENDES, 2013).

A utilização de água de chuva varia de acordo com a região e deve estar de acordo com a legislação. Desta forma, existe a necessidade do incentivo por parte dos órgãos públicos incentivando essa prática através de programas de apoio (LIM E JIANG, 2013).

Nesse sentido, projetos de captação de água pluviais ajuda na conservação dos recursos hídricos e também fomenta o envolvimento do governo, apoiando a população na conscientização do uso racional da água (ASSAYED *ET AL.*, 2013).

Porém existem algumas desvantagens do uso de águas pluviais. A principal

é ficar à mercê da precipitação, sem ter a certeza de quais e quantos períodos serão secos (NADDEO *ET AL.*, 2013).

Também podemos citar a qualidade da água, que pode variar por diversos fatores, principalmente em locais que ela vai ficar muito tempo armazenada (NADDEO *ET AL.*, 2013).

1.1.5. Qualidade da água de chuva para uso não potável

Muitos são os fatores que influenciam na qualidade da água de chuva, como fenômenos naturais, até a intervenção humana. A qualidade pode variar de acordo com a poluição do ambiente, a localização geográfica, a proximidade com áreas de vegetação, áreas de indústrias (LEE *ET AL.*, 2010).

O aproveitamento de águas pluviais é vantajoso do ponto de vista ambiental, porém os riscos da utilização de água com contaminantes microbiológicos, deve ser considerado (WILBERS *ET AL.*, 2013).

Para tratamento da água pluvial é preciso estabelecer o seu uso final e verificar a qualidade da água captada. Não existe água pura na natureza, somente as moléculas de água na forma de vapor presentes na atmosfera. (NOGUEIRA, 2007).

A qualidade da água de chuva pode ser verificada, na chuva atmosférica, ou seja, antes de atingir o solo, após passar pela área de captação, telhado ou outra superfície coletora e finalmente no reservatório de armazenamento ou cisterna (TOMAZ, 2003).

Para cada etapa citada anteriormente, a qualidade estará associada a diversos fatores. A ação antrópica pode ser considerada um dos principais fatores de poluição que alteram a qualidade da água da chuva na atmosfera. Podemos citar como exemplo as atividades das indústrias que liberam nitrogênio, enxofre, carbono, dentre outros (MAY, 2004).

Em relação à qualidade da água após passar pela área de captação a contaminação ocorre por meio microbiológico. Dois tipos são conhecidos: contaminação através de fezes de insetos, pássaros e pequenos mamíferos; e contaminação através da poluição atmosférica. Além disso, o próprio telhado pode contribuir para retenção de sujeiras e proliferação de microrganismos (EVANS *ET AL.*, 2006).

Por fim a qualidade da água no reservatório depende da filtragem utilizada, de evitar aberturas para que não entrem insetos, além da limpeza regular, pois o acúmulo de matéria no fundo do reservatório contamina a água armazenada (TOMAZ, 2003).

Nesse sentido o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas é importante para designar qual o melhor tratamento a ser utilizado na água captada. Os diversos componentes que alteram o grau de pureza da água são as características físicoquímicas e biológicas (FENDRICH, 2002).

As características físicas estão relacionadas a partículas sólidas e gases presentes na água. As características químicas estão relacionadas a matéria orgânica e inorgânica. Já as características biológicas estão relacionadas a microrganismos presentes na água (PHILIPPI JR, 2004).

1.1.6. Normas sobre o uso da água de chuva

Até o ano de 2007 não existia no Brasil normas específicas acerca do uso de águas pluviais. Como parâmetro nacional, a referência é a norma NBR ABNT 15.527 – Norma para Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Essa norma aborda as condições gerais do sistema de aproveitamento, dimensionamento de calhas e condutores, reservatórios, manutenção e limpeza, para uso não potável da água. O reservatório quando alimentado com água potável, deve possuir dispositivo que impeça a conexão cruzada. A água pluvial deve ser protegida da luz solar e animais que possam contaminar o reservatório. A principal referência desta norma é a ABNT 10844/1989 que traz os critérios para projetos de instalação de drenagens de águas pluviais (ABNT, 2007).

Quanto à qualidade da água, deve ser definida pelo projetista. Para uso mais restritivo deve ser observado os parâmetros, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade água de chuva conforme a norma ABNT NBR 15.527:2007

Parâmetro	Análise	Valor de referência
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
pH	Mensal	pH 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: ABNT 15.527:07

1.1.7. Leis nacionais de incentivo a captação de águas pluviais

A captação e o uso de água pluvial estão se tornando cada vez mais difundidos. No Brasil existem algumas leis de incentivo ao aproveitamento de águas pluviais, tanto municipais quanto estaduais. No quadro 2, está o resumo das principais leis sobre o aproveitamento de água de chuva.

Quadro 2 – Leis sobre o aproveitamento de águas pluviais

Número da Lei	Abrangência	Objetivo
Lei nº 13.276/2002	São Paulo	Obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimento nos lotes, edificados ou não que tenham impermeabilizada superior a 500m ²
Lei nº 10.785/2003	Curitiba - Paraná	Criou o programa de Conservação e uso Racional da água nas edificações – PURAE, que tem como objetivo instituir medidas visando induzir a conservação, uso racional e utilização de fontes.
Lei nº 14.018/2005	São Paulo	Tem por objetivo instituir medidas que induzam a conservação, uso racional e reuso nas novas edificações.
Lei nº 8718/2006	Ponta Grossa - Paraná	O objetivo dessa lei é que todas as edificações apliquem o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial.
Lei nº 10.506/2008	Porto Alegre – Rio Grande do Sul	As novas edificações sem reaproveitamento das águas pluviais não ganharão o habite-se da prefeitura. Além disso serão obrigados a ter um hidrômetro para cada apartamento.

Fonte: Garrido e Ferreira (2011)

Nacionalmente não existe nenhuma legislação federal específica sobre o uso de água pluvial, apenas uma abordagem sobre o assunto.

Como exemplo, o decreto nacional 24.643 de 1934, Código das Águas, legisla sobre o conceito de água pluvial e confere a propriedade da água ao dono da edificação onde a chuva cair, conforme seu artigo 11.

Existe também a lei 11.445 de 2007, lei de saneamento básico, que estabelece alguns critérios para manuseio de água pluvial (VELOSO E MENDES, 2013).

Já em relação a qualidade da água captada, além da NBR 15527/07, já citada anteriormente, outras legislações são utilizadas como base para definir a qualidade da água captada. Dentre elas, a mais utilizada é a resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 que trata da classificação dos corpos de água, sob as diretrizes do enquadramento e sobre os padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água (ANDRADE, 2006).

Para o presente estudo, as águas captadas podem se enquadrar na classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 - águas que podem ser destinadas:

- i) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- ii) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- iii) à pesca amadora;
- iv) à recreação de contato secundário; e
- v) à dessedentação de animais.

Em 13 de maio de 2011 a CONAMA 357/05 teve alterações parciais e complementares, após aprovação da CONAMA nº 430/11, que dispõe sobre os parâmetros, condições, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos d'água receptores (GIKAS, 2012).

A resolução CONAMA 430/11 traz o detalhamento do processo de avaliação de ecotoxicidade dos efluentes e das ações de gestão, necessárias para seu controle.

1.1.8. Leis e Guias internacionais sobre o uso de água de chuva

Legislações e guias internacionais são utilizados como parâmetros para qualidade da água de chuva captadas pela falta de uma legislação federal específica em nosso ordenamento jurídico (TUCSON, 2008).

As legislações e guias internacionais definem parâmetros da qualidade de água pluvial. Cada país define os parâmetros de acordo com sua realidade local, considerando a utilização das águas pluviais, uma excelente alternativa para substituição da água potável (ROCHA, 2014).

Os Estados Unidos, possui o Guia e Potencial para o aproveitamento pluvial do Texas, de 2006 (*Texas Water Development Board – Austin, Texas*), para avaliação do

aproveitamento de água de chuva. Esse guia traz os parâmetros para qualidade da água pluvial para uso potável e não potável (TUCSON, 2008).

Um ponto relevante é que embora a água de chuva seja uma das formas puras de água, deve-se estabelecer padrões mínimos da qualidade da água para ser utilizada. O quadro 3 apresenta os parâmetros adotados (TEXAS, 2005).

Quadro 3 - Rainwater Harvesting potential and Guidelines for Texas - Parâmetros

Categoria de uso	Qualidade água pluvial para uso não potável	Periodicidade Teste
Famílias Unifamiliares	Coliformes Totais < 500 CFU/100mL	Anual
	Coliformes Fecais < 100 CFU/100mL	

Fonte: Rainwater Harvesting potential and Guidelines for Texas – 2006

Em 2010 o Comitê da ASTM (*American Society for Testing and Materials*) publicou a Norma E2727, que estabelece a metodologia de avaliação da qualidade de água de chuva e dá algumas referências (ASTM, 2010).

Ela considera alguns fatores antes de escolher o uso de água pluvial, determina que o sistema de captação deve ter telha de 8 mm para não contaminação da água, assim como o descarte dos primeiros milímetros da chuva (GUIDANCE ON USE RAINWATER TARKS, 2010). O quadro 4 apresenta os parâmetros adotados.

Quadro 4 - Standard Practice for Assessment of Rainwater Quality

Parâmetros	Valores
Coliforme fecal	Ausência em 100 mL
Cloro	Ausência em 100 mL
DBO	≥ 10 mg/L
Enterovírus	Ausência em 100 mL
pH	6.0 - 7.0
Sódio	Ausência em 100 mL
Turbidez (UNT)	≥ 2 UNT

Fonte: E 2727/2010

Na Alemanha, existe a norma DIN 1989, destinada a água pluvial. Em algumas cidades, os usuários devem informar ao serviço de água municipal, a quantidade estimada de água pluvial que está sendo utilizada a fim de verificar se deve ser feita a cobrança do serviço de esgoto (KOENING, 2003).

Por fim, pode citar a Austrália, onde há por parte do governo, vários incentivos para promover o uso de água pluvial, dentre eles o reembolso de \$500 para famílias que instalarem em suas residências, o sistema de captação de água pluvial (DOMENECH E SAURI, 2011).

O guia australiano não indica parâmetros da qualidade da água, mas informa as diretrizes para uso do sistema. Quando for feita as análises da água, deve-se utilizar o *Australian Drinking Water Guidelines* (ADWG). Esse guia traz como necessidade, o descarte dos primeiros milímetros para utilização da água de chuva. O quadro 5 apresenta os parâmetros adotados (WQDA, 2011).

Quadro 5 - Australian Drinking Water Guidelines

Parâmetros	Valores
pH	6,5 - 8,5
Sólidos Totais dissolvidos	500/1000 mg/L e 1800 mg/L
Turbidez	1 UNT
Cloro	0,50 a 2,00 mg/L
Dureza	60 mg/L a 200 mg/L
Fluoreto	0,7 a 1,0 mg/L
Arsênico	< 0,007 mg/L
Chumbo	< 0,005 mg/L a 0,01 mg/L
Uranio	< 0,02 mg/L
Ferro	< 0,03 mg/L
Nitrato	50 mg/L a 100 mg/L
<i>Escherichia coli</i>	Não detectável em 100 mL

Fonte: WQDA (2011)

1.1.9. Componentes do sistema de captação

O conceito de um sistema de aproveitamento de água pluvial é considerado como um sistema alternativo de suprimento de água, contribuindo para conservação deste recurso. A área de captação é o local onde a chuva cai, que geralmente são telhados de edificações. O sistema de captação de águas pluviais, passa pela laje, telhado, através do sistema de condução de água, condutores horizontais ou verticais, conforme ilustrado na Figura 1 (ROCHA, 2014).

Conforme o Manual da Agencia Nacional de Águas e Federação de Indústrias do Estado de São Paulo e Sindicato da Construção do Estado de São Paulo (ANA/FIESP/ SindusCon-SP, 2005) o conceito do projeto de sistema de captação e tratamento de águas pluviais, consiste na determinação da precipitação média local (mm/mês); determinação da área coletada; determinação do coeficiente de escoamento; projeto dos sistemas complementares; projeto do reservatório de descarte; escolha do sistema de tratamento necessário; projeto da cisterna; caracterização da qualidade da água pluvial, identificação do uso da água, demanda e qualidade (ANA, 2005).

Para locais que contam com períodos chuvosos frequentes e bem distribuídos durante o ano, montar um sistema de captação de águas pluviais é bem vantajoso. Nada impede que em regiões menos chuvosas também possa implantar o sistema, porém requer a instalação de um reservatório de armazenamento maior, o que deixaria o projeto mais oneroso (TOMAZ, 2003).

É importante ressaltar, que os telhados podem conter contaminantes, metais pesados e outras substâncias químicas, ocasionados pelos tráfegos de veículos, contaminações das indústrias, dentre outros. Por isso a água captada da chuva é utilizada para fins não potáveis (ANNECCHINI, 2005).

A figura 1 apresenta um fluxograma de um sistema de captação simples de água pluvial.

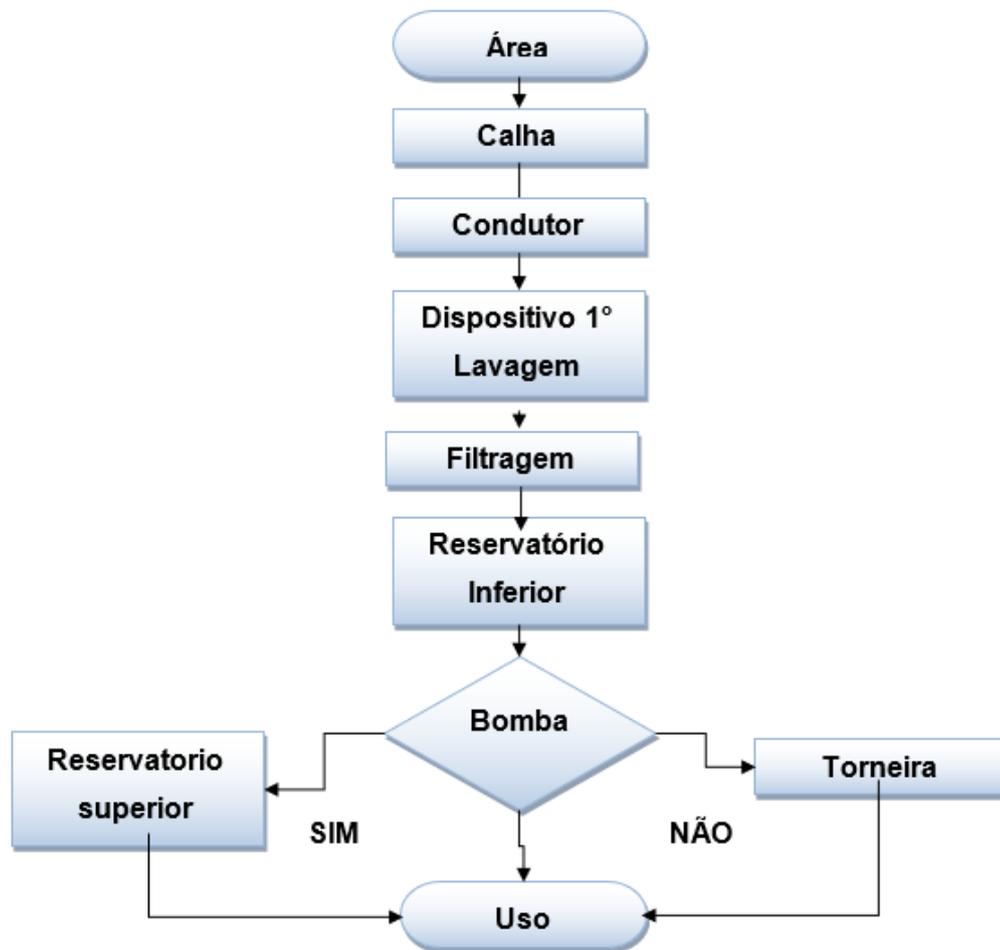


Figura 1. Fluxograma sistema de captação
Fonte: Arquivo pessoal

1.1.9.1 Área

A área de coleta, a precipitação atmosférica e coeficiente de escoamento superficial definem a quantidade de água captada para armazenamento. Normalmente utilizam-se os telhados ou lajes para captação de água pluvial. Esse tipo de captação permite que a água escoe até o reservatório por gravidade, o que auxilia o projeto (GONÇALVES, 2006).

O projeto de captação deve possuir um método que contemple a instalação de um filtro com peneira para retenção de galhos, folhas e sujeiras, para evitar o entupimento dos condutores. As Figuras 2 e 3 ilustram alguns tipos de áreas de coletas (GONÇALVES, 2006).



Figura 2. Área de coleta telhado
Fonte: WATERFALL (2006)

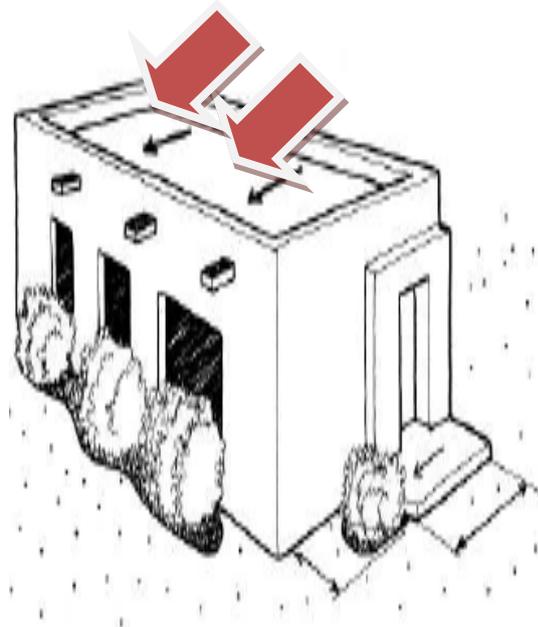


Figura 3. Área de coleta laje impermeabilizada
Fonte: WATERFALL (2006)

O material de fabricação do telhado pode ser de fibrocimento, zinco, cerâmica, concreto, ferro galvanizado, vidro, acrílico, entre outros (TOMAZ, 2003).

A NBR 15.527/07 orienta que quando utilizar produtos nocivos à saúde, como por exemplo, no caso de pintura especial no telhado para diminuir a porosidade, deve-se imediatamente desconectar o sistema de captação, para evitar a contaminação da água no reservatório de armazenamento. Em seguida fazer a lavagem da área para conter o risco de contaminação e aí sim refazer a conexão (PRADO, 2007).

O coeficiente de *Runoff* ou escoamento superficial, representa a relação entre o volume de água escoada superficialmente e o volume de água precipitada. Este coeficiente pode ser relativo a uma chuva isolada ou a um intervalo de tempo onde chuvas ocorreram (GONÇALVES, 2006).

Nem todo o volume de água de chuva é aproveitado, pois temos perdas por absorção, evaporação e vazamentos nas tubulações. Para considerar estas perdas no cálculo do reservatório, utiliza-se o coeficiente de *Runoff*, representado pela letra “C” (TOMAZ, 2003).

1.1.9.2 Calhas e condutores

As calhas e condutores têm a finalidade de levar a água pluvial do telhado até o reservatório de armazenamento. O material de fabricação mais comum são: PVC, plástico, entre outros (TOMAZ, 2003).

A NBR 15.527/07 orienta que o dimensionamento deve se atentar ao período de retorno para precipitação, a vazão do projeto e a pluviometria, dentro outros descritos na NBR 10.844/89 (PRADO, 2007).

As calhas também recolhem sedimentos, folhas e galhos, o que pode ocasionar entupimento no sistema de captação e decomposição de matéria orgânica no reservatório que pode contaminar a água. Portanto, as calhas devem ser protegidas por uma tela de plástico ou metal colada em toda a extensão, conforme Figura 4 (WATERFALL, 2006).

