



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**NÚCLEO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Construção e avaliação do desempenho de distintos dispositivos  
de desvios das primeiras águas de chuva na remoção de  
microrganismos patogênicos.**

*Luttemberg Ferreira de Araújo*

CARUARU, 2015

LUTTEMBERG FERREIRA DE ARAÚJO

Construção e avaliação do desempenho de distintos dispositivos de desvios das primeiras águas de chuva na remoção de microrganismos patogênicos.

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Área de concentração: Engenharia Civil/Saneamento Ambiental

Orientador: Profª. Dra .Sávia Gavazza dos Santos Pessoa

Caruaru, 2015

LUTTEMBERG FERREIRA DE ARAÚJO

**Construção e avaliação do desempenho de distintos dispositivos  
de desvios das primeiras águas de chuva na remoção de  
microrganismos patogênicos.**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil do  
Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade  
Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para  
aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de  
Curso.

Área de concentração: Engenharia Civil/Saneamento  
Ambiental

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra .Sávia Gavazza dos Santos  
Pessoa

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato  
LUTTEMBERG FERREIRA DE ARAÚJO APROVADO COM NOTA\_\_\_\_\_

Caruaru, 04 de Março de 2015

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup> Dra Sávia Gavazza dos Santos Pessoa ( Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Érika Marinho Pinto ( Examinador 1)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Msc. Selma Thaís Bruno da Silva (Examinador 2)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL)

---

Prof<sup>a</sup> Dra.Sylvana Melo dos Santos (Coordenadora da disciplina)  
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE  
Caruaru, 2015

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária - Simone Xavier CRB/4-1242

A663c Araújo, Luttemberg Ferreira de.  
Construção e avaliação do desempenho de distintos dispositivos de desvios das primeiras águas de chuva na remoção de microrganismos patogênicos. / Luttemberg Ferreira de Araújo. - Caruaru: O Autor, 2015.  
61f. : il.; 30 cm.

Orientadora: Sália Gavazza dos Santos Pessoa.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia civil, 2015.  
Inclui referências bibliográficas

1. Águas pluviais - microbiologia. 2. Cisternas. 3. Desvio de