

LEONARDO GULLO LENCI

**Potencial de captação de águas pluviais na UNESP: aproveitamento na
moradia estudantil do Campus de Guaratinguetá**

Leonardo Gullo Lenci

Potencial de captação de águas pluviais na UNESP: aproveitamento na
moradia estudantil do Campus de Guaratinguetá

Trabalho de Graduação apresentado ao
Conselho de Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia
do Campus de Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do diploma de Graduação em
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e
Silva

Co-Orientadora: Prof.^a Dr.^a Isabel Cristina de
Barros Trannin

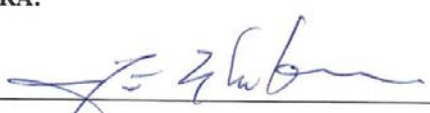
L563p	Lenci, Leonardo Gullo Potencial de captação de águas pluviais na unesp - aproveitamento na moradia estudantil do campus de Guaratinguetá / Leonardo Gullo Lenci – Guaratinguetá, 2018. 65 f. : il. Bibliografia : f. 62-65 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018. Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva Coorientador: Prof.^a Dr.^a Isabel Cristina de Barros Trannin 1. Águas pluviais - Reaproveitamento. 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento. 3. Sustentabilidade .I. Título CDU 628.111
-------	--

LEONARDO GULLO LENCI

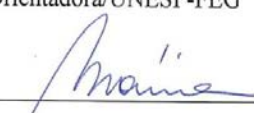
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof.ª Dr.ª Márcia Regina de Freitas
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva
Orientador/UNESP-FEG


Prof.ª Dr.ª Isabel Cristina de Barros Trannin
Co-Orientadora/UNESP-FEG


Prof.ª Dr.ª Márcia Regina de Freitas
Coordenadora do curso de Engenharia Civil/UNESP-FEG

Novembro /2018

DADOS CURRICULARES

LEONARDO GULLO LENCI

NASCIMENTO 29.06.1992 – Campinas / SP

FILIAÇÃO Paulo Roberto de Jesus Lenci
 Else Maria Roland Gullo Lenci

2011/2018 Curso de Graduação em Engenharia Civil

 Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de
 Guaratinguetá

Dedico este trabalho aos meus pais que fizeram o possível e o impossível para que eu pudesse estar aqui neste momento.

Que dedicaram suas vidas pela felicidade da minha.

Por isso, serei eternamente grato.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, alicerces de princípios e valores indispensáveis nesta trajetória, sem os quais nenhuma conquista teria o mesmo significado. Pelo constante incentivo, amor, presença e confiança depositada em todas as etapas da minha vida.

Ao meu amor, Solange, por todo o apoio, motivação e carinho sem os quais seria bem mais difícil passar por todas as dificuldades apresentadas.

Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas.

Aos professores orientadores, Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva e Prof.^a Dr.^a Isabel Cristina de Barros Trannin, que além da oportunidade de desenvolver este tema, me orientaram e auxiliaram durante todo o seu processo.

Por último, mas nada menos importante, agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, a vocês, deixo aqui o meu muito obrigado.

*“If I have seen further than others,
it is by standing upon the shoulders of giants.”*

Isaac Newton

RESUMO

A água representa um recurso essencial para o desenvolvimento e sobrevivência de praticamente todos os tipos de organismos existentes no planeta, sendo responsável por estabelecer o equilíbrio ecológico, promover a qualidade e a manutenção da vida, sendo de grande importância para o desenvolvimento econômico e social. Entretanto, devido aos cenários de escassez, vêm surgindo, cada vez mais, novos métodos e tecnologias capazes de proporcionar a preservação e a conservação deste recurso. Os sistemas de captação de águas pluviais têm se mostrado uma importante medida no combate a desperdícios, principalmente, de água potável, contribuindo, também, para a redução de enchentes e consumo diário. Por esta questão, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o potencial de captação de águas pluviais da moradia estudantil da Universidade Estadual Paulista – UNESP, *campus* de Guaratinguetá. Também tem por objetivo servir de modelo, a partir da apresentação dos benefícios diretos à instituição, como a redução dos custos de consumo da água potável fornecida pela SAEG (Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá) e o aumento da disponibilidade de recursos hídricos, além de incentivar e promover novos estudos e pesquisas, na área, para que se essa prática se torne ainda mais comum. Neste trabalho verificou-se que, devido ao alto índice pluviométrico e as grandes áreas de captação, o *campus* de Guaratinguetá apresenta um potencial muito favorável como forma alternativa de coleta de água pluvial e de abastecimento, considerando que, durante os meses chuvosos, os sistemas de captação podem superar os 100% de aproveitamento correspondente à demanda do campus, sendo deste modo uma alternativa viável para a economia de água fornecida pelo sistema de abastecimento público.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de água de chuva. Recursos hídricos. Sustentabilidade. Estudo de viabilidade. Economia de água.

ABSTRACT

Water is an essential resource for the development and survival of all types of organisms on the planet. It is responsible for establishing ecological balance, promoting quality and maintaining life, and of great importance for economic and social development. However, due to scarcity scenarios, new methods and technologies capable of preserving and conserving this resource are emerging. Rainwater harvesting systems have proven to be an important measure to combat waste, especially potable water, also contributing to the reduction of floods and daily consumption. For this reason, the main objective of this study is to evaluate the rainwater harvesting potential of the students house on the Universidade Estadual Paulista - UNESP, Guaratinguetá campus. It also aims to serve as a model, based on the presentation of direct benefits to the institution, such as reducing the costs of drinking water provided by SAEG (Guaratinguetá's Water and Sewage Service Company) and increasing the availability of water resources, as well as encouraging and promoting new studies and research, in the area, so that this practice becomes even more common. In this work, it was verified that, due to the high rainfall index and the large catchment areas, the Campus of Guaratinguetá presents a very favorable potential as an alternative way of collecting pluvial water and supply, considering that, during the rainy months, the systems can exceed the 100% of usage corresponding to the campus demand, thus being a viable alternative to the water economy provided by the public supply system.

KEYWORDS: Rainwater harvesting. Water resources. Sustainability. Rainwater. Feasibility study. Water economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Volume total de água no mundo	17
Figura 2 – Volume total de água doce no mundo	17
Figura 3 – Sistema de captação de águas pluviais por recalque e gravidade.....	30
Figura 4 – Esquema de funcionamento do dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos	33
Figura 5 – Filtro simples auto-limpantes	34
Figura 6 – Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 200m ² , Modelo VF-1	34
Figura 7 – Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 1500m ² , Modelo VF-5	35
Figura 8 – Localização do município de Guaratinguetá, no Estado de São Paulo	42
Figura 9 – Planta baixa e vista em satélite da UNESP, Campus de Guaratinguetá	44
Figura 10 – Demonstração do índice pluviométrico do município de Guaratinguetá.....	47
Figura 11 – Volume de água aproveitável ao ano	53
Figura 12 – Componentes principais do sistema pluvial.....	54
Figura 13 – Etapas de tratamento e caminho da água	56
Figura 14 – Balanço hídrico da moradia estudantil da UNESP, campus de Guaratinguetá ...	57
Figura 15 – Balanço hídrico da UNESP, campus de Guaratinguetá	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Disponibilidade hídrica no Brasil por região.....	18
Tabela 2 – Regiões do Brasil com área em km ² e população em porcentagem	18
Tabela 3 – Padrões de qualidade da água estabelecidos pela NBR 15.527/07	37
Tabela 4 – Padrões microbiológicos de potabilidade para consumo humano, segundo o anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde de 03/10/2017	37
Tabela 5 – Área construída dos Setores da UNESP, <i>campus</i> de Guaratinguetá (m ²)	43
Tabela 6 – Área (m ²) das coberturas das áreas construídas, nos diferentes setores da UNESP, <i>campus</i> de Guaratinguetá.....	45
Tabela 7 – Índices pluviométricos de Guaratinguetá (SP)	46
Tabela 8 – Uso de recursos hídricos na UNESP, <i>campus</i> de Guaratinguetá (2017)	50
Tabela 9 – Estimativa de demanda de água não potável para usos internos e externos feita pelo autor juntamente com moradores da Moradia Estudantil do <i>campus</i> de Guaratinguetá (2017)	51
Tabela 10 – Estimativa de consumo de água não potável para usos internos e externos feita pelo autor juntamente com moradores da Moradia Estudantil do <i>campus</i> de Guaratinguetá (2017)	52
Tabela 11 – Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl.....	58
Tabela 12 – Estimativa do custo de implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva na Moradia Estudantil da UNESP, <i>campus</i> de Guaratinguetá (2017)	59

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C	Antes de Cristo
ANA	Agência Nacional de Águas
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
ASA	Articulação do Semi-Árido Brasileiro
C	Coeficiente de escoamento superficial ou <i>Runoff</i>
cm	Centímetro
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CO ₂	Gás carbônico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTATSA	Centro de Pesquisas Agropecuárias de Trópico Semi-Árido
Cwa	Clima temperado húmido com Inverno seco e Verão quente de acordo com a classificação climática Köppen-Geiger
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Especificações Técnicas ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
FDCT	Fundo para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia – UNESP, campus de Guaratinguetá
GBC	Green Building Council
HNO ₃	Ácido nítrico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
km	Quilometro
km ²	Quilometro quadrado
km ³	Quilometro cúbico
L	Litro
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
NBR	Norma Brasileira Registrada
NH ₃	Amoníaco
NMP	Número mais provável
ONG	Organização Não Governamental
P1+2	Programa Uma Terra e Duas Águas
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
PE	Pernambuco
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
PVC	Poli cloreto de vinila
SAEG	Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SO ₂	Dióxido de enxofre

SP	São Paulo
uH	Unidade Hazen
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICEF	<i>United Nation's Fund</i> – Fundo das Nações Unidas para a Infância
UNT	Unidade de Turbidez
VF1	Modelo de dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 200m ²
VF6	Modelo de dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 1500m ²
WHO	<i>World Health Organization</i> – Organização Mundial da Saúde
°C	Grau Celsius
η	Coefficiente de eficiência do sistema de captação de águas pluviais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E NO MUNDO ..	17
3.2	O PROBLEMA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL	19
3.3	PANORAMA DO REUSO DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO	21
3.4	ÁGUAS PLUVIAIS	24
3.4.1	Contexto Histórico.....	25
3.4.2	Aplicações do Sistema de Aproveitamento e Reuso de Águas Pluviais.....	27
3.4.3	Vantagens da captação das águas pluviais.....	28
3.4.4	Composição de um sistema de captação de águas pluviais.....	30
3.5	LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS.....	36
3.6	QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS	39
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
4.2	CÁLCULO DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	46
4.3	ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO.....	47
4.4	BALANÇO HÍDRICO E POTENCIAL DE ECONOMIA	48
4.5	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1	ESTIMATIVA DA DEMANDA DE ÁGUA PARA USOS NÃO POTÁVEIS	50
5.2	BALANÇO HÍDRICO	56
5.3	RESERVATÓRIO E ESTIMATIVA DE CUSTO DO SISTEMA	58
6	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para a manutenção da vida em nosso planeta. Para que este recurso natural seja preservado e utilizado de forma sustentável é preciso incentivar a adoção de medidas que evitem o desperdício e a poluição dos corpos d'água superficiais e subterrâneos.

O crescimento populacional, a poluição ambiental e o uso não racional da água têm levado ao aumento da demanda de água potável, o que vem reduzindo gradativamente a disponibilidade e a qualidade deste recurso em termos mundiais. Além disso, a distribuição dos recursos hídricos é desproporcional em relação aos grandes centros populacionais, outro fator preocupante em relação à disponibilidade, considerando que as regiões mais populosas são justamente as que possuem uma menor quantidade de água, devido ao alto consumo e a maior área de superfície impermeabilizada, enquanto em locais de menor densidade demográfica existe maior disponibilidade deste recurso (GHISI, 2006; COUTO, 2012). Desta forma, nota-se, por exemplo, que a região sudeste do Brasil, dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional e conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a região norte, que compreende a bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira (NASCIMENTO; FERNANDES; YOSHINO, 2016). Sendo assim, diversas pesquisas vêm sendo realizadas com a finalidade de estabelecer e propor soluções alternativas, capazes de reduzir o consumo de água potável e contribuir para a preservação deste bem, essencial para a sobrevivência de todo e qualquer organismo vivo. De acordo com esta abordagem, estudos sobre a importância do aproveitamento de águas pluviais, para fins não potáveis, se encontram em constante crescimento, por se tratar de um recurso natural e abundante na maioria das regiões brasileiras (NASCIMENTO; FERNANDES; YOSHINO, 2016).

A implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em instituições de ensino é fundamental para uma sociedade que busca ser sustentável, uma vez que estas podem atuar na disseminação de informações sobre a tecnologia, bem como, gerar modelos de projetos de captação. Além disso, pode proporcionar benefícios diretos à instituição como, a redução de custos de consumo e a maior disponibilidade de recursos hídricos que, aliados à preservação da água, representam uma ótima alternativa para a sociedade.

No entanto, o consumo de água em instituições de ensino pode variar de acordo com os tipos de aparelhos sanitários utilizados e as dependências existentes no local, sejam lanchonetes, ginásios, laboratórios, cozinha, horta e outros ambientes que exijam este recurso,

tendo um consumo significativo de água (FASOLA et al., 2011). A implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais leva em consideração o potencial de captação da área, que dependerá das características específicas da região, responsáveis por demonstrar se sua aplicação será ou não eficiente, de forma a proporcionar uma fonte complementar de abastecimento à instituição.

Neste sentido, esse trabalho tem como objetivo principal realizar um estudo do potencial de captação e do reaproveitamento de águas pluviais, na Universidade Estadual Paulista, *campus* de Guaratinguetá, assim como, analisar a economia de água em atividades que não exijam sua potabilidade, contribuindo para o uso sustentável dos recursos hídricos. Além disso, o estudo visa determinar o volume disponível de águas pluviais e a demanda de água na moradia estudantil do *campus*.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi realizar um estudo de viabilidade e analisar o potencial de captação de águas pluviais da moradia estudantil da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *campus* de Guaratinguetá.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o volume disponível de águas pluviais e a demanda de água em todo o *campus*;
- Avaliar a economia de água proporcionada, caso um sistema de captação de águas pluviais seja instalado no *campus*, e determinar o tempo de retorno econômico para o investimento inicial;
- Analisar o potencial de captação e de reuso de águas pluviais na moradia estudantil, da Universidade Estadual Paulista, *campus* de Guaratinguetá.