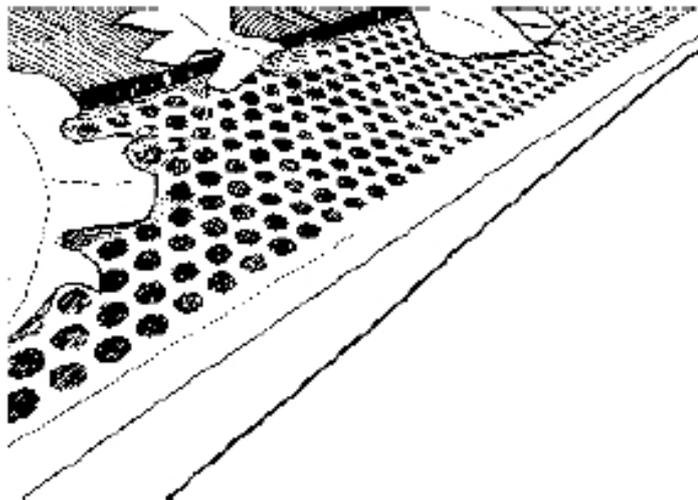


Figura 4. Tela plástico ou metal

Fonte: Waterfall (2006)

Os condutores horizontais são tubulações que transportam as águas pluviais até o local de destino. Já os condutores verticais levam a água até os condutores horizontais. A NBR 15527/07, também orienta que a limpeza das calhas e condutores deve ser realizada semestralmente, a fim de evitar a contaminação da água a ser coletada (TOMAZ, 2003).

1.1.9.3 Grades e filtros

Com o objetivo de reter materiais sólidos, são utilizados grades e filtros no sistema de captação de água de chuva. Deve-se fazer a filtragem da água, para remoção de partículas, galhos, folhas, presentes no telhado com finalidade de evitar contaminação da água coletada (EMBRAPA, 2005).

A primeira água que cai tem essa função manualmente, de retirada da sujeira, desviando para um dispositivo auto limpante. Atualmente existem vários projetos de descarte dos primeiros milímetros de água. A Figura 5 mostra um dispositivo com descarte automático (GONÇALVES, 2006).

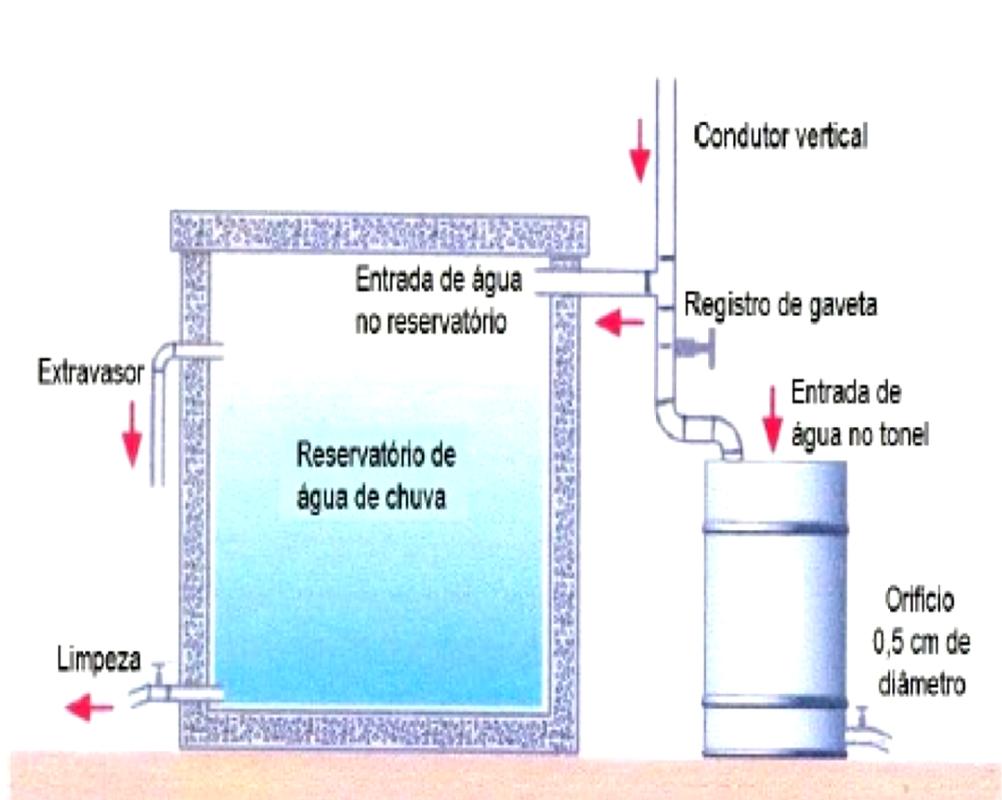


Figura 5. Dispositivo de primeira lavagem
Fonte DACACH (1979)

Com relação ao volume de descarte, não tem consenso entre os estudiosos. Os fatores que influenciam são diversos: número de dias secos que antecedem a precipitação, a intensidade da precipitação, os tipos de materiais contaminantes e o tipo de área de captação (MAY, 2004).

Como existe uma grande dificuldade de analisar estes dados, eles não são fatores determinantes na avaliação. Para remover materiais em suspensão, utilizam-se peneiras com tela de 0,2 mm a 1,0 mm. Este dispositivo impede a entrada de

sólidos grosseiros, não retendo, porém, partículas orgânicas solúveis, Figura 6 (ALVES ET AL., 2008).



Figura 6. Dispositivo de primeira lavagem e descarte de sólidos grosseiros
Fonte: 3P Technik (2011)

Com relação ao sistema de filtragem, deve ter a instalação de um filtro de sólidos finos. Nesses casos os filtros de areia e os filtros de cartucho são os mais utilizados. No filtro de areia a água percorre as várias camadas do leito filtrante, onde os sólidos suspensos ficam retidos nos espaços entre os grãos de areia. Após a água passar por drenos localizados no fundo do cilindro e levada para fora através de um tubo axial, conforme Figura 7 (SAUTCHUCK, 2005).

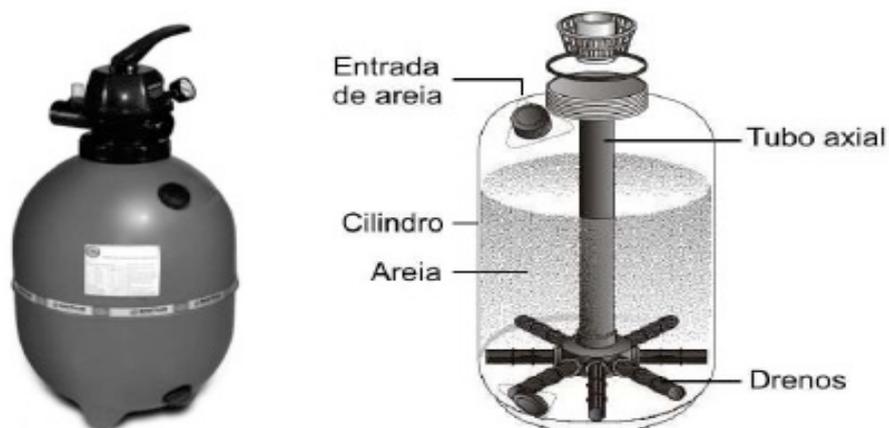


Figura 7. Filtro de areia
Fonte Nautilus (2011)

Os filtros de cartucho são feitos em copos de polipropileno com cartucho refil cilindro feito de material poroso. Esse refil pode ser substituído, conforme Figura 8. Esses cartuchos são feitos com manta de poliéster plissada, que retém partículas de até $50 \mu m$ (GONÇALVES, 2006).



Figura 8. Filtro de cartucho
Fonte Jacuzzi (2011)

A água entra no copo e atravessa os microporos do material filtrante, onde as partículas ficam retidas na parte externa do material. A água então é conduzida e liberada na tampa do filtro (REBELLO, 2004).

1.1.9.4. Sistema de bomba

Com relação ao sistema de bombeamento, o mais utilizado é a bomba centrífuga radial auto escovante, conforme ilustrado na Figura 9 (SCHNEIDER, 2011).



Figura 9. Bomba centrífuga auto - escovante
Fonte Schneider (2011)

Independente do sistema de bombeamento escolhido, a bomba deve funcionar ligada a um eletro nível para o comando de ativar e desativar de acordo com o nível da água dos reservatórios (SCHNEIDER, 2011).

Também se utiliza a bomba centrífuga axial submersível, que tem funcionamento semelhante a bomba centrífuga radial, porém funciona submersa no fundo da cisterna. A vantagem é que não necessita de um local para instalação (AQUASTOCK, 2011).

Seja qual for o modelo escolhido, deve-se atentar que a bomba precisa ser ligada a um eletro nível para ativar e desativar automaticamente o bombeamento de acordo com o nível do reservatório (ACQUALIMP, 2011).

1.1.9.5. Sistema de água de chuva e água potável

No caso de longos períodos sem chuva, deve ser projetado um sistema de realimentação com água potável. De acordo com a ABNT 5626/98 deve ter um projeto que previna a contaminação da água potável, prevendo um dispositivo de separação atmosférica de modo que o tubo de alimentação potável seja instalado a uma distância do tubo de instalação não potável, conforme Figura 10 (ABNT, 1998).

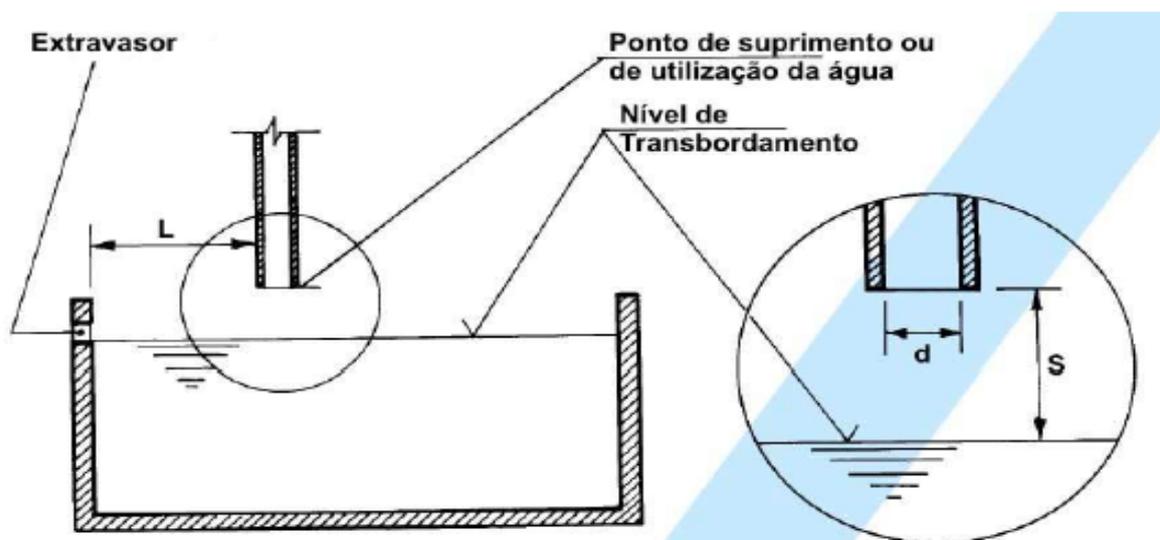


Figura 10. Separação atmosférica padronizada
Fonte: NBR 5626/98

O sistema de aproveitamento de água pluvial deve passar por uma limpeza periódica para que água de chuva não contamine o reservatório de água potável. A norma ABNT NBR 15527:07 estipula a frequência dessa manutenção (ABNT, 2007).

1.1.9.6. Reservatórios de armazenamento

Após a água passar pelo dispositivo de primeira lavagem, a água é direcionada para o reservatório de armazenamento onde fica até ser utilizada. Existem reservatórios acima do solo e abaixo do solo. Quando é acima do solo não se faz necessária bomba para o abastecimento de água, porém existe custo para sustentação do reservatório. No caso dos reservatórios abaixo do solo, precisa de bomba para o abastecimento de água, porém a estrutura é mais barata (ALVES *ET AL.*, 2008).

Os reservatórios acima do solo devem ter tubulação de saída de aproximadamente 10 cm acima da base do reservatório. Nos casos do reservatório abaixo do solo deve se utilizar uma bomba com sucção flutuante. O reservatório deve ter uma abertura que vai servir como extravasor, no caso de haver um volume maior de água captada (THOMAS E MARTINSON, 2007).

Já o local de instalação do reservatório, deve ser o mais próximo possível das calhas e pontos de consumo e longe de locais que possam contaminar a água (VITTORI, 1997).

Uma alternativa para minimizar os custos dos materiais é a implantação do tanque minimizando a proporção existente da área e superfície e o seu volume. A relação entre geometria e o tipo de material é um ponto importante na escolha do reservatório mais apropriado (WARWICK, 2001).

No período de estiagem não será possível a captação de água pluvial, necessitando ter um sistema para entrada de água potável para ser utilizada, porém deve usar um mecanismo de maneira a evitar o contato entre água potável e água de chuva. O tubo de alimentação do reservatório, deve ser instalado na parte superior do tanque, até o nível mais baixo (TOMAZ, 2003).

Deve também instalar um sifão ladrão a 5 cm de desnível da entrada de água do reservatório, conectando ao tubo de saída para rede pluvial (ACQUALIMP, 2011).

Os reservatórios podem ser acima do solo ou abaixo do solo. No reservatório acima do solo, permite verificar o surgimento de rachaduras e vazamentos. A extração da água é por gravidade, porém ocupa maior espaço de área, além de ser mais oneroso. Já o reservatório abaixo do solo, permite que as paredes tenham menor espessuras, reduzindo os custos, além de permitir que a temperatura da água fique mais fresca. A desvantagem é que exige bombeamento e não é fácil identificar rachaduras (THOMAS E MARTINSON, 2007).

1.1.10. Dimensionamento do volume do reservatório

Existem alguns métodos para dimensionar o volume a ser armazenado, considerando a precipitação local, os dias de estiagem e a demanda requisitada. Os modelos de dimensionamento são encontrados na NBR 15.527/07: método de *Rippl*, método de Simulação, método Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês e método prático Australiano (ABNT, 2007).

Os modelos de dimensionamento possuem como dados os índices pluviométricos, a demanda solicitada, a área de captação da água e a eficiência requerida para o sistema (ABNT, 2007).

Sabendo que existe o período de estiagem e as vezes não é possível armazenar toda a chuva coletada, a análise do dimensionamento do volume do reservatório ajuda a obter os dados de produção e demanda, verificando qual tipo de demanda, pode se atender em cada sistema, tornando-o mais eficaz e reduzindo os gastos (FENDRICH, 2002).

O método de *Rippl* é o mais utilizado, porque podemos calcular o volume máximo de precipitação anual, trazendo maior credibilidade. Porém o volume de chuva é desproporcional durante o ano, o que resulta em dubiedade quanto a este método para atendimento da demanda de água (TOMAZ, 2003).

Assim sendo, o método de *Rippl* é um parâmetro, para cálculo do volume máximo de armazenamento. De acordo com a ABNT 15.527/07, o cálculo é representado pelas equações (1 e 2) obedecendo a relação $D(t) < Q(t)$ (TOMAZ, 2003):

$$Q(t) = C \times A \times P(t) \quad (1)$$

$$V = \sum (D(t) - Q(t)) \quad (2)$$

Onde:

$Q_{(t)}$: Volume de chuva captada no tempo t (m^3);

C : Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A : Área de captação (m^2);

$P_{(t)}$: Precipitação média no tempo t (mm); $D_{(t)}$: Demanda de água no tempo t (m^3); V : Volume do reservatório (m^3)

Este método é considerado simples com base de cálculo restrita, onde o resultado final é um único valor de volume do reservatório (TOMAZ, 2003).

O método de simulação é parecido com o método de *Rippl*, porém um pouco diferente do método iterativo, pois utiliza valores pré-definidos e também considera o volume inicial da chuva. Para cálculo utiliza a simulação de vazão de entrada e demanda diária. Utiliza dois tipos de dados: fixos e variáveis. A ABNT utiliza as equações (3 e 4), onde $0 < S(t) < V$

$$Q(t) = C \times A \times P(t) \quad (3)$$

$$S(t) = Q(t) = S(t-1) - D(t) \quad (4)$$

Onde:

$Q_{(t)}$: Volume de chuva captada no tempo t (m^3);

C : Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A : Área de captação (m^2);

$P_{(t)}$: Precipitação média no tempo t (mm);

$S_{(t)}$: Volume de chuva presente no reservatório no tempo final t (m^3);

$S_{(t-1)}$: Volume de chuva presente no reservatório no tempo inicial $(t-1)$ (m^3);

$D_{(t)}$: Demanda de água no tempo t (m^3);

V : Volume do reservatório fixado (m^3).

O método prático Australiano é uma linha do método de simulação, pois além de valores pré-definidos e o volume inicial da chuva, ele utiliza uma variável antes da chuva atingir a superfície de captação (TOMAZ, 2003).

Segundo a ABNT 15.527/07, o volume do reservatório é calculado pelas equações (5 e 6) onde $(Q(t) + S(t-1) - D(t)) < 0$, considerando – se $S(t) = 0$

$$Q(t) = C \times A \times (P(t) - I) \quad (5)$$

$$S(t) = Q(t) = S(t-1) - D(t) \quad (6)$$

Onde:

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

C : Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A : Área de captação (m^2);

$P(t)$: Precipitação média no tempo t (mm);

I : interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

$S(t)$: Volume de chuva presente no reservatório no tempo final t (m^3);

$S(t-1)$: Volume de chuva presente no reservatório no tempo inicial $(t-1)$ (m^3);

$D(t)$: Demanda de água no tempo t (m^3);

V : Volume do reservatório fixado (m^3).

Outro método é o Azevedo Neto, que possui uma equação bem parecida com o método inglês, em relação ao valor do coeficiente determinado, e pelo valor da variável referente aos meses de seca (TOMAZ, 2003). O cálculo é realizado através da equação (7):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (7)$$

Onde:

V : Volume do reservatório (L);

P : Precipitação média anual (mm);

A : Área de captação (m^2);

T : Número de meses com pouca chuva ou seca.

Temos o método prático Alemão, que usa o parâmetro para cálculo do volume do reservatório, o menor valor entre 6% do volume de consumo e o volume de precipitação (TOMAZ, 2003). O cálculo é realizado através da equação (8):

$$V_{\text{adotado}} = \min (V ; D) \times 0,06 \quad (8)$$

Onde:

V_{adotado} : Volume do reservatório (L)

V : Volume anual de precipitação captada (L)

D : Demanda anual (L)

O método Prático Inglês fornece o volume do reservatório, através da equação (9) :

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (9)$$

Onde:

V : Volume do reservatório (L);

P : Precipitação média anual (mm);

A : Área de captação (m^2).

Desse modo quanto maior o reservatório, maior a quantidade de chuva a ser armazenada. Como os custos com o reservatório de armazenamento são relativamente elevados, deve-se escolher o método de cálculo do dimensionamento com melhor custo benefício (MAY, 2004).

1. 1.11. O uso de águas pluviais e a sustentabilidade

Os recursos hídricos eram considerados infinitos e atendiam os mais variados interesses humanos. No entanto, o uso incorreto, acrescido do aumento da demanda, vem preocupando os especialistas em gestão dos recursos hídricos, em razão da diminuição de água potável no planeta (BARBOSA, 2008).

Assim, a gestão de recursos hídricos, considerando a sustentabilidade, objetiva implantar um conjunto de ações que visa controlar o uso e a proteção dos recursos hídricos, de acordo com as legislações e normas pertinentes. (GOMES, 2013).

O entendimento de sustentabilidade tem sido cada vez mais destacado e a conscientização da sociedade sobre a importância da preservação ambiental, vem se

aprofundando a cada dia. Desta forma, a questão ambiental teve destaque na população, que começou a perceber os lados negativos dos impactos das atividades humanas, sobre o meio ambiente, verificando a necessidade de ações para mitigação dessas atividades (CANDIDO e MARTINS, 2010).

Desse modo, deve-se adotar o conceito de sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável. E que esses conceitos sejam disseminados no dia a dia. (BARBOSA, 2008).

1.1.12. A qualidade das águas em sistemas de captação de águas pluviais

Estudos acerca da qualidade das águas em sistemas de captação de águas pluviais indicam que a passagem das águas pela superfície de captação apresenta uma piora na qualidade, fato que poderia comprometer o reuso destas águas.

May (2004) através de um estudo de aproveitamento de águas pluviais, aponta que a qualidade das águas captadas no reservatório apresenta melhor qualidade em relação as águas captadas diretamente coletor de chuva devido a fatores como: descarte das águas de limpeza, retirada do material orgânico grosseiro como folhas e galhos e sedimentação do material particulado proveniente do telhado.

