

Estudo da conservação da água de chuva em três tipos
de reservatórios:

Convencional, convencional enterrado e
enterrado contendo areia

Victor Ybarzo Fachine

**ESTUDO DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA EM TRÊS
TIPOS DE RESERVATÓRIOS:
CONVENCIONAL, CONVENCIONAL ENTERRADO,
ENTERRADO CONTENDO AREIA**

Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para
conclusão do curso de graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental
Orientador: Prof. Dr. Maurício Luiz
Sens.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Fechine, Victor Ybarzo

Estudo da conservação da água de chuva em três tipos de reservatórios : Convencional, convencional enterrado e enterrado contendo areia / Victor Ybarzo Fechine ; orientador, Maurício Luiz Sens - Florianópolis, SC, 2016. 68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Inclui referências

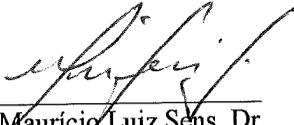
1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Conservação da água de chuva. 3. Armazenamento da água de chuva. 4. Cisterna enterrada contendo areia. 5. Réservoir d'eau enterré plein de sable. I. Sens, Maurício Luiz . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Victor Ybarzo Fechine

**ESTUDO DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA EM TRÊS
TIPOS DE RESERVATÓRIOS:
CONVENCIONAL, CONVENCIONAL ENTERRADO,
ENTERRADO CONTENDO AREIA**

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II.

Florianópolis, 11 de Julho de 2016.



Prof. Mauricio Luiz Sens, Dr.

Orientador

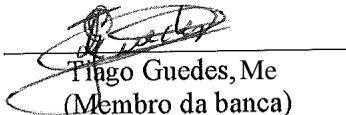
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:



Fernando Hymnô de Souza, Me.

(Membro da banca)



Tiago Guedes, Me

(Membro da banca)

Este trabalho é dedicado aos meus professores, minha família e meus amigos que me acompanharam durante a graduação, dentro e fora da faculdade, em Florianópolis, ou em outras cidades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente à Deus pela chance concedida de vir nessa vida para aprender mais. Que eu consiga compreender o seu Verdadeiro Amor e praticá-lo diariamente, sendo digno de ser Seu Filho.

À meus pais, irmã, avós e tios por todo apoio, amor e carinho dispendido desde o início de minha vida, sem eles nada desse trabalho poderia ser feito.

À amigos de fora da faculdade, que desde minha vinda a Florianópolis me acolheram como seu próprio filho e irmão.

À minha namorada por toda atenção, amorosidade e paciência desde que nos conhecemos.

À todos meus professores, desde o de Cálculo A até o de TCC II, sem a presença deles, a minha pessoa hoje, como futuro Engenheiro Sanitarista e Ambiental, seria incompleta. Agradecimento especial ao professor Maurício Sens, que me aceitou como seu orientado para a execução desse trabalho. Também ao professor Gerard Bolognini, que iniciou com o trabalho na França e nos incentivou para iniciarmos a pesquisa aqui.

Aos membros da banca, Fernando Hymnô e Tiago Guedes, que aceitaram a ajudar contribuir para a melhoria desse trabalho.

À todo pessoal do LAPOA, desde os pós-doc, doutorandos, mestrandos e bolsistas, que sempre estavam dispostos a dar atenção para tirar uma dúvida, ensinar a mexer em algum equipamento, compartilhar algum aprendizado ou oferecer um bolo e café.

À todos os colaboradores do LIMA, que davam auxílio quando dúvidas precisavam ser tiradas e quando equipamentos precisavam ser utilizados.

À todos os colaboradores do projeto TSGA II, que permitiram a execução de uma tecnologia similar em Araranguá, o que me impulsionou para a realização desse trabalho.

À Natalia Rosa pelas considerações no trabalho e pela forte amizade durante o período de faculdade, desde os tempos de REMA.

Aos meus colegas de apartamento, que me acompanham e fornecem companhia e conversas todos os dias.

À todos meus colegas de faculdade, que desde o início me acompanharam, motivaram e proporcionaram a formação de várias amizades que levarei para o resto de minha vida.

À você que está lendo, pela vontade de abrir esse trabalho. Espero que lhe seja útil de alguma forma.

*“A mestria suprema é como a água.
A água beneficia com mestria todos os seres
sem competir.
Coloca-se em lugares rejeitados pelos
outros.
Localiza-se com mestria na terra;
seu coração tem a mestria do abismo;
interage com mestria na benevolência;
expressa com mestria a credibilidade;
administra com mestria a justiça;
atua com mestria na eficácia;
age com mestria no momento oportuno.
Somente sem disputa, alcança-se o
irrepreensível.”*

(Lao Zi)

RESUMO

A falta de água que vem ocorrendo ao redor do mundo é um fato evidente e crescente, que torna impreterível o desenvolvimento de soluções para mitigação de tal problema. Uma dessas soluções é o aproveitamento da água da chuva, água que naturalmente já possui boa qualidade. Porém, ainda que possua boa qualidade, a água da chuva necessita de cuidados para que mantenha tal característica enquanto estiver armazenada. Uma alternativa encontrada utilizada no país de Madagascar, com o propósito de preservar a qualidade da água da chuva captada, foi armazenar essa água juntamente com areia no subsolo. Apesar de ainda não haver estudos científicos comprovando a eficácia da alternativa, foi constatado êxito no propósito nos reservatórios instalados dessa maneira. Desta forma, o presente trabalho buscou analisar a conservação da qualidade da água da chuva em três tipos de reservatórios: convencional, convencional enterrado e enterrado contendo areia, comparando os resultados obtidos entre eles. Para isso, foram construídos três pilotos desses três tipos de reservatórios, sendo monitorados: pH, turbidez, cor aparente, coliformes totais, coliformes fecais, carbono orgânico dissolvido e temperatura. Os resultados de qualidade da água obtidos para os três tipos de reservatórios foram similares, não tendo um tipo de reservatório se destacado como mais viável com base nos parâmetros analisados. Entretanto, outros fatores que não foram abordados neste trabalho tais como disponibilidade de materiais para construção e mão de obra podem revelar vantagens no emprego de um dos reservatórios em comparação com os demais.

Palavras-chave: Conservação da água de chuva. Armazenamento da água de chuva. Cisterna enterrada contendo areia. *Réservoir d'eau enterré plein de sable.*

ABSTRACT

The lack of water that is happening around the world is a clear and growing fact, which makes essential the development of solutions to mitigate the problem. One of these solutions is the rainwater harvesting, which water has already a good quality. However, even having a good quality, rainwater needs care to maintain such feature while stored. An alternative used in Madagascar, with the purpose to preserve the quality of the collected rainwater, was to store the water with sand in the underground. Although there are no scientific studies proving the effectiveness of the alternative, but it was successful in the reservoirs installed in this manner. Thus, the present study sought to examine the conservation of rainwater quality in three types of reservoir: conventional, underground conventional and underground with sand, comparing the results between them. For this, were built three pilots of these three types of reservoirs, being monitored: pH, turbidity, apparent color, total coliforms, fecal coliforms, dissolved organic carbon and temperature. The water quality results obtained for the three types of reservoirs were similar, without having a reservoir which stood out as more viable based on the parameters analyzed. However, other factors that have not been addressed in this work such as availability of materials for construction and workmanship may prove advantages in employing one of the reservoirs compared to the others.

Keywords: Rainwater conservation. Rainwater storage. Underground cistern filled with sand. *Réservoir d'eau enterré plein de sable.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de barragem subterrânea e submersa.....	34
Figura 2 - Vista superior de uma barragem subterrânea	35
Figura 3 - Início da construção de um REEPS.....	36
Figura 4 – Após escavação, geomembrana foi posicionada e o volume escavado preenchido com areia.....	37
Figura 5 - Jogo de vôlei inaugural sobre a cisterna.....	38
Figura 6 - Destaque da área de captação da água analisada.....	39
Figura 7 - Cisterna que armazena a água coletada.....	40
Figura 8 - Saída onde foi coletada a água utilizada.....	40
Figura 9 - Areia antes de ser lavada.....	41
Figura 10 - Areia após ser lavada	42
Figura 11 - Vista lateral do piloto RC. Medidas em centímetros.....	43
Figura 12 - Vista frontal do piloto RC. Medida em centímetros.....	43
Figura 13 - RC concluído.....	44
Figura 14 - Vista lateral do piloto RE. Medidas em centímetros	45
Figura 15 - Vista frontal do piloto RE. Medida em centímetros.....	45
Figura 16 - RE concluído.....	46
Figura 17 – Vista lateral do piloto RA. Medidas em centímetros	47
Figura 18 - Vista frontal do piloto RA. Medidas em centímetros	47
Figura 19 - Construção do RA.....	48
Figura 20 – Aproximação da saída de água do RA.....	48
Figura 21 - Os três pilotos em seu local deixado para análises	49
Figura 22 - Temperatura da água nos reservatórios	52
Figura 23 - Condutividade da água nos reservatórios	53
Figura 24 - pH da água nos reservatórios	54
Figura 25 - Coliformes totais da água nos reservatórios	55
Figura 26 - Turbidez da água nos reservatórios	56
Figura 27 - Turbidez da água nos reservatórios a partir de 13 de Janeiro	56
Figura 28 - Cor aparente da água nos reservatórios	57
Figura 29 - Cor Aparente da água nos reservatórios a partir de 13 de Janeiro...57	
Figura 30 - COD da água nos reservatórios.....	58
Figura 31 - Piloto RE com destaque para precipitados	59
Figura 32 - Destaque para precipitados no piloto RE	60
Figura 33 - Piloto RC com destaque para precipitados.....	60
Figura 34 - Destaque para precipitados no piloto RC	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projeto de Lei e seus trâmites	29
Tabela 2 - Resultados qualidade de água da chuva inicial, descartada e armazenada em Uganda.	31
Tabela 3 - Usos da água e os tratamentos necessários.	32
Tabela 4 - Materiais, características e cuidados dos reservatórios.	33
Tabela 5 - Parâmetros analisados, seus métodos e equipamentos	50
Tabela 6 - Resultados da água coletada antes de inserida nos reservatórios	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AREED – *Association Reseau Expert Environnement Developpement*