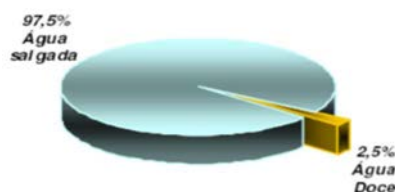
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E NO MUNDO

O conhecimento da disponibilidade e do fluxo de água no país, assim como da quantidade de água utilizada para diferentes usos, é fundamental para o direcionamento de ações de planejamento, regulação e gestão nas bacias hidrográficas.

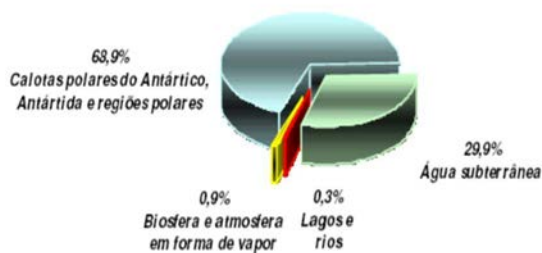
No mundo, 97,5% da água é salgada. A água doce corresponde somente aos 2,5% restantes. Porém, saindo desse valor, 68,9% da água doce estão congeladas nas calotas polares e regiões montanhosas. A água subterrânea compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,3% da água doce representa toda a água dos lagos, rios e reservatórios, o que corresponde apenas a 0,007% do total de água doce e salgada existente no planeta (TOMAZ, 2010).

Figura 1 – Volume total de água no mundo.



Fonte: Tomaz (2010).

Figura 2 – Volume total de água doce no mundo.



Fonte: Tomaz (2010).

O Brasil apresenta cerca de 12% dos recursos superficiais de água doce no planeta. No entanto, essa água é distribuída de forma irregular. Por exemplo, cerca de 68% da água superficial do país encontra-se na Região Norte que, por outro lado, possui baixa densidade demográfica, representando apenas 8,3% da população do país, logo possui pouca demanda

por uso da água. Já na região Sudeste, aonde se encontra a maior concentração populacional do país, cerca de 42% tem disponíveis apenas 6% do total de água superficial (TOMAZ, 2010), conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Disponibilidade hídrica no Brasil por região.

REGIÃO	VAZÃO MÉDIA (km³/ano)	PORCENTAGEM (%)
Norte	3.845,5	68,5
Nordeste	186,2	3,3
Sudeste	334,2	6,0
Sul	365,4	6,5
Centro-Oeste	878,7	15,7
TOTAL	5.610,0	100,0

Fonte: Tomaz (2010).

Segundo estimativa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a área em km² e a população do Brasil, no ano de 2017 estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Regiões do Brasil com áreas em km² e população.

REGIÃO	ÁREA (km²)	ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO EM 2017	PORCENTAGEM M DA POPULAÇÃO (%)
Norte	3.853.841	18.182.253	8,7
Nordeste	1.554.291	56.760.780	27,2
Sudeste	924.608	87.711.946	42,1
Sul	576.783	29.754.036	14,3
Centro-Oeste	1.606.234	16.085.885	7,7
TOTAL	8.515.759	208.494.900	100,0

Fonte: IBGE (2017).

Há, portanto, um desequilíbrio entre oferta e necessidade. Pode-se observar também que a região Sudeste possui maior população e o problema ainda é acentuado pela poluição dos rios, em consequência da atividade industrial, da utilização de insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos.

Apesar do grande volume de reservas de água doce no Brasil, segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS, a escassez hídrica vem atingindo algumas regiões do país, em especial, a região Sudeste, o que evidencia que a gestão de perdas de água tem papel fundamental nas ações estruturantes dos prestadores de serviços. Além disso, o lançamento de esgoto *in natura* nos rios e mananciais é responsável por comprometer totalmente a qualidade dos recursos hídricos disponíveis para a sociedade, principalmente, em períodos de escassez de água, onde ocorre a concentração dos poluentes nos corpos d'água.

Segundo esse mesmo diagnóstico, 83,3% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, ou seja, cerca de 35 milhões de indivíduos não possuem acesso a esse serviço básico. A cada 100 litros de água coletados e tratados, em média, apenas 63 litros são consumidos. Ou seja, 37% da água no Brasil é perdida, seja com vazamentos, roubos, ligações clandestinas, falta de medição ou medições incorretas no consumo de água, resultando no prejuízo de R\$ 8 bilhões (SNIS, 2017).

Os recursos hídricos representam bens de grande valor para a promoção do bem-estar de uma sociedade. A água constitui um elemento de consumo final ou intermediário, na quase totalidade das atividades humanas, como usos gerais para a sociedade, nos quais a água entra como bem de consumo final, na agricultura e na indústria (DUARTE, 2015).

Neste contexto, as fontes alternativas de abastecimento de água, como a captação de água de chuva, tornaram-se imprescindíveis para amenizar os problemas causados pela poluição dos corpos d'água, agravados pela crise hídrica.

3.2 O PROBLEMA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL

A escassez de água não está ligada apenas à sua ausência em determinadas localidades, mas também, uma vez disponibilizado o recurso hídrico, sua escassez está relacionada ao seu uso desnecessariamente excessivo que, por vezes, não se faz diretamente ao consumo humano, mas em decorrência dos outros usos a que se destinam os recursos hídricos (MELO, 2018; RIBEIRO, 2008).

Além disso, a poluição gerada pelo ser humano, a precariedade no tratamento dos efluentes domésticos, conjugado com o baixo índice de disponibilidade hídrica em alguns locais igualmente gera a escassez da água por torná-la inutilizável, principalmente em áreas urbanas onde há um grande número populacional. Isso porque a quantidade de poluição produzida pode superar a capacidade de assimilação das águas disponíveis naquele local, ao

ponto de a água não estar mais disponível para o consumo humano, para a vida aquática ou para outras destinações (ANA, 2015).

A disponibilidade de recursos hídricos também está intrinsecamente ligada à qualidade dos mesmos, já que a poluição das fontes de água pode coibir diferentes tipos de usos. O aumento do despejo de esgoto não tratado, combinado ao escoamento agrícola e às águas residuais inadequadamente tratadas da indústria, resultaram na degradação da qualidade da água em todo o mundo.

Feitas essas considerações acerca da escassez da água, que, ao ser revertida ao seu equilíbrio e percurso natural, o volume de água existente se mostra suficiente ao abastecimento humano; deve-se apontar quais as origens e consequências da crise hídrica para destaque das diferenças existentes entre as duas realidades.

A crise hídrica não é um fenômeno sazonal que pode ser superado por estações de cheia, mas sim um estado permanente de insuficiência à demanda mínima para a subsistência humana. Isso ocorre quando, para atender a demanda de sobrevivência humana, o consumo de água se mostra superior à sua reposição natural, ou seja, não há meio deste elemento natural suprir as necessidades de todos, por insuficiência natural de sua vazão que não será reposta (RIBEIRO, 2008; MELO, 2018).

Em outras palavras, não se trata de um período de seca, que pode ser equilibrado nos períodos de abundância de chuvas mediante uso de açudes ou reservatórios, mas sim de insuficiência natural de atendimento da demanda. Não há recursos disponíveis, outras fontes ou meios de intervir para promover o abastecimento satisfatório à sobrevivência de todos. Uma crise hídrica se dá quando a população existente em uma determinada região demanda uma quantidade de água superior a sua disponibilidade em sua quantidade mínima, para a subsistência dos seres humanos. (RIBEIRO, 2008; MELO, 2018).

Atualmente, embora existam países ou até mesmo regiões dentro do nosso território nacional, que não tenham disponibilidade de água capaz de suprir as necessidades de sua população; a disparidade dessa realidade com outras localidades abastadas pela disponibilidade deste recurso hídrico, faz com que o planeta não enfrente uma crise hídrica, mas sim uma escassez hídrica; que pode ser superada através da implementação de meios econômicos e com o emprego de recursos financeiros para promover o acesso à água de outro lugar suficiente para o abastecimento de determinada população (RIBEIRO, 2008; MELO, 2018).

Todavia, essa realidade não pode acomodar o uso irresponsável e sem a implementação de uma ética sustentável ao uso e consumo da água, do contrário, em um futuro não tão

distante, essa realidade, que hoje apresenta apenas períodos de escassez de água, pode se transpor a um verdadeiro cenário de crise hídrica, onde será necessária uma escolha para determinar qual população será abastecida e subsistirá (MARENGO et al., 2015).

Neste contexto, é possível observar que, no último estudo feito pelo Instituto Trata Brasil juntamente com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, o Brasil ocupa a 112ª posição no *ranking* de saneamento mundial, em um grupo de 200 países (CEBDS, 2014). Além disso, o país não vem cumprindo os prazos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, constituída pela Lei Federal 12.305/2010, sobre a destinação final de resíduos, visto que, após o prazo de agosto de 2014, ainda é notável e comum a prática do encaminhamento/despejo de resíduos em locais inadequados no Brasil. Esta disposição inadequada de resíduos sólidos também é capaz de provocar graves impactos ambientais, resultantes do processo de decomposição destes materiais, que podem liberar substâncias altamente tóxicas aos solos, aos corpos d'água, sejam superficiais ou subterrâneos, assim como, contribuir para redução da qualidade do ar, podendo em alguns casos, impulsionar o aparecimento de doenças respiratórias (BESEN, 2011).

Para atenuar o problema da escassez hídrica, muitos países, incluindo o Brasil, além de incentivarem programas de combate ao desperdício, buscam a utilização de fontes alternativas de água, como o reuso das águas servidas e o aproveitamento de água da chuva. Esta última tem se destacado por ser relativamente barata e pela possibilidade de constituir fonte para usos potáveis, desde que seja realizado tratamento adequado.

3.3 PANORAMA DO REUSO DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

As águas pluviais têm sido aproveitadas desde a antiguidade para auxiliar no atendimento à demanda de água ou, até mesmo, como principal fonte de abastecimento, no caso de regiões semiáridas (WHO/UNICEF, 2012).

Segundo o último relatório da Organização Mundial da Saúde – WHO/UNICEF, em seu Programa Conjunto de Monitoramento de Abastecimento de Água e Saneamento (WHO/UNICEF, 2012), cerca de 1,3% da população mundial utiliza a água de chuva como sua principal fonte de abastecimento para o uso doméstico. De acordo com este relatório, cerca de 76 milhões de pessoas em todo o mundo dependem da água de chuva para sobreviver.

A utilização da água de chuva também é adotada por países desenvolvidos como os Estados Unidos, em regiões com escassez de água, como por exemplo, Havaí e Texas. Outros

países como Nova Zelândia e Austrália também aproveitam a água de chuva para usos domésticos não potáveis. Em 2013, o Instituto Australiano de Estatística identificou um aumento de 24% para 34% no consumo de água de chuva, entre os anos de 2007 a 2013, por famílias que ocupavam residências adequadas à utilização de cisternas para reservar água de chuva para uso domiciliar, com melhorias em suas instalações (AUSTRALIAN BUREAU STATISTICS, 2013).

Na Europa, em particular na Alemanha, a gestão da água de chuva e seu uso doméstico é promovida para reduzir os fluxos máximos em descargas de drenagem, e aperfeiçoar a gestão local dos recursos hídricos. Em resumo, a utilização da água de chuva está ganhando importância devido à falta de recursos hídricos adequados, destinados ao consumo humano (HEIJNEN, 2012).

No Brasil, o aproveitamento de água da chuva iniciou-se com a construção de cisternas, principalmente no Nordeste. Alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro. Um deles foi a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semiárido (CPATSA) em 1975, com o objetivo de coleta da água da chuva e de construção de cisternas para armazenamento de água para consumo e, atualmente, conta-se com o Programa Água para Todos desenvolvido em 2012.

O armazenamento da água da chuva nessas regiões também é incentivado e financiado por Organizações Não Governamentais (ONG's) em parceria com o governo. Como exemplo, pode-se citar a ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro) que, atualmente, desenvolve projetos como o “Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2)” que tem como objetivo promover a soberania e segurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras, e fomentar a geração de emprego e renda para as mesmas. Também pode-se citar o “Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)” programa esse que tem por objetivo beneficiar cinco milhões de pessoas e é destinado às famílias com renda até meio salário mínimo por membro da família, incluídas no Cadastro Único do governo federal e que contenham o Número de Identificação Social. (REIS E SILVA, 2014).

Entre os anos de 2013 e 2016, 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas ou estiagens no território nacional. Neste mesmo período, o Nordeste registrou 83% dos eventos de seca registrados no Brasil, que prejudicam a oferta de água para abastecimento público e para setores que dependem de água para realizarem atividades econômicas, como geração hidrelétrica, irrigação, produção industrial e navegação (ANA, 2017).

De acordo com o diagnóstico realizado pela Agência Nacional das Águas, a demanda por uso da água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas décadas. Até 2030, a previsão é de que a retirada aumente em 30% (ANA, 2017).

Dentre os municípios brasileiros, 58% utilizam mananciais de águas superficiais de forma preponderante para o seu abastecimento, enquanto que 42% têm, nos mananciais subterrâneos, suas principais fontes. Considerando os grandes centros urbanos do país, a representatividade dos mananciais superficiais é ainda maior, com 69% e, apenas 31% a aproveitamentos subterrâneos (ANA, 2017).

A crescente pressão imposta sobre as fontes hídricas, as limitações da disponibilidade de água e os problemas de gestão dos mananciais são os principais fatores que motivam a busca por novas fontes hídricas, sendo necessário buscar mananciais cada vez distantes e uma maior complexidade de infraestrutura hídrica para o atendimento das demandas (ANA, 2017).

Nesse contexto, é importante ressaltar a necessidade de intensificar a gestão sobre a demanda, incentivando o uso mais racional da água e o controle das perdas físicas nos sistemas de água, que estão em torno de 36% na média para o Brasil (SNIS, 2015).