O potencial de reuso de águas também foi explorado no Parque Experimental do Núcleo Água localizado na Universidade Federal do Espírito Santo (ANNECCHINI, 2005). Neste estudo, foi observado que as águas provenientes da precipitação da atmosfera da cidade de Vitória são de boa qualidade, apresentando baixo índice de acidificação, porém, estas águas apresentaram uma piora na qualidade ao passar pela superfície de captação.

Hagemann (2009) observou também uma alteração da qualidade das águas pluviais após a passagem pela área de captação, num sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva instalado na cidade de Santa Maria/RS.

Lima et al. (2011) implantaram um sistema de filtração em papel filtro que simula a operação de um filtro lento para o reaproveitamento de águas pluviais, num sistema instalado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A combinação dos resultados destes estudos aponta para opções como o descarte dos primeiros milímetros de chuva e o uso de filtros para melhora da qualidade das águas a serem reaproveitadas.

Os resultados destes trabalhos foram comparados com esta pesquisa. O resultado está no item 5.

1.1.13. Gestão sustentável dos parques urbanos

As áreas verdes visam mitigar as ações antrópicas, além de trazer vantagens a sociedade (GOMES,2014).

Atualmente os parques urbanos, tem como sinônimo a preservação do meio natural, de acordo com o princípio da sustentabilidade, porém ainda está enraizado a cultura de ser somente um espaço de lazer (NASCIMENTO DA SILVA, 2010).

Os parques urbanos prestam serviços a sociedade. Como funções dos parques no ambiente urbano, temos habitat de flora e fauna, biodiversidade, microclima, permite realizar atividades de educação ambiental, e afins (OLIVEIRA e BITAR, 2009).

Para cumprir com sua funcionalidade, os parques urbanos devem gerir suas unidades de acordo com a sustentabilidade, aplicando recursos para preservação do meio ambiente (GOMES, 2014).

A gestão dos recursos, pode contribuir para redução do consumo de água potável, por meio do aproveitamento de águas pluviais, implantando reservatório de armazenamento (SANTOS et al , 2015).

O Parque Chico Mendes, localizado na cidade de Itu / SP, utiliza águas pluviais para rega de plantas, limpeza dos banheiros, etc. Foi observado uma redução no abastecimento de água potável e economia financeira (PREFEITURA DE ITU,2016).

1.2. Justificativa

O Orquidário Municipal de Santos, é ligado à Secretaria de Meio Ambiente visando a preservação e sustentabilidade. Considerando a possibilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e não existindo nenhum estudo que verifique a viabilidade da implantação desse sistema no Parque , pretende -se com esta pesquisa a contribuição para construção de um sistema de captação de águas pluviais além de levar a possibilidade de implantar em outros parques da Semam.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica de captação

o de águas pluviais para fins não potáveis, em um dos viveiros selecionado como local de estudo situado no Orquidário Municipal de Santos (São Paulo, Brasil).

2.2. Objetivos Específicos

- *Quantificar a demanda utilizada atualmente, de água potável, no viveiro de mudas.*
- *Instalação de uma estrutura para captação e armazenamento de águas pluviais*
- *Dimensionar o volume do reservatório de armazenamento de acordo com a norma ABNT NBR 15.527:2007.*
- *Analisar os parâmetros da qualidade da água coletada, de acordo com a norma ABNT NBR 15.527:2007.*
- *Analisar o aproveitamento de águas pluviais e a sustentabilidade, para fomentar políticas públicas de preservação dos recursos hídricos.*

3. METODOLOGIA

3.1. Instalação do Projeto Piloto

O local escolhido para o desenvolvimento do projeto foi Orquidário Municipal de Santos, localizado no Bairro José Menino, cidade de Santos, litoral de SP, conforme Figura 11. O Parque possui uma área de 24.000 mil metros quadrados e recebe uma média anual de 260.000 visitantes. Inaugurado em 11/11/1945 para ser um local de acervo de orquídeas, evoluiu para um Parque Zoobotânico, tornando-se o segundo equipamento mais visitado de Santos.

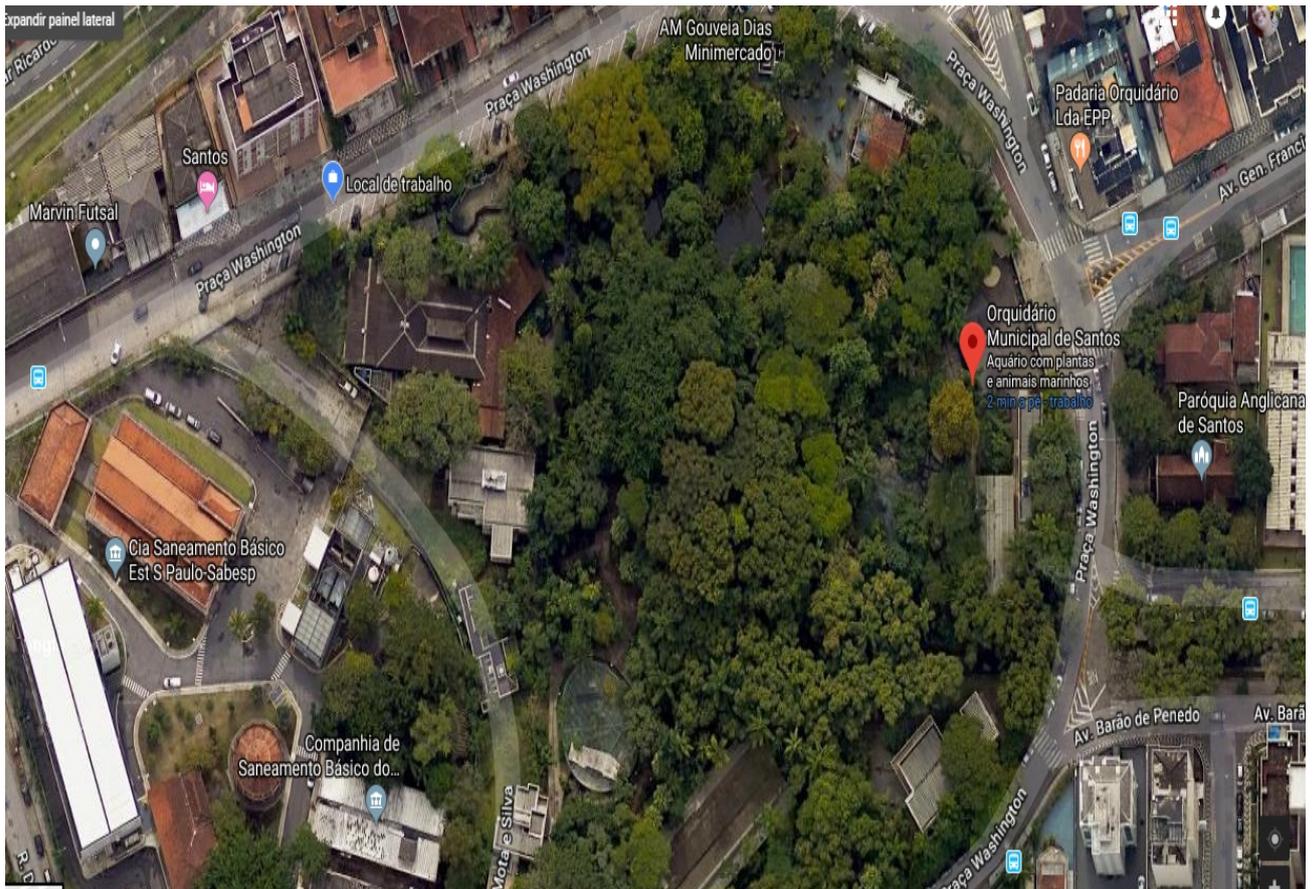


Figura 11. Localização do Orquidário
Fonte Google Maps

O posicionamento geográfico do Orquidário de Santos, é ilustrado conforme figura 12, a partir da entrada simbolizada em vermelho e Latitude e Longitude.



Figura 12. Posicionamento Geográfico
Fonte Sigsantosweb (2014)

A pesquisa teve como objeto de estudo o Viveiro de Mudas, um local onde fica a criação de mudas de orquídeas. Este local, conforme ilustrado na Figura 13 apresenta um amplo espaço para o cultivo das mudas.

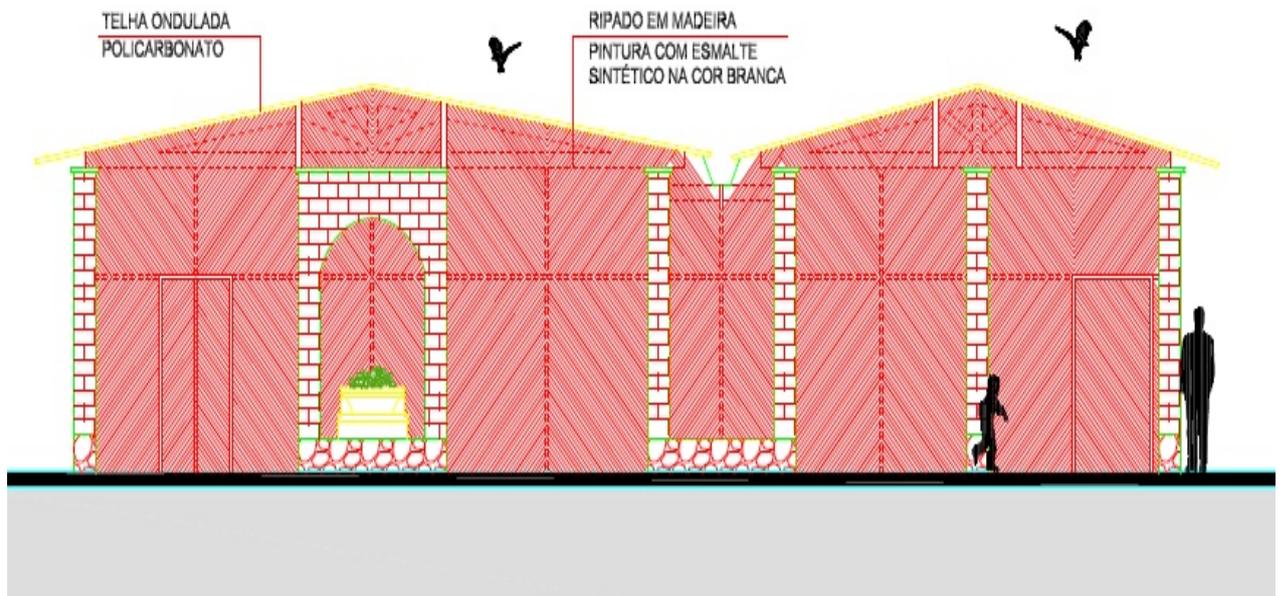


Figura 13. Frente do Viveiro
 Fonte: arquivo pessoal do autor

Foi montado uma estrutura para captação e armazenamento da água de chuva visando a obtenção de dados para que o reservatório de armazenamento fosse implantado, considerando a quantidade de água necessária para utilização.

Foram realizadas duas sequencias experimentais: na primeira foram coletadas amostras do reservatório logo após a ocorrência da chuva; e na segunda foram coletadas amostras após um período de retenção, entre 10 a 15 dias no reservatório.

O local escolhido foi o Viveiro de criação de mudas de Orquídeas, localizado dentro do Orquidário Municipal de Santos, estado de São Paulo.

Para a captação de águas pluviais, foram reaproveitados alguns dos materiais já existentes no local. Após algumas adequações, foi possível prosseguir com o projeto. A *Figura 14* mostra um esquema do projeto piloto

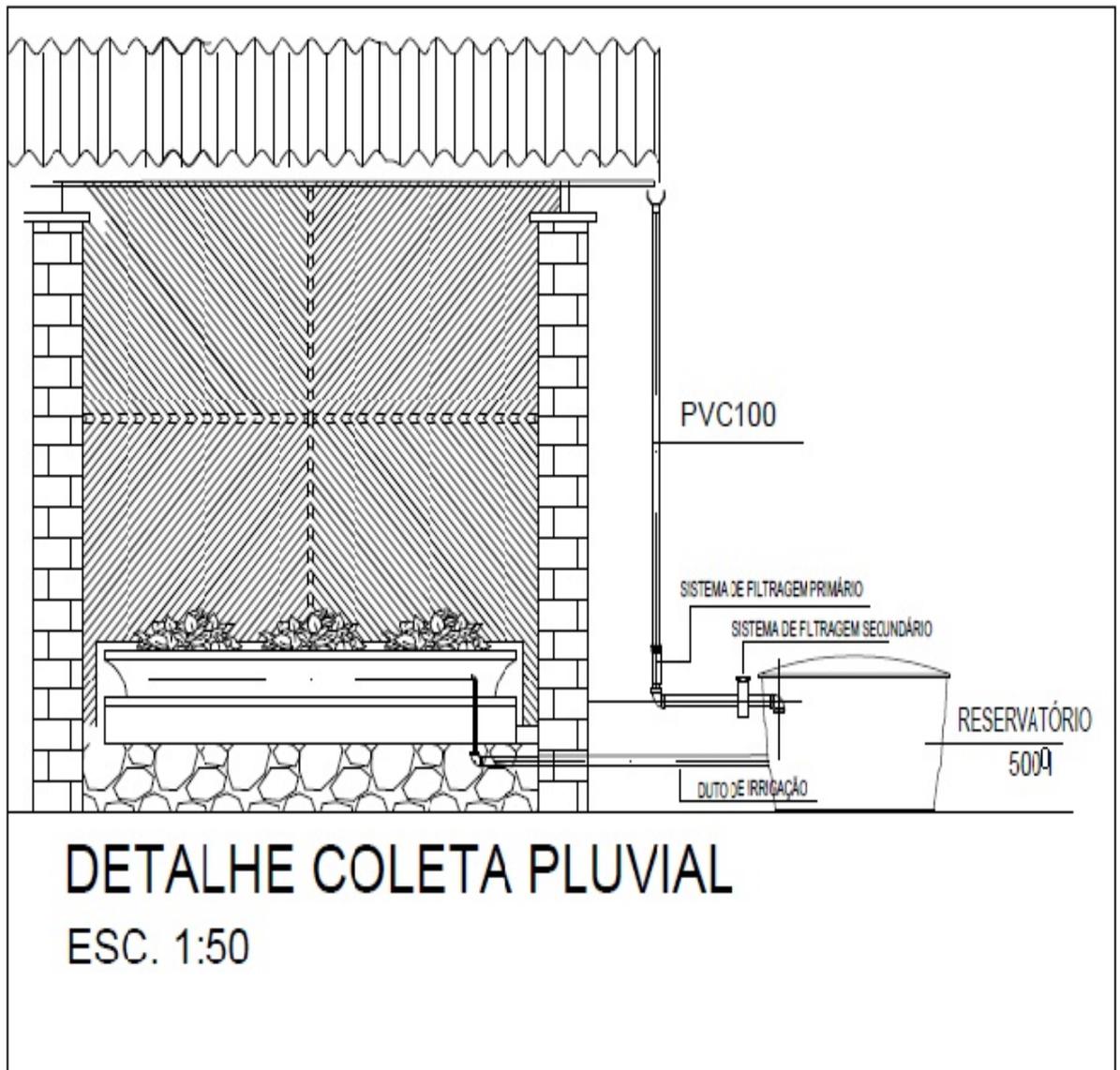


Figura 14. Projeto experimental

Fonte: arquivo pessoal do autor

Após a água passar pela calha, ela é conduzida através de tubulação vertical de PVC com diâmetro de 100 mm. Na Figura 15, podemos ver os equipamentos condutores de água de chuva.



Figura 15. Sistema de condução da água de chuva
Fonte: arquivo pessoal do autor

Quanto ao material utilizado na superfície de captação, temos as telhas onduladas de policarbonato, a sua identificação é de suma importância para determinar o coeficiente de escoamento superficial “C”. A Figura 16 mostra a área de superfície de captação. Antes de iniciar o projeto, as telhas foram lavadas e raspadas as crostas existentes, formadas em função do acúmulo de poluentes, matéria orgânica, dentre outros.



Figura 16. Calha para captação
Fonte: arquivo pessoal do autor

Neste trabalho, os critérios para implantação do projeto foram adotados de acordo com a necessidade do Parque, captando a água, e filtrando utilizando o filtro de carvão ativado, pois o cloro prejudica as plantas. Podemos ver os filtros utilizados na Figura 17.



Figura 17. Sistema de filtragem
Fonte: arquivo pessoal do autor

O principal motivo que levou a escolha do Viveiro para implantação do projeto, foi o fato de ser um local que utiliza água potável, para fins menos nobre.

3.2. Dimensionamento do reservatório

Esta etapa visou verificar os métodos de dimensionamento do reservatório de acordo com a NBR 15.527 – Aproveitamento de Coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, simulando através de alguns dos métodos sugeridos pela ABNT.

Para dimensionar o reservatório de armazenamento de águas pluviais e verificar se o volume de água de chuva captada atende satisfatoriamente a demanda por água, foi necessário realizar o levantamento dos dados pluviométricos da cidade de Santos (SP) e quantificar a demanda de água utilizada no Viveiro.

3.2.1 Levantamento dos índices pluviométricos

O levantamento dos dados pluviométricos foi obtido junto a Defesa Civil da cidade de Santos (SP), o qual disponibilizou os valores da série histórica diária de chuvas do período anual de 200 a 2018.

Segundo o Órgão da Prefeitura de Santos (SP) esses dados foram aferidos no Posto do Saboó / P6, localizado na Zona Noroeste da cidade.

3.2.2 Quantificação da demanda

A quantificação da demanda de água potável, utilizada no Viveiro foi aferida através de medição diária do hidrômetro do local, conforme figura 18.



Figura 18. Hidrômetro do local
Fonte: arquivo pessoal do autor

As medições foram feitas diariamente, tendo início em 09 de junho de 2017 e término em 13 de julho de 2018, com duas leituras diárias, uma as 09:00 e a outra às 16:00.

O cálculo do consumo diário foi obtido pela diferença de volume entre as duas medições consecutivas.

3.2.3 Cálculo do reservatório

O cálculo no presente trabalho, para dimensionar o reservatório, buscou o que apresentasse informações de demanda de água e a média mensal de precipitação, dados esses que foram levantados, conforme descrito anteriormente.

A norma ABNT 15.527:2007 traz no apêndice, alguns modelos de dimensionamento de reservatório, que funciona como exemplo, não tendo cunho obrigatório. Os métodos escolhidos para o presente trabalho foram: Cálculo de *Rippl*, Prático Inglês e Método Prático Alemão.

O telhado do Viveiro é dividido em quatro partes. Para os cálculos, foi considerado o valor da menor parte do telhado, denominado “A” e do telhado inteiro, conforme Figura 19.

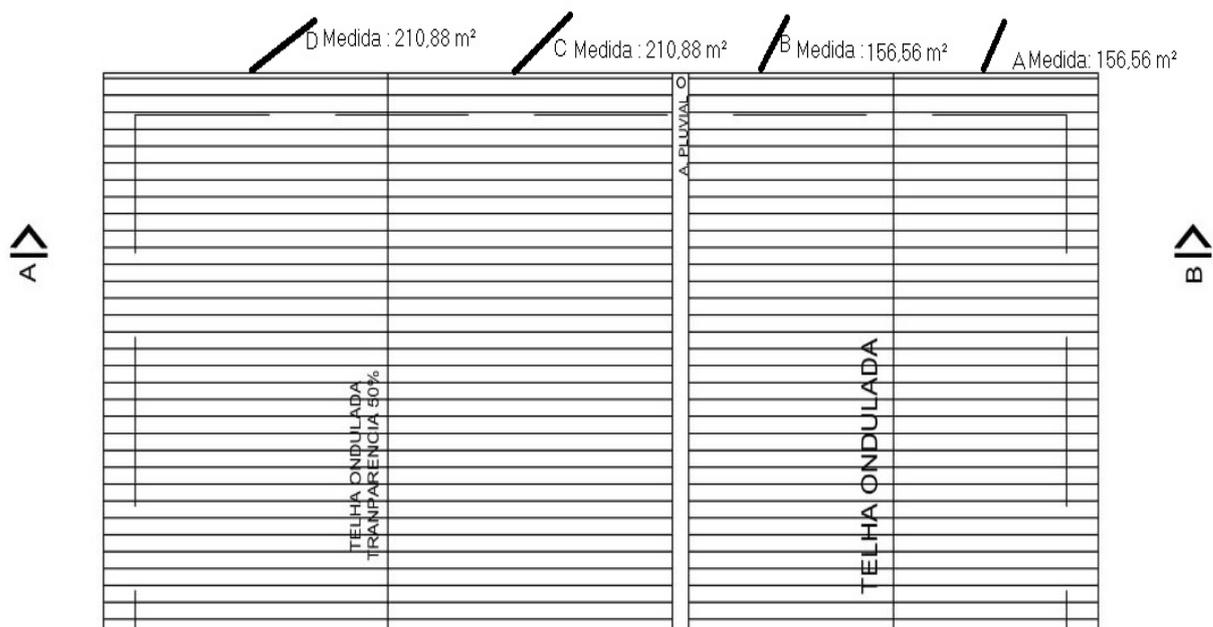


Figura 19. Divisão do Telhado
Fonte: arquivo pessoal do autor

De acordo com a Figura 17, o telhado foi dividido em quatro partes: A, B, C e D, para melhor visualização. Para a simulação dos cálculos foi considerado a parte A que mede 156,56 m² e a parte A D representando o telhado inteiro, medindo 734,88 m². A planta completa está disponível no anexo B.