ASA – Articulação do Semi Árido

COD – Carbono Orgânico Dissolvido

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NMP – Número Máximo Provável

ONG – Organização Não Governamental

P1MC – Programa Um Milhão de Cisternas

RA – Piloto simulando um Reservatório Enterrado contendo Areia

RC – Piloto simulando um Reservatório Convencional

RE – Piloto simulando um Reservatório Convencional Enterrado

TSGA II – Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água II

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	25
2. OBJETIVOS.....	27
2.1 OBJETIVO GERAL	27
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
3.1 HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA ...	27
3.2 LEGISLAÇÕES E NORMAS REFERENTES A CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA.....	28
3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA	30
3.4 RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	32
3.5 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM DIFERENTES MEIOS ...	33
3.5.1 BARRAGEM SUBTERRÂNEA OU SUBMERSA	34
3.5.2 CISTERNA ENTERRADA COM AREIA (<i>Reservoir D'eau Enterre Plein de Sable - REEPS</i>).....	35
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
4.1 ÁGUA ESTUDADA.....	39
4.2 PILOTOS DE ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	41
4.2.1 <i>Areia utilizada</i>	41
4.2.2 <i>Dimensionamento e Construção</i>	42
4.3 MONITORAMENTO DOS PILOTOS	49
4.3.1 <i>Análises realizadas</i>	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	63
7. REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui 12% da água doce do mundo, porém ela não é bem distribuída dentro do país, sendo que a maioria está localizada na região norte, região essa que possui quantidade menor de habitantes comparada com as outras regiões do país (TOMAZ, 2001).

Disponibilidades específicas de recursos hídricos ($\text{m}^3/\text{habitante}/\text{ano}$ de água) próximas a $10000 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{ano}$ não gera conflitos em relação ao uso da água. Valores inferiores a $1700 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{ano}$ demonstra situações de alerta de escassez hídrica, e quando o valor está abaixo de $500 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{ano}$ demonstra uma incapacidade absoluta de atendimento a demanda. O Brasil possui $33376 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{ano}$, que representa uma situação favorável, porém, em lugares como na região metropolitana de São Paulo esses valores chegam a $146 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{ano}$, entrando em consonância com o que Tomaz havia previamente falado. (HESPANHOL, 2015).

Para suprir essa demanda existem várias fontes alternativas de água, como por exemplo o reuso de esgoto, técnica essa que vem sendo estudada em San Diego nos Estados Unidos (HEFFERNAN, 2015). Outra técnica seria o aproveitamento da água da chuva, que dependendo do uso, é necessário que se faça a retirada dos sólidos mais grosseiros que são carreados com ela, e que seja feito o descarte da chamada primeira água da chuva, água essa que representa entre um e dois milímetros iniciais do evento pluviométrico (ABNT, 2007).

Mesmo a água da chuva possuindo uma boa qualidade, é necessário que ela seja armazenada de modo adequado a fim de não prejudicá-la ao longo do tempo. Segundo uma pesquisa realizada em Araçuaí, MG, a qualidade da água da chuva armazenada nos reservatórios foi afetada principalmente por causa dos reservatórios onde ela estava armazenada, independente do fato desses reservatórios serem novos ou não (SILVA, 2006).

A fim de preservar a qualidade da água ao longo do tempo, a *Association Reseau Expert Environnement Developpement* (AREED), uma Organização Não Governamental (ONG) francesa realizou, em Madagascar, uma cisterna subterrânea que armazena a água juntamente com a areia. Com isso, a água não sofre com as intempéries climáticas e vetores patogênicos não podem se alojar dentro do reservatório, sendo verificado pelos utilizadores que a qualidade da água se mantém boa durante mais tempo. Porém, mesmo essa técnica tendo sido comprovada na prática por eles, ainda não há estudos científicos comprovando a real eficácia do sistema. Com isso, o presente trabalho teve esse intuito.

Foram construídos três pilotos: um deles simulando um reservatório convencional, ou seja, apenas um recipiente de material plástico armazenando a água da chuva, chamado de RC; Outro simulou um reservatório enterrado, chamado de RE, havendo duas caixas, uma exterior e outra interior, sendo colocada areia entre elas e a água foi armazenada na caixa de dentro; O último piloto foi similar ao segundo, sendo diferente pela água ser armazenada no meio da areia que estava dentro do reservatório interno, sendo esse piloto chamado de RA. A água que foi utilizada no trabalho foi uma água da chuva coletada na propriedade de Raphael Autran, no norte de Florianópolis, no bairro Ingleses do Rio Vermelho.

Todo o trabalho foi realizado no Laboratório de Potabilização das Águas (LAPOA), sendo utilizadas também as dependências do Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), ambos localizados no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar a conservação da água da chuva em três tipos de reservatórios: Reservatório convencional (ambiente superficial), reservatório convencional enterrado, e reservatório enterrado preenchido com areia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar as características físico-química e bacteriológica da água da chuva armazenada nos três tipos de reservatórios;
- Avaliar qual tipo de reservatório mantém a água em melhor qualidade

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Apesar da captação da água da chuva parecer algo novo, já é feito há milhares de anos (JAQUES, 2005). Na Tailândia, segundo Prempridi, Chatuthasry (1984), há registros que datam de cerca de 1500 a.C, quando habitantes da região cavavam e utilizavam a terra retirada para construir uma parede em torno da área cavada, para que a água da chuva ficasse acumulada. Segundo os mesmos autores, há registros da evolução da tecnologia na região, sendo os poços de coleta de água da chuva posteriormente associados aos templos religiosos, e mais atualmente, com maior contato com outros países, possibilitou-se a construção de tanques maiores com a utilização de fibras lineares.

Há registros de que em 870 a.C o rei Meshu dos Moabitas fez uma lei obrigando as casas a aproveitarem água da chuva dos telhados (TOMAZ, 2005). Segundo o mesmo autor, a fortaleza dos templários localizada em Portugal em 1160 d.C já era abastecida com água da chuva.

Atualmente, a tecnologia de aproveitamento da água da chuva está se difundindo em diversas regiões de todo o mundo, sendo feito das mais diversas formas. Segundo Jaques (2005), no Estado da Califórnia financiamentos são oferecidos para que os interessados possam instalar sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva.

O mesmo autor conta do exemplo da China, que construiu tanques para armazenamento da água da chuva que fornece água potável para cerca de 15 milhões de pessoas.

No Brasil há também o programa PIMC (projeto um milhão de cisternas), que visa garantir acesso a água de qualidade para famílias moradoras do Semi Árido brasileiro. O programa possibilitou avanços não só nas famílias como nas comunidades rurais, aumentando a frequência escolar, diminuindo a incidência de doenças em virtude do consumo de água contaminada e diminuição do excesso do trabalho das mulheres. (ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO - ASA, 2015).

3.2 LEGISLAÇÕES E NORMAS REFERENTES A CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

O decreto federal nº 24643 de 1937, conhecido como Código das Águas, consubstanciou a base da legislação voltada para a temática água (VELOSO, MENDES, 2013). Em relação a políticas ambientais voltadas para os recursos hídricos, em 1997 instituiu-se a política nacional de recursos hídricos, que fornece instrumentos que possibilitaram a melhoria da gestão do recurso. Segundo Senra, Bronzatto, Vendruscolo (2007) *apud* Veloso e Mendes (2013):

A captação de água de chuva tem uma relação indireta com os objetivos dessa Política, já que estimula o uso racional e ao mesmo tempo previne contra os eventos hidrológicos críticos, tanto às secas, devido à promoção da reserva, quanto às inundações, devido à diminuição do escoamento superficial. A inclusão da captação de água de chuva no Plano indica o esforço da política de recursos hídricos na busca da transversalidade e no gerenciamento integrado das águas.

Há também alguns projetos de leis que estão tramitando na câmara que foram organizados em forma de quadro pelos mesmos autores:

Tabela 1 - Projeto de Lei e seus trâmites

Projeto de Lei	Ementa	Situação do trâmite
PL 4109/2012	Institui o Programa Nacional de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.	Aguardando Parecer na C. de Minas e Energia
PL 2457/2011	Altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 da Cidade), e a Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964, que dispõe sobre o Sistema Financeiro da Habitação, para instituir mecanismos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em edificações públicas e privadas.	Aguardando Designação de Relator
PL 1310/2011	Dispõe sobre a Política Nacional de Gestão e Manejo Integrado de Águas Urbanas e dá outras providências.	Apensada ao PL 4946/2001
PL 682/2011	Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos em lotes, edificados ou não, nas condições que menciona, e dá outras providências.	Apensado ao PL 2750/2003
PL 242/2011	Dispõe sobre a utilização de energia solar e reaproveitamento da água da chuva na construção de habitações populares.	Apensada ao PL 6250/2009
PL 2565/2007	Dispõe sobre a instalação de dispositivos para captação de águas de chuvas em imóveis residenciais e comerciais.	Apensado ao PL 2750/2003
PL 1069/2007	Dispõe sobre a contenção de águas de chuvas nas áreas urbanas.	Apensado ao PL 2750/2003
PL 6250/2009	Dispõe sobre a utilização de energia solar e reaproveitamento da água da chuva na construção de habitações populares.	Apensada ao PL 5733/2009
PL 3322/2004	Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios ou cisternas para o acúmulo de água da chuva no território brasileiro.	Apensado ao PL 2750/2003
PL 2750/2003	Estabelece o uso eficiente das águas e dá outras providências.	Apensado ao PL 1616/1999

Fonte: Veloso e Mendes (2013).