O Brasil já está entre os líderes em construções sustentáveis. Segundo o Green Building Council (GBC), de 2007 até 2018, o país contabiliza mais de 1300 empreendimentos sustentáveis registrados, e mais de 500 projetos certificados, e com essa marca o Brasil ocupa a quarta colocação no *ranking* mundial de 167 países com o maior número de projetos LEED, são mais de 14.8 milhões de metros quadrados certificados.

Os recursos hídricos têm uma grande interação com os demais componentes do meio ambiente, principalmente, em relação a ocupação do uso do solo: uso urbano, com lançamento de esgoto, deposição do lixo, captação para abastecimento e impermeabilização do solo; o uso industrial, com o lançamentos de poluentes e captações; uso rural, como irrigação, carreamento de sedimentos, erosão de encostas e assoreamento dos cursos d' água; os aproveitamentos minerais, dentre outros. Portanto, os problemas em recursos hídricos não devem ser tratados de forma isolada e dissociada das questões globais do meio ambiente. As políticas de gestão da água devem ser articuladas e integradas com as políticas ambientais que tratam dos demais recursos ambientais (FILARD, SOUZA, 2017).

3.4 ÁGUAS PLUVIAIS

A água é um recurso renovável que, quando reciclado por meio de sistemas naturais, torna-se um recurso limpo e seguro (HESPANHOL, 2002). Conforme informações da CETESB (2005), a água pode ser reutilizada de forma direta ou indireta, levando em consideração o seu planejamento. Mieli (2001), classificou o reuso de água de chuva como:

- Reuso indireto não planejado da água: a água utilizada em alguma atividade humana é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, de maneira não intencional e não controlada. A água fica sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico.

- Reuso indireto planejado da água: os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de água para serem utilizados a jusante de maneira controlada.

- Reuso direto planejado da água: neste caso, os efluentes são tratados e depois encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de reuso.

A coleta da água da chuva constitui um recurso valioso, porém, pouco explorado, sendo capaz de contribuir para a conservação de recursos hídricos e proporcionar alívio a comunidade, permitindo que a água de melhor qualidade seja destinada apenas a usos mais nobres, como o consumo humano e o abastecimento doméstico (HESPANHOL, 1999; BASSANESI, 2014).

Desta forma, a água da chuva pode ser considerada um recurso hídrico com qualidade e quantidade, capaz de atender diversas demandas, principalmente, as não-potáveis. Em regiões que o regime pluviométrico local é favorável, esta água pode ser utilizada como um recurso hídrico alternativo, ou seja, complementar ao abastecimento. Já em áreas descentralizadas ou isoladas, o aproveitamento da água pluvial representa uma grande possibilidade, uma vez que, este recurso é captado junto ao local onde será consumido, o que reduz o custo e dificuldades no transporte e construção de estruturas (LAMBERTS *et al.*, 2010; LISBOA, 2011).

O aproveitamento de águas pluviais pode ser definido como o processo de captação e armazenamento da água proveniente da chuva, recolhida em determinadas superfícies (telhados, terraços, estacionamento, entre outros) e posteriormente, utilizada para fins domésticos ou industriais. Essa captação pode melhorar a segurança hídrica, abastecendo áreas frágeis e semiáridas, bem como, fortalecer o conceito de uso racional. Em alguns casos, se o sistema for bem dimensionado e contar com materiais/equipamentos específicos, é possível tornar potável a água pluvial captada (LISBOA, 2011; MAGALHÃES, 2013; BASSANESI, 2014).

O uso doméstico da captação de água da chuva promove a redução dos fluxos máximos das descargas de drenagem e aperfeiçoamento da gestão local de recursos hídricos (BRESOLIN, 2010).

O sistema de aproveitamento de águas pluviais deve ser dimensionado de acordo com as características específicas da edificação, levando em consideração a finalidade a que será destinado, a qualidade que será exigida para a água tratada, as especificações da bacia coletora, as fontes de alimentação da cisterna e o espaço disponível para a instalação dos equipamentos, bem como, o orçamento, as exigências legais e normas regionais e locais (FEDOZZI, 2013). Estes requisitos serão responsáveis por proporcionar segurança ao abastecimento e a manutenção da qualidade da água pluvial armazenada (BASSANESI, 2014).

A captação das águas pluviais contribui diretamente para o uso racional da água e para a redução dos impactos provocados pelas precipitações pluviais, favorecendo assim, a diminuição de danos e consequências de inundações. Além disso, constitui uma importante medida contra a falta e o excesso de água, contribuindo para o eficiente controle do escoamento superficial e restauração do ciclo hidrológico nos centros urbanos (LISBOA, 2011).

Acredita-se que com a implantação de sistemas de captação de água pluvial em diferentes edificações, pode-se reduzir de forma significativa a demanda de água para irrigação. Visto que, de acordo com May (2009), aproximadamente 40% da água utilizada em áreas urbanas são, geralmente, destinadas à prática de irrigação.

A sua utilização torna-se mais atraente em áreas onde a precipitação é elevada ou com escassez de abastecimento ou de alto custo de extração de água subterrânea. Entretanto, em locais como o semiárido brasileiro, constitui uma prática mais utilizada para fins potáveis, ou seja, para suprir, principalmente, a demanda por água potável, que, muitas vezes, se encontra escassa (MAY, 2009).

3.4.1 Contexto Histórico

O aproveitamento de águas pluviais pode ser considerado uma técnica antiga, uma vez que, estudos registram o uso de sistemas de captação para o consumo humano desde os primórdios da civilização, em diferentes regiões do mundo. Esta prática, apesar de não ser uma novidade tecnológica, deixou de ser utilizada em larga escala, devido à grande

disponibilidade de água no planeta, que aliada ao emprego de tecnologias, facilitou o seu uso e consumo (BRESOLIN, 2010; FARIAS, 2012).

O manejo e aproveitamento da água da chuva tem sido uma atividade exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo. Existem registros de dispositivos de coleta e armazenamento de águas pluviais que evidenciam a existência de estruturas construídas a mais de 3.000 a.C. Por esta questão, não há como definir com exatidão a data em que esta técnica surgiu no mundo, uma vez que, foi encontrada em diversos locais, incluindo o deserto de Negev em Israel, Grécia, Itália, Índia, Egito, Turquia e México. No deserto de Negev, por exemplo, existem indícios de que o sistema foi utilizado há mais de 4.000 anos, além disso, representava um sistema integrado de manejo de águas pluviais. Já os reservatórios de águas de chuva encontrados na região do Parque Nacional Mesa Verde, localizado nos Estados Unidos, consistem em estruturas que se acredita terem sido construídas pelos Anasazis, entre 750 a 1100 a.C. (MAY, 2009; LISBOA, 2011; DORNELLES, 2012; FEDOZZI, 2013).

Um outro exemplo datado como importante sobre esta técnica é a utilização da água pluvial por vários povos como, os Incas, os Maias e os Astecas. Os Incas faziam uso de reservatórios de água e sistemas de banho, em que a água era conduzida por meio de dutos perfurados em rocha (ANNECCHINI, 2005; DORNELLES, 2012).

No semiárido do território brasileiro, a agricultura foi introduzida em um passado recente, do ponto de vista histórico, e a população local não teve muitas oportunidades de estabelecer métodos ou testes de manejo de águas pluviais. Os primeiros relatos da utilização de água da chuva no Nordeste brasileiro, datam o ano de 1587, e refere-se ao uso da água pluvial captada dos telhados do Colégio dos Jesuítas, por parte da população de Olinda-PE (LISBOA, 2011).

Por volta do século XVIII, em Santa Catarina, tem-se o primeiro uso comprovado das águas pluviais no território brasileiro, por meio da construção das Fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Ratones, localizada na pequena Ilha de Ratones, foi construída uma cisterna responsável por coletar e armazenar a água dos telhados, a qual era utilizada para fins diversos, inclusive, para o consumo das tropas (LISBOA, 2011).

Entretanto, com o passar dos anos, o aproveitamento de águas pluviais foi perdendo força, com a inserção de tecnologias mais modernas de abastecimento, seja a criação de grandes barragens, como o desenvolvimento de técnicas subterrâneas e irrigação encanada. Nos tempos modernos, as tecnologias de captação de água, começaram a ser menos utilizadas. Uma vez que, só era utilizado em propriedades rurais, comunidades isoladas ou em regiões

semiáridas com pouca disponibilidade hídrica (ANNECCHINI, 2005; LISBOA, 2011; DORNELLES, 2012).

Atualmente, a utilização da água pluvial voltou a ser realidade, visto que, devido ao esgotamento de recursos naturais e a crise hídrica, passou-se a buscar métodos que pudessem auxiliar na conservação e preservação de elementos fundamentais a vida, como a água. Por esta questão, o aproveitamento de águas pluviais vem, aos poucos, se tornando parte da gestão moderna de grandes cidades em países desenvolvidos. Permitindo uma nova abordagem na construção de tanques de armazenamento e áreas de captação (ANNECCHINI, 2005; LISBOA, 2011).

Com isso, países europeus e asiáticos começaram a implantar métodos e técnicas de aproveitamento de água da chuva nos diversos setores, tanto residencial, comercial e industrial, principalmente, na agricultura. Sendo considerada uma fonte valiosa de água para práticas de irrigação, consumo e para suprir demandas de vasos sanitários e de lavagem de roupas (ANNECCHINI, 2005).

3.4.2 Aplicações do Sistema de Aproveitamento e Reuso de Águas Pluviais

A água pluvial, quando não é submetida a algum tratamento e não apresenta potabilidade, pode ser utilizada para diversos propósitos, como a geração de energia, a refrigeração de equipamentos, lavagem de veículos, irrigação de jardins (ao redor de edifícios, residências ou indústrias), limpeza de calçadas e pisos, entre outros (MAGALHÃES, 2013).

Sendo assim, pode ser utilizada no setor residencial, industrial ou agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar em descargas de vasos sanitários, sistemas de controle de incêndio (chafarizes e fontes de praças), lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. Enquanto no setor industrial, pode ser utilizada para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, abastecimento de caldeiras, lava jatos de veículos, água de processamento e limpeza industrial, entre outros (BASSANESI, 2014).

Em relação às irrigações, existem as denominadas de paisagísticas, que incluem áreas de parques, cemitérios e campos e irrigações de cultivo, de plantas, grãos, viveiros e jardins (CALDEIRA, 2016).

Sendo assim, estas práticas promovem a preservação, principalmente, da água para o consumo, disponibilizando um volume maior de água para outros fins. O que proporciona o uso racional e reduz, também, a demanda por este recurso sobre os mananciais. Uma vez que,

atua em substituir o uso da água potável para estas atividades citadas, conservando a mesma apenas para o consumo (OLIVEIRA, 2008).

A quantidade de água despejada no solo pelas chuvas, pode suprir as necessidades de irrigação de hortas e jardins, por um período de 45 dias ou até três meses, se for intercalando os dias de rega. Segundo Magalhães (2013), esta água também pode ser utilizada para o abastecimento de bacias sanitárias, que apresenta um sistema eficiente, visto que a água captada e expelida pela ação da chuva, também pode suprir a quantidade de água necessária para as descargas.

Em relação as atividades que exigem potabilidade, esta água deve ser submetida a análises, responsáveis por caracterizar a sua composição e determinar o tipo de tratamento ideal, para que a mesma alcance um padrão de potabilidade e possa ser utilizada em atividades de consumo, culinária e higienização pessoal (LISBOA, 2011).

O aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis foi regulamentado na Norma NBR 15.527/2007, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que fornece requisitos básicos para esta prática. A água armazenada em cisternas pode ser utilizada para descargas de vasos sanitários, lavagens de calçadas e garagens, irrigação de jardins internos e externos, automóveis ou áreas necessárias da edificação, constituindo assim, um dos grandes benefícios deste processo, uma vez que, a racionalização de água potável e, a preservação e conservação de recursos hídricos são fundamentais a um cenário de escassez, que poderá atingir as próximas décadas.

3.4.3 Vantagens da captação das águas pluviais

As vantagens que o sistema de aproveitamento da água da chuva proporciona são bastante divulgadas e citadas em pesquisas, manuais e decretos sobre o assunto, onde os mais notáveis estão relacionados ao meio ambiente e aos benefícios econômicos de sua implantação.

O ciclo hidrológico, que constitui um fator de extrema importância para a sobrevivência e manutenção da vida no planeta, vem sendo prejudicado pelo crescimento urbano desordenado, responsável por ocasionar aumento do escoamento superficial de águas pluviais. Este aumento, provoca o aparecimento de inúmeras inundações, enchentes e sobrecargas sobre o sistema de drenagem, contribuindo para o risco de acidentes e para o mal-estar dos indivíduos (TOMAZ, 2003).

Os sistemas de captação de águas pluviais representam uma grande solução sustentável, visto que são responsáveis por atuar na recuperação das linhas de drenagem do ambiente, uma vez que, coletam a água que seria descarregada em excesso, sobre o sistema de drenagem ou sobre os solos que, muitas vezes, se encontram em processo erosivo, notável nos grandes centros urbanos. Por isso, a captação de águas pluviais constitui uma tecnologia capaz de promover a redução do escoamento superficial e facilitar o gerenciamento das contribuições pluviais (TOMAZ, 2003; CALDEIRA, 2016).

O aproveitamento de águas pluviais é responsável por coletar, também, águas pluviais no momento de maior intensidade de chuva, o que contribui para o retardamento do processo de escoamento, dificultando a ocorrência de inundações na região, principalmente, aquelas localizadas nos centros urbanos. Evita-se assim, que a maior parte deste montante seja destinada diretamente à rede pública de drenagem urbana, fato que ocasionaria um superfluxo e sobrecarga, cada vez maior, no sistema, dando origem a enchentes. Sendo assim, além de atuar na coleta destas águas, evita prejuízos à área construída e o transborde de rios, que podem vir a alterar o ecossistema local (OLIVEIRA, 2008).

Além desta função de captação, a principal vantagem da aplicação de sistemas de aproveitamento consiste na coleta e armazenamento de águas pluviais, que podem ser utilizadas para fins não potáveis, ou seja, que não exijam potabilidade. Desta forma, estes sistemas atuam na conservação da água potável, que passa a ser utilizada exclusivamente para o consumo e atividades em que a potabilidade seja necessária. O que reduz também o consumo de água tarifada e os gastos com o consumo. Consequentemente, ocorre redução na dependência das reservas de água subterrânea que, quando super exploradas, se esgotam (DORNELLES, 2012).