3.2.3.1 Cálculo de *Rippl*

De acordo com o método de *Rippl*, os cálculos foram feitos para as médias mensais, obtendo o volume para o reservatório, e um valor para eficiência anual.

Neste método utiliza-se as séries históricas anuais. Pode ser aplicado em demandas mensais constantes ou variável. São aplicados os valores da demanda

mensal, dados hidrológicos da cidade de Santos, a área de captação em m² e por fim o Coeficiente de escoamento superficial, *Runnof* C=8, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo de *Rippl*

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses do ano	P (mm)	Dt (m ³)	Ac (m ²)	V chuva (m ³)	Dm - V chuva (m ³)	Dif coluna 6	Reservatório
Total							

Fonte: arquivo pessoal do autor

Descrição da planilha:

Coluna 1 = Meses

Coluna 2 = Intensidade pluviométrica mensal

Coluna 3 = Demanda mensal de água pluvial da edificação

Coluna 4 = Área de captação da edificação

Coluna 5 = (Coluna 2) x (Coluna 4) x (Coeficiente de *Runoff*) / (100)

Coluna 6 = (Coluna 3) - (Coluna 5)

Coluna 7 = (Coluna 7 mês anterior) + (Coluna 6 mês atual)

Se o valor resultante for menor que zero adotar zero

Coluna 8 = Se (Coluna 7) for igual a zero, valor resultante "E" (Extravasando)

Se (Coluna 7 mês atual) for maior do que (Coluna 7 mês anterior), valor resultante "D" (Descendo)

Se (Coluna 7 mês atual) for menor do que (Coluna 7 mês anterior), valor resultante "S" (Subindo)

3.2.3.2 Método prático inglês

O método prático inglês, baseia-se em certo percentual de aproveitamento da precipitação média anual em relação a área de captação. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume do reservatório de água é dado pela equação (10):

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

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros

A é a área de coleta em projeção, metros quadrados

V é o volume de água do reservatório, em litros

3.2.3.3 Método Azevedo Neto

O método do Azevedo Neto, baseia-se em um método de aproveitamento de sistema individuais e coletivos. Os individuais são formados pela coleta de água que precipita dos telhados e o coletivo utilizados em sistema para contribuir com pequenas comunidades. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume do reservatório de água é dado pela equação (11):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (11)$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros

T é o número de meses de pouca chuva ou seca

A é a área de coleta em projeção, metros quadrados

V é o volume de água do reservatório, em litros

3.3. Análise da qualidade da água

Esta etapa, visou analisar a qualidade da água pluvial captada no viveiro de mudas, de acordo com a destinação final da água coletada, que será para rega de mudas de orquídeas e canteiros.

As coletas foram feitas da água após contato com o telhamento, sendo uma análise logo após a ocorrência da chuva e outra entre o intervalo de 10 a 15 dias de armazenamento.

Foram feitas análises físicas, químicas e microbiológicas da água de chuva coletada no reservatório experimental logo após a chuva e também analisada após um período de retenção Nas Tabelas 2 e 3, temos as datas das coletas logo após a chuva e depois de um período de retenção com o respectivo índice pluviométrico.

Tabela 2 – Data da coleta logo após chuva e o índice pluviométrico

Coleta	Data	Pluviosidade
1°	08/01/2018	9,4 mm
2°	05/02/2018	60,6 mm
3°	09/03/2018	0,2 mm
4°	03/04/2018	15 mm
5°	08/05/2018	6,6 mm
6°	08/06/2018	0,4 mm

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Tabela 3 – Data da coleta após período de retenção e o índice pluviométrico

Coleta	Data	Pluviosidade
1°	23/01/2018	19 mm
2°	19/02/2018	3,2 mm
3°	20/03/2018	14,4 mm
4°	23/04/2018	10 mm
5°	18/05/2018	40 mm
6°	19/06/2018	5,4 mm

Fonte: Arquivo pessoal do autor

As coletas foram realizadas nos meses de janeiro a junho de 2018, em dois pontos da caixa de armazenamento, sendo cada ponto feito em três réplicas. A primeira fase foi a coleta logo após o contato com o telhamento. A segunda fase da coleta, foi feita após um período de retenção de dez a quinze dias no reservatório de água. As amostras foram coletadas em frasco de âmbar estéril, exceção a amostra de OD que foi coletada em frasco de Winkler e armazenadas em isopor com gelo, para serem preservadas e levadas ao Laboratório.

O objetivo das coletas logo após a chuva foi verificar o modo que os poluentes acumuladores no telhamento influenciam na qualidade da água. Já a segunda fase, teve como objetivo avaliar a influência da sedimentação natural de poluentes na qualidade da água armazenada após 10 a 15 dias.

O reservatório de armazenamento de 500 litros possui dois pontos distintos de coleta, sendo um deles no meio e o outro no fundo, conforme Figura 20.

Na primeira etapa, foram feitas as análises de acordo com os parâmetros orientados pela ABNT 15527:2007, que são: Temperatura, pH, turbidez, cor e coliformes. Já na segunda etapa, foram feitas as análises de acordo com os parâmetros da ABNT 15527:2007 e foram acrescentados alguns dos parâmetros de acordo com a resolução CONAMA 357/05 que foram: nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido, DQO, DBO e fosfato.

Embora não seja exigência da ABNT 15527:2007 as análises dos outros parâmetros citados anteriormente, foram feitas para observar como a dinâmica dos componentes influenciam na qualidade da água captada no reservatório de armazenamento após um período de retenção.



Figura 20. Caixa de armazenamento

Fonte: arquivo pessoal do autor

Após as coletas, o reservatório foi esvaziado através do sistema manual e a água utilizada para regar os canteiros do Parque. Depois de esvaziada, o sistema de

captação foi novamente recolocado para a próxima série de coleta. Foi realizada higienização no reservatório após cada fase das coletas

Os resultados foram comparados com os padrões de qualidade da água, de acordo com a resolução CONAMA 357/05 para águas classe 3 e NBR ABNT 15527:07. Foi utilizado o software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03 para expressar os resultados das análises da qualidade das águas e os valores expressos representam a média para cada ponto coletado (n=3). Todos os resultados desta pesquisa estão na íntegra no anexo F.

3.3.1 Determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes

Para a determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes nas amostras, o método adotado foi da técnica da filtração em membranas (modificado de CETESB, 2007 e APHA, 2012).

As amostras coletadas foram homogeneizadas, e com o auxílio de uma pipeta estéril, foram transferidos 5 mL para um frasco contendo 45 mL de uma solução de diluição estéril. A partir da diluição anterior, transferiu-se 1 mL para um novo frasco, contendo 99 mL de solução de diluição estéril, chegando então à diluição final de 1000 vezes a partir da amostra inicial.

A seguir, transferiu-se 10 mL para um novo frasco com 90 mL de solução de diluição estéril e após homogeneização, todo o conteúdo deste frasco foi filtrado em uma membrana estéril quadriculada com porosidade de 0,45 µm. Utilizando uma pinça estéril esta membrana foi disposta sob o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes (Biolog) em placas de Petri.

Posteriormente, as placas foram colocadas em posição invertida em bandejas e incubadas a $35 \pm 0,5^\circ \text{C}$, durante 22-24 horas. Após o tempo de incubação, efetuou-se a contagem das colônias típicas de coliformes totais e *Escherichia coli*, onde o resultado foi expresso em Unidade Formadoras de Colônias, de acordo com a equação (12):

$$\text{UFC}/100\text{mL} = \frac{\text{NTC} \times \text{DE}}{\text{VFA}} \times 100 \quad (12)$$

Onde:

UFC - unidade Formadora de colônia

NTC - número total de colônias

DE - diluição empregada

VFA - volume filtrado da amostra (mL)

A diluição foi igual a 1000 vezes e o volume filtrado foi igual a 10 ml.

3.3.2. Determinação da temperatura

Para aferição da temperatura, foi utilizado um termômetro de mercúrio. O bulbo do termômetro foi inserido na amostra recém-coletada e aguardou-se então que o material dilatante (mercúrio) estabilizasse. Foi feita a leitura com o bulbo do termômetro dentro da água (APHA, 2012).

3.3.3. Determinação do potencial hidrogeniônico

Para as análises do pH das amostras, foi utilizado o medidor de pH digital, modelo PH – 009. O equipamento foi calibrado segundo as instruções do fabricante. Logo após a coleta colocou-se o eletrodo do pHmetro na amostra, esperou-se estabilizar e foi feita a leitura no equipamento (APHA, 2012).

3.3.4. Determinação da cor aparente

Para as análises da cor das amostras, foi utilizado um aparelho comparador de colorimétrico visual, marca Policontrol®, modelo NQ – 200, que possui fonte própria de luz com filtro difusor, prisma óptico de junção de imagem e câmera de leitura contra interferência de luz expúria. O equipamento opera com discos colorimétricos.

Após a identificação das amostras, foi enchido um dos tubos do comparador com água destilada e colocado no amostrador, conforme instruções do fabricante. O segundo tubo foi preenchido com a amostra e também colocado no comparador.

Em seguida foi acionada a luz de fundo e feita a leitura, girando o disco até que a cor dos dois tubos coincida ou fique o mais próximo possível. Por fim, foi anotado o valor da leitura da cor (APHA, 2012). Os resultados foram expressos em unidades Hazen (uH), aonde: 1 Hazen (uH) = 1 Unidade de cor (uC) = 1 mg Pt-Co/L.

3.3.5. Determinação da turbidez

Para as análises de turbidez das amostras foi utilizado turbidímetro portátil, marca Policontrol®, modelo AP – 2000. As amostras coletadas foram homogeneizadas e acondicionadas na cubeta do aparelho, previamente calibrado conforme instruções do fabricante. A cubeta então foi inserida na célula de leitura, colocando cuidadosamente na posição correta e os resultados foram registrados (APHA, 2012). Os resultados foram expressos em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

3.3.6. Determinação de nitrito e nitrato

Nitratos e nitritos foram determinados pelo método do N-(1-naftil) - etilenodiamina (NTD), adaptado de APHA (2005) método 4500 B, 4-118, através da utilização de reagentes adquiridos do fabricante Alfakit (Santa Catarina, Brasil). As determinações foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante, efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Spectronic, modelo Biomate 3) em comprimento de onda (λ) igual a 535 nm.

Os teores de nitrogênio-nitrato ($N-NO_3^-$) das amostras foram calculados por meio de curva construída a partir de solução padrão de nitrato (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 10 mg/L. Os teores de nitrogênio-nitrito ($N-NO_2^-$) das amostras foram calculados por meio de curva construída, a partir de solução padrão de nitrito (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,0156 a 0,5 mg/L.

Os resultados foram expressos em mg/L, utilizando-se o programa Microsoft Excel for Windows versão 2010.

3.3.7. Determinação de fosfato

A determinação de Fosfato dissolvido foi realizada pelo método Azul de molibdênio, adaptado de APHA (2012) método 4500 E 4-155, através da utilização de reagentes adquiridos do fabricante Alfakit (Santa Catarina, Brasil). Efetuou-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Spectronic, modelo Biomate 3) em comprimento de onda (λ) igual a 650 nm. Os resultados dos teores de fosfato das

amostras foram calculados por meio de curva construída a partir de solução padrão de Fosfato (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 10 mg/L.

Os resultados foram expressos em mg/L, utilizando-se o programa Microsoft Excel for Windows versão 2010.

3.3.8. Determinação do oxigênio dissolvido

Para as análises de oxigênio dissolvido das amostras, os ensaios foram realizados no Laboratório de Efluentes da Sabesp. A metodologia utilizada para determinação do oxigênio dissolvido foi o método titulométrico. As análises foram feitas de acordo com o método 4500-O-C SMEWW (APHA, 2012).

Resumidamente, as amostras foram coletadas em frasco Winkler de 300 mL, com cuidado para evitar a formação de bolhas. Para a preservação das amostras foi adicionando 1 mL da solução de sulfato de manganês e, em seguida, 1 mL do reagente álcali-iodeto-azida, misturando por inversão dez vezes, até a formação de floculação. No momento da análise, transferiu-se a amostra para o frasco Erlenmeyer e titulou-se com solução de tiosulfato de sódio (0,025 M) até o aparecimento da coloração amarelo palha. Acrescentou-se 3 a 5 gotas do indicador de amido 1% e prosseguiu-se com a titulação até o ponto de viragem da cor azul para incolor. Os resultados foram expressos em mg/L.

3.3.9. Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para as análises de DBO das amostras, os ensaios foram realizados no Laboratório de Efluentes da Sabesp. As análises foram feitas de acordo com o método respirométrico (método – 5210 D, APHA, 2012), através da utilização do sistema OxiTop®. Após a coleta, as amostras foram mantidas refrigeradas em temperatura inferior a 4°C até o início da análise.

Posteriormente iniciou-se o processo, transferindo a amostra para o frasco DBO Oxitop, de acordo com as instruções do fabricante, adicionando-se os nutrientes e a barra magnética. Em seguida, a garrafa com sensor Oxitop foi colocada no sistema de agitação. As leituras foram realizadas pelo sistema (iniciais e durante o período de incubação de 24h) e os resultados foram expressos em mg/L.

3.3.10. Determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para as análises de DQO das amostras, os ensaios foram realizados no Laboratório de Efluentes da Sabesp. A metodologia utilizada foi o método de refluxo fechado. As análises foram feitas de acordo com o método – 5220 D (APHA, 2012).

Para execução das análises foi utilizado vidrarias volumétricas calibradas, reagentes, digestor de DQO com refluxo fechado e aparelho de espectrofotômetro *Hach* DR 2000. As análises foram realizadas e os resultados foram expressos em mg O₂/L de DQO.

4. RESULTADOS

4.1. Dimensionamento do reservatório

4.1.1 Levantamento dos índices pluviométricos

A partir dos dados obtidos junto a Defesa Civil de Santos, no período de 2008 a 2018, foi possível obter as médias mensais de precipitação da cidade de Santos, conforme demonstrado na Figura 21. A partir dos resultados, pode-se verificar que os meses de julho e agosto apresentam menor precipitação. Já os meses de janeiro e março são os mais chuvosos.

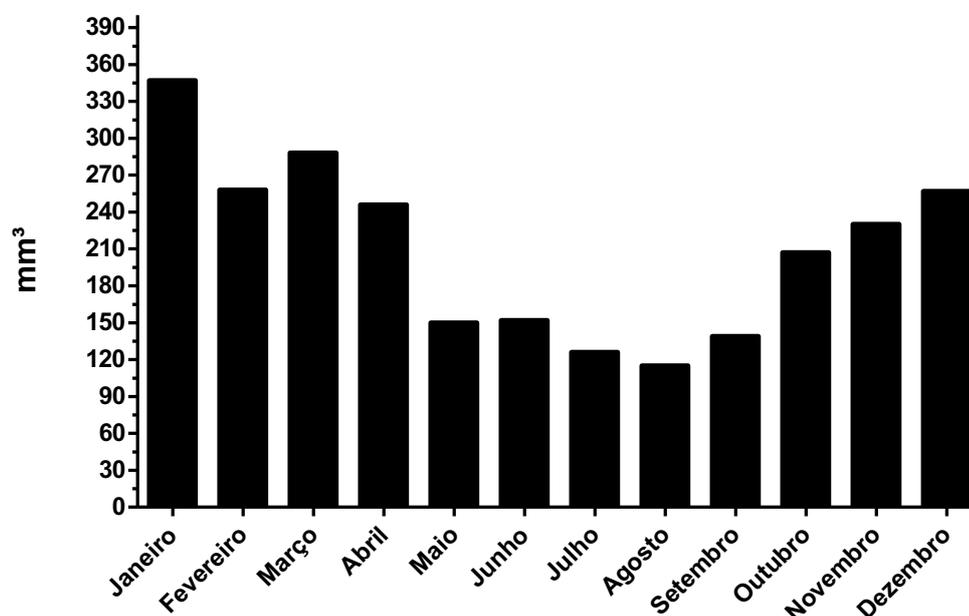


Figura 21. Índice pluviométrico de Santos no período de 2008 a 2018 (valores médios)
Fonte: Defesa Civil de Santos

Em relação à distribuição das chuvas, podemos verificar que os meses de novembro a abril têm valores mais elevados em relação ao período que compreende maio a outubro.

Verifica-se, portanto que a Cidade de Santos possui um índice bem contrastante, com períodos de chuvas e estiagem bem demarcados.

4.1.2 Quantificação da demanda mensal de água

Para quantificar a demanda mensal utilizada foram feitas leituras diárias no hidrômetro e anotado os valores, conforme Figura 22.

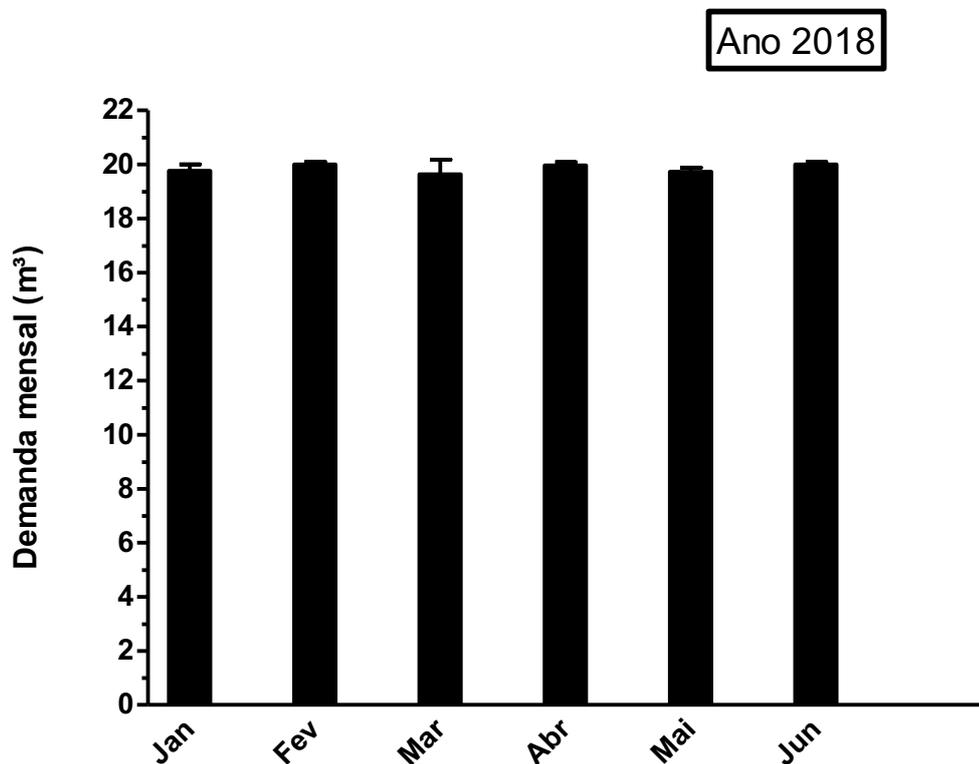


Figura 22. Quantificação da demanda mensal de água
Fonte: arquivo pessoal do autor

Com estes dados pôde-se obter o consumo médio mensal do Viveiro, no valor médio de vinte metros cúbicos.