Não há muitas leis sancionadas falando sobre a Captação e Armazenamento da Água da Chuva, mas, por exemplo, a lei Nº 13153 de 30 de Julho de 2015, que institui a política nacional de combate a desertificação, estabelece que cabe ao poder público a construção de sistemas de captação e uso da água da chuva em locais onde haja efeitos da seca ou em áreas que estejam em processo de degradação da terra (Brasil, 2015). Com isso, mesmo não especificando parâmetros tão diretos de como deve ser feito, demonstra o reconhecimento do uso da água da chuva como forma viável de uso alternativo da água.

Em Fevereiro de 2016, na cidade de Florianópolis foi aprovada na Câmara de Vereadores a Lei Complementar Nº 1231/2013. Ela altera o código de Obras e Edificações do município, determinando que todas as novas edificações comerciais e residenciais com área a cima de 200m² devem fazer captação da água da chuva, devendo seus fins serem não potáveis (Câmara Municipal de Florianópolis, 2016).

Em relação a normativas, têm-se a NBR 15527, que é referente ao aproveitamento da água da chuva em coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis (ABNT, 2007). É a única normativa referente a esse assunto, traz algumas recomendações de como o sistema de captação da água da chuva deve ser montado, como por exemplo modelos de dimensionamento para os sistemas, parâmetros que devem ser seguidos pelos projetistas, prazos que as manutenções devidas devem ser feitas, entre outros assuntos. A norma também recomenda que todo sistema de captação da água da chuva deve ter um sistema de desinfecção, seja por cloro ou algum outro processo.

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

Geralmente a água das chuvas é excelente para diversos usos, inclusive para beber, exceto em locais que tenham elevada poluição atmosférica, que sejam densamente povoados ou industrializados.(NETO, 2004).

Conforme o autor citado anteriormente, mesmo nessas áreas que favorecem a depreciação da qualidade da água da chuva, a qualidade química (valores de certos parâmetros, como por exemplo o pH) continua boa para vários usos, inclusive para diluir águas duras ou salobras. Em relação à contaminação microbiológica, é ainda mais rara que a contaminação química. Porém, segundo Figueiredo (2001) *apud* Mantovani et al. (2012), as águas da chuva naturalmente são levemente ácidas, tendo valores de pH em torno de 5,6. Mas segundo Fornaro (2006), já foram encontrados valores de pH ao redor de 5 em regiões não poluídas, sendo que esse valor varia em função da eficiência da “limpeza” da atmosfera pela água da chuva, assim como em função das condições geográficas dos ciclos de enxofre, nitrogênio ou emissões de ácidos orgânicos, portanto é importante ressaltar que apenas valores de pH podem não ser suficientes para avaliar o grau de contaminação de águas da chuva.

De acordo com Neto (2004) a qualidade da água da chuva não depende exclusivamente das condições atmosféricas, depende também da superfície de captação, da calha, da tubulação que transporta a água até o tanque e da proteção sanitária desse tanque. O mesmo autor afirma que diversos estudos que examinaram a qualidade da água da chuva armazenada em cisternas concluíram que estas geralmente atendem os padrões de potabilidade da Organização Mundial da Saúde, apesar de já

terem ocorridos casos de doenças relacionados ao consumo de água da chuva (SILVA, 2006).

Segundo a mesma autora, há diversos aspectos que também influenciam na qualidade da água da chuva que é captada, como por exemplo o desvio da primeira água, a forma que a água é retirada da cisterna, o método de desinfecção da água da cisterna e a limpeza periódica da cisterna. A remoção da primeira água tem o intuito de evitar que partículas depositadas na superfície de captação acabem sendo armazenadas dentro da cisterna, piorando a sua qualidade.

Estudos realizados em Uganda por Ntale e Moses (2003), demonstraram o quanto o sistema de descarte da primeira água da chuva ajuda para manter a qualidade da água armazenada no reservatório. No estudo deles foram feitas análises da água dentro do reservatório e dentro do sistema de descarte da primeira água e os seguintes resultados foram obtidos:

Tabela 2 - Resultados qualidade de água da chuva inicial, descartada e armazenada em Uganda.

Parâmetro	Água Inicial	Água no sistema de descarte	Água armazenada
Turbidez (NTU)	5	42	3
Cor (Pt Co)	26	125	9
Condutividade (µs/cm)	9	41,7	14,3
Coliformes Termotolerantes (n° / 100mL)	26	4	0
Streptococos fecais (n° / 100mL)	83	200	0

Fonte: Adaptado de Ntale e Moses (2003). Tradução nossa

Com isso, pode-se observar o quão importante é o descarte da chamada primeira água da chuva para se manter a qualidade da água da chuva a ser armazenada.

Estudos realizados por Murakami e Moruzzi (2008) corroboram com os estudos realizados por Ntale e Moses (2003), complementando ainda que mesmo se o descarte da primeira água da chuva for feito, tem que descartar o volume adequado, senão não fará diferença alguma em ser ou não realizado. Nesse mesmo estudo foi mostrado que mesmo em um reservatório com água não clorada, ao longo do tempo sua qualidade vai melhorando, porém, pode demonstrar ao longo do tempo alguns valores maiores do que anteriores, resultados esses que não foram discutidos no mesmo trabalho.

Apesar da qualidade que a água da chuva possui, é importante ressaltar que dependendo de sua finalidade, essa água não precisa ter uma boa qualidade. Como mostrado pelo Group Raindrops (2002) *apud* Kammers (2004):

Tabela 3 - Usos da água e os tratamentos necessários.

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de Jardins	Nenhum Tratamento
Prevenção de Incêndio e Condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de vasos sanitários, lavação de roupas e lavação de carros.	Tratamento higiênico, devido ao possível contato do corpo humano com a água.
Piscina/Banho, consumo humano e no preparo de alimentos.	Desinfecção, para a água consumida direta e indiretamente.

Fonte: Group Raindrops (2002) *apud* Kammers (2004).

3.4 RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

O reservatório é o investimento mais significativo no sistema de aproveitamento da água da chuva, seu projeto deverá ser levado em conta o local que será instalado, sua capacidade e o material que será composto (JESUS, BERTOLO, 2006).

Há alguns materiais encontrados no mercado que podem ser utilizados para o armazenamento da água. Segundo o *Texas Water Development Board* e o *Center for Maximum Potential Building Systems* (1997), independente do material utilizado, ele tem que ser um material durável, exteriormente a prova d'água, e possuir uma superfície lisa,

limpa e selada com material atóxico. Abaixo segue tabela apresentada por eles:

Tabela 4 - Materiais, características e cuidados dos reservatórios.

TIPOS DE RESERVATÓRIOS		
MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	CUIDADOS
PLÁSTICOS		
Baldes de Lixo	Comercialmente disponível, baixo custo	Usar somente novos baldes
Fibra de Vidro	Comercialmente disponível, alterável e removível	Degradável, requer revestimento interior
Polietileno/Polipropileno	Comercialmente disponível, alterável e removível	Degradável, requer revestimento exterior
METAIS		
Tambores de Aço	Comercialmente disponível, alterável e removível	Verificar seus usos anteriores, corrosão ou ferrugem. Possui pouca capacidade
Tanques Galvanizados de Aço	Comercialmente disponível, alterável e removível	Possível corrosão e ferrugem
CONCRETO E ALVENARIA		
Ferrocimento	Durável, irremovível	Potencial de quebrar e de falhar
Pedra, Bloco de concreto	Durável, irremovível	Dificuldade de se manter
Monolítica, feita no local	Durável, irremovível	Potencial de quebrar
MADEIRA		
Pau Brasil, Douglas Fir, Cipreste	Atrativo, durável	Caro

Fonte: *Texas Guide for Rainwater Harvesting* (1997), tradução nossa.

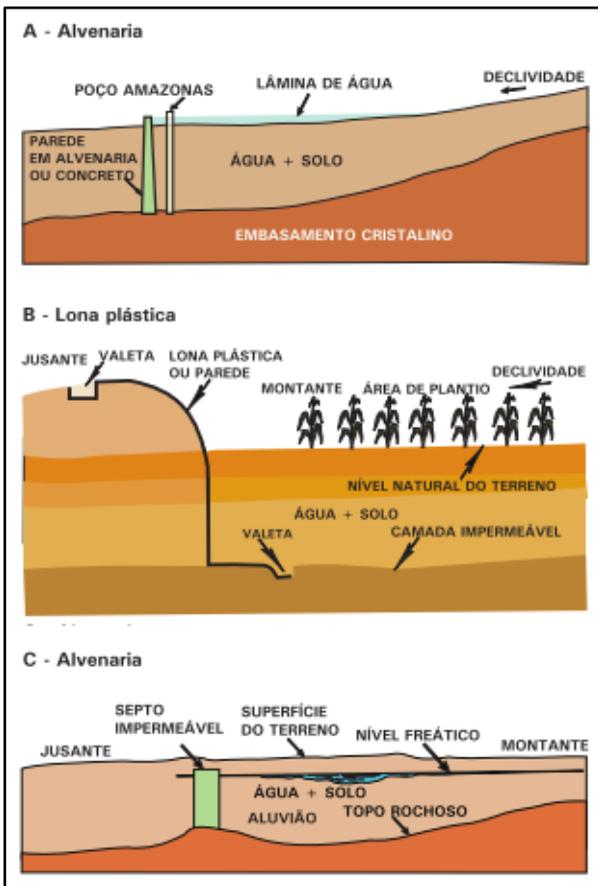
3.5 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM DIFERENTES MEIOS

Assim como os materiais dos reservatórios podem ser variados, a forma de armazenamento também varia. Apesar da água da chuva geralmente ser armazenada em reservatório sem nenhum tipo de preenchimento, é interessante destacar iniciativas as quais a água é armazenada de forma diferente, nos vazios de um meio suporte, como a areia. Nisso, se destacam duas tecnologias.