Sendo assim, o aproveitamento de águas pluviais proporciona a redução do consumo de água na rede pública e a exploração dos sistemas de abastecimento, assim como evita a utilização de água potável para usos incompatíveis com a sua qualidade (OLIVEIRA, 2008). Segundo Dornelles (2012), o aproveitamento visa reduzir desperdícios e aumentar a eficiência de aparelhos como, por exemplo, os sanitários.

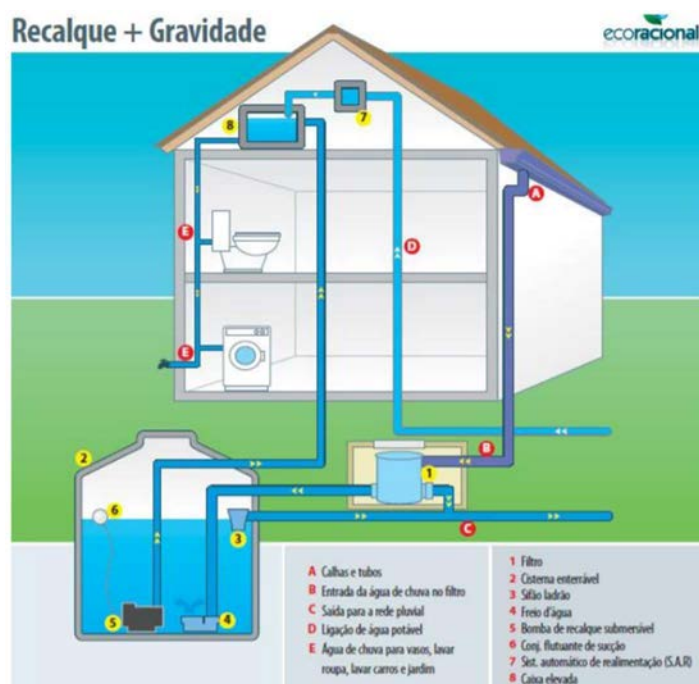
O uso da água pluvial em atividades de irrigação proporciona a recarga de aquíferos e pereniza os cursos d'água, contribuindo para a manutenção do ciclo hidrológico. Ao reduzir os volumes captados dos mananciais superficiais, também, ocorre a maior disponibilidade deste recurso, o que propicia maior capacidade de manutenção da biota e diluição de contaminantes (DORNELLES, 2012).

As tecnologias necessárias para a captação e armazenamento são de simples instalação e utilização, encontrados facilmente disponíveis no mercado (OLIVEIRA, 2008).

3.4.4 Composição de um sistema de captação de águas pluviais

Um sistema de captação de águas pluviais possui uma composição estrutural particular, que dependerá do local de instalação e da área de captação, do índice pluviométrico da região, da estimativa de demanda para o uso e da finalidade que se dará a água coletada. O dimensionamento destes sistemas, portanto, deve levar em consideração as várias etapas do processo de aproveitamento, que representam: a recolha, o transporte, a filtração, o armazenamento, tratamento e distribuição. Além disso, para fins não potáveis, a concepção do projeto deve atender aos requisitos da NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais e da NBR 10844/89 – Instalação Predial de Água Fria (HAGEMANN, 2009; MAGALHÃES, 2013).

Figura 3 – Sistema de reaproveitamento de águas pluviais por recalque e gravidade.



Fonte: Scopus (2017).

As etapas de um sistema de captação de água da chuva, serão apresentadas a seguir, e estão ilustradas na Figura 3.

A recolha representa a etapa de captação, que corresponde à superfície sobre a qual a chuva cai. Já o transporte, é constituído pelos componentes responsáveis por encaminhar a água coletada na superfície de captação para os filtros. A filtração constitui a etapa que compreende os dispositivos que atuam na remoção de detritos e poeiras, quando a água está sendo encaminhada para os reservatórios. Já o armazenamento representa a fase em que os reservatórios ou tanques recebem esta água e atuam conservando-a, podendo ser nomeados, também, como cisternas. Enquanto que o tratamento constitui a técnica empregada a água coletada, seja para o uso potável ou não potável, que exigem métodos diferentes, de acordo com a finalidade que se pretende proporcionar. Por fim, a distribuição pode ser definida como a fase em que o sistema estabelece transporte da água pluvial para o seu uso final, seja por meio de bombeamento ou gravidade (OLIVEIRA, 2008).

Sendo assim, os principais componentes, normalmente, encontrados em sistemas de aproveitamento de águas pluviais são em resumo: a área de captação, as calhas e condutores, grades e filtros, reservatórios de armazenamento e dispositivos de proteção sanitária (LISBOA, 2011).

3.4.4.1 Áreas de captação

Segundo a NBR 15.527/2007, a área de captação pode ser definida como a área projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura, em metros quadrados, a qual representa o espaço onde a água será captada. Desta forma, segundo May (2004), a quantidade de água da chuva captada depende diretamente da área de coleta, assim como da precipitação atmosférica local e do coeficiente de *Runoff*.

Estas áreas de captação representam, normalmente, telhados ou áreas impermeáveis sobre a superfície do solo. Entretanto, quando o sistema de coleta de águas pluviais é estabelecido por meio de um telhado, o mesmo tende a fornecer uma qualidade melhor da água, comparado aos que efetuam a coleta no solo (ANNECCHINI, 2005).

A escolha da área de captação deve levar em conta os espaços que não apresentem trânsito de pessoas ou animais, e que estejam acima do local onde será instalado o reservatório de armazenamento, visando a alimentação por gravidade. Ou seja, a área de captação deverá estar livre da circulação de pessoas, veículos e animais (LAMBERTS et al., 2010; CALDEIRA, 2016).

Os telhados podem ser construídos em telha cerâmica, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico ou até mesmo de concreto armado ou manta asfáltica (ANNECCHINI, 2008).

3.4.4.2 Calhas e Condutores

Para a captação da água pluvial é necessária a instalação de calhas e condutores (verticais e horizontais), que permitem encaminhar a água coletada para o reservatório de armazenamento. Estes elementos podem ser de PVC, alumínio, chapas galvanizadas, geomembranas e entre outros materiais, devem ser projetados de acordo com a NBR 10.844/1989 – Instalações Prediais de Águas Pluviais, responsável por estabelecer as exigências necessárias aos projetos de aproveitamento de águas pluviais (OLIVEIRA, 2008; CALDEIRA, 2016).

As calhas compostas por alumínio ou aço galvanizado são mais utilizadas e recomendadas, por apresentarem características voltadas a resistência, sendo mais eficientes contra fenômenos de corrosão (OLIVEIRA, 2008).

3.4.4.3 Dispositivos de Desvio de Água dos Primeiros Escoamentos

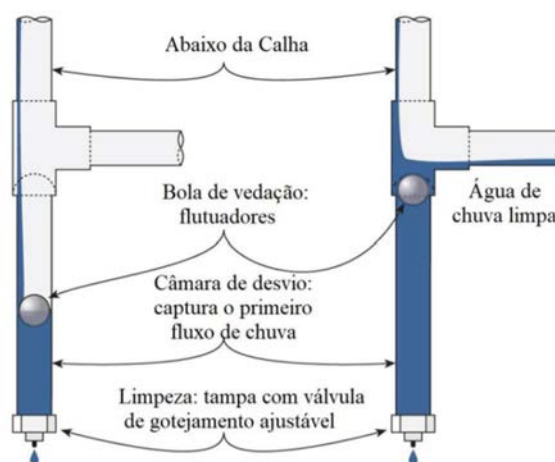
As gotas de chuva, muitas vezes, trazem consigo partículas que se encontram suspensas no ar ou substâncias gasosas solúveis em meio líquido, assim como resíduos fisiológicos de animais (pássaros, ratos e gatos) que, em alguns casos, têm acesso às coberturas das residências. A poeira e a fuligem podem, também, se depositarem nas áreas de captação, contaminando e reduzindo a qualidade das águas pluviais. Diante de tais fatores, recomenda-se o descarte da porção inicial da água pluvial coletada (LISBOA, 2011; CALDEIRA, 2016).

Acredita-se que a contaminação das águas é mais forte nos primeiros milímetros de chuva, uma vez que “limpam” o ar e as áreas de coleta, após um período longo de estiagem. Desta forma, a NBR 15.527/2007 estabelece a obrigatoriedade da aplicação de um dispositivo de descarte, no caso, da primeira água, e recomenda, se possível, que este seja automático. A quantidade de água a ser descartada dependerá de cada tipo de sistema e de suas características específicas, devendo assim, ser dimensionada pelo projetista (ABNT, 2007). Entretanto, recomenda-se o descarte de 2 mm de precipitação inicial. (LISBOA, 2011; CALDEIRA, 2016).

Entre os dispositivos de desvio destacam-se, a “torneira de bóia” e a “bóia flutuante”, que apresentam praticamente o mesmo princípio. As calhas e os condutores encaminham a água coletada para o reservatório de desvio até que atinja o limite estabelecido. A entrada de água passa a ser interrompida apenas através do fechamento automático de uma bóia, que permite que a água passe a escoar para o reservatório de armazenamento. Sendo assim, ao término da chuva, a água que ficou retida no reservatório, definida como a “água inicial”, é descartada por meio de um pequeno orifício ou abertura de registro (LAMBERTS et al., 2010).

O desvio das águas dos primeiros escoamentos, conforme esquema apresentado na Figura 4, proporciona o aumento na qualidade da água coletada e armazenada. No Brasil, utiliza-se, normalmente, uma regra prática, onde é descartado em torno de 1mm de água de chuva por metro quadrado (TOMAZ, 2003).

Figura 4 – Esquema de funcionamento do dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos.



Fonte: Adaptado de Home Power Magazine (2017).

3.4.4.4 Grades e Filtros

Com o objetivo de evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior dos reservatórios de armazenamento, é necessária a instalação de grades ou filtros, nas calhas (no caso de telhados) ou nas rampas (no caso de superfícies de captação no solo). Uma vez que, podem provocar entupimentos ou reduzir a qualidade da água coletada, devido a processos de decomposição ou da presença de resíduos na superfície do telhado/solo (ANNECCHINI, 2005; LISBOA, 2011).

Os filtros mais comuns utilizados nestes sistemas são aqueles que apresentam, em muitos casos, peneiras auto-limpantes, conforme mostrado na Figura 5. Entretanto, o proprietário deve optar pelo dispositivo de filtração mais adequado ao seu caso, entre os materiais utilizados estão: a tela de arame, nylon, PVC e aço galvanizado. Visto que estes componentes exigem uma manutenção periódica, responsável por evitar a obstrução do material ou a restrição do fluxo de água pluvial, bem como o desenvolvimento de microrganismos patogênicos (OLIVEIRA, 2008; LAMBERTS et al., 2010; LISBOA, 2011).

Os filtros e dispositivos de descarte de sólidos se encontram disponíveis no mercado, porém, os mais comercializados no Brasil, principalmente, para residências e indústrias, correspondem aos dispositivos VF1 e VF6, conforme Figura 6 e Figura 7, respectivamente (LISBOA, 2011).

Figura 5 – Filtro simples auto-limpantes.



Fonte: Scopus (2017).

Figura 6 – Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 200m², Modelo VF-1.



Fonte: Scopus (2017)

Figura 7 – Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 1500m², Modelo VF-6.



Fonte: Scopus (2017).

Ressalta-se que, embora denominados de filtros, a remoção das partículas nestes dispositivos não resulta da ação conjunta dos principais mecanismos de filtração, distintos porém, complementares: transporte e aderência. Estes são, portanto, dispositivos de descarte de sólidos que funcionam como um coador – neles ocorre apenas a ação física de coar – promovendo a retenção de impurezas maiores que a de abertura da peneira. Ressalta-se que tais dispositivos podem ser também confeccionados *in loco*, com materiais alternativos (LAMBERTS et al., 2010).

3.4.4.5 Reservatórios de armazenamento

Os reservatórios constituem os elementos responsáveis por armazenar e proteger a água pluvial coletada, por isso, representam o componente mais oneroso do sistema. Além disso, podem ser construídos com o uso de diversos materiais, entre: concreto armado, fibra de vidro, geomembrana, PVC ou PEAD, ferrocimento, aço inoxidável ou galvanizado e alvenaria de tijolo (LISBOA, 2011).

Os reservatórios de fibra de vidro e alvenaria são mais utilizados para armazenar volumes de até 30m³, enquanto os reservatórios em PVC, PEAD e concreto armado consistem em melhores opções para armazenar grandes volumes (EMBRAPA, 2005). A escolha do material é fundamental, não apenas para estabelecer o custo do sistema, mas, principalmente, para garantir uma qualidade mínima da água armazenada (CALDEIRA, 2016).

De acordo com as suas características e disposição no terreno, os reservatórios podem ser apoiados, sobre o solo, semi-enterrados, enterrados ou elevados. Os reservatórios superficiais (apoiados e sobre o solo) devem ser implantados em locais que disponham de área livre, possibilitando o uso das águas pluviais sem a necessidade de bombeamento. Já os

reservatórios semi-enterrados ou enterrados, caracterizam sistemas que necessitam de bombeamento, seja ele manual ou mecânico (ANNECCHINI, 2005; LISBOA, 2011).

Além disso, estes elementos requerem cuidados específicos, responsáveis por proporcionar proteção sanitária e a conservação da qualidade da água pluvial armazenada. Desta forma, os reservatórios devem ser limpos de forma periódica, no prazo mínimo de um ano, para a remoção de possíveis depósitos de sedimentos. A tampa do reservatório deve estar sempre fechada, evitando a contaminação da água por animais e insetos, e, também, deve ser evitada a entrada da radiação solar, com o objetivo de evitar a evaporação e reduzir a proliferação de algas e outros microrganismos (LISBOA, 2011).

De acordo com a NBR 15527/2007, os reservatórios devem ser limpos e desinfetados por uma solução de hipoclorito de sódio, uma vez ao ano (CALDEIRA, 2016).

3.5 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS

No Brasil, os requisitos para o aproveitamento de águas pluviais de coberturas em áreas urbanas, para fins não potáveis, são fornecidos pela NBR 15.527/2007, primeira diretriz brasileira específica, que dispõe das condições gerais, da concepção do sistema e de seus elementos, da manutenção e métodos de cálculo para o dimensionamento de reservatórios (ABNT, 2007).