4.1.3 Cálculo do reservatório

Com base nos valores dos índices pluviométricos e da demanda mensal utilizada, foi feita a simulação do cálculo do volume do reservatório.

4.1.3.1 Cálculo de *Rippl*

A simulação do cálculo de *Rippl* foi feita de acordo com os dados pluviométricos, a demanda de água utilizada, a área de coleta e o coeficiente de escoamento superficial. Os resultados do cálculo, para uma parte do telhado (Telhado A) e do telhado por inteiro (Telhado AD) estão descritos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Cálculo *Rippl* Telhado A

1	2	3	4	5	6	7
Mês	P (mm)	Dt (m ³)	Ac (m ²)	Vchuva (m ³)	Dm - V chuva (m ³)	Dif coluna 6
Jan	347	20	156	43	-23	0
Fev	258	20	156	32	-12	0
Mar	288	20	156	36	-16	0
Abr	246	20	156	31	-11	0
Mai	150	20	156	19	1	1
Jun	152	20	156	19	1	2
Jul	126	20	156	16	4	6
Ago	115	20	156	14	6	12
Set	139	20	156	17	3	15
Out	207	20	156	26	-6	9
Nov	230	20	156	29	-9	0
Dez	257	20	156	32	-12	0
Total	2515	240	-----	314	----	15

Fonte: arquivo pessoal do autor

Tabela 5 – Cálculo Rippl Telhado AD

1	2	3	4	5	6	7
Mês	P (mm)	Dt (m ³)	Ac (m ²)	Vchuva (m ³)	Dm - Vchuva (m ³)	Dif coluna 6
Jan	347	20	734	204	-184	0
Fev	258	20	734	151	-131	0
Mar	288	20	734	169	-149	0
Abr	246	20	734	144	-124	0
Mai	150	20	734	88	-68	0
Jun	152	20	734	89	-69	0
Jul	126	20	734	74	-54	0
Ago	115	20	734	68	-48	0
Set	139	20	734	82	-62	0
Out	207	20	734	122	-102	0
Nov	230	20	734	135	-115	0
Dez	257	20	734	151	-131	0
Total	2515	240	-----	1477	-----	-----

Fonte: arquivo pessoal do autor

O volume aproveitável de chuva, coluna 5, é o resultado da relação entre a precipitação, a área de coleta e o coeficiente de escoamento superficial, que neste caso foi adotado $C = 8$. Neste método, o volume do reservatório é obtido nos valores da diferença da coluna 6. No caso da captação da parte A do telhado, temos o valor do volume do reservatório igual a 15 m³.

Porém na simulação no caso da parte AD do telhado, temos todos os valores da coluna 6 negativos, devido ao fato de a demanda de água ser inferior ao volume de chuva captada na área de coleta. Nesse caso, ocorre o chamado *overflow*, ou seja, sobra água o ano todo.

No caso do telhado AD, em que a ocorrência do *overflow* é registrada o ano todo, segundo o cálculo de *Rippl* não haveria necessidade de um reservatório de armazenamento. Deste modo, temos dificuldade de calcular o volume do reservatório quando a demanda e água é bem menor que o volume de chuva captado.

Para a situação do telhado AD, não foi possível calcular o volume do reservatório pelo Cálculo de *Rippl*.

4.1.3.2 Método Prático Inglês

A simulação do cálculo do Método Prático Inglês, foi feita de acordo com a aplicação direta dos dados na equação. Os resultados do cálculo, estão descritos nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 – Prático Inglês Telhado A

1	2	3
P anual (mm)	Ac (mm)	V= 0,05.P.A (m³)
2515	156	19

Fonte: arquivo pessoal do autor

Tabela 7 – Prático Inglês Telhado AD

1	2	3
P anual (mm)	Ac (mm)	V= 0,05.P.A (m³)
2515	734	92

Fonte: arquivo pessoal do autor

Neste cálculo, os dados de entrada são somente a área de coleta e a precipitação anual. Este método é de fácil aplicação e de fácil interpretação.

Pode-se verificar também um valor muito alto do volume do reservatório no caso do cálculo da área AD, para o presente estudo.

4.1.3.3 Método Azevedo Neto

A simulação do cálculo do Azevedo Neto, é de fácil aplicação e parte da premissa de fatores relativos à precipitação e ao período seco. Os resultados do cálculo, estão descritos nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Tabela 8 – Azevedo Neto Telhado A

1	2	3	4
P anual (mm)	Ac (mm)	T (mês)	V= 0,042.P.A.T (m³)
2515	156	1	16

Fonte: arquivo pessoal do autor

Tabela 9 – Azevedo Neto Telhado AD

1	2	3	4
P anual (mm)	Ac (mm)	T (mês)	V= 0,042.P.A.T (m³)
2515	734	1	77

Fonte: arquivo pessoal do autor

Neste cálculo, os dados de entrada são os dados hidrológicos, área de captação e o número de meses de pouca chuva.

Através dos resultados, pode-se verificar também o valor muito alto do volume do reservatório no caso do cálculo da área AD, para o presente estudo.

4.2. Análise da qualidade da água após contato com telhamento

O objetivo desta análise foi verificar se componentes acumulados no telhamento ao longo do tempo influenciam na qualidade da água.

As amostras foram retiradas do meio (M) e do fundo (F) do reservatório de armazenamento, avaliando a influência da sedimentação natural de poluentes entre os pontos de coleta.

4.2.1. Temperatura

Pode-se observar na Figura 23 que nas três primeiras coletas os valores de temperatura variaram entre 28,6 °C a 25,7 °C. Na quinta e sexta coleta, houve uma diminuição da temperatura, que ficou entre 24,6 °C a 21,6 °C.

A variação de temperatura deve-se à sazonalidade característica das estações climáticas correspondentes ao período amostral. Cabe ressaltar que não

foram realizadas coletas no período de inverno, estação que apresenta temperaturas mais baixas.

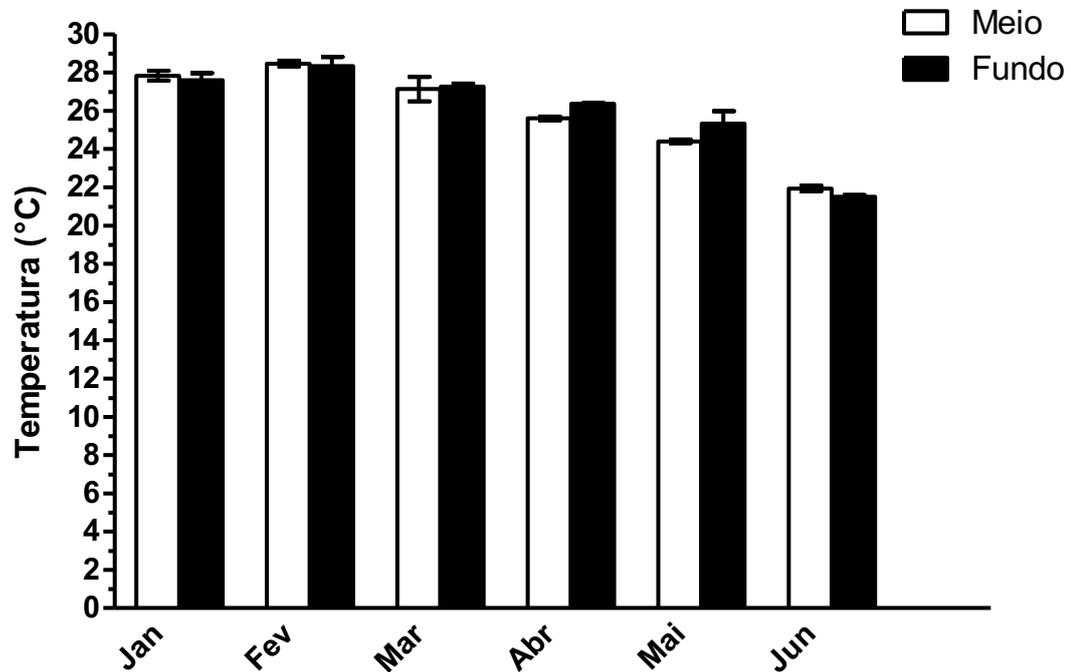


Figura 23. Resultados das aferições de temperatura das amostras após contato com telhamento

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.2.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

A Figura 24 demonstra que os valores da coleta de janeiro a março, tiveram variações entre a 5,8 a 6,6, valores próximos ao estabelecido na norma ABNT NBR 15.527 (pH entre 6,0 e 8,0). Já nas coletas de abril a junho, meses que apresentam menor pluviosidade, obteve-se valores inferiores, variando entre 4,4 a 5,7.

Em relação aos valores de referência estabelecidos na resolução CONAMA 357/05 (que estabelece valores de pH entre 6,0 e 9,0) os resultados para algumas amostras também ficaram abaixo do estabelecido.

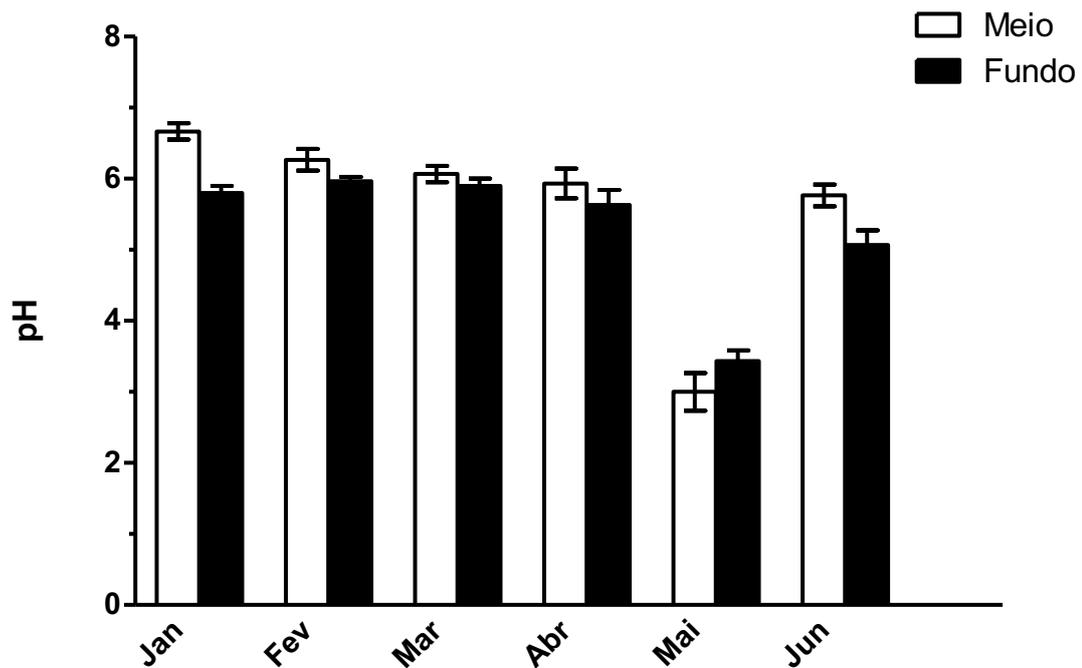


Figura 24. Resultados das aferições de pH das amostras após contato com telhamento
 Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.2.3. Turbidez

Em relação ao parâmetro turbidez (Figura 25), é possível verificar valores inferiores de turbidez para os meses de janeiro a março, possivelmente atribuído à maior frequência de chuvas durante este período com consequente diluição das amostras. As coletas de abril a junho, apresentaram maiores valores, após um período longo de estiagem.

Para os parâmetros da qualidade da água para turbidez adotados nos presentes estudo, todas as amostras se apresentaram dentro dos limites estabelecidos (até 5 UNT para a norma ABNT 15.527:2007 e até 100 UNT para a resolução CONAMA 357/05).

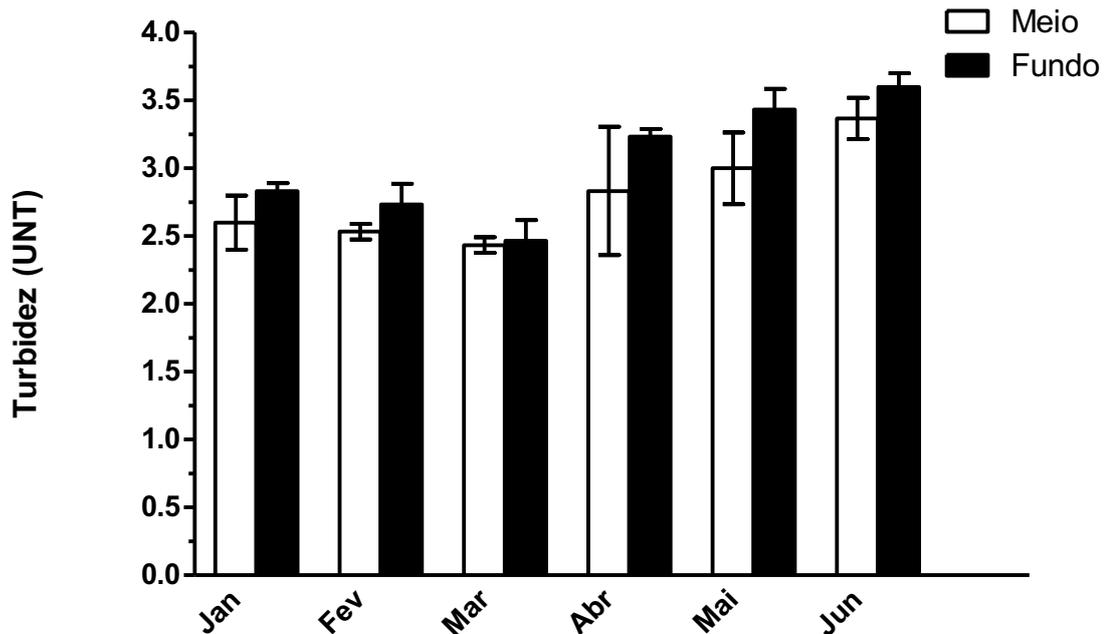


Figura 25. Resultados das aferições de turbidez das amostras após contato com telhamento
 Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.2.4. Cor aparente

Os valores de cor aparente tiveram um comportamento similar ao da turbidez, analisada anteriormente. Podemos verificar na Figura 26 que os valores de cor para as coletas de janeiro a março apresentaram valores inferiores em relação às coletas de abril a junho. A justificativa desses valores deve-se a variância do período frequente as chuvas e estiagem, que ocorreram nos meses de janeiro a março e abril a junho, respectivamente.

Com relação aos parâmetros da qualidade da água para cor, verifica -se que ficou dentro dos limites da ABNT 15.527:2007 que estabelece valores até 15 uH para cor aparente e dentro dos parâmetros da resolução CONAMA 357/05 que estabelece valores até 75 mg Pt/L para cor verdadeira (ou 75 uH).

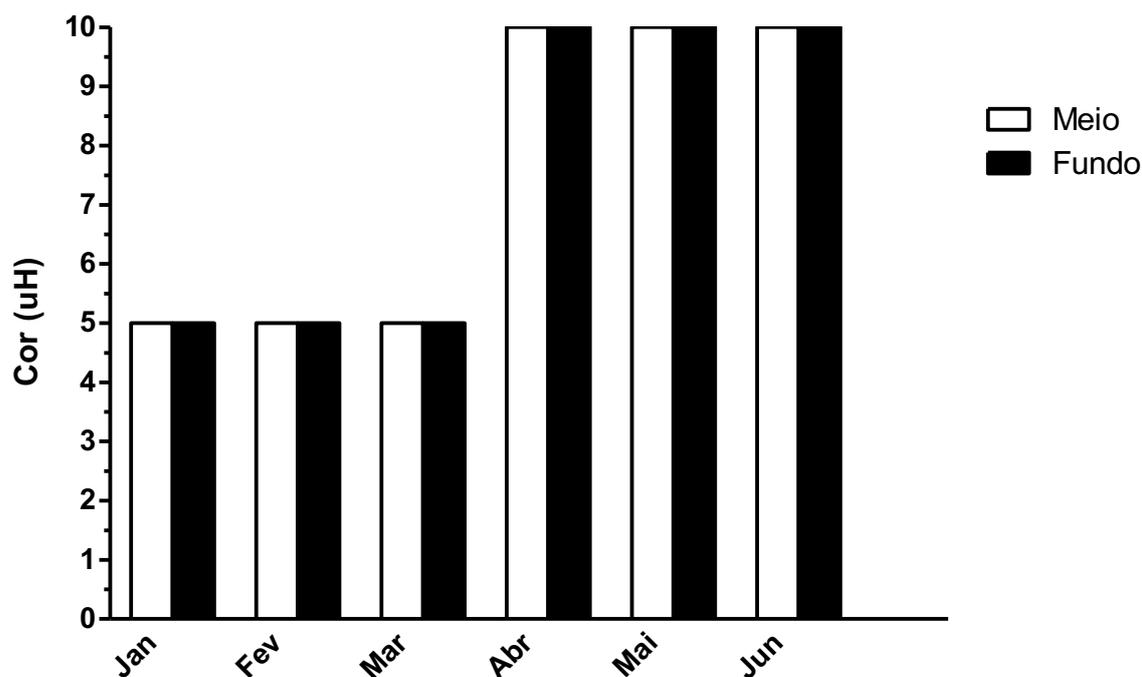


Figura 26. Resultados das aferições de cor aparente das amostras após contato com telhamento

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.2.5. *Escherichia coli*

Não foram observadas colônias de *E. coli* em nenhuma das amostras analisadas, indicando ausência de contaminação microbiológica por origem fecal.

Deste modo, todas as amostras permaneceram dentro dos parâmetros fixados pela ABNT 15.527:2007 que estabelece valores ausência em 100 mL de amostra e dentro dos parâmetros da resolução CONAMA 357/05 que estabelece o limite de 4.000 UFC/100mL.

4.3. Análise da qualidade da água armazenada após período de retenção

Esta etapa buscou avaliar a qualidade da água após um período de retenção (10-15 dias), verificando uma possível proliferação de microrganismos presentes após contato com telhamento e armazenada na caixa d'água, podendo comprometer a qualidades destas águas.

Os mesmos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 15.527:2007 foram analisados (temperatura, pH, turbidez, cor aparente e *E. coli*) nas amostras e,

devido ao tempo de permanência da água na caixa d' água, as análises dos seguintes parâmetros foram incluídas: nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido, DQO, DBO e fosfato, tomando como valores de referência os valores estabelecidos para as águas doces de classe 3 da resolução CONAMA 357/05.

4.3.1. Temperatura

De acordo com a Figura 27, pode-se observar que a temperatura das amostras após o período de retenção variou entre 23 a 28°C.

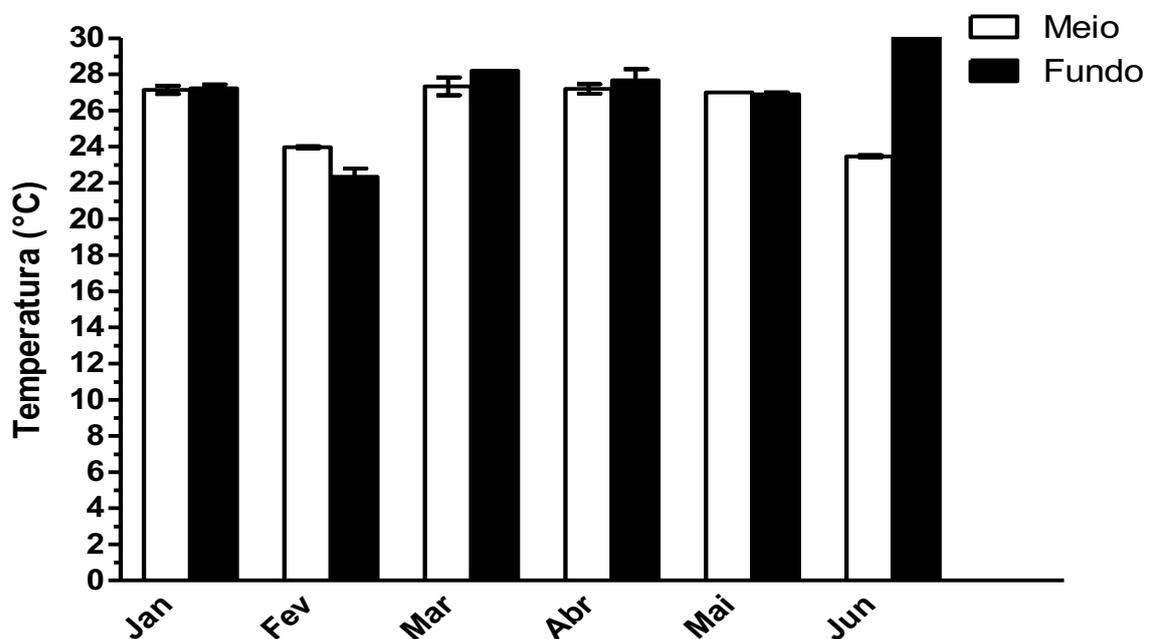


Figura 27. Resultados das aferições de temperatura das amostras após período retenção
Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.3.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os resultados indicam que o pH da água coletada sofreu pouca variação, sendo somente na última coleta, um valor mais baixo no ponto do meio do reservatório de armazenamento (Figura 28).