3.5.1 BARRAGEM SUBTERRÂNEA OU SUBMERSA

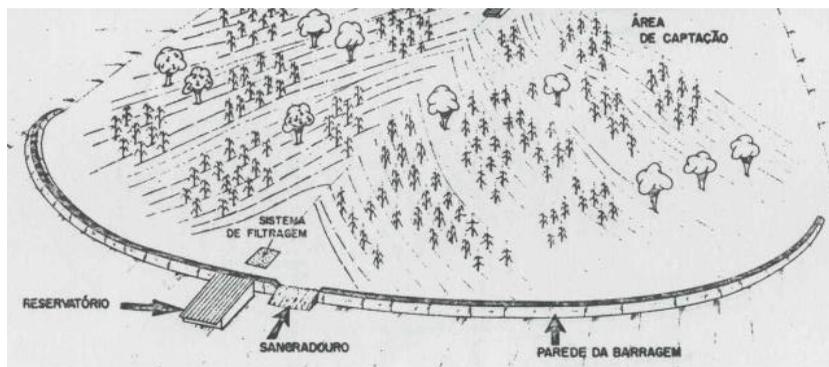
Barragem subterrânea ou submersível é aquela formada por uma parede que parte da camada impermeável, ou rocha, até uma altura a cima da superfície do aluvião. Dessa maneira, durante a época de chuvas, a barragem submersa tem sua parede por completa dentro do solo, ficando a água armazenada no meio do solo. (SANTOS, FRANGIPANI (1978); MONTEIRO (1984); SILVA, REGO NETO (1992) *apud* TEIXEIRA *et al.*, (1999))

Figura 1 - Tipos de barragem subterrânea e submersa.



Fonte: Teixeira *et al* (1999).

Figura 2 - Vista superior de uma barragem subterrânea



Fonte: Silva *et al.* (1995)

Segundo Costa *et al.* (2000), o primeiro estudo visando a utilização de uma barragem subterrânea para armazenamento de água foi realizado pela UNESCO em 1959 no estado do Rio Grande do Norte, porém ela não chegou a ser construída. A primeira construída no Brasil foi em 1965, no depósito aluvial do Rio Trici, pelo Departamento Nacional de Obras Contrás as Secas (DNOCS). Ao longo dos anos, cada vez mais barragens foram construídas, porém, segundo o mesmo autor, correm sérios riscos a médio prazo devido à salinização que vem ocorrendo nos solos, tornando-os impróprios para as culturas plantadas, fato corroborado no Congresso Cearense de Agroecologia (2008). Porém nesse mesmo trabalho são apresentados casos em que isso não ocorre, sendo ressaltado pelos autores que nas barragens em que isso ocorre, é necessário um monitoramento criterioso com o manejo do solo e da água adequados para cada situação.

3.5.2 CISTERNA ENTERRADA COM AREIA (*Reservoir D'eau Enterre Plein de Sable - REEPS*)

Essa tecnologia é bastante atual e funciona de modo similar a barragem subterrânea, armazenando a água no meio do solo. Porém, diferentemente dela, não aproveita a água que está no solo, mas sim, lança a água de uma área de coleta (telhado, pátio) na região delimitada por um material impermeável, sendo essa água posteriormente retirada por uma bomba. (PSEAU, 2014).

A *Association Reseau Expert Environment Development* (AREED) desenvolveu esse tipo de tecnologia em Madagascar e na Tailândia, sendo completamente eficazes nos casos instalados. O sistema possui diversas vantagens, entre elas o baixo investimento econômico, pois utiliza materiais do próprio local; Fica invisível, pois está enterrada; e por essa mesma razão, acaba não sendo afetada por adversidades climáticas externas, e por tudo isso – e por ser construída com materiais duráveis, acaba tendo a vida útil elevada. (PSEAU, 2015).

Figura 3 - Início da construção de um REEPS



Fonte: PSEAU (2014), tradução nossa.

Essa mesma tecnologia foi desenvolvida de modo similar na cidade de Araranguá, em Santa Catarina, por meio do Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água II (TSGA II).

A tecnologia foi desenvolvida na escola municipal de ensino fundamental Rio dos Anjos, que se encontra no meio rural da cidade, atendendo cerca de 50 alunos da pré-escola ao quarto ano do ensino fundamental.

O projeto teve início em Junho de 2014 e foi finalizado em Março de 2015. Houve também apoio da prefeitura local, que colaborou com a mão de obra utilizada, e da Jazida Eckert, que forneceu a areia utilizada no projeto.

Os principais impactos positivos que o projeto teve foi a sinergia entre os responsáveis da escola e os trabalhadores, o que fez com que a escola se envolvesse e entendesse que o projeto era realmente para eles. Isso fez com que os alunos conseguissem verdadeiramente aprender sobre a captação e armazenamento da água da chuva e a importância da conservação da água.

Na figura 4 é possível observar o início da construção da cisterna em Araranguá, sendo mostrado o buraco recoberto com a geomembrana, que é a camada impermeável da cisterna, e o começo do enchimento dela com areia. Já na figura 5 é mostrado o campo de vôlei que está sobre a cisterna.

Figura 4 – Após escavação, geomembrana foi posicionada e o volume escavado preenchido com areia.



Fonte: Do próprio autor

Figura 5 - Jogo de vôlei inaugural sobre a cisterna



Fonte: Do próprio autor.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

De forma a avaliar a conservação da água da chuva dentro dos três tipos de reservatórios: convencional, enterrado convencional e enterrado contendo areia, foram construídos três pilotos, cada um deles representando um tipo de reservatório. Os pilotos foram construídos e instalados no Laboratório de Potabilização das Águas (LAPOA), e as análises foram conduzidas também no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), ambos localizados no departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.1 Água Estudada

A água da chuva utilizada foi coletada por meio de um sistema de captação localizado ao norte da cidade, no bairro Ingleses do Rio Vermelho, em Florianópolis, na propriedade de Raphael Autran.

A área de captação de água da chuva na localidade (figura 6) é de cerca de 70m², sendo a superfície de captação de telha cerâmica e telha do tipo onduline de fibra orgânica de pinus. Após passar pela área de captação, a água era armazenada em uma cisterna sob o solo, como pode ser visto na figura 7. Figura 7 - Cisterna que armazena a água coletada. Na época em que a água foi coletada não havia ainda um sistema de filtragem de folhas nem de descarte da primeira água da chuva, em virtude do sistema ainda estar sendo finalizado.

Figura 6 - Destaque da área de captação da água analisada



Fonte: Do próprio autor

Figura 7 - Cisterna que armazena a água coletada



Fonte: Do próprio autor

Ela foi retirada da cisterna pela saída que abastecia um lago da propriedade, como pode ser visto na figura 8.

Figura 8 - Saída onde foi coletada a água utilizada



Fonte: Do próprio autor

4.2 Pilotos de armazenamento da água da chuva

4.2.1 Areia utilizada

Como a composição do solo em torno do reservatório não é um fator relevante na hipótese do trabalho, a areia utilizada dentro do reservatório que possui a água armazenada juntamente com a areia é a mesma que fica no entorno dos reservatórios, porém, foi lavada para garantir que não soltasse particulados na água a ser analisada, afetando os resultados a serem obtidos. Para cada quilograma de areia foram utilizados em torno de 10 L de água para lavá-la. O processo de lavagem pode ser observado nas figuras 9 e 10.

Figura 9 - Areia antes de ser lavada



Fonte : Do próprio autor

Figura 10 - Areia após ser lavada



Fonte: Do próprio autor

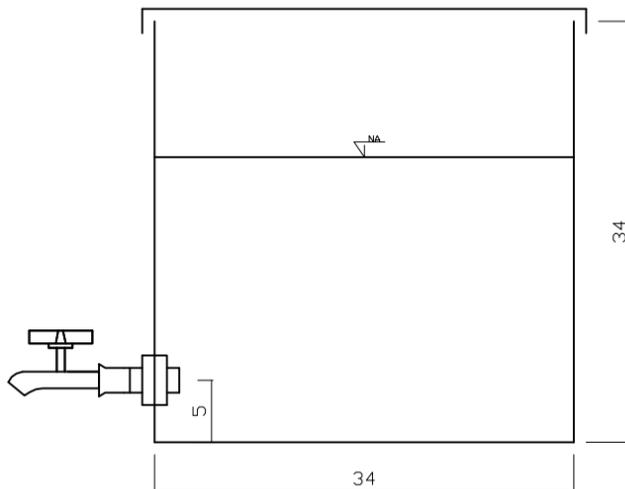
4.2.2 Dimensionamento e Construção

De forma a deixar a análise similar entre os reservatórios, eles foram dimensionados para que armazenassem a mesma quantidade de água a ser coletada para as amostras, que era de 3L. Porém, além desses 3L, tinha que ser levado em conta o volume de água que permanecia dentro dos tubos que seria descartado antes de cada coleta, volume esse que era de aproximadamente 50mL para o RA e RC e de 100 mL para o RE, por cada amostra, totalizando 3,75L necessários para o RC e RA e 4,5L para o RE, tendo sido previstas – inicialmente – 15 amostras. Por questão de segurança, foram colocados 6,5L dentro dos reservatórios RE e RA e 7,5L no RE. Em todos eles foram utilizadas caixas organizadoras de plástico translúcidas de diferentes tamanhos, que após concluídas foram revestidas com duas camadas de lona preta, evitando que houvesse passagem de luz solar.