Segundo Hagemann (2009), a norma fornece as condições gerais que o sistema de aproveitamento deve satisfazer, principalmente, em relação às calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais e manutenção.

Esta norma é aplicada exclusivamente para usos não potáveis, em que a água da chuva, após o tratamento adequado, pode ser utilizada para atividades que envolvam esta propriedade. Entre os usos não potáveis, destaca-se as descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de pisos e pavimentos, espelhos d'água e usos industriais (ABNT, 2007; LISBOA, 2011).

Quanto à qualidade das águas pluviais para utilização em usos mais restritivos, o ato normativo estabelece a obrigatoriedade das seguintes propriedades, demonstradas na Tabela 3 (HAGEMANN, 2009).

Tabela 3 – Padrões de qualidade da água estabelecidos pela NBR 15.527/07

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre (mg/L)	Mensal	0,5 a 3,0
Turbidez (UNT)	Mensal	2,0 5,00 (usos menos restritivos)
Cor Aparente (uH)	Mensal	15
pH	Mensal	6,0 a 8,0

Fonte: Hagemann (2009).

Existem também outras normas que regulamentam procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, um destes instrumentos é o anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde de 03 de Outubro de 2017. Considerando o uso potável para a água pluvial, pode-se considerar os parâmetros de qualidade estabelecidos por esta, como demonstra a Tabela 4 (BASSANESI, 2014).

Tabela 4 – Padrões microbiológicos de potabilidade para consumo humano, segundo o anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde de 03/10/2017.

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP(*)
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (*)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor (*)		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez (4)		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

Fonte: Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 do MS de 03/10/17 (2017).

A regulamentação do aproveitamento da água da chuva é relativamente recente, ainda mais no âmbito brasileiro. Entretanto, vêm surgindo, ao longo dos anos, projetos de leis e normas como a NBR 15.527/2007, que buscam incentivar, padronizar ou estabelecer a obrigatoriedade da coleta e da utilização das águas pluviais (DORNELLES, 2012).

As legislações nacionais podem auxiliar na tomada de decisão e nas diretrizes da implantação de sistemas de aproveitamento em edificações. Porém, algumas ainda são “generalistas” e não proporcionam real base sólida no que se refere a qualidade da água da chuva. Também, não há uma política de incentivo a instalação destes sistemas no território brasileiro, que poderiam proporcionar redução de taxas ou ganhos ao usuário que tenha interesse em sua instalação, uma vez que, a demanda por água potável seria menor (FEDOZZI, 2013; BASSANESI, 2014).

Até o ano de 2007 não existia norma específica no Brasil, que fornecesse diretrizes para o aproveitamento da água da chuva. Mas, em algumas localidades foram criadas leis municipais, responsáveis por exigir ou incentivar de algum modo a captação de águas pluviais, com o objetivo, principalmente, de atenuar enchentes (HAGEMANN, 2009).

No município de São Paulo, a Lei 13.276/2002, tornou obrigatória a construção de reservatórios para o armazenamento de águas pluviais, coletadas por coberturas e pavimentos, em lotes edificados ou não, com uma área impermeabilizada superior a 500m². Esta lei ainda determina que a quantidade coletada pode ser encaminhada a um reservatório de retenção para posterior infiltração no solo, ou ser lançada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva, ou ser conduzida a outro reservatório, para que seja utilizada para fins não potáveis. Além disso, fornece uma equação para o cálculo do volume do reservatório, assim como estabelece a área permeável mínima a ser mantida em cada lote (ANTECCHINI, 2005; HAGEMANN, 2009).

Em Curitiba, a Lei 10.785/2003 foi responsável por criar o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, com o objetivo principal de promover a conservação, o uso racional e a utilização de fontes alternativas de água nas novas edificações. Esta legislação prevê a utilização de aparelhos e dispositivos economizadores de água, bem como medição individualizada de água nos apartamentos. Além disso, as fontes alternativas propostas por esta lei compreendem a captação, armazenamento e utilização de águas pluviais e servidas, para atividades que não exijam potabilidade, como a rega de jardins e hortas, lavagem de roupas, de veículos, de vidros, calçadas e pisos (ANTECCHINI, 2005; HAGEMANN, 2009).

Uma outra medida tomada recentemente, pode ser observada no município de Porto Alegre, onde foi estabelecida uma lei referente a captação de águas pluviais, a qual corresponde a Lei 10.506/2008. Esta lei institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas na cidade, onde prevê que a captação de águas pluviais deve ser executada nas coberturas das edificações, posteriormente, encaminhadas a uma cisterna ou tanque, para atividades não potáveis (HAGEMANN, 2009).

Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos publicada pela ANA em 2017, verificou-se um aumento do número de comitês de bacias hidrográficas estaduais criados no País, passando de 30 para 223 entre 1997 e 2016. Este crescimento se deu principalmente a partir dos dez anos da Lei nº 9.433/97, que criou a Política Nacional de Recursos Hídricos. Os comitês funcionam como um parlamento das águas e têm em sua composição representantes do Poder Público, da sociedade civil, de setores usuários de água e de comunidades tradicionais. Estes colegiados realizam a gestão descentralizada dos recursos hídricos em sua área de atuação (ANA, 2017).

3.6 QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS

A qualidade das águas pluviais pode, em alguns casos, superar a qualidade encontrada nas águas superficiais e subterrâneas, uma vez que, este recurso não entra em contato direto com o solo ou está sujeito ao lançamento de poluentes de origem antropogênica, reduzindo assim o risco de contaminação do mesmo. Por isso, a água pluvial pode representar uma fonte alternativa, responsável por proporcionar qualidade razoável para diversos usos, principalmente, os não potáveis (HAGEMANN, 2009).

Entretanto, a qualidade da água está relacionada a fatores como a localização geográfica, a quantidade de substâncias presentes na atmosfera, a presença de vegetação, a presença de carga poluidora, as condições meteorológicas do local, os equipamentos empregados no sistema de captação e armazenamento, assim como a estação do ano e suas principais características climáticas. As condições meteorológicas expressam a intensidade, a duração e o tipo de chuva, bem como o regime de ventos (HAGEMANN, 2009; MAGALHÃES, 2013).

A qualidade da água ainda pode ser representada por meio de diversos parâmetros, que reúnem suas principais características físicas, químicas e biológicas, que são, normalmente, expressas com valores de referências das substâncias (WHO, 2011).

Antes de atingir a área de captação, a qualidade da água proveniente da chuva é influenciada, primeiramente, pela presença de poluentes atmosféricos. O pH da água pluvial é regulado pela presença de gases CO₂ (gás carbônico), SO₂ (dióxido de enxofre), HNO₃ (ácido nítrico) e NH₃ (amônia) presentes na atmosfera (LAMBERTS et al., 2010).

Após escorrer pela superfície de captação, a água pluvial está sujeita a perder sua qualidade inicial, visto que, muitas vezes, as coberturas podem apresentar acúmulo de sujeira como poeira de diversas origens, fezes de animais e matéria orgânica, originária de folhas e detritos de árvores (LAMBERTS et al., 2010).

Outros fatores podem interferir na qualidade das águas pluviais, como o tempo de armazenamento e a temperatura do reservatório. Quando o tempo de armazenamento é prolongado pelo usuário, fato que pode ser observado, normalmente, em grandes reservatórios, a água pode sofrer deterioração pela ação microbiológica, principalmente, com o aumento de temperatura (LAMBERTS et al., 2010).

Além disso, a qualidade da água no reservatório depende diretamente dos cuidados que envolvem o funcionamento correto de dispositivos de retenção de materiais grosseiros e de descarte. Assim como proteger a entrada de luz e de insetos, efetuando uma limpeza regular (HAGEMANN, 2009).

A água pluvial não deve apresentar odor e coloração desagradável e perceptível, de acordo com o que estabelece a NBR 15.527/2007, responsável por recomendar, também, os padrões de qualidade de água de chuva para usos não potáveis, apresentados no item anterior. Os parâmetros físicos considerados são: cor, turbidez, gosto e odor, temperatura e radioatividade. Já os químicos referem-se ao pH, cloraminas, dióxido de cloro, cloro residual livre e fluoreto. Enquanto que os parâmetros microbiológicos avaliam a presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, cianobactérias e cianotoxinas (DORNELLES, 2012; BASSANESI, 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O tema proposto trata da avaliação do potencial de captação e de reuso de águas pluviais da moradia estudantil do campus da Universidade Estadual Paulista, *campus* de Guaratinguetá.

No processo evolutivo da pesquisa foram consideradas as teorias e o processo histórico, sobre o tema abordado no caso da pesquisa bibliográfica, que fundamentou e deu consistência ao estudo realizado.

A pesquisa proposta é uma abordagem exploratória, e busca proporcionar familiaridade com o problema relatado. Pode-se dizer que este tipo de pesquisa tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que "estimulem a compreensão" (GIL, 2002). Para isso foram consideradas as documentações diretas e indiretas. As documentações diretas foram realizadas por meio de pesquisa de campo que, segundo Marconi e Lakatos (2010), "é utilizada com o objetivo de obter informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles".

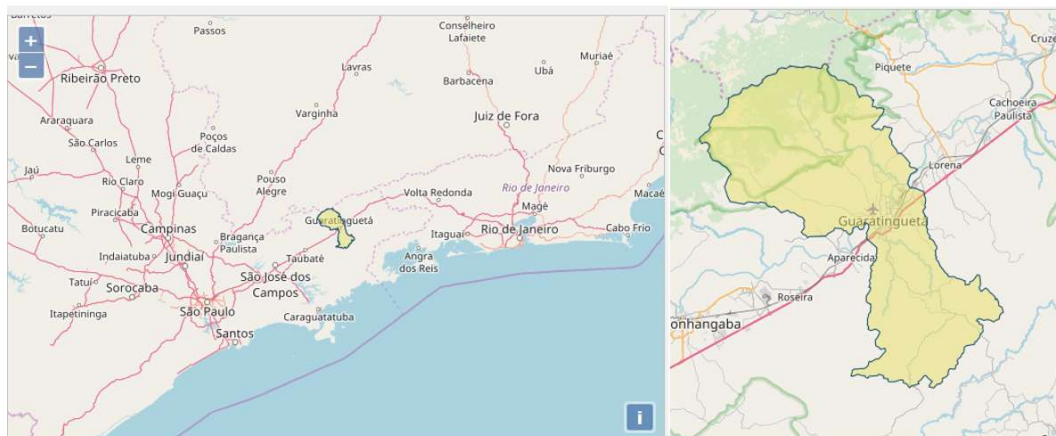
No caso da documentação indireta foram realizadas pesquisas buscando investigar e obter conhecimentos por meio de levantamentos bibliográficos, documentos diversos, artigos que explorem conteúdos acerca do assunto.

Sendo assim pode-se, de maneira mais eficaz, entender as necessidades e buscar resolução para os problemas encontrados de maneira que o espaço se torne, de fato, um local potencializado de uso de águas pluviais para fins não potáveis.

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Guaratinguetá está localizado no Estado de São Paulo, na região do Vale do Paraíba, entre as Serras da Mantiqueira e do Mar, margeando o Rio do Paraíba do Sul, com uma área de aproximadamente 752,6 km². Este município está localizado entre as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, mais precisamente, a 177 km de São Paulo e 264 km do Rio de Janeiro, como demonstra a Figura 8.

Figura 8 – Localização do município de Guaratinguetá, no Estado de São Paulo.



Fonte: IBGE (2018)

Segundo o censo demográfico de 2015 (IBGE, 2015), o município apresentava 112.072 habitantes fixos e se encontra instalado sobre o bioma da Mata Atlântica. Acredita-se que população estimada no ano de 2018 seja por volta de 121.073 habitantes (IBGE, 2018).

A área estudada foi o *campus* da Universidade Estadual Paulista (UNESP), instalada dentro no município de Guaratinguetá. O *campus* é composto por 8 setores, e cada setor compreende áreas específicas e finalidades diferentes. O Setor 1 abriga o Ginásio, Churrasqueira e Quiosque, o Setor 2 é responsável pela estrutura do Laboratório Gases e o Setor 3, os blocos I, II, III e IV. O Setor 4 constitui a central de laboratórios e biblioteca, já o Setor 5 representa as edificações dos cursos de Física e Matemática, o Setor 6 abriga a Eletrobrás e, o Setor 7, compõe a Moradia Estudantil e Transportes. O Setor 8 é responsável pelo laboratório de otimização de sistemas energéticos e laboratório de Bioenergia, o Setor 9 representa a CCI e o Setor 10, que compreende: bloco V, administração, cantina e unamos, engenharia civil, engenharia mecânica, guarita I e II, vigilância e almoxarifado. Além disso, o Setor 11 corresponde ao FDCT, como demonstra a Tabela 5.

Tabela 5 – Área construída dos Setores da UNESP, *campus* de Guaratinguetá (m²)

SETOR 1	4.990,62
Ginásio Inferior	1906,99
Ginásio Superior	2998,58
Churrasqueira	67,03
Quiosque	18,02
SETOR 2	102,70
Laboratório Gases	102,70
SETOR 3	6954,49
Bloco I	2153,06
Bloco II	2703,35
Bloco III	2172,92
Bloco III e 1/2	111,58
Cabine III e 1/2	29,04
Bloco IV	1957,46
SETOR 4	2354,98
Central de Laboratórios	1033,76
Biblioteca	1321,22
SETOR 5	3250,63
Física e Matemática	1698,05
Matemática (novo)	1552,58
SETOR 6	1775,33
Eletrobrás (novo)	1775,33
SETOR 7	1099,79
Moradia Estudantil	644,15
Transportes	455,64
SETOR 8	737,60
Laboratório de Otimização de Sistemas Energéticos	268,80
Laboratório Bioenergia	468,80
SETOR 9	553,56
CCI	553,56
SETOR 10	10602,18
Bloco V - Salas de aula	1883,22
Bloco V - CTI	3096,70
Administração	968,96
Cantina e Unamos	379,42
Engenharia Civil	2168,01
Engenharia Mecânica	1771,58
Guarita I	107,09
Guarita II - Vigilância/Zeladoria	18,54
Almoxarifado	208,66
SETOR 11	114,98
FDCT	114,98

Fonte: Setor administrativo da UNESP, *campus* de Guaratinguetá (2017)

Os setores que compõem o *campus* de Guaratinguetá são separados, como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 – Planta baixa e vista em satélite da UNESP, campus de Guaratinguetá.