De acordo com a norma ABNT NBR 15.527:2007, todas as amostras se encontraram dentro dos limites estabelecidos (pH 6,0 a 8,0). Esses resultados

também ficaram dentro dos padrões da resolução CONAMA 357/05, que estabelece valores entre 6,0 a 9,0.

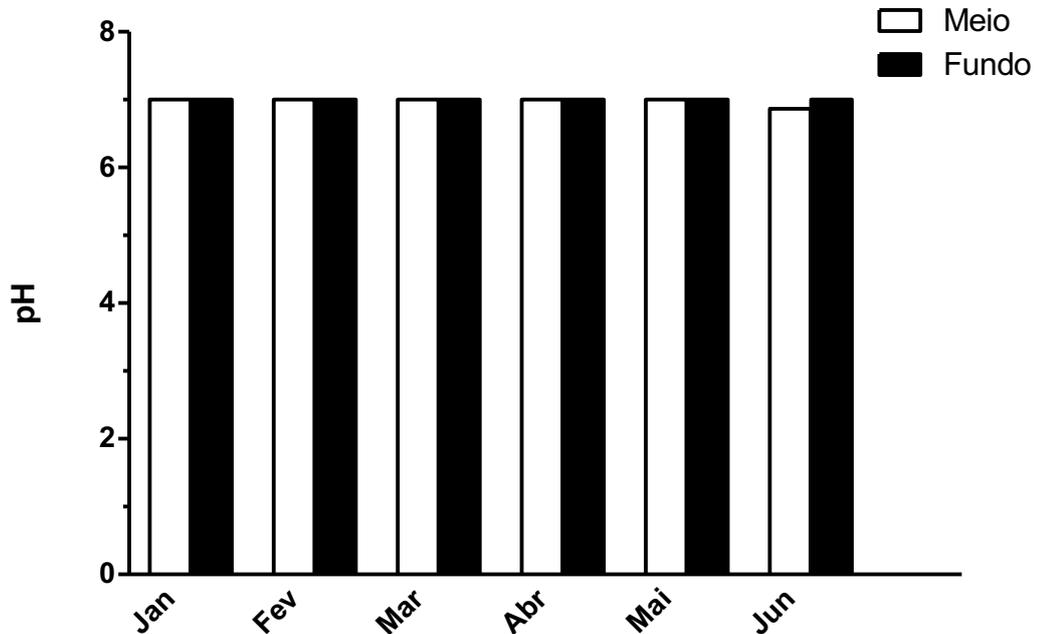


Figura 28. Resultados das aferições de pH das amostras coletadas após período de retenção

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.3.3. Turbidez

A interpretação dos resultados indica que a coleta do mês de maio, apresentou valor maior de turbidez, sendo observada a presença de espuma nestas águas, fato que possivelmente está relacionado com a presença de detergente após a limpeza inadequada da caixa de armazenamento (Figura 29).

Pode-se observar que os valores das demais coletas mantiveram estáveis.

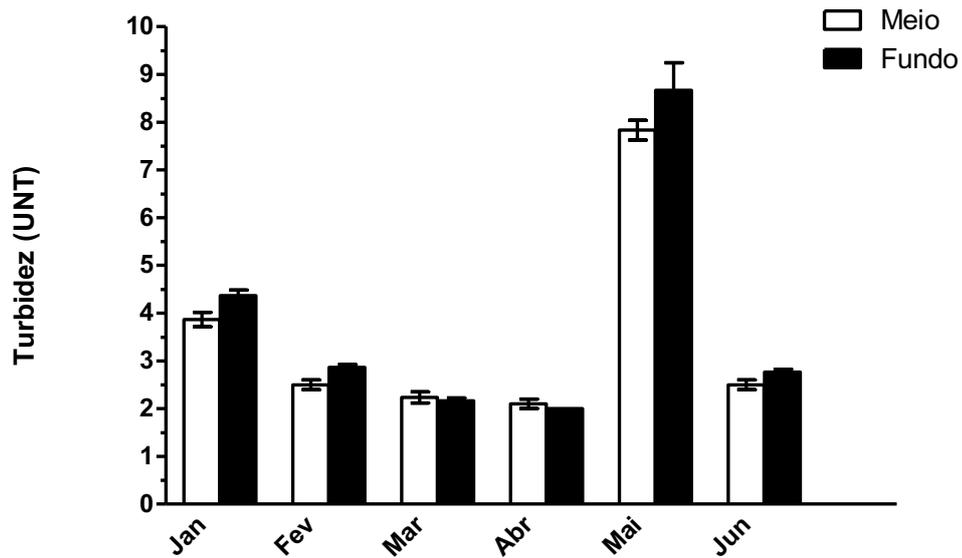


Figura 29. Resultados das aferições de turbidez das amostras coletadas após período retenção
Fonte: Arquivo pessoal do autor

Em relação a qualidade da água após o armazenamento todas as amostras, com exceção do mês de maio, atenderam a norma ABNT NBR 15.527:2007 (até 5 UNT) e resolução CONAMA 357/05 (até 100 UNT).

4.3.4. Cor aparente

Os resultados indicam que os valores tiveram pequenas variações (Figura 30).

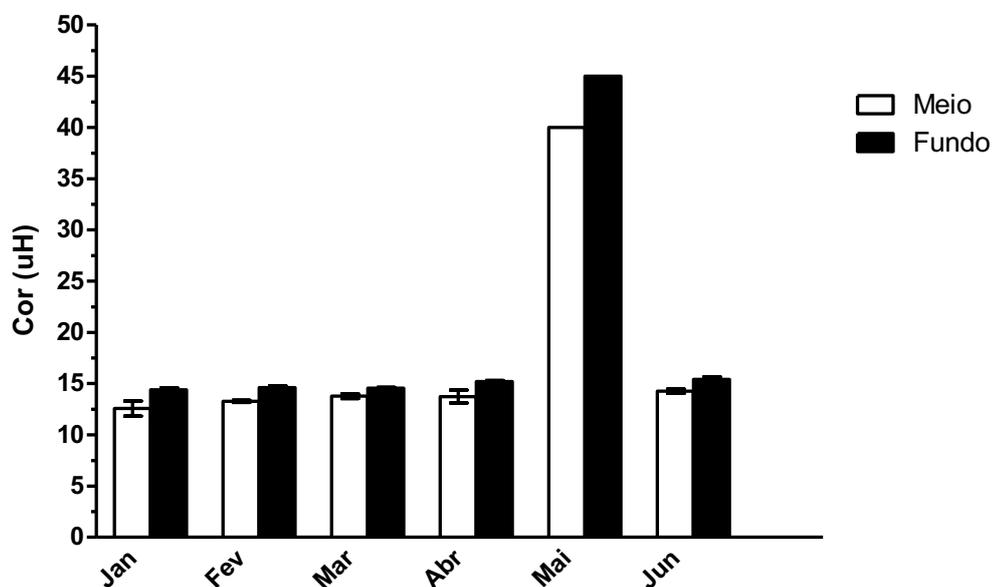


Figura 30. Resultados das aferições de cor aparente das amostras coletadas após período retenção
Fonte: Arquivo pessoal do autor

Em todas as coletas, a água do meio do reservatório, coletada logo após a chuva, apresenta valor de cor menor do que o da coleta após um período de retenção.

De acordo com a qualidade da água observa-se que todas as coletas, com exceção do mês de maio, estão dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 15.527:2007 (até 15 uH) e da resolução CONAMA 357/05 para cor verdadeira (até 75 mg Pt/L ou 75 uH).

4.3.5. *Escherichia coli*

Em relação à contaminação microbiológica, não foi encontrado proliferação de coliformes termotolerantes e *E. coli*, no período de retenção da água de chuva, possivelmente por ausência de contaminação fecal, mesmo sendo um Parque Zoobotânico, onde existe a presença de muitas aves.

A qualidade de água, demonstra que todas as amostras ficaram dentro dos parâmetros estabelecidos na resolução CONAMA 357/05 que estabelece até 4.000 UFC/100mL. Em relação a norma ABNT NBR 15.527:2007, as amostras também ficaram dentro do exigido, que é ausência em 100 mL.

4.3.6. Oxigênio dissolvido

Este parâmetro representa a quantidade de oxigênio na água e é um indicador de sua qualidade. A interpretação dos resultados indica que todas as amostras ficaram com valores baixos, exceção a do mês de fevereiro, conforme Figura 31.

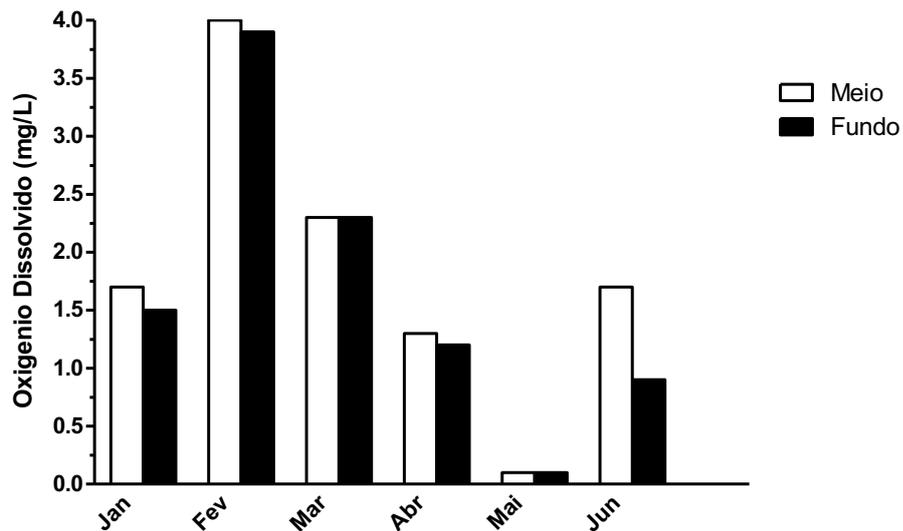


Figura 31. Resultados das aferições de oxigênio dissolvido das amostras coletadas após período retenção

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Verifica-se que todas as amostras não atenderam ao critério da legislação, salvo a amostra do meio da coleta de fevereiro, que teve valor dentro do permitido pela resolução CONAMA 357/05 que estipula valor não inferior a 4 mg/L. A norma ABNT NBR 15.527:2007 não estabelece valores para oxigênio dissolvido. Cabe ressaltar uma redução expressiva para as amostras coletadas no mês de maio.

O consumo de oxigênio dissolvido, durante o período de retenção, pode estar ao excesso de matéria orgânica relacionada ao lodo acumulado no reservatório ou a presença de microfolhas que não foram filtradas pelo filtro grosseiro de folhas e o filtro de carvão ativado, conforme Figura 32.



Figura 32. Folhas presentes caixa de armazenamento

Fonte: Arquivo pessoal do autor

. Para averiguação da presença de compostos orgânicos nas amostras que poderia estar consumindo OD, foram realizadas análises de DQO e DBO.

4.3.7. DQO e DBO

O carbono orgânico presente nas águas brutas e residuárias, é constituído de uma ampla variedade de compostos orgânicos. Alguns destes compostos de carbono podem ser oxidados por processos biológicos ou químicos, representando os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), respectivamente (CETESB, 2016).

De forma específica, a análise de DQO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico (dicromato de potássio) (CETESB, 2016).

Os resultados obtidos para DQO (Figura 33) indicam a presença de matéria orgânica nestas amostras, com destaque novamente para a coleta do mês de maio, indicando uma possível relação de um excesso de matéria orgânica com o decréscimo expressivo de OD (Figura 31). No entanto, nem a resolução CONAMA 357/05 e a norma ABNT NBR 15.527:2007 estipulam limites para DQO.

Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO (em mg/L), sendo este último representante da fração biodegradável dos compostos orgânicos presentes nestas águas. De acordo com a resolução CONAMA 357/05, o valor estipulado para DBO é de até 10 mg/L e todas as amostras estão dentro dos valores de referência (figura 34). A norma ABNT NBR 15.527:2007 não estipula parâmetros para DBO.

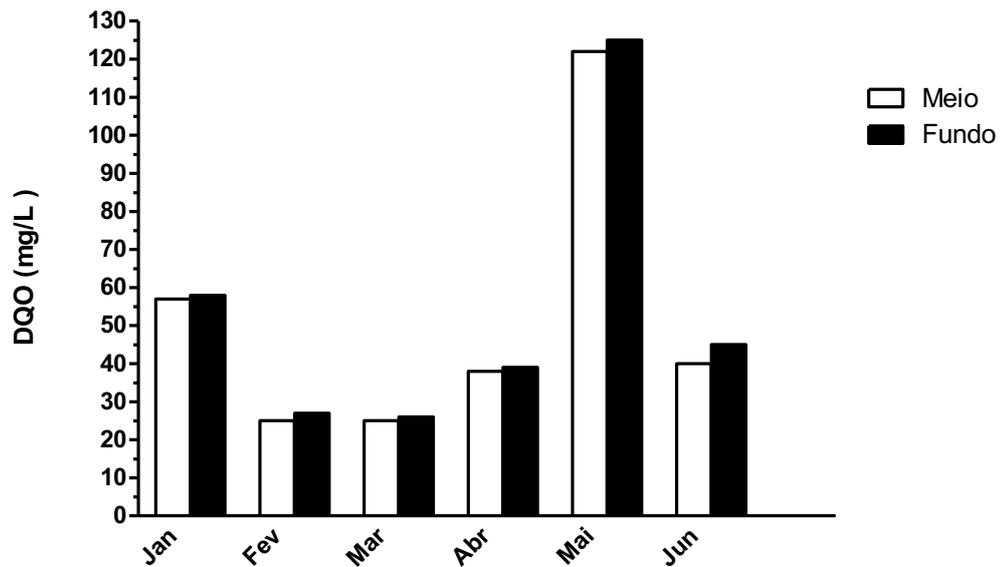


Figura 33. Resultados das análises de DQO das amostras coletadas após período retenção
Fonte: Arquivo pessoal do autor

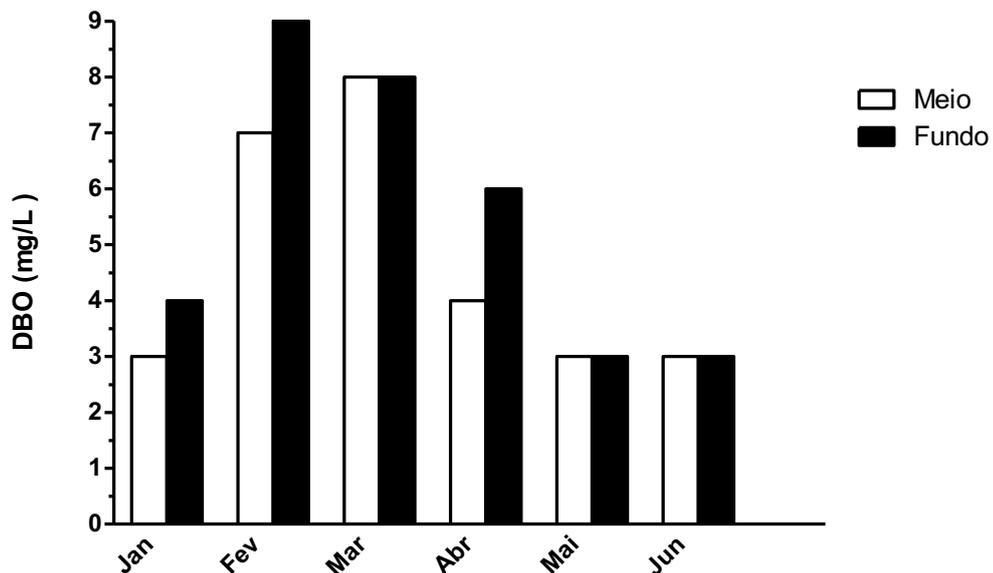


Figura 34. Resultados das análises de DBO das amostras coletadas após período retenção
Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.3.8. Fosfato

A combinação dos resultados obtidos para os parâmetros turbidez, cor, OD e DQO para a coleta do mês de maio e a presença de espuma nestas águas levantou a suspeita da presença de detergente nestas amostras por ineficiência na etapa de enxágue durante o processo de limpeza do reservatório e, partindo desse pressuposto

foram realizadas análises de fosfato nas amostras de maio e na coleta posterior, no mês de junho.

A partir dos resultados (Figura 35) obtidos nas análises de fosfato, é possível observar a presença de detergente nas amostras coletadas no mês de maio.

A CONAMA 357/05 estabelece valores de referência de fósforo total de 0,05 mg/L, sendo que a análise de fosfato dissolvido em águas representa apenas uma fração do fósforo total. Levando em conta estes fatos, a amostra do mês de maio está fora dos limites estabelecidos. A norma ABNT NBR 15.527:2007 não estipula parâmetros para fosfato e fósforo total. Considerando a toxicidade advinda da presença de detergente, as águas coletadas no mês de maio foram inutilizadas para rega das mudas.

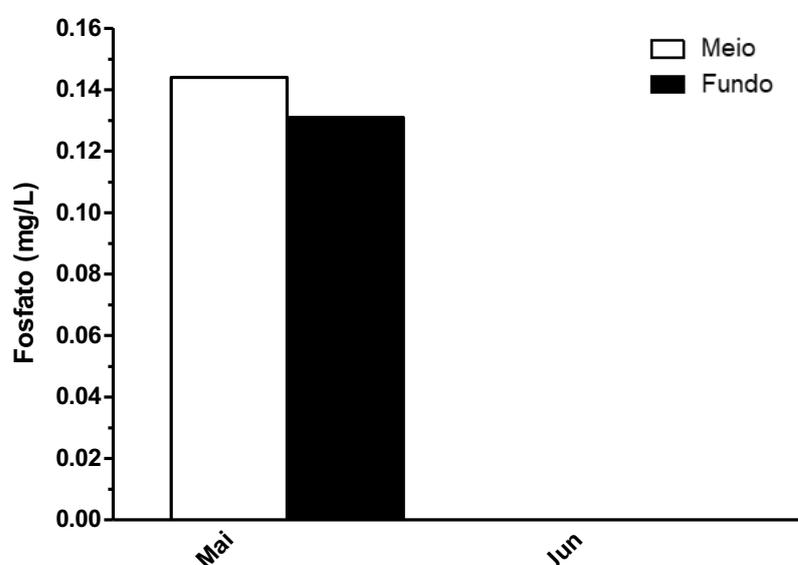


Figura 35. Resultados das análises de fosfato das amostras coletadas após período retenção
Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.3.9. Nitrito

Partindo da consideração que o excesso microfolhas presentes caixa de armazenamento (Figura 32) poderia alterar a qualidade destas águas para o parâmetro OD e, considerando que o nitrogênio orgânico que compõe o tecido de uma planta, durante o processo de decomposição vegetal (após a morte deste organismo), levam à formação de nitrogênio amoniacal nas águas e, que ao ser oxidada biologicamente origina compostos como nitrito e nitrato consumindo OD destas águas, as análises de nitrito e nitrato foram incluídas nesta etapa do presente estudo.