Para a coleta da água em todos os pilotos, foram utilizados tubos de PVC e flanges soldáveis, adaptadores soldável x roscável e torneiras roscáveis, todos eles nos diâmetros de 20mm (ou $\frac{3}{4}$ " para as conexões roscáveis). Maiores detalhes de como foram feitos é possível observar nas figuras 11 a 21.

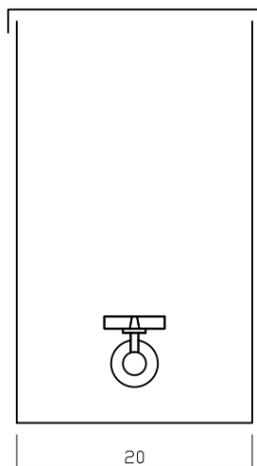
No piloto simulando o reservatório convencional (RC) foi utilizada uma caixa de 26,5 L.

Figura 11 - Vista lateral do piloto RC. Medidas em centímetros



Fonte: Do próprio autor

Figura 12 - Vista frontal do piloto RC. Medida em centímetros



Fonte: Do próprio autor

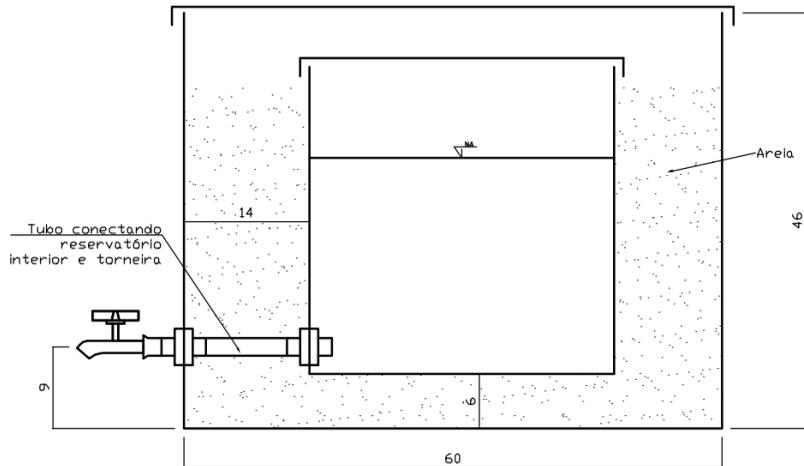
Figura 13 - RC concluído



Fonte: Do próprio autor

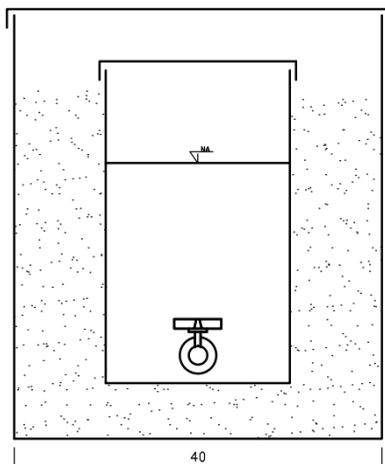
No piloto que simula o reservatório convencional enterrado (RE), foi utilizada uma caixa de 26,5 L por dentro (igual a do RC) e uma caixa de 90 L por fora, e no espaço entre elas foi colocada areia. Para conectar o reservatório interior e a torneira, foi utilizado um tubo, também de diâmetro de 20mm, como pode ser observado nas figuras abaixo.

Figura 14 - Vista lateral do piloto RE. Medidas em centímetros



Fonte: Do próprio autor.

Figura 15 - Vista frontal do piloto RE. Medida em centímetros



Fonte: Do próprio autor

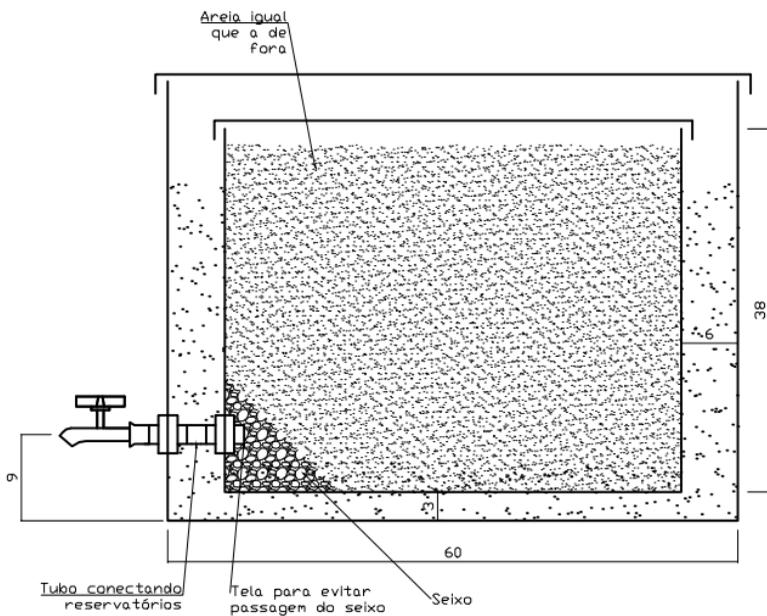
Figura 16 - RE concluído



Fonte: Do próprio autor

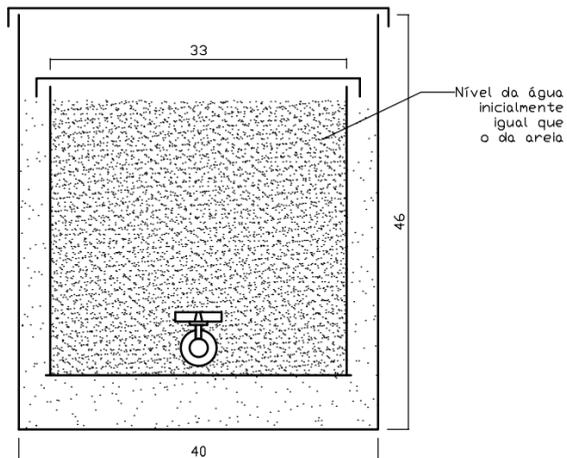
No piloto simulando o reservatório enterrado contendo areia, o volume necessário de água era de 6,5L. Pelo contato feito com os construtores das cisternas em Madagascar, o volume que a areia ocupa é de 60% e 70%, como a caixa não pode ser utilizada por completa, sendo necessário deixar um espaço de segurança, a única caixa disponível para compra era uma de 56L, sendo ela utilizada por dentro de outra de 90 L. No espaço entre as duas também foi posto areia, e para conectá-las um tubo de 20mm. Na saída de água, foi utilizado seixo rolado e tela de mosquiteiro de 1mm de abertura para evitar a perda de areia durante as amostragens. Maiores detalhes de sua construção podem ser observados nas figuras abaixo.

Figura 17 – Vista lateral do piloto RA. Medidas em centímetros



Fonte: Do próprio autor

Figura 18 - Vista frontal do piloto RA. Medidas em centímetros



Fonte: Do próprio autor

Figura 19 - Construção do RA



Fonte: Do próprio autor

Figura 20 – Aproximação da saída de água do RA



Fonte: Do próprio autor

Figura 21 - Os três pilotos em seu local deixado para análises



Fonte: Do próprio autor

4.3 Monitoramento dos pilotos

As análises foram realizadas nos dias 16/12/2015, 13/01/2016, 02/02/2016, 03/03/2016, 30/03/2016, 04/05/2016, 01/06/2016, sendo a leitura dos coliformes totais e coliformes fecais feitas após 24hs das cartelas estarem em estufa. Antes de a água ser coletada, em cada uma das análises, era feito o descarte de 50mL nos pilotos RC e RA e 100mL no piloto RE. Esses volumes representavam o volume superior aproximado de água que permanecia dentro do tubo entre o reservatório e a torneira de coleta, como mostrado nas figuras 11, 14 e 17.

4.3.1 Análises realizadas

Os parâmetros analisados e os métodos e equipamentos utilizados seguem abaixo.

Tabela 5 - Parâmetros analisados, seus métodos e equipamentos

Parâmetro (Unidade)	Método	Equipamentos
pH		Medidor Multiparâmetros HACH HQ40D; Sonda pH
Cor Aparente (uH)	Espectrofotométrico (2120C)	Espectrofotômetro HACH DR2100
Turbidez (uT)	Nefelométrico (2130B)	Turbidímetro HACH 2100N
Temperatura (°C)		Medidor Multiparâmetros HACH HQ40D; Sonda pH
Condutividade Elétrica (µS/cm)		Medidor Multiparâmetros HACH HQ40D Sonda Condutividade
Carbono Orgânico Dissolvido (COD)	Oxidação Catalítica por combustão a 680° (SHIMADZU, 2016)	Filtrado em membrana 45µm; Analisador Shimadzu TOC – L
Coliformes Totais (Número Mais Provável (NMP) / 100mL)	Substrato Cromogênico Definido (9223B)	COLILERT ®
E. coli (NMP / 100mL)		

Fonte: Adaptado de Souza (2015).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo seguem os valores da água da chuva bruta, antes de ser colocada dentro dos reservatórios. Também foi possível observar a presença de dípteros e pequenas larvas, cuja espécie não foi identificada.