Fonte: Setor administrativo da UNESP, campus de Guaratinguetá (2017); Google Earth (2017).

A Moradia Estudantil, principal objeto de estudo, se encontra dentro do círculo vermelho desenhado na Figura 9. Apresenta uma área construída de 644,15 m²; uma cobertura de, aproximadamente, 225 m², e abriga 52 alunos. Além disso, a área total de cobertura disponível no campus, somando as coberturas dos onze setores, corresponde a cerca de 20.281 m², como apresenta a Tabela 6.

O município de Guaratinguetá está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, tendo seus afluentes como principais corpos d'água, o Rio Patury e os Ribeirões, dos Lemes, dos Mottas, Gomeral, São Gonçalo, Pilões e Jararaca. Esta cidade apresenta cerca de 20% de sua área total, 15.313 ha, coberta por vegetação natural remanescente, denominada de Floresta Ombrófila Densa (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARATINGUETÁ, 2015)

Tabela 6 – Área (m²) das coberturas das áreas construídas, nos diferentes setores da UNESP, *campus* de Guaratinguetá.

SETOR 1	0,00
Ginásio	0,00
Churrasqueira	0,00
Quiosque	0,00
SETOR 2	100,00
Laboratório Gases	100,00
SETOR 3	3968,00
Bloco I	992,00
Bloco II	992,00
Bloco III	992,00
Bloco IV	992,00
SETOR 4	1991,00
Central de Laboratórios	476,00
Biblioteca	1515,00
SETOR 5	2615,00
Física e Matemática	1715,00
Matemática	900,00
SETOR 6	1076,00
Eletróbrás (novo)	1076,00
SETOR 7	525,00
Moradia Estudantil	225,00
Transportes	300,00
SETOR 8	891,00
Laboratório de Otimização de Sistemas Energéticos	306,00
Laboratório Bioen	585,00
SETOR 9	644,00
CCI	644,00
SETOR 10	8219,00
Bloco V - Salas de aula	1800,00
Bloco V - CTI	1485,00
Administração	944,00
Cantina e Unamos	532,00
Engenharia Civil	1505,00
Engenharia Mecânica	1656,00
Guarita I	18,00
Guarita II	18,00
Vigilância / Zeladoria	91,00
Almoxarifado	170,00
SETOR 11	252,00
FDCT	252,00
TOTAL	20.281,00

Fonte: Setor Administrativo da UNESP, Campus de Guaratinguetá (2017).

4.2 CÁLCULO DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

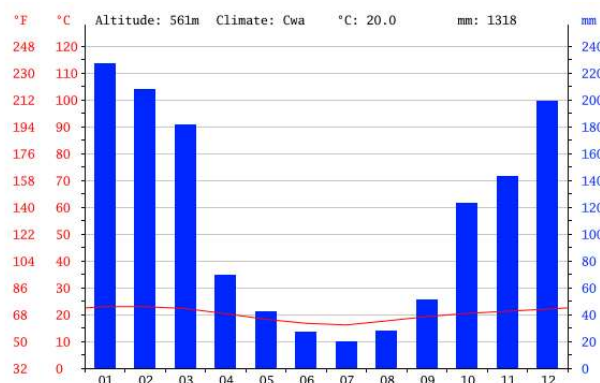
O município de Guaratinguetá, de acordo com o Climate (2017), apresenta um clima quente e temperado, sendo caracterizado por um índice pluviométrico maior na estação de verão, do que no inverno. Segundo a Prefeitura Municipal de Guaratinguetá (2015), o clima da região é caracterizado por uma temperatura média anual de 21,9°C, com mínima média de 15,5°C e máxima média de 28,4°C. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), o clima de Guaratinguetá é classificado como Cwa, que é típico do sudeste brasileiro, cobrindo apenas 2.5% do território nacional e 17,4% de todo o território do Estado de São Paulo. Segundo essa classificação, o município de Guaratinguetá possui uma temperatura média anual de 21 °C, com o mês de janeiro, sendo o mais quente (23,5 °C) e Julho o mês mais frio (17,5 °C). A temperatura média anual do município é de 20.0 °C, e conta com uma pluviosidade média anual de 1.318 mm, como pode ser observado na Tabela 7 e Figura 10.

Tabela 7 – Índices pluviométricos de Guaratinguetá (SP).

Meses	Chuva Média Mensal (mm)
Janeiro	227
Fevereiro	208
Março	181
Abril	69
Maio	42
Junho	27
Julho	20
Agosto	28
Setembro	51
Outubro	123
Novembro	143
Dezembro	199
Total	1318

Fonte: Adaptado de CLIMATE (2017).

Figura 10 – Demonstração do índice pluviométrico do município de Guaratinguetá



Fonte: CLIMATE (2017)

Quando comparados o mês mais seco com o mais chuvoso é possível verificar a existência de uma diferença de precipitação, que corresponde a 207 mm. Além disso, durante o ano as temperaturas médias variam 6,8°C.

Na Figura 9 foi possível observar, também, que o mês de janeiro é o mais quente, com uma temperatura média de 22,9°C, enquanto julho caracterizou o mês com as temperaturas mais baixas, tendo sua média igual a 16,1°C.

Em relação à pluviosidade, notou-se que o mês mais seco correspondeu a julho, que apresentou 20mm de precipitação. O mês de janeiro possui um índice superior de pluviosidade, com nível de precipitação maior, em uma média de 227mm.

4.3 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO

A estimativa do potencial de captação foi realizada por meio de dois cálculos. O primeiro cálculo foi referente à estimativa do potencial de captação de águas pluviais por parte da cobertura da edificação, que compreende a seguinte fórmula, relatada por Nascimento, Fernandes e Yoshino (2016):

$$V = \frac{P.A.C}{1000} \quad (1)$$

Nesta fórmula o V representa o volume mensal (m³), o P constitui a precipitação média da chuva (mm), A corresponde a área da superfície de cobertura (m²) e o C, o coeficiente de

escoamento superficial (*Runoff*) da cobertura, onde foi adotado o valor de 0,85, referente ao tipo de cobertura existente na edificação (telhas cimento amianto).

Em seguida, foi realizado o cálculo referente ao volume de água de chuva aproveitável, de acordo com a NBR 15.527/2007, o qual depende além do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, da eficiência do sistema de captação, que leva em consideração, o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial. Desta forma, o volume de água de chuva aproveitável, pode ser calculado pela equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (2)$$

O “V” corresponde ao volume anual (m³), o P a precipitação média anual (mm), o A equivale a área de captação (m²), o C ao coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*) da cobertura e η , a eficiência do sistema de captação. O valor referente à eficiência do sistema varia de acordo com o tipo de dispositivo e tratamento de resíduos, bem como desvio superficial, caso seja utilizado. Levando em consideração que não há diferença de drenagem na área e um sistema que não apresente dispositivo de precipitação inicial, leva-se em consideração o rendimento de (η) = 0,95. De acordo com a Especificação Técnica ANQIP (ETA 0701, 2015), no que se refere à eficiência do sistema de filtragem, filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica de 0,90.

4.4 BALANÇO HÍDRICO E POTENCIAL DE ECONOMIA

O potencial mensal de economia de água, segundo Nascimento, Fernandes e Yoshino (2016), pode ser obtido utilizando os dados mensais ou anuais da estimativa de consumo de água e do volume mensal da água pluvial, cálculo realizado pela equação:

$$P_{EAD} = \frac{V}{D_{AP}} \times 100 \quad (3)$$

A variável “P_{EAD}” corresponde ao potencial de economia de água (%), V equivale ao volume mensal ou anual de chuva captada (m³) e o D_{AP} representa a demanda mensal ou anual de água.

4.5 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

O reservatório constitui o item mais oneroso do sistema de captação, devendo assim, ser dimensionado de forma criteriosa. Em alguns casos, seu custo pode representar de 50% a 85% do valor total de um sistema de captação de água pluvial. Desta forma, sua escolha influencia diretamente na viabilidade financeira e o seu tamanho é determinado pelos fatores: regime de chuvas local, área de captação, demanda, nível de risco aceitável (TOMAZ, 2003).

O sistema de aproveitamento de águas pluviais visado para a moradia estudantil do *campus* de Guaratinguetá, consiste em um sistema de captação, condução, armazenamento e utilização da água para fins não potáveis. Levando em consideração que a água coletada no telhado será escoada por canaletas e conduzida a reservatórios. Por isso, para determinar o dimensionamento do reservatório utilizou-se como principal método, o de Rippl.

O método de Rippl, é sugerido pela NBR 15.527/2007 para o cálculo do volume do reservatório de armazenamento. Este método representa um modelo de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem. Desta forma, a determinação do volume leva como base a área de captação e a precipitação registrada, que pode apresentar dados diários ou mensais. No caso de dados mensais, os resultados são satisfatórios, tornando o procedimento de cálculo menos trabalhoso. Constitui um ótimo método para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas pluviais, sendo utilizadas as seguintes fórmulas:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (4)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (5)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (6)$$

Onde: $S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ; $Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ; $D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ; V é o volume do reservatório, em metros cúbicos; C é o coeficiente de escoamento superficial.

O reservatório é dimensionado de acordo com o maior valor da diferenças acumuladas entre a demanda de água mensal e a quantidade de chuva mensal. Esse maior valor, corresponderá ao volume de reservatório necessários para regularizar a demanda constante (ABNT, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTIMATIVA DA DEMANDA DE ÁGUA PARA USOS NÃO POTÁVEIS

O sistema de captação de água da UNESP, *campus* de Guaratinguetá, até o momento é realizado por meio da extração de poço tubular artesiano instalado na área, conforme indica o Quadro IV, apresentado na Tabela 8. Além disso, é utilizada a concessionária municipal local, a Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), para o lançamento de esgoto e para a captação de parte da água. Esta, atende os Quadros II e III da UNESP, *campus* de Guaratinguetá.

Os valores mensais totais, efetivamente medido, de janeiro a dezembro de 2017, por cada ponto de captação do *campus*, podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 – Uso de recursos hídricos na UNESP, *campus* de Guaratinguetá, no ano de 2017.

MÊS	Quadro I - Ginásio de Esportes	Quadro II - Moradia Estudantil (m³)	Quadro III - ADM - FEG (m³)	Quadro IV - Poço Artesiano (m³)	Quadro V - FDCT (m³)	TOTAL
Janeiro	0	146	23	1065	-	1234
Fevereiro	0	134	0	1058	-	1192
Março	0	136	0	1181	-	1317
Abril	0	255	0	1550	-	1805
Maio	0	259	8	528	-	795
Junho	0	233	0	0	-	233
Julho	0	218	0	0	-	218
Agosto	0	141	0	0	-	141
Setembro	0	266	0	543	-	809
Outubro	0	238	0	0	-	238
Novembro	0	249	0	0	-	249
Dezembro	0	268	0	0	-	268
TOTAL ANUAL	0	2543	31	5925	0	8499

Fonte: Setor de Serviços da UNESP, *campus* de Guaratinguetá (2017).

Para os valores que se encontram zerados, ou o Quadro específico não é atendido pela SAEG, ou não foram realizadas medições naquele período.

Desta forma, o valor total de captação do Poço Tubular de janeiro a dezembro de 2017 foi de 8.499 m³. Os valores dos quadros I, II, III e V correspondem à captação de água e

lançamento de esgoto pela concessionária municipal SAEG. No quadro IV, a captação de água é feita no poço artesiano local e o lançamento pela concessionária municipal.

Foi possível observar, por meio desta tabela, que no ano de 2017 a moradia estudantil apresentou um consumo/captação média anual de $2543 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$, enquanto a estrutura total do campus, consumiu $8499 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$.

A demanda a ser atendida constitui uma das variáveis mais importantes a serem consideradas na concepção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Se quantificada de forma correta, pode promover o dimensionamento adequado do reservatório de armazenamento, bem como conferir maior confiabilidade ao sistema.

Por esta questão, no presente estudo foi elaborada uma estimativa de demanda de água para usos não potáveis, levando em consideração os parâmetros e dados fornecidos por Tomaz (2003), principalmente, sobre o consumo.

Os usos da água podem ser classificados entre: usos internos e externos. Os usos internos correspondem as atividades e/ou consumo proveniente de ações dentro da edificação, como a demanda das descargas sanitárias e máquina de lavar roupa. Os usos externos correspondem ao consumo de água para atividades externas à edificação, como, por exemplo, a lavagem de pisos impermeáveis e irrigação de gramados ou jardins.

Os dados utilizados para estabelecer a estimativa do consumo pela moradia estudantil, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Estimativa de demanda de água não potável para usos internos e externos feita pelo autor juntamente com moradores da Moradia Estudantil do campus de Guaratinguetá (2017).

USO	UNIDADE	VALORES
BACIA SANITÁRIA		
<i>Volume de descarga</i>	Litros	6,00
<i>Frequência de Uso</i>	Descarga/pessoa/dia	3,00
CHUVEIROS		
<i>Volume de água</i>	Litros/banho	110,00
<i>Frequência de uso</i>	Banhos/pessoa/dia	1,00
LAVAGEM DE PISO IMPERMEÁVEL		
<i>Volume de água</i>	Litros/a cada 5m^3	3,00
REGA DE GRAMADO OU JARDINS		
<i>Volume de água</i>	Litros/dia/ m^2	2,00
LAVAGEM DE CARROS		
<i>Volume de água</i>	Litros/lavagem/carro	150
<i>Frequência</i>	Lavagem/mês	2

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

Para a moradia estudantil, cada parâmetro foi considerado para o consumo de 52 pessoas. Desta forma, estimou-se a ocorrência de 156 descargas por dia, 52 banhos por dia (considerando que os moradores tomem, pelo menos, um banho por dia) e, aproximadamente, 30 m² de irrigação de jardim/gramado por dia. Além disso, considerou-se, durante o mês, 3 lavagens de pisos impermeáveis de, pelo menos, metade da área total da edificação, que corresponde a 644,15m². Estimou-se que, pelo menos 1/4 destes alunos (cerca de 13 indivíduos) tenham carro e efetuem 2 lavagens ao mês.