Os resultados obtidos para nitrito valores abaixo dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, que é de até 1 mg/L (Figura 36). Cabe ressaltar que apesar de estar abaixo dos limites, a coleta do mês de maio revelou valores quase cinco vezes superior aos demais meses. A norma ABNT NBR 15.527:2007 não estipula valores para nitrito.

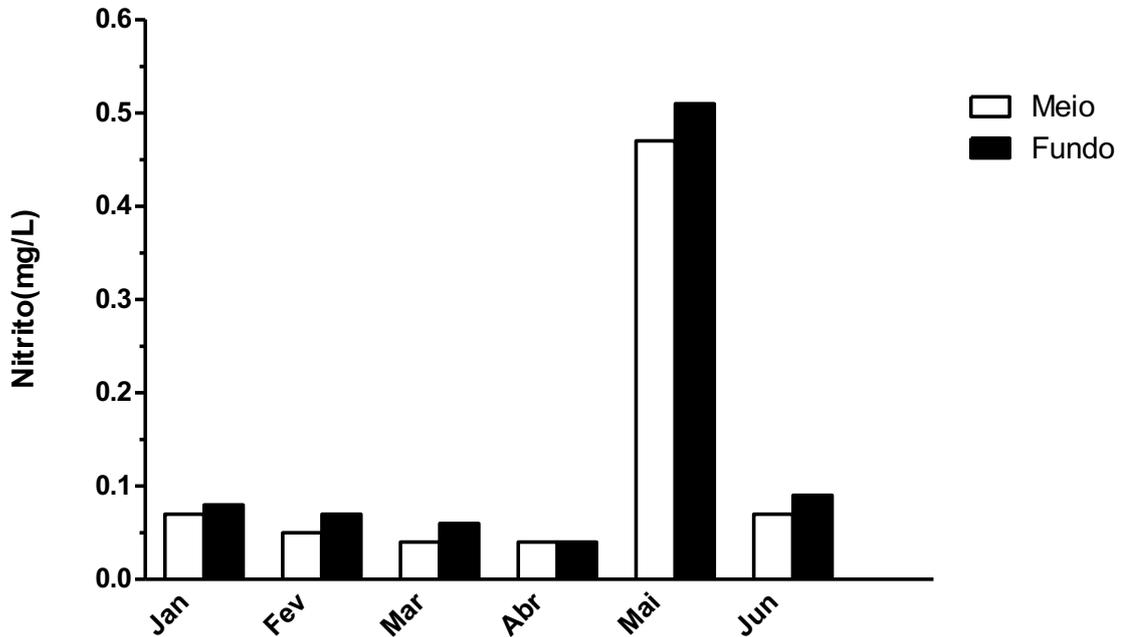


Figura 36. Resultados das aferições de nitrito na água coletada após período de retenção

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4.3.10. Nitrato

A Figura 37 representa graficamente os resultados. Todas as amostras coletadas estão dentro dos parâmetros da resolução CONAMA 357/05 que é 10 mg/L, observando-se uma discreta elevação para a coleta do mês de maio. A norma ABNT NBR 15.527:2007 não estipula valores para nitrato.

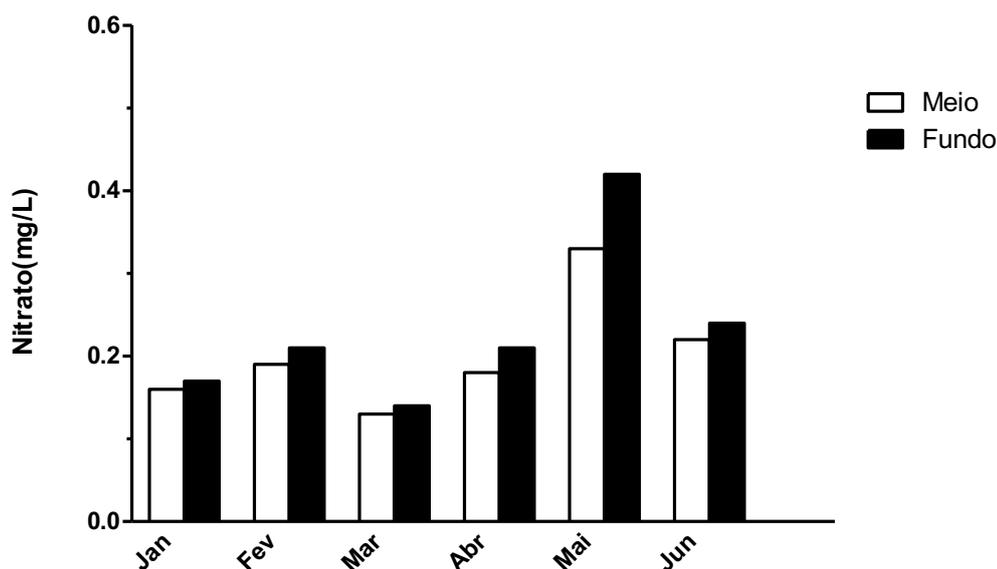


Figura 37. Resultados das aferições de nitrato na água coletada após período retenção
 Fonte: Arquivo pessoal do autor

Os resultados obtidos no presente estudo estão disponíveis na íntegra no apêndice D.

5. DISCUSSÃO

De acordo com o presente estudo, partindo da premissa da sustentabilidade, o sistema de captação de água pluvial, é uma alternativa ecologicamente correta para conscientização do uso racional de água potável.

Para elaboração do presente estudo, foi analisado um sistema sustentável a ser implantado para o aproveitamento de água pluvial no Orquidário Municipal de Santos, utilizando o conceito de sustentabilidade. No que se refere a análise do dimensionamento do reservatório, foi observado que no mês de agosto é o mais seco e em contrapartida os meses de janeiro a abril e outubro a dezembro são os mais chuvosos, passando de 300 mm de precipitação. Verifica-se que a cidade de Santos (SP) possui regime de chuvas constantes.

Quanto a demanda, o volume médio consumido durante o período analisado foi o valor médio de 20 m³ mensal. Em relação ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, verifica-se que apesar do método de Rippl ser o modelo amplamente utilizado, o mesmo não é capaz de calcular o reservatório em alguns casos, necessitando a utilização de outros métodos. As apresentações dos cálculos

mostraram que uma parte do telhado, é capaz de fornecer a quantidade de água suficiente para abastecer o Viveiro e as torneiras do entorno. Utilizando o telhado completo, pode-se utilizar a água para outros setores, como por exemplo, descarga de vasos sanitários e irrigação para o restante do parque. Podemos verificar nas Tabelas 10 e 11 respectivamente.

Tabela 10 – Comparação métodos telhado A

TELHADO A		
Método	Volume (m ³)	Volume Demanda Viveiro (m ³)
Rippl	15	20
Inglês	19	20
A. Neto	16	20

Fonte: arquivo pessoal do autor

Tabela 11 – Comparação métodos telhado AD

TELHADO AD		
Método	Volume (m ³)	Volume Demanda Viveiro (m ³)
Rippl	-	20
Inglês	92	20
A. Neto	77	20

Fonte: arquivo pessoal do autor

A análise comparativa entre os métodos aplicados aponta a divergência dos resultados obtidos, o que já era esperado pelo fato das diferentes metodologias de cada cálculo. Deste modo, torna-se necessário a avaliação de um projetista para identificação do método a ser utilizado.

Já em relação as análises da qualidade da água também indicaram a viabilidade do projeto, com exceção da coleta do mês de maio e o parâmetro OD que ficou abaixo do determinado pela resolução CONAMA 357/05, todos os demais parâmetros em média atenderam as normas de qualidade de água, utilizadas nesta pesquisa.

Apesar de não especificado na norma ABNT NBR 15.527:2007, análises comparativas da qualidade das águas após o contato com a superfície de captação e após um determinado período de armazenamento estão presentes em outros estudos, conforme *Tabelas 12 e 13* respectivamente.

Tabela 12 – Comparação com outros trabalhos - água coletada logo após a chuva

Precipitação coletada logo após a chuva				
Cidade	Turbidez (UNT)	Cor (uH)	pH	Referência
São Paulo	1,6	52	7	May (2004)
Vitória	24,8	5	6	Anecchini (2005)
Florianópolis	4,6	24	7	Peters (2006)
Santa Maria	35	31	7	Hagemann (2009)
Campo Mourão	25	-	7	Lima (2011)
Ribeirão Preto	2,6	7,5	5	Suerzut (2011)
Santos	2,6	7,5	6	Este Trabalho*

*média dos resultados obtidos

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Tabela 13 – Comparação com outros trabalhos - água coletada após retenção

Precipitação coletada após período de retenção											
Cidade	Turbidez (UNT)	pH			Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Referência
		Cor (uH)									
São Paulo	0,8	23	6	0,1	3,1	-	17	-	1,5	May (2004)	
Vitória	0,4	-	6	0,005	0,1	1,8	8	9	1,5	Anecchini (2005)	
Florianópolis	2,5	-	7	-	0,6	-	-	4	-	Peters (2006)	
Formiga	0,7	-	7	-	-	-	-	-	-	Campos (2012)	
Santos	3,6	15	7	0,13	0,21	0,13	1,7	5,08	52,25	Este trabalho*	

*média dos resultados obtidos

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Para as águas coletadas logo após o contato com o telhamento, em relação ao pH os valores médios desta pesquisa ficaram dentro da faixa encontrada pelos

demais autores. Com relação aos parâmetros turbidez e cor (Tabela 12) notam-se variações expressivas.

Em relação aos resultados da precipitação coletada no reservatório de armazenamento (Tabela 13), verifica-se que os valores de nitrito, nitrato, turbidez, pH e fosfato ficaram próximo dos demais autores.

Os valores de DQO ficaram muito acima e o OD muito abaixo dos demais trabalhos, possivelmente devido à presença de matéria orgânica relacionada com a presença de microfolhas no reservatório (Figura 34), uma vez que foi instalado o aparato experimental em um parque e entorno do local onde, ter muitas árvores, algumas microfolhas acabam passando pelo filtro grosseiro e o de carvão ativado, e utilizam o oxigênio dissolvido.

No contexto do presente estudo, recomenda-se a utilização de filtro sem cloro para não prejudicar a criação das mudas de orquídeas. Com relação à irrigação das mudas, o procedimento a ser adotado poderia ser por meio da aspersão, que molha as plantas sob a forma de chuva artificial, assegurando uma distribuição adequada da água sobre as mudas, evitando desperdício (GARCIA ET AL, 2015).

Quanto à implantação do sistema desenvolvido no presente estudo no Orquidário de Santos/SP, para incentivar o Órgão Público, pode-se citar algumas vantagens da aplicação deste sistema, tais como: (i) a redução de água fornecida pela Empresa responsável pelo fornecimento de água, contribuindo inclusive para o Projeto Pura (projeto que nasceu de parceria entre o Município de Santos e Sabesp); (ii) a criação da conscientização da substituição do uso de água potável pelo uso de água pluvial para lavagem das alamedas, rega de mudas, jardins e canteiros do Parque; (iii) a aplicação de um projeto de baixo custo para o reuso de águas pluviais, visto que a instalação e manutenção do sistema, pode ser feita pela própria mão de obra do setor público; (iv) a necessidade de proteção dos recursos hídricos, que cada dia está mais escasso, ameaçando as futuras gerações.

Nesse sentido, é necessário promover políticas de educação ambiental para economia de água, tanto nos setores públicos como na sociedade em geral (SORIANO ET AL, 2016).

O uso de água pluvial é um método barato, simples e eficaz. A implantação deste projeto, não deve ser encarado somente como forma de economia financeira e

sim com intuito de utilizar a água de forma racional, garantindo a sustentabilidade hídrica, promovendo o uso correto da água.

Uma das questões principais é fomentar um maior incentivo por parte do poder público, para captação de águas pluviais, incentivando a preservação dos recursos hídricos e diminuindo a atual crise de escassez no país (VELOSO E MENDES, 2013).

Proporcionar meios de conscientização da preservação do meio ambiente, na gestão pública através de programas de educação ambiental, não deve ser somente quando há baixos índices de chuva, mas em todos os períodos (NAWAY ET AL, 2012).

A prática de projetos ligados a preservação serve para adotar questões sócio-ambientais, possibilitando o desenvolvimento sustentável, fazendo a população se conscientizar em relação à economia de água potável.

Devido a importância do uso consciente da água e as pesquisas e trabalhos de educação ambiental alertando o risco de escassez hídrica, ainda tem muita coisa a ser explorada para servir de base nesta importante missão da sustentabilidade. Portanto, para pesquisas futuras podemos citar:

- 1. A pesquisa para criação de uma legislação federal específica para o aproveitamento de água pluvial, inclusive para Órgãos Públicos.*
- 2. A pesquisa da relação da água coletada e armazenada com a irrigação das orquídeas, comparando a influência do pH em seu crescimento.*
- 3. E por fim, desenvolvimento de pesquisa, para melhorar a qualidade da água armazenada, visto que na filtração não pode ir cloro, buscando assim outros meios de filtração.*

Foi encaminhado a Prefeitura Municipal de Santos um Relatório Técnico baseado no presente estudo, apresentando opções de modelos comerciais para implantação do sistema de captação de águas pluviais no Orquidário Municipal de Santos, com o melhor custo benefício. O protocolo de entrega consta no Anexo E.

Em suma, às análises do volume do reservatório e qualidade da água captada, projetaram resultados que indicaram que a implantação do sistema de captação de águas pluviais no Orquidário Municipal de Santos, certamente seria viável.

6. CONCLUSÃO

A demanda utilizada atualmente no Viveiro, local da pesquisa foi de 20m³.

Após reaproveitamento de alguns materiais existentes no Viveiro, foi possível a montagem do Projeto Piloto.

Em relação a análise do método de dimensionamento de *Rippl*, Prático Inglês e Azevedo Neto, proposto no anexo A da norma ABNT NBR 15.527:2007, temos divergência nos resultados obtidos. Apesar disto, constatou-se que uma parte do telhado já é capaz de captar água suficiente para suprir a demanda atualmente utilizada no Viveiro. Utilizando o telhado inteiro, pode-se utilizar a água para outros locais como descarga de vasos sanitários e limpeza do parque.

Com respeito as análises da qualidade da água captada, as águas se mostraram em média estarem dentro dos padrões requisitados na norma ABNT NBR 15.527:2007, tanto após o contato com o telhamento quanto após um período de retenção de 10-15 dias.

Com relação aos valores de referência presentes na resolução CONAMA 357/05, apenas o oxigênio dissolvido se encontrou abaixo dos limites estabelecidos para as amostras analisadas, com exceção do mês de maio cuja água armazenada foi descartada. Deve-se ter cuidado com a limpeza e higienização do reservatório de armazenamento da água. Aconselha-se a retirada periódica de lodo do reservatório e microfolhas, assim como a limpeza dos filtros a cada evento de chuva registrado.

Deste modo, espera-se que este trabalho contribua para a implantação do sistema de captação de água pluvial no Orquidário de Santos e também desperte por parte da Prefeitura de Santos, ações de educação ambiental, incentivando a redução do desperdício de água potável, usando o projeto como exemplo.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA). **Água, fatos e tendências**. Brasília: ANA - CEBDS, 2006. 31 p.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória** (ES). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association. Washington, 19. ed, 1995.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22º set ed. Washington, D. C.: American Public. Health Association, 2012

ABNT - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15.527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.**

ALVES, W. C.; ZANELLA, L.; SANTOS, M.F.L. Como construir. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis.** Revista Técnica. São Paulo, ed.133, abr. 2008. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/133/imprime77982.asp>.

ANDRADE, E. de. **A sustentabilidade apoiada pelas políticas urbanas federais e estaduais: o caso de Governador Valadares, Juiz de Fora, Montes Claros, Poços de Caldas e Uberlândia** – MG. 2006. 222p. São Paulo -SP, Tese de Doutorado

AQUASTOCK. **Tecnologia para o aproveitamento de água de chuva.** Catálogo de produtos. Disponível em: <http://www.aquastock.com.br/equipamentos.htm>

ASSAYED, A.; HATOKAY, Z.; AL-ZOUBI, S.; AZZAM, S.; QBAILAT, M.; ALULAYYAN, A.; SALEEM, A.; BUSHNAQ, S.; MARONI, R. **On-site rainwater harvested to achieve household water security among rural and peri-urban communities in Jordan.** Resources, Conservation and recycling, v. 73, p. 72-77, 2013.

ASTM - E2727 - **Práticas padrão para avaliação da qualidade da água da chuva** - (Standard Practice for Assessment of Rainwater Quality). Estados Unidos da América, 2010.

AUSTRALIA. **Australian water quality guidelines for fresh and marine waters. Australian and New Zeland Environmental conservation Council and Agriculture and resource management council** of Australia and New Zeland, Camberra, vol.1. 2000

BARBOSA, D.L. **A exploração de um Sistema de reservatórios: UMA análise otimizada dos usos e objetivos múltiplos na Bacia do Rio Capibaribe-Pe.** Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Campina Grande – PB 2008.

Barbosa, L. C. (2008) **Políticas Públicas de educação ambiental numa sociedade de risco: Tendências e desafios no Brasil.** In: IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília – DF – Brasil, ENAP.

BARRETO, R.V. **Políticas Públicas e o Desenvolvimento Rural Sustentável no Estado do Ceará.** Dissertação (Mestrado Desenvolvimento Rural e Sustentável). Universidade Federal do Ceará, 2004.

BASTOS, P. F. **Tratamento de água da chuva através de filtração lenta e desinfecção UV.** 2007. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –

Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, Espírito Santo. 2007.

BORGES, JOSÉ ALEXANDRE; PINHEIRO, ADILSON e FERRARI ADILVO. **Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial**. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/726>.

BRAGA, G. M. F. **Dupla filtração em filtros ascendentes de pedregulho e filtros descendentes de areia aplicada à remoção de algas**: Influência da taxa de filtração e granulometria do filtro de areia. 2005. 203 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Distrito Federal, Brasília. 2005.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos – **Águas de Chuva, Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades** – 2ª Edição – Editora Edgar Brücher – São Paulo – SP – 1998

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil** de 1988.

CAMPOS, L. A S. V.; ROCHA, C. P. **Estudo qualitativo e quantitativo da captação de águas pluviais para sustentabilidade dos recursos hídricos**. In: XV Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012, Belo Horizonte, MG. Anais.

CARDOSO, S. L. C. *et al.*. **Gestão ambiental de parques urbanos**: o caso do Parque Ecológico do município de Belém Gunnar Vingren. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 7, n. 1, p. 74-90, 2015.

CETESB, **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. São Paulo, 2016. Disponível em < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 20 de ago. de 2019.

CETESB, **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. Reuso de Água. 2015. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br> >. Acesso em: 04 nov. de 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 274, de 29 de novembro de 2000**. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá

outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

DIAS, Isabelly Cícera Souza. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. **A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multifamily buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs**. Journal of Cleaner Production, v. 19, p. 598 – 608, 2011.

ELALI, G. A. (2003) **O ambiente da escola: uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil**. Estudos de Psicologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 8(2), 309-319.

EVANS, C.A.; COOMBES, P.J.; DUNSTAN, R.H. **Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater**. Water Research, v. 40, p. 37-44, 2006.

FEIBER, S. D. **Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de Curitiba – PR**. Revista Ra'e Ga, n. 8, p. 93-105, 2004.

FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FERNANDES, D.R.M; MEDEIROS NETO, V.B; MATOS, K.M. C. **Viabilidade econômica do uso da água da chuva: Um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN**. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade. Foz do Iguaçu-PR, 2007.

FERREIRA, A. C. S. B. **Educação Ambiental: a Ecologia e as atitudes para a Sustentabilidade**. 2007. 253 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Zoologia/antropologia, Universidade do Porto, Porto, 2007.

GARCIA, E. N. A.; MORENO, D. A. A. C.; FERNANDES, A. L. V. **A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 06, p. 235-249, 2015.

GIKAS, D. G.; TSIHRINTZIS, A. V. **Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvestd rainwater**. Journal of Hydrology, v. 466-467, p. 115-126, 2012.

GOMES, M. A. S. **Parques Urbanos, Políticas Públicas e Sustentabilidade**. Mercator, v. 13, n. 2, p. 79-90, 2014.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações in PROSAB** - Rede Cooperativa de Pesquisas. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GOOGLE MAPS. **Imagens Cartográficas do Orquidário Municipal de Santos**, 2018.