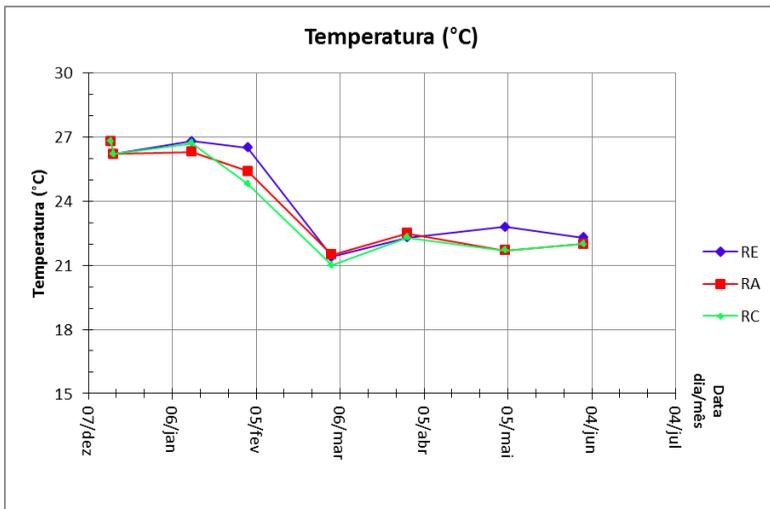
Tabela 6 - Resultados da água coletada antes de inserida nos reservatórios

Parâmetro (Unidade)	Valor
pH	4,65
Cor aparente (uH)	15
Turbidez (uT)	2,45
Temperatura (°C)	26,8
Condutividade Elétrica (µS/cm)	21,5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg / L)	1,7
E. coli (NMP / 100mL)	87,6
Coliformes Fecais (NMP / 100mL)	0

Apesar de terem sido analisados, coliformes fecais não foram encontrados em nenhuma amostra da água trabalhada, nem antes de ser inserida nos pilotos, nem após.

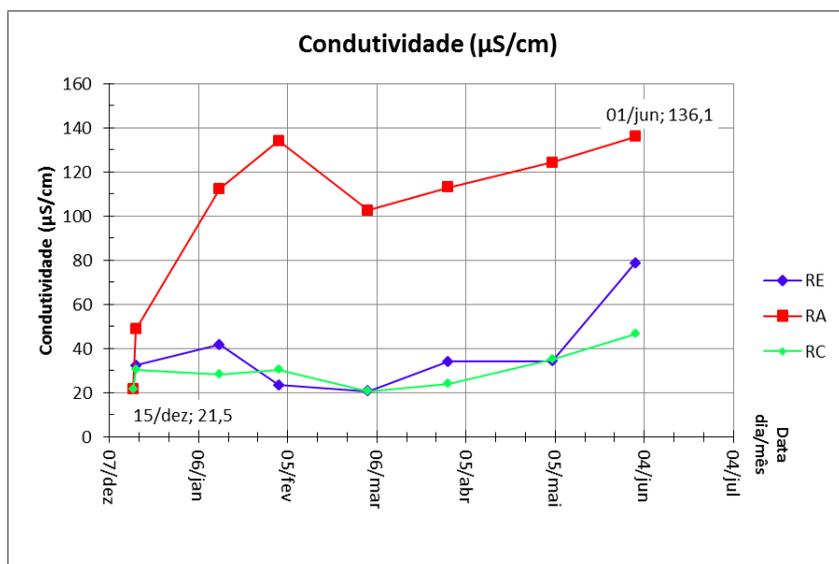
Em relação a temperatura, pode-se observar uma variação ao longo do tempo. A primeira queda foi devido ao fato que no dia da análise realizada (03 de Março de 2016), no mesmo local onde os pilotos estavam localizados estava sendo feito o monitoramento do piloto de outro projeto, que necessitava que o ar condicionado do recinto permanecesse ligado, abaixando a temperatura da água em todos os reservatórios. Após, é possível perceber que as temperaturas dos reservatórios voltaram a subir, mas logo em seguida (7^a análise feita no dia 04 de Maio de 2016) a temperatura do RA e RC caíram novamente e a do RE não. Isso pode ter acontecido pela queda da temperatura ambiente afetar mais os reservatórios RC e RA por eles terem uma camada isolante menor que a do RE, que deve demorar mais para ter a temperatura da água afetada pela mudança de temperatura do ambiente. Além disso, é possível observar o padrão que em todas as análises, exceto a do dia 13 de Janeiro, a temperatura dos pilotos RE e RA estavam superiores ao piloto RC, pois mesmo tendo uma camada isolante mais fina, a camada do RA continua sendo maior que a do RC.

Figura 22 - Temperatura da água nos reservatórios



A Condutividade da amostra inicial (21,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) está próxima de valores apresentados em bibliografias (Yaziz et al., 1989; Lee et al., 2010 e Mendez et al., 2010) para águas da chuva coletadas diretamente, sem passar por uma superfície de captação, demonstrando que, no caso apresentado, a superfície da área de coleta da água da chuva trabalhada não está afetando nesse parâmetro. No trabalho de Mendez *et al.*(2010) também foram analisadas amostras de água da chuva que passavam por um telhado verde, e o resultado dessas análises demonstraram valores de condutividade mais elevados, assim como no RA no trabalho apresentado, demonstrando que os dois meios devem ter soltados compostos que afetaram o valor desse parâmetro.

Figura 23 - Condutividade da água nos reservatórios

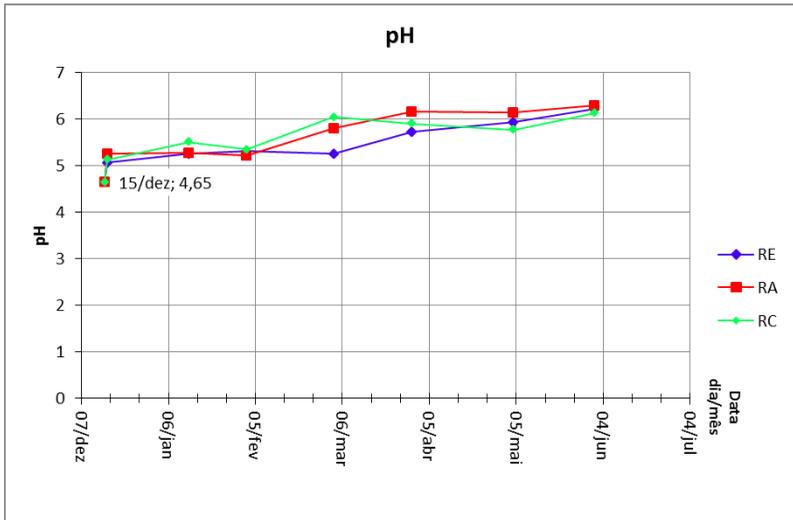


A queda nos valores de condutividade na água de todos os pilotos (mais visível nos resultados do piloto RA), entre a 4^a e 5^a análise, segue o padrão conhecido de que com a diminuição da temperatura a condutividade também diminui, como pode também ser observado no gráfico de temperatura mostrado anteriormente.

O pH e a condutividade tiveram um comportamento parecido, de se elevarem, principalmente entre a 4^a e 5^a análise, onde com a queda da condutividade pôde-se observar um aumento do pH, porém não se pode

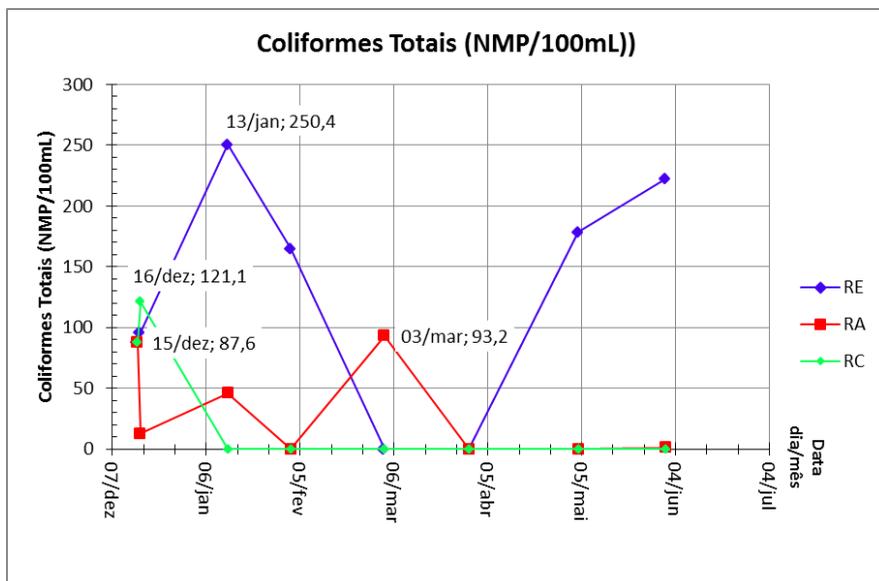
estabelecer uma relação direta entre eles tendo em vista que os dois são afetados pela presença de sais, que não foram analisados no trabalho.