A estimativa de consumo empregada no presente estudo pode ser verificada na Tabela 10.

Tabela 10 – Estimativa de consumo de água não potável para usos internos e externos feita pelo autor juntamente com moradores da Moradia Estudantil do campus de Guaratinguetá (2017).

USO	CONSUMO
BACIA SANITÁRIA	
156 descargas/dia	0,936 m ³ /dia
4680 descargas/mês	28,08 m ³ /mês
56160 descargas/ano	336,96 m ³ /ano
CHUVEIROS	
52 banhos/dia	5,720 m ³ /dia
1.560 banhos/mês	171,600 m ³ /mês
18.720 banhos/ano	2.059,200 m ³ /ano
LAVAGEM DE PISO IMPERMEÁVEL	
(644,15/2).3 = 966 m ² /mês	0,579 m ³ /mês
11592m ² /ano	6,956 m ³ /ano
REGA DE GRAMADO OU JARGINS	
30m ² /dia	0,06m ³ /dia
900m ² /mês	1,8m ³ /mês
10800 m ² /dia	21,6 m ³ /ano
LAVAGEM DE CARROS	
26 lavagens/mês	3,9m ³ /mês
312 lavagens/ano	46,8 m ³ /ano

Fonte: autor (2018).

Neste contexto, foi aplicado o valor total de consumo de água não potável, equivalente a 205,96 m³mês⁻¹ (205.959,00 L mês⁻¹) e 2471,52 m³ano⁻¹ (2.471.516,00 L ano⁻¹).

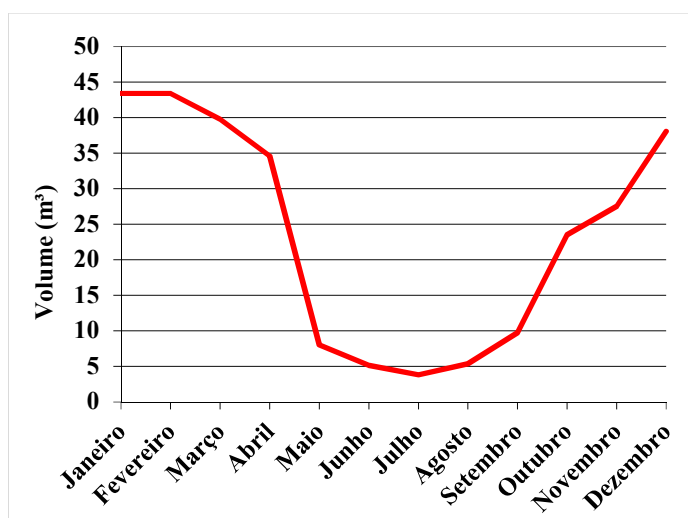
Entretanto, como a demanda estimada foi próxima, porém menor do que a demanda medida pelo setor de serviços do campus (vide Tabela 8), iremos utilizar os valores medidos e fornecidos pelo setor de serviços da UNESP, campus de Guaratinguetá.

A partir dos resultados obtidos na avaliação do potencial de captação de águas pluviais, da cobertura da moradia estudantil da UNESP, *campus* de Guaratinguetá, foi possível verificar que a área de captação, bem como, os valores referentes às precipitações da região, possibilitam a coleta de um volume médio de aproximadamente $21 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$, ou seja, $252,07 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$.

Entretanto, de acordo com a fórmula da NBR 15.527/2007 (vide equação 2) o volume de água aproveitável corresponderia a $18,90 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$ e $226,86 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$, pois na fórmula é considerado um coeficiente de escoamento superficial (C) o qual depende do tipo da superfície da área de captação; e um fator de eficiência do sistema (η) que varia de acordo com o tipo de dispositivo de tratamento de resíduos utilizado.

De acordo com a Figura 11, verificou-se que o volume de captação de águas pluviais tendeu a ser menor nos meses de maio, junho, julho e agosto, representando um potencial menor, quando comparado aos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro.

Figura 11 – Volume de água aproveitável ao ano



Fonte: autor (2018).

Entretanto, levando em consideração a estimativa do consumo de água não potável, ou seja, da demanda de recursos hídricos para as atividades que não exijam potabilidade, representada pelo valor de $211,92 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$ ($2543,00 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$); notou-se que a aplicação deste sistema, poderia contribuir com a economia de cerca de 8,92% da demanda de água anual não potável.

De acordo com a tarifa comercial e pública da SAEG, para volumes superiores a 500 m^3 de $\text{R\$}11,09 \text{ m}^{-3}$ e, considerando a capacidade de captação, o sistema promoveria a economia

de, aproximadamente, R\$209,66 ao mês, e em um ano, R\$2.515,88, no consumo de água não potável.

Com base nestes resultados, é possível, também, estimar a contribuição positiva que a aplicação deste sistema no campus, nos seus onze setores, poderia trazer para a UNESP, *campus* de Guaratinguetá. A área total de coberturas encontrada na estrutura do *campus* de Guaratinguetá, apresentada na Tabela 6, corresponde a 20.281 m² e a demanda anual por recursos hídricos, apresentada na Tabela 8, equivale a 8.499 m³.

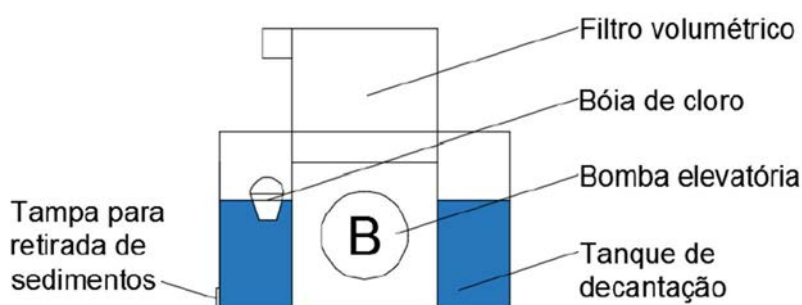
Neste caso, a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em todas as coberturas, proporcionaria um volume de água aproveitável de aproximadamente 1704,06 m³ mês⁻¹ e 20.448,72 m³ano⁻¹. O potencial de economia de água seria muito superior ao caso específico da moradia estudantil, uma vez que, essa economia corresponderia a 240% da demanda anual de recurso hídrico.

Portanto, a captação contínua de águas pluviais durante, pelo menos, 5 meses, já apresentaria um volume suficiente para suprir a demanda anual do campus, uma vez que, o valor anual de captação é quase três vezes superior ao valor de demanda.

Em um estudo realizado na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (MÜLLER, 2016), foi desenvolvido um protótipo capaz de proporcionar o tratamento e o melhoramento necessário à água da chuva para utilização em finalidades não potáveis, em residências e edificações diversas, com facilidade e pouca necessidade de manutenção.

O sistema desenvolvido é basicamente composto por um filtro volumétrico, um tanque de decantação com cloração e uma bomba elevatória, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Componentes principais do sistema pluvial



Fonte: Müller (2016).

Esse sistema foi projetado, a princípio, para superfícies de coleta de 100 m², suficiente ao uso médio familiar para 4 pessoas, possuindo dimensões de aproximadamente 1 m de

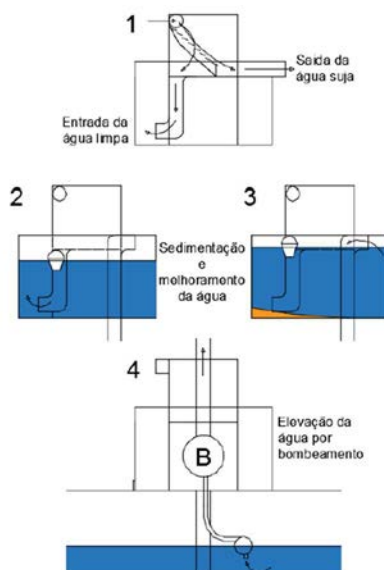
altura por 1 m de diâmetro. Porém, suas dimensões podem ser alteradas e adaptadas, servindo assim a uma infinidade de áreas de captação distintas.

As etapas de funcionamento estão descritas nos tópicos a seguir:

1. A água pluvial captada do telhado é conduzida, através das calhas e tubulações, até a entrada do filtro volumétrico, onde por gravidade é separada do particulado grosseiro, passando por uma inclinação de lâminas sobre uma peneira. Assim, excluindo a água com sujeira (aproximadamente 5%) e retraindo a água mais limpa, que escoar até o tanque de decantação;
2. No tanque de decantação, a água fica retida e seu nível começa a subir, acalmando a turbulência inicial e, ao mesmo tempo, a boia de cloro dissolve sua pastilha, eliminando eventuais possibilidades de proliferação de algas e bactérias, mantendo a água límpida;
3. Com o tempo, o particulado fino que ainda havia sido carregado pela água, precipita e se deposita no fundo do tanque de decantação. Assim, quando a água atinge a altura de entrada da tubulação de saída, sem sujeiras e partículas pequenas que estão dispostas no fundo do tanque, flui apenas a água superficial, mais limpa, para o reservatório principal; e
4. Captando do reservatório principal, através de mangueira com boia, mais uma vez retirando apenas a água superficial, uma bomba de elevação remaneja a água de demanda diária, a fim de suprir um reservatório menor, disposto no telhado que, por sua vez, distribuirá a água aos usos não potáveis da edificação.

As etapas de tratamento e caminho da água estão representadas na Figura 13, a seguir.

Figura 13 – Etapas de tratamento e caminho da água



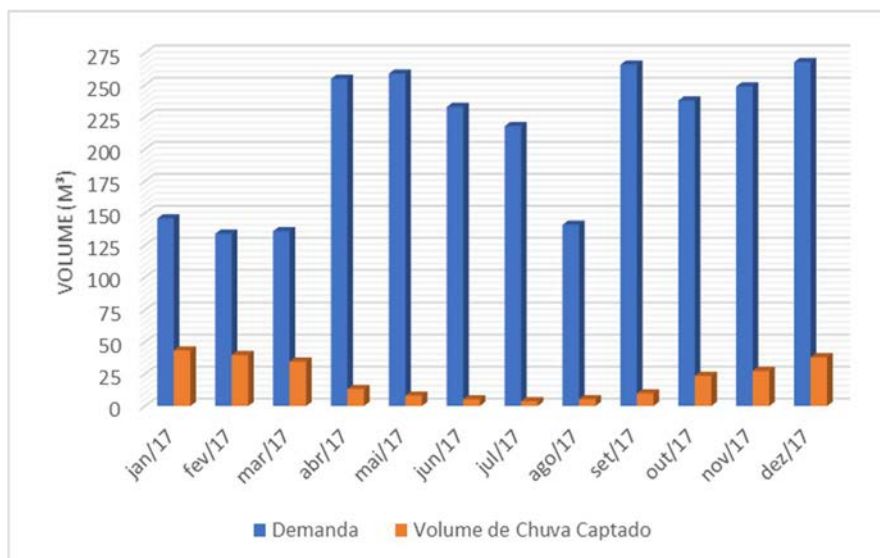
Fonte: Müller (2016).

Como este protótipo tem a finalidade apenas de melhorar a qualidade da água pluvial para ser reutilizada em fins não potáveis, o mesmo não será incluído no dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais deste trabalho. Pois, para fins não potáveis, a água pluvial pode ser reutilizada sem tratamento prévio; e também, pelo fato de o objetivo deste trabalho ser o de apresentar um estudo de viabilidade econômica e ambiental da implementação de um sistema de captação de águas pluviais.

5.2 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico da demanda de água para usos não potáveis da moradia estudantil e do volume de águas pluviais, estão apresentados na Figura 14, levando em consideração o ano de 2017. De acordo com esta figura foi possível notar que os meses que apresentaram menor índice pluviométrico foram os meses de maio, junho, julho e agosto. Enquanto que a chuva foi mais intensa nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro. Os outros meses apresentaram um índice pluviométrico médio, não entrando na categoria de valores inferiores e nem superiores, apenas dentro do intervalo. O mês de janeiro foi capaz de suprir, pelo menos, 1/3 da demanda requerida para a estimativa de consumo de água para os usos não potáveis.

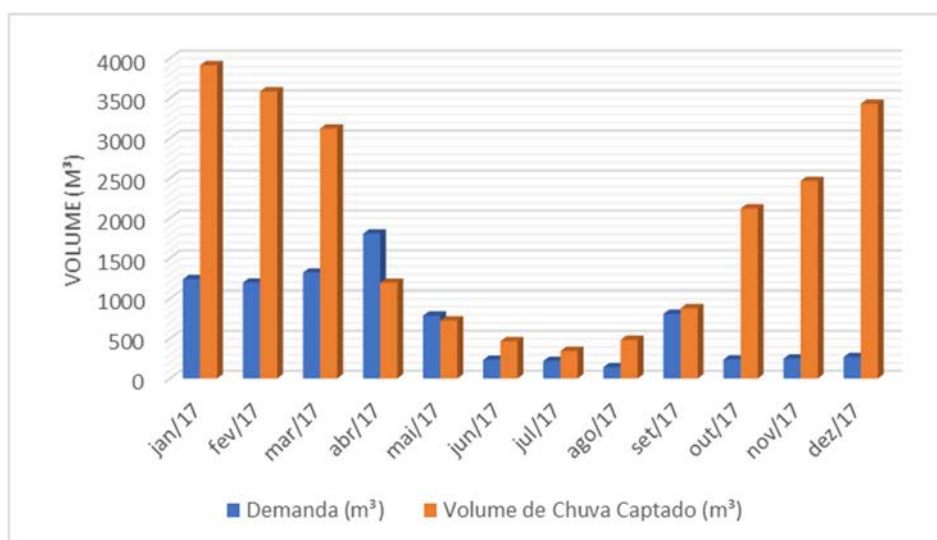
Figura 14 – Balanço hídrico da Moradia Estudantil da UNESP, campus de Guaratinguetá, no ano de 2017.



Fonte: autor (2018).

Caso o sistema de aproveitamento de águas pluviais fosse instalado nas diversas coberturas existentes do *campus* de Guaratinguetá, o balanço hídrico corresponderia à Figura 15.

Figura 15 – Balanço hídrico da UNESP, campus de Guaratinguetá para o ano de 2017.



Fonte: autor (2018).

Na Figura 15 pode-se observar que o sistema de aproveitamento foi capaz de suprir a demanda em quase todos os meses, com a exceção dos meses de maio e abril, onde a demanda superou a capacidade de suprimento. Entretanto, como os meses anteriores foram

responsáveis por coletar e armazenar quantidades superiores, o dobro da demanda do mês, este estoque de águas pluviais poderá suprir a demanda destes meses.

5.3 RESERVATÓRIO E ESTIMATIVA DE CUSTO DO SISTEMA

Para dimensionar o reservatório foi utilizado o método de Rippl, onde foi aplicado o valor do potencial de volume de água captada de $21 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$ para a demanda mensal, buscando obter a medida para um reservatório que pudesse aproveitar e armazenar o volume mensal de chuva que ocorre na região.

Sendo assim, para o reservatório captar e armazenar cerca de $21 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$, deveria apresentar uma área de, aproximadamente, $80,67\text{m}^2$ como pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11 – Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Constante Mensal (m^3)	Área de Captação (m^2)	Volume da Chuva Mensal (m^3)	Demanda Mensal - Chuva Mensal	Diferença Acumulada
227	21	225	43,41	-22,41	-
208	21	225	39,78	-18,78	-
181	21	225	34,62	-13,62	-
69	21	225	13,20	7,80	7,80
42	21	225	8,03	12,97	20,77
27	21	225	5,16	15,84	36,60
20	21	225	3,83	17,18	53,78
28	21	225	5,36	15,65	69,42
51	21	225	9,75	11,25	80,67
123	21	225	23,52	-2,52	78,15
143	21	225	27,35	-6,35	71,80
199	21	225	38,06	-17,06	54,74
1318	252		252,07		

Fonte: autor (2018).

Desta forma, visando um projeto econômico e menos oneroso, para compor esta dimensão, pode-se utilizar quatro caixas d'água de fibra de vidro, uma vez que cada caixa pode atuar no armazenamento de $0,25 \text{ m}^3$ a 20m^3 . Estas caixas poderiam ser interligadas de duas em duas ou uma a outra. Onde a primeira recebe a água de chuva captada e, por meio da conexão, a água é conduzida à uma segunda, a terceira e/ou a quarta caixa. Esta disposição poderia contribuir para evitar o turbilhonamento de partículas dentro das outras caixas d'água.

A estimativa de custo da instalação destes reservatórios, posicionados próximos a calha de captação envolve, também, dispositivos de esgotamento, cobertura e ventilação ao reservatório. Além disso, devem ser considerados os custos envolvendo as conexões, calhas

de captação de chapa galvanizada lisa, condutores horizontais de PVC rígidos e demais tubulações, somados aos custos com mão de obra. A somatória destes custos está apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 – Estimativa do custo de implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva na Moradia Estudantil da UNESP, campus de Guaratinguetá (2017).

Material	Custo (R\$)
4 caixas d'água (20m ³)	20.000,00
Calha chapa galvanizada	200,00
Tubos (100mm), conexões e condutores	350,00
Bomba de recalque (x2)	100,00
Filtro VF1	1500,00
Mão de Obra	1200,00
Manutenção anual	400,00
TOTAL	24.650,00

Fonte: autor (2018).

Apesar do valor ser aparentemente alto, o custo de investimento pode ser retornado em nove anos, levando em conta apenas a estimativa de consumo não potável. Se fosse considerar o consumo total da moradia, que envolve o consumo por água para os diversos fins (potáveis e não potáveis), o retorno demoraria mais, em razão da grande demanda.

Entretanto, apesar de constituir um potencial médio, não sendo capaz de cumprir a demanda total que a moradia requisita, pode se tornar uma fonte de abastecimento alternativa, ainda mais em períodos de pluviosidade intensa. Além das vantagens econômicas que o sistema pode trazer, estão as vantagens ambientais, com a preservação e manutenção do meio ambiente, pois toda a água que é captada, além de suprir parte da demanda não potável do consumo da moradia estudantil, ainda deixa de ir para os sistemas de drenagens da cidade, diminuindo o consumo total da comunidade e ajudando também nos problemas de falta de água, sem mencionar todo o consumo indevido de água disponibilizada e tratada pela concessionária local, que traz consigo um custo relativamente alto.

Vale ressaltar que neste estudo não foi possível estimar o valor total do orçamento da aplicação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, uma vez que, cada sistema a ser aplicado depende da área de captação da edificação e do volume aproveitado, podendo assim, variar muito de setor para setor, o que implica no estudo específico de cada edificação e de suas características, principalmente, físicas.

6 CONCLUSÕES

Com base em todos os conceitos e dados que foram apresentados, bem como, levantados no decorrer deste trabalho, foi possível concluir que a moradia estudantil da UNESP, *campus* de Guaratinguetá, apresentou elevado potencial de captação de águas pluviais, que se bem dimensionado e aplicado, poderá reduzir custos, assim como preservar a água, principalmente, para as atividades que não exijam potabilidade, além de poder contribuir para a demanda de água nos períodos de estiagem.

A captação de águas pluviais se torna atraente do ponto de vista econômico se aplicado em todo o campus da UNESP, em Guaratinguetá, visto que possibilitará a coleta de água para atividades não potáveis, reduzindo diretamente o consumo pela rede de abastecimento urbana.

Conclui-se também que, o enorme potencial que a UNESP, *campus* de Guaratinguetá possui, a área de captação da cobertura dos seus vários setores, demonstra um cenário positivo à aplicação de sistemas de reaproveitamento de águas pluviais. Ao contrário do caso específico da moradia estudantil, se instalados sistemas em todas as coberturas existentes no *campus* de Guaratinguetá, o volume de água pluvial a ser coletado se torna muito superior, sendo capaz de suprir a demanda e a necessidade de consumo, superando os valores mensais e anuais.

Esta medida pode contribuir para a preservação deste recurso, possibilitando que a água proveniente de concessionárias ou da rede de distribuição, possa ser utilizada exclusivamente para atividades que exijam potabilidade, principalmente, para o consumo humano. Uma vez que, proporcionará $20.448,72 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$, para uma demanda total de $8.499 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$, que a edificação exige. Ou seja, fornecerá uma quantidade de água 2,4 vezes superior à demanda do campus, o que permitirá a extinção da utilização de água potável para atividades que não exijam a potabilidade.

Desta forma, a água pluvial coletada será completamente suficiente para a descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos, rega de espécies vegetais, lavagem de automóveis, chuveiros ou outras atividades realizadas no campus. O que demonstra a grande importância do desenvolvimento deste trabalho, visto que, conclui-se que a coleta de água pluvial pode vir a constituir uma excelente alternativa de abastecimento a universidade.

A implementação de um sistema de reuso em edificações demanda um planejamento detalhado do processo, tecnologia apropriada para cada caso em particular e um investimento inicialmente alto, se levado em conta as modificações hidrossanitárias necessárias nas instalações e fluxos hidráulicos das tubulações, bem como equipamentos a serem mantidos e

operados. Ainda assim, a aplicação desta prática é promissora para que a sociedade conquiste a tão almejada sustentabilidade dos recursos hídricos.

Se o protótipo de melhoramento e tratamento de água pluvial, desenvolvido por Müller (2016), for adaptado corretamente e incluído junto ao sistema de captação de água pluvial, que se deseja implementar para cada uma das edificações presentes no campus; além da economia de recurso hídrico e da economia financeira proporcionada pelo sistema, seria possível melhorar a qualidade da água reutilizada para fins não potáveis dentro do campus. E além disso, poderia facilitar a difusão do sistema; tornando mais fácil sua instalação e utilização, sendo mais atrativo e funcional que concorrentes do mercado e, assim, o uso da água ficaria disponível a qualquer um que desejasse tê-lo.

É possível alcançar uma economia moderna e sustentável, por meio do reuso de águas, da reciclagem e da reutilização de materiais e produtos, juntamente com a proteção ambiental e o gerenciamento de recursos, chegando-se ao desenvolvimento sustentável.

O processo de evolução e de mudanças são constantes, onde a consciência ambiental pautará os destinos do ser humano e seu meio. A engenharia necessita dar respostas concretas e eficazes para o destino de um planeta sustentável.

Consideram-se como recomendações para próximos estudos:

- Realizar uma análise de sensibilidade, para se ter uma visão mais apurada da viabilidade econômica;
- Abranger o sistema de reuso para os demais prédios e setores mais detalhadamente;
- Adaptar o protótipo de tratamento e melhoramento de águas pluviais para utilização em finalidades não potáveis, realizado por Müller (2016); para se ter uma visão mais precisa do dimensionamento e orçamento dos sistemas de captação de águas pluviais a serem implementados no campus da UNESP, em Guaratinguetá.
- Realizar coleta de orçamento mais detalhada quanto às obras civis;
- Empregar resultados do estudo para análise de viabilidade em novas edificações.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos**: relatório 2017. Brasília: ANA, 2017. 169p.

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005. 152p.

ANQIP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS. **ETA 0701**: especificação técnica sobre sistemas de aproveitamento de água em edifícios, 2015.

AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS. **Environmental issues**: water use and conservation. 2013. Disponível em: <<http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Lookup/4602.0.55.003main+features4Mar%202013>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, 2013.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente**: uso racional da água. Florianópolis: UFSC/LabEEE, v. 3, 2010.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BASSANESI, K. **Análise de risco do aproveitamento da água de chuva para uso não potável em edificações**. 2014. 128f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

BESSEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores**: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. 2011. 275f. Tese (Doutorado em saúde pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BRESOLIN, R. **Aproveitamento de água de chuva sem tratamento, em uma residência**. 2010. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CALDEIRA, J. K. A. **Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica**: aspectos econômicos e ambientais. 2016. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento.** Relatório de pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil, 2014.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de diretoria nº 195-2005- E**, de 23 de Novembro de 2005.

CLIMATE. **Clima:** Guaratinguetá. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/3088>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

COUTO, V. B. **Projeto de aproveitamento da água da chuva para o ginásio de esportes da universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville.** 2012. Monografia (Trabalho de graduação em engenharia civil) – Departamento de Engenharia Civil/UDESC, Joinville, 2012.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** 234f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

DUARTE, B. S. **Proposta de captação de água de chuva de para fins não potáveis em projetos residenciais.** 34f. Monografia (Trabalho de graduação em engenharia civil) – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

EMBRAPA. **Planejamento, construção e operação de cisternas para armazenamento da água da chuva.** Concórdia, SC. 2005. Disponível em: <<http://cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 21 de nov. 2017.

FARIAS, M. M. W. **Aproveitamento de águas de chuva por telhados:** aspectos quantitativos e qualitativos. 2012. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

FEDOZZI, F. A. **Captação de água da chuva:** condomínio Plaza das Flores. 2013. 62f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade São Francisco, Campinas, 2013.

FILARD, M. F.; de Souza, M. C. F. **Crise hídrica no século XXI:** legislação e políticas públicas para um novo modelo de gestão sustentável. Ponto de vista jurídico, v. 6, n. 1, 2017.

GHISI, E. **Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil.** Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GHISI, E. et al. **Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil.** Building and Environment, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas.** São Paulo: Atlas, 2002.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HEIJNEN, H. A captação de água da chuva: aspectos de qualidade da água, saúde e higiene. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, Campina Grande, 2012. **Anais...** Campina Grande, 2012.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico: uma visão realista. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 1999. 703p.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 75-95.out/dez 2002.

HESPANHOL, I. Economia de água. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, Caderno Especial, p.19, abr./jun, 2011.

HOME POWER MAGAZINE – **Sistema first flush**, 2017. Disponível em: <https://www.homepower.com/sites/default/files/articles/ajax/docs/6_HP125_pg38_Kinkade3.jpg>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

IBGE. **Guaratinguetá**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/guaratingueta>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

LISBOA, M. B. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva**. 2011. 239f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

MAGALHÃES, J. F. S. **Aproveitamento de águas pluviais: aplicação de um sistema de aproveitamento a um hospital**. 2013. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto. Porto, 2013.

MARCONI, M. de Andrade; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARENGO, et al. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/110101/108684>> Acesso em 06 jan.2018.

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

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008. 222f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

MELO, A. **Análise da aplicação dos instrumentos da política pública de recursos hídricos do Estado de São Paulo na escassez de água de 2014**. Dissertação (Mestrado Profissional – Políticas Públicas). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Humanas e Sociais. Franca: [s.n.], 2018.

MIELI, J. C. A. **Reúso de água domiciliar**. 2001. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

MINISTÉRIO DE SAÚDE. **Anexo XX da portaria de consolidação Nº 5 – Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão e potabilidade**. Brasília: 2017.

MÜLLER, M. **Protótipo de tratamento e elevação de água pluvial**. Relatório Final de Iniciação Científica PROPe - PIBITI. Guaratinguetá: UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L.; YOSHINO, G. H. **Potencial de aproveitamento de água de chuva na universidade federal do Pará**. Revista Monografias Ambientais (REMOA), v. 15, n. 1, jan-abr., 2016, p. 105-116.

OLIVEIRA, F. T. A. **Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal continental - Simulador para a avaliação da viabilidade**. 2008. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2008.

PREFEITURA DE GUARATINGUETÁ. **Programa estadual de apoio a elaboração de planos municipais de saneamento**. Guaratinguetá: SSRHI, 2015, 268 p.

REIS e SILVA, D. F. **Aproveitamento da água de chuva através de um sistema de coleta com cobertura verde**: Avaliação da qualidade da água drenada e potencial de economia de água potável. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2014.

RIBEIRO, W. C. **Geografia política da água**. São Paulo: Annablume 2008.

SCOPUS. **Filtros utilizados água da chuva**, 2016 Disponível em: < <http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/filtros-utilizar-agua-dachuva/> > Acesso em: 04 out. 2017.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2003, 180p.

TOMAZ, P. - **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis** - 2010. Disponível em:<http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf > Acesso em 15 outubro de 2017.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality: incorporating 1 st and 2nd addenda**. Vol. 1, Recommendations. 3 ed. Geneva: Who Press, 2011.

WHO/UNICEF. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. (2012). **Progress on drinking water and sanitation: 2012 update**. New York: UNICEF and World Health Organization.