HAGEMANN, SABRINA ELICKER. **Avaliação da qualidade da água de chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

HESPANHOL, I. **Economia de água. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente (BIO)**, Rio de Janeiro, abr./jun. 2001. Caderno Especial, p.19.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008**. Rio de Janeiro: 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>.

JABUR, S. A.; BENETTI, P. H.; SILIPRANDI, M. E. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis**. 7º Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2011.

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

LEE, Y. J.; YANG, J. -S.; HAN, M.; CHOI, J. **Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources**. Science of the Total Environment, v. 408, p. 896-905, 2010.

LIMA, A. N.; KREUTZ, C.; ARANTES, E.J.; PASSIG, F.H.; CARVALHO, K. Q. **Avaliação da qualidade de água da chuva para aplicação em usos não potáveis**. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre, RS. Anais.

LOUREIRO, F, L. **Avaliação da adsorção do herbicida 2,4-d em Carvão ativado em pó e granular por meio de Análises de isotermas de adsorção utilizando Diferentes qualidades de água**. 2012, 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, Espírito Santo. 2012

MALHEIROS, T. F. **Sustentabilidade na gestão ambiental**. 2014. 205 f. Tese de Livre Docência, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2014

MANCUSO, P. C.S. & SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. Editora Manole. São Paulo. 2003.

MARENGO, J. A *et al.*. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos**. In: BICUDO, C. E. M. *et al.* Águas do Brasil. Análises Estratégicas. ABC. Instituto de Botânica. 222pp. 2010.

MARINOSKI, 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 de Graduação em Eng. Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

MARTINS, M.F; CANDIDO, G.A. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Localidades**: uma proposta metodológica de construção e análise. In: CANDIDO, G.A. Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: formas de aplicação em contextos geográficos diversos e contingências específicas. Campina Grande – PB: Ed. UFCG, 2010. Cap. 1

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento e água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MEHRABADI, R. H. M.; SAGHAFIAN, B., FASHI, H. R. **Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions**. Resources Conservation and Recycling v.73, p.86-93, 2013.

MIERZWA, J.C. *et al.* **Águas pluviais**: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 4, n. 1, p. 29-38, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano** – PORTARIA N° 518 de 25/03/2004, Brasil.

NADDEO, V.; SCANNAPIECO, D.; BELGIORNO, V. **Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment**. Journal of Hydrology, v. 498, p. 287-29, 2013.

NASCIMENTO DA SILVA, R.; GOMES, M. A. S. **Parques Urbanos em Alagoas**: Caracterização e Análise no Âmbito da Produção do Espaço. *Revista Percorso – NEMO*, v. 2, n. 1, p. 107-133, 2010.

NASCIMENTO, V. da S; DOMINGOS, P. **Captação e manejo de água da chuva**. Saúde e Ambiente em Revista, v. 2, n. 1, p. 68-76, 2007.

NAWAZ, M.; HAN, Y. M.; TSCHUNG-ILKIM, MANZOOR, U.; AMIN, T. M. **Silver disinfection of pseudomonas aeruginosa and E. coli in rooftop harvested rainwater for potable purposes**. Science of the Total Environment, v. 431, p. 20-25, 2012.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PHILIPPI, L.S. *et al.*. **Aproveitamento da água de chuva**. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). *Uso racional da água em edificações*. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

PRADO. **Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Revista *Téchne*, São Paulo, ano 10, n59, p 69-71, 2007.

REBELLO, G.A.O. De. **Conservação de água em edificações**: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais. São Paulo, 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Área de Mitigação de Impactos Ambientais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

ROCHA, H. **Disponibilidade de água**: impacto das mudanças de uso do solo e do aquecimento global. *Anais...* In: *Ciclo de Conferências Biodiversidade e Recursos Hídricos*: FAPESP: 2014.

SAUTCHUCK, Carla *et al.*. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

SAZAKLI, E.; ALEXOPOULOS, A.; LEOTSINIDIS, M. **Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece**. *Water Research*, v. 41, p. 2039-2047, 2007.

SCHNEIDER. **Motobombas, motores e bombeadores submersos**. Catálogo Geral.

SILVA, A. S. *et al.* **Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA)**: Municípios da região do entorno do Rio Poxim, SE, Jaguariúna, SP – 2004.

SNIS. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2015*. **Ministério das Cidades: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. 2017. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2013/10/Diagnostico_AE2015.pdf>.

SOARES, D. A. F. *et al.*. **Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 12. Vitória, 1999. *Anais*. Vitória: ABRH, 1999, p.7. 1 CD – ROM.

SOUSA, O. Sidnei. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL – Problem-Based Learning)**. *Estratégia para o ensino e aprendizagem de algoritmos e conteúdos computacionais*. Dissertação (Mestrado em Educação). Presidente Pudente, SP, UNESP, 2011.

SUERZUT, L. J.; MASSAROTTO, W. L.; SOUZA, T.O.; PASCHOALATO, C. F. P. R.;

NOVAES, L. F. **Avaliação do potencial de reuso de águas pluviais na universidade de ribeirão preto (UNAERP)**. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre, RS. Anais

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3ed. Austin, 2005.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD AUSTIN. **Guia e Potencial para o Aproveitamento Pluvial do Texas** - Rainwater Harvesting Potential and Guidelines for Texas. Texas, 2006.

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 para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003. 180p.

TUCSON. **Ordinance n. 10.597, 2008**. City of Tucson, 2008. 6 p.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: *Academia Brasileira de Ciências*, 2014.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

UNICAMP. **Histórico dos movimentos ambientais no Brasil e no Mundo**. *Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais*. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/premissas/historico.htm>>.

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

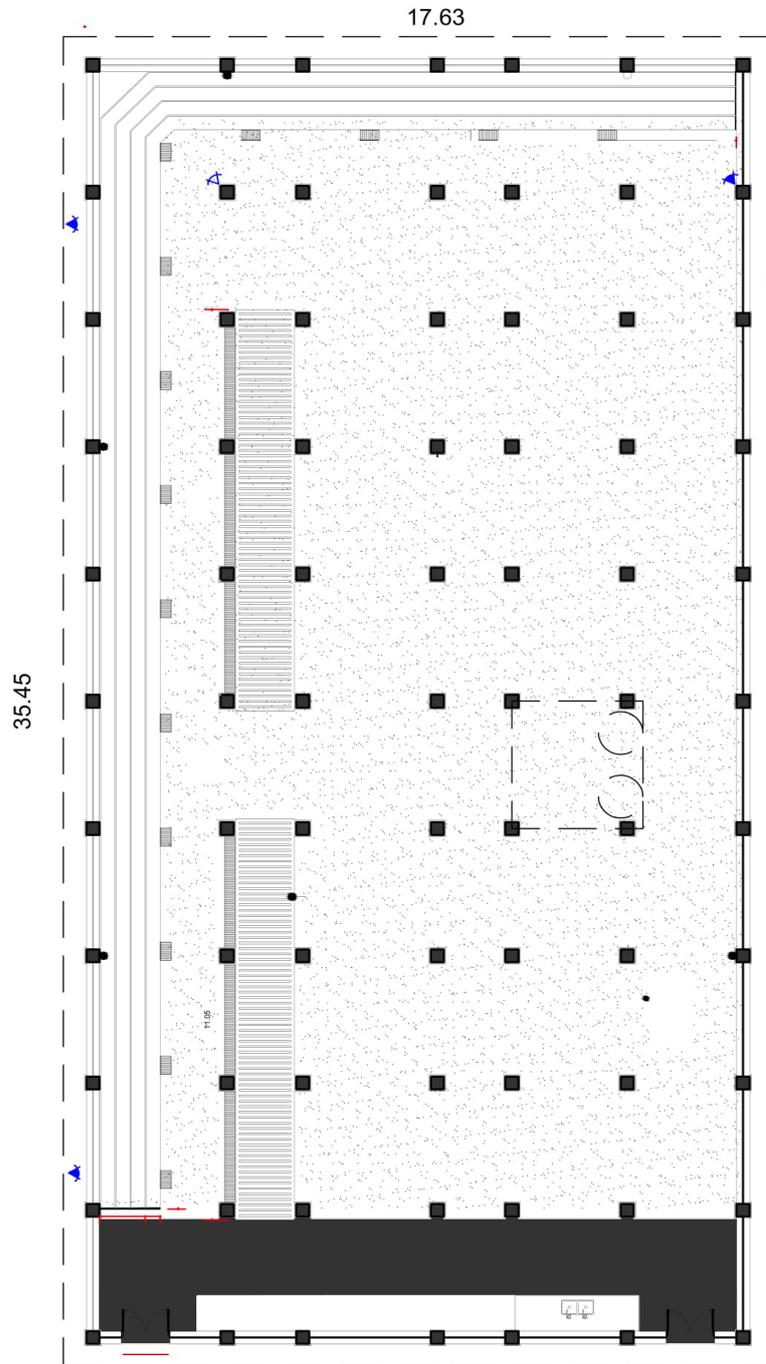
VITTORI, Gail (Org.). **Texas Guide Rainwater Harvesting**. 2ed. Austin, Texas: Center for Maximum Potential Building Systems, 1997. Disponível em: <http://www.me taeffici ent.com/pdf/RainHarv.pdf>.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v. 1, 243 p.

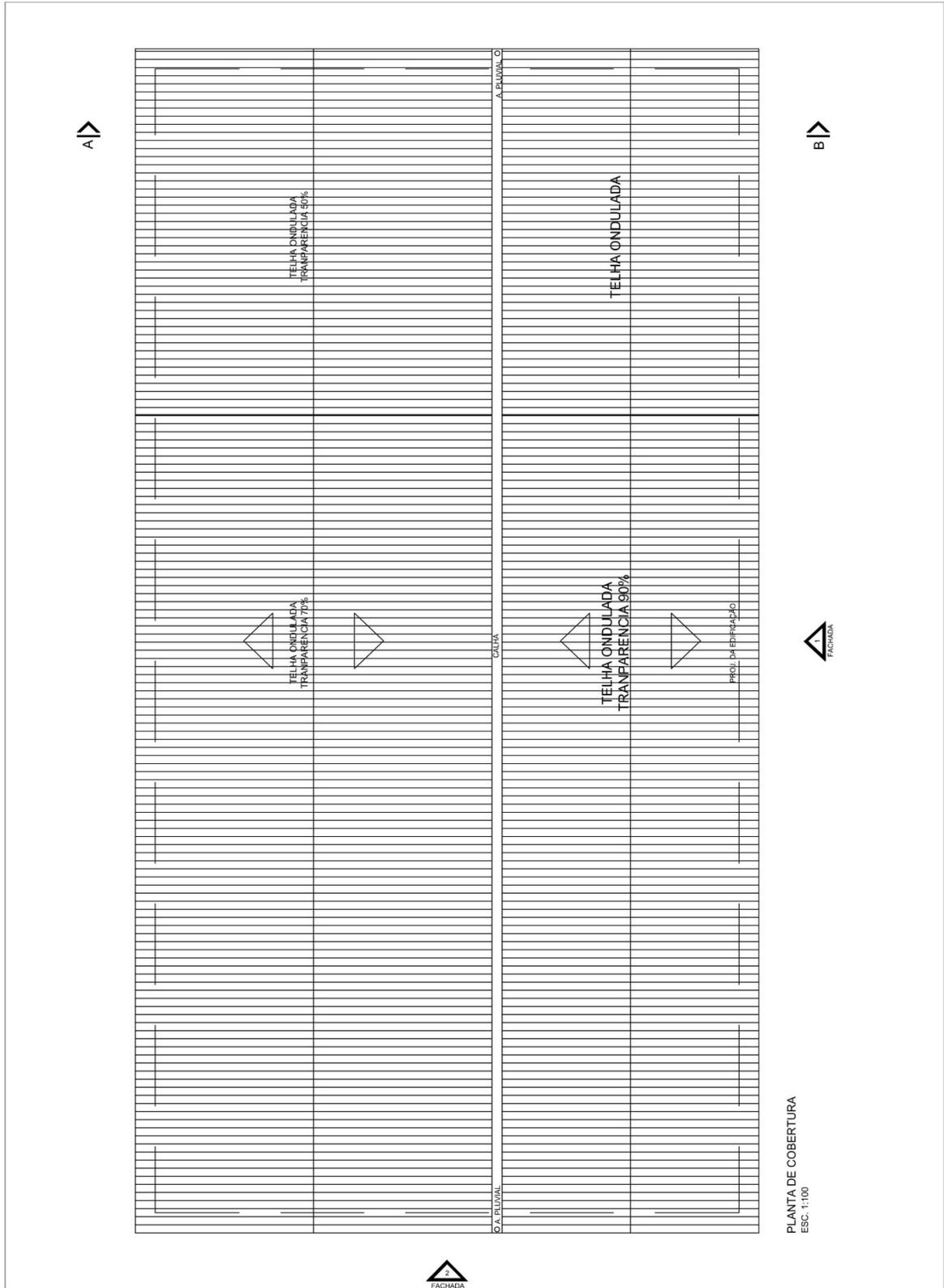
WARWICK – **The University of Warwick**. Recommendations for designing rainwater harvesting system tanks. Domestic Roffwater Harvesting. Research Programe. Warwick, 2001.

WATERFALL, P.H. **Harvesting rainwater for landscape use**. University of Arizona Cooperative. Arizona, 2006.

ANEXO A – Planta Baixa do Viveiro de Mudas



ANEXO B – Planta da Cobertura do Viveiro de Mudás



ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2008	257	129,4	180,4	360,8	104,1	140,3	0	201,2	199,1	232	208,8	109,3
2009	256	189	115	128,8	144,8	104,4	312	107	296	342	129	301
2010	640	290	193	410	143	92	242	137	160	141	216	338
2011	399	459	441	206	139,9	66	87	173	108	205	204	388
2012	275	158	157	360	145	279	174	14	71	154	159	348
2013	375	333	426	132	151	169	220	47	158	338	347	99
2014	223	255	327	352	190	132	97	99	118	20	94,9	367
2015	420	310	248	160	172	157	117	43	246	201	396	398
2016	347	321	181	36	225	163	13	132	76	189	211	167,8
2017	383	81	543	356	151	176	41	165	26	168	306	167,6
2018	250	317	357	210	87	200	28	N. A	N.A	N. A	N. A	N. A
Média	347,7	258,4	288	246,5	150,3	152,6	121	111,8	145,8	199	227,2	268,4

		Após contato com telhamento					
Parâmetros	Coletas	M1	M2	M3	F1	F2	F3
Temperatura	Jan	28,1	27,6	27,8	28	27,3	27,5
	Fev	28,6	28,3	28,5	28,5	28,7	27,8
	Mar	27,6	26,4	27,4	27,1	27,3	27,4
	Abr	25,7	25,6	25,5	26,3	26,4	26,4
	Mai	24,3	24,5	24,4	24,6	25,6	25,8
	Jun	21,8	22,1	21,9	21,6	21,4	21,5
pH	Jan	6,6	6,6	6,8	5,7	5,9	5,8
	Fev	6,1	6,3	6,4	5,9	6	6
	Mar	6,2	6	6	5,8	6	5,9
	Abr	5,7	6	6,1	5,4	5,7	5,8
	Mai	5,4	5,9	6	4,9	5	5,6
	Jun	5,8	5,6	5,9	4,9	5,3	5
Turbidez	Jan	2,4	2,8	2,6	2,8	2,8	2,9
	Fev	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,9
	Mar	2,4	2,3	2,5	2,5	2,3	2,6
	Abr	3	3,2	2,3	3,2	3,3	3,2
	Mai	3,3	2,9	2,8	3,4	3,6	3,3
	Jun	3,4	3,5	3,2	3,5	3,6	3,7
Cor	Jan	10	10	10	10	10	10
	Fev	10	10	10	10	10	10
	Mar	10	10	10	10	10	10
	Abr	5	5	5	5	5	5
	Mai	5	5	5	5	5	5
	Jun	5	5	5	5	5	5
Coliformes	Jan	A	A	A	A	A	A
	Fev	A	A	A	A	A	A
	Mar	A	A	A	A	A	A
	Abr	A	A	A	A	A	A
	Mai	A	A	A	A	A	A
	Jun	A	A	A	A	A	A

Parâmetros	Coletas	Após período de retenção					
		M1	M2	M3	F1	F2	F3
Temperatura	Jan	27,4	27	27	27,4	27	27,3
	Fev	23,9	24	24	22,8	21,9	22,3
	Mar	27,9	27	27,6	28,2	28,2	28,2
	Abr	27,5	27	27,1	28,2	27,8	27
	Mai	27	27	27	27	26,9	26,8
	Jun	23,5	23,5	23,4	23,5	22,8	23,1
Nitrito	Jan	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
	Fev	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07
	Mar	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06
	Abr	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	Mai	0,47	0,47	0,47	0,51	0,51	0,51
	Jun	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09
Nitrato	Jan	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17
	Fev	0,19	0,19	0,19	0,21	0,21	0,21
	Mar	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14
	Abr	0,18	0,18	0,18	0,21	0,21	0,21
	Mai	0,33	0,33	0,33	0,42	0,42	0,42
	Jun	0,22	0,22	0,22	0,24	0,24	0,24
pH	Jan	7	7	7	7	7	7
	Fev	7	7	7	7	7	7
	Mar	7	7	7	7	7	7
	Abr	7	7	7	7	7	7
	Mai	7	7	7	7	7	7
	Jun	6,6	7	7	7	7	7
Turbidez	Jan	4	3,9	3,7	4,3	4,5	4,3
	Fev	2,6	2,5	2,4	2,9	2,8	2,9
	Mar	2,1	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1
	Abr	2,2	2	2,1	2	2	2
	Mai	8	7,6	7,9	9	8	9
	Jun	2,6	2,4	2,5	2,8	2,7	2,8

Parâmetros	Coletas	Após período de retenção					
		M1	M2	M3	F1	F2	F3
Cor	Jan	14	14	15	15	15	15
	Fev	14	13	13	15	14	15
	Mar	13	13	13	15	15	15
	Abr	14	13	14	14	15	15
	Mai	45	46	45	46	46	47
	Jun	12	13	12	14	14	15
O.D	Jan	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5
	Fev	4	4	4	3,9	3,9	3,9
	Mar	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Abr	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
	Mai	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Jun	1,7	1,7	1,7	0,9	0,9	0,9
DQO	Jan	57	57	57	58	58	58
	Fev	25	25	25	27	27	27
	Mar	25	25	25	26	26	26
	Abr	38	38	38	39	39	39
	Mai	122	122	122	125	125	125
	Jun	40	40	40	45	45	45
DBO	Jan	3	3	3	4	4	4
	Fev	7	7	7	9	9	9
	Mar	8	8	8	8	8	8
	Abr	4	4	4	6	6	6
	Mai	3	3	3	3	3	3
	Jun	3	3	3	3	3	3
Fosfato	Jan	0	0	0	0	0	0
	Fev	0	0	0	0	0	0
	Mar	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	0
	Mai	0,144	0,144	0,144	0,131	0,131	0,131
	Jun	0	0	0	0	0	0
Coliformes	Jan	A	A	A	A	A	A
	Fev	A	A	A	A	A	A
	Mar	A	A	A	A	A	A
	Abr	A	A	A	A	A	A
	Mai	A	A	A	A	A	A
	Jun	A	A	A	A	A	A



Santos, 05 de novembro de 2019.

Ilmo Sr.
Marcos Libório
Secretário de Meio Ambiente/SEMAM

Sirvo-me do presente, para encaminhar o Relatório Técnico Científico intitulado:
Análise do Aproveitamento de Águas Pluviais para fins não potáveis no Orquidário Municipal de Santos (em anexo), elaborado pela aluna do Curso de Mestrado em Auditoria Ambiental, na Universidade Santa Cecília, orientado pela Professora Dra. Luciana Lopes Guimarães e Co orientado pelo Professor Dr. Fernando Sanzi Cortez. Certo de vossa especial atenção, subscrevo-me.

Priscilla Souza Correa
Chefe da Unidade de Programação e Manutenção
Orquidário Municipal de Santos

RECEBI

EM... 05 / 11 / 19

(Assinatura Legível)