Figura 24 - pH da água nos reservatórios



Os Números Máximos Prováveis (NMP) dos coliformes totais não seguiram nenhum padrão de decrescimento ou crescimento. Os reservatórios RA e RC tiveram picos, mas acabaram se estabilizando em valores <1 . Já o NMP do RE chegou a ter seu valor <1 , porém nas análises seguintes se elevou novamente. Não foi encontrada explicação para tal ocorrido, porém na pesquisa de Marakumi e Moruzzi (2008), que trabalhou com o armazenamento da água da chuva, ocorreu algo similar, e nessa mesma pesquisa não foi discutida a razão para isso ter ocorrido realmente, somente foi levantada a hipótese de que isto estaria relacionado com aspectos inerentes ao ciclo de vida e da predação das bactérias resultantes analisadas pela metodologia. (MORUZZI, 2016). Na pesquisa de Lee *et al.*(2010) os valores de coliformes totais nas amostras provenientes do reservatório de água da chuva eram superiores ao das amostras de água da chuva coletadas diretamente sem uma superfície de captação. Os valores também eram superiores ao das amostras que foram analisadas logo em seguida que passaram pela superfície de captação.

Figura 25 - Coliformes totais da água nos reservatórios



A turbidez se manteve em valores baixos, todos - menos o primeiro valor obtido no piloto RA - se mantiveram abaixo do valor máximo permitido pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que é de 5 uT. Valores baixos também foram encontrados em pesquisas anteriores, como a de Amorim (2001) e a de May (2004), que ao avaliar a qualidade da água da chuva na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em São Paulo, obteve valor máximo de 3,6 uT e mínimo de 0,7uT. Jaques (2005) ao analisar a qualidade da água da chuva de Florianópolis também obteve valores baixos, e além disso, em virtude de sua pesquisa avaliar a qualidade da água da chuva ao longo do tempo, seus resultados em turbidez tiveram características semelhantes ao piloto RA do trabalho, tendo valores mais elevados inicialmente que decaíram ao longo do tempo.

Abaixo segue gráfico da turbidez das águas analisadas em cada piloto. O padrão previamente comentado pode ser visto claramente no gráfico da água do piloto RA, cujo valor atingiu 25,7 uT logo após ser inserida no referido piloto, e na análise seguinte caiu para 0,68.

Figura 26 - Turbidez da água nos reservatórios

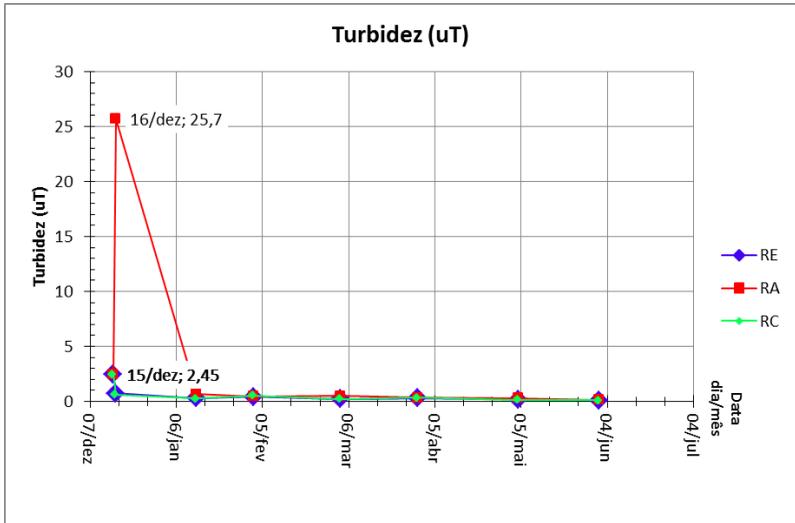
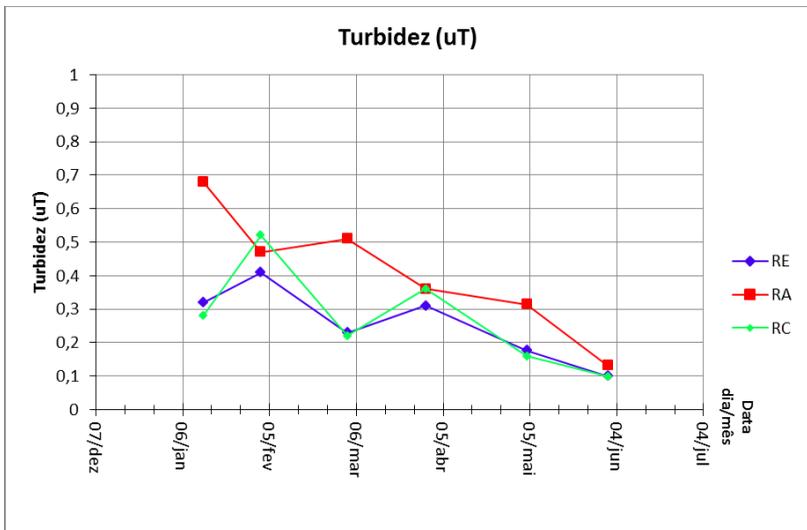


Figura 27 - Turbidez da água nos reservatórios a partir de 13 de Janeiro



A cor aparente seguiu um padrão similar ao da turbidez, o que já era esperado.

Figura 28 - Cor aparente da água nos reservatórios

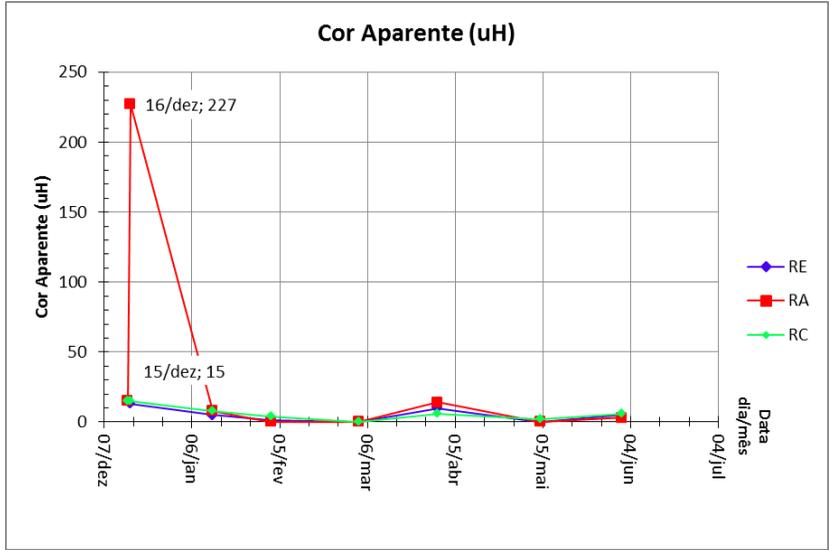
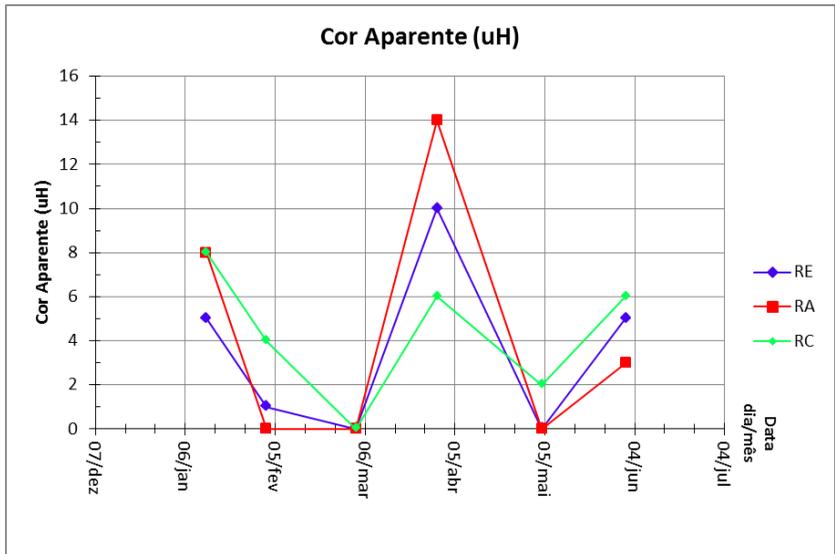


Figura 29 - Cor Aparente da água nos reservatórios a partir de 13 de Janeiro

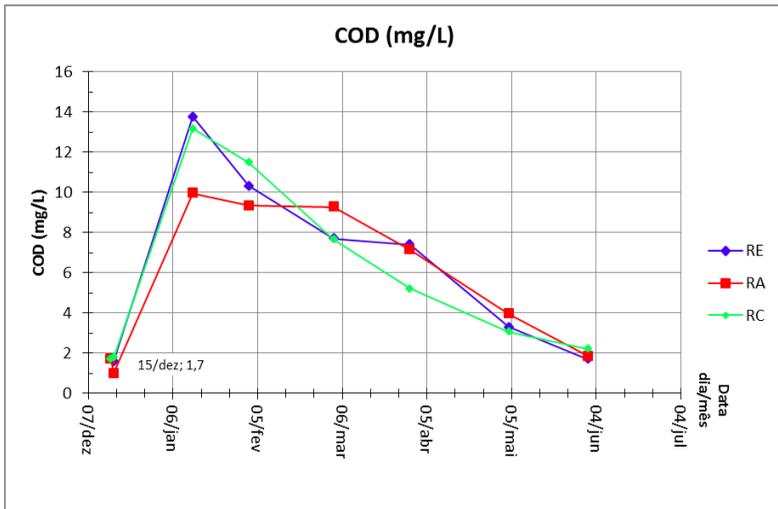


O Carbono Orgânico Dissolvido (COD) das amostras inicialmente se elevou, e ao longo das análises foram decaindo, não havendo uma grande diferença entre os resultados de cada piloto. No RA, mesmo a água se mantendo armazenada no meio da areia durante todo o período das análises, houve momentos em que o seu de COD estava menor do que dos outros pilotos, porém – comparativamente - seu decaimento teve um comportamento mais lento.

Na pesquisa de Lara *et al.* (2001), valores de COD eram menores em períodos mais úmidos, podendo ser também uma razão para os valores das amostras trabalhadas começarem baixas, já que a época da coleta (Dezembro de 2015) é o período mais chuvoso na cidade de Florianópolis.

Valores próximos também foram encontrados por Mendez (2011) nas amostras provenientes dos telhados de telhas de concreto, telhas de metal e telhados resfriados de sua pesquisa. Porém em relação ao telhado verde também analisado, os valores obtidos pela autora foram muito superiores ao do RA, demonstrando que para que haja influência nos valores de COD é necessário haver um meio mais desenvolvido (camada de terra com plantas do telhado verde), e não simplesmente areia.

Figura 30 - COD da água nos reservatórios.



Algo que também foi observado nos reservatórios RE e RC foi a presença, no término das análises realizadas, de um precipitado no fundo deles. No reservatório RE era mais escuro e preto, já no RC era um tom mais claro e marrom, como pode ser observado nas figuras abaixo:

Figura 31 - Piloto RE com destaque para precipitados



Figura 32 - Destaque para precipitados no piloto RE



Figura 33 - Piloto RC com destaque para precipitados



Figura 34 - Destaque para precipitados no piloto RC



Acredita-se que esses precipitados possam ser ovos dos mosquitos que estavam inicialmente na água. A razão para eles não terem eclodido talvez seja a temperatura que não estava adequada para que isso ocorresse.

Como o reservatório RA não foi desmontado, não foi possível verificar a presença desses precipitados nele, porém, devido ao fato dele possuir areia em seu interior, acredita-se que esse precipitado não tenha se desenvolvido lá dentro, comprovando uma de suas vantagens: a de não permitir a proliferação de possíveis vetores.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

É possível observar que não houve uma grande diferença entre os resultados dos parâmetros analisados em cada piloto, exceto em relação aos Coliformes Totais no piloto RE, sendo que não foi encontrada uma razão específica para isso ter acontecido. Com isso não é possível dizer se há um tipo de reservatório que seja mais adequado que o outro em relação a todos os parâmetros analisados. Seria necessário uma análise mais detalhada do ponto de vista construtivo de cada um deles, já que os reservatórios convencionais aproveitam totalmente o volume construído, e dependendo de como será feito o armazenamento, como por exemplo utilizando uma caixa d'água, a instalação é bem simplificada. Já o reservatório enterrado contendo areia perde entre 60 e 70% do volume escavado, e caso não haja máquinas para escavação, a mão de obra pode tornar o trabalho ainda mais difícil. Mas levando em conta regiões que não tenham fábricas de reservatórios, que o acesso seja difícil, que a mão de obra seja abundante e que haja área disponível no terreno, essa tecnologia se torna uma alternativa viável.

É recomendado que as análises sejam continuadas, sendo possível observar o comportamento dos parâmetros analisados durante um período mais longo. Seria interessante ainda realizar análises nas concentrações de Sódio, Magnésio e Potássio que possam estar sendo carreados pela água ao passar pela areia. Além disso, são recomendadas análises microbiológicas mais detalhadas nas águas dos três reservatórios. Assim como a realização de microscopia eletrônica nos detritos que se encontram ao fundo do RE e do RA, a fim de confirmar a hipótese de serem realmente ovos de mosquito.

O mesmo tipo de trabalho também poderia ser realizado em uma unidade já instalada da tecnologia, a fim de se terem dados de uma unidade em escala real que já esteja em funcionamento.

7. REFERÊNCIAS

ABNT, NBR. 15527. **Água de chuva – Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AMORIM, M.C.C. DE; PORTO, Everaldo Rocha. **Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE**. SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. v. 3, 2001.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st. ed.

ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO - ASA. **P1MC - ASA Brasil**. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em: 1 out. 2015.

BRASIL. Lei nº 13153, de 30 de julho de 2015. **Política Nacional de Combate A Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. Portaria MS No 2914. 2011.

CONGRESSO CEARENSE DE AGROCECOLOGIA, 1., 2008, Fortaleza. **Avaliação de parâmetros químicos da água de chuva armazenada em poços e área de plantio de barragens subterrâneas**. Fortaleza: -, 2008. 1 p. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/161046/1/OPB2085.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2016

COSTA, W. D. *et al.* **O aparente insucesso das barragens subterrâneas em Pernambuco**. 1st World Congress on Groundwater. **Anais**. Fortaleza: 2000

DA SILVA, M. S. L. *et al.* **SISTEMA DE CAPTAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE AGUA EM BARRAGENS SUBTERRÂNEAS**. SISTEMA, n. 58, p. 1-4, 1995.

FLORIANÓPOLIS. Câmara Municipal de Florianópolis. Câmara de Vereadores (Ed.). **Câmara aprova projeto de reuso da água das chuvas em edificações de Florianópolis**. 2016. Disponível em: <<http://www.cmf.sc.gov.br/noticias/662abac3-09c5-4304-b51e-3e46cefa2b12>>. Acesso em: 12 maio 2016.

FORNARO, A. Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? **Revista USP**, v. 70, p. 78–87, 2006.

HEFFERNAN, O. Regeneração (Controvertida) da Água. **Scientific American Brasil: A exaustão das Águas**, São Paulo, p.26-33, fev. 2015.

HESPAHOL, I. Conservação e Reúso da Água. **Scientific American Brasil: A exaustão das Águas**, São Paulo, p.22-25, fev. 2015.

JAQUES, R. C.. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

JESUS, E. DE; BERTOLO, P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. [s.l.] Universidade do Porto, 2006.

KAMMERS, P. C. **Usos finais de água em Edifícios Públicos: Estudo de caso em Florianópolis - SC**. Florianópolis, 2004.

LARA, L. B. L. S. *et al.* Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. **Atmospheric environment**, v. 35, n. 29, p. 4937-4945, 2001.

LEAL VELOSO, N. D. S.; RODRIGUES MENDES, R. L. **Aspectos Legais Do Uso Da Água Da Chuva No Brasil E a Gestão Dos Recursos Hídricos : Notas Teóricas**. XX Simposio Brasileiro de Recursos Hidricos. Bento Gonçalves: 2013

LEE, J. Y. *et al.* Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 4, p. 896-905, 2010.

MANTOVANI, D. *et al.* Levantamento Pluviométrico E Qualidade Microbiológica E Físico-Química Da Água Da Chuva Na Cidade De Maringá. **Revista Tecnológica**, v. 21, p. 93–102, 2012.

MAY, S.. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MENDEZ, C. B. *et al.* The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. **Water research**, v. 45, n. 5, p. 2049-2059, 2011.

MORUZZI, Rodrigo. Dúvida artigo Avaliação de Parâmetros [...] 2008. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <victorybarzo@msn.com>. em: 28 jun. 2016.

MURAKAMI, M. F.; MORUZZI, R. B.. **Avaliação de parâmetros microbiológicos de água pluvial visando aproveitamento para fins não potáveis**: o efeito do tempo de armazenamento. *Holos Environment*, v. 8, n. 2, p. 1-4, 2008.

NETO, C. O. DE A. **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais**. XI - Simpósio Luso-Brasleiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal: 2004.

NTALE, H.K; MOSES, N. **Improving the quality of harvested rainwater by using first flush interceptors/ retainers**. Em: PROCEEDINGS OF THE 11th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. México, 2003.

PREMPRIDI, T.; CHATUTHASRY, C. **Past and Present Use of Ponds as Rain-Water Storage in Thailand**. 2nd International Conference on Rain Water Cistern Systems. St Thomas: 1984

PROGRAMME SOLIDARITÉ EAU - (PSEAU) (Org.). **Construction d'un Réservoir d'Eau Enterré Plein de Sable (REEPS)**. 2014.

Disponível em:

<http://www.pseau.org/outils/ouvrages/sunthesis_construction_d_un_reservoir_d_eau_enterre_plein_de_sable_reeps_2014.pdf>. Acesso em: 24 maio 2016.

PSEAU. **Biblio: Réservoir d'Eau Enterré Plein de Sable par Energis**. Disponível em: <<http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?d=5581>>. Acesso em: 10 out. 2015.

SHIMADZU. TOC - L: Analisador de Carbono Orgânico Total. Disponível em: <<http://www.shimadzu.com.br/analitica/produtos/toc/toc-l.shtml>>. Acesso em: 14 jul. 2016.

SILVA, C. V. DA. **Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisterna de placa. Estudo de caso: Araçuaí**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

SOUZA, F. H. DE. **Tratamento de água para abastecimento por meio de filtros lentos de fluxo ascendente com limpeza por retrolavagem e descarga de fundo**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Cap. 3. Disponível em: <<http://tede.ufsc.br/teses/PGEA0520-D.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2015

TEIXEIRA, L. *et al.* Alternativa Tecnológica Para Aumentar a Disponibilidade De Água No Semi-Árido Availability in Semi-Arid Region of Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 111–115, 1999.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD; CENTER FOR MAXIMUM POTENTIAL BUILDING SYSTEMS. **Texas Guide to Rainwater Harvesting**. 2. ed. Austin: [s.n.].

TOMAZ, P. ECONOMIA DE ÁGUA. 2. ed. São Paulo: [s.n.].

YAZIZ, M. *et al.* Variations in rainwater quality from roof catchments. **Water research**, v. 23, n. 6, p. 761-765, 1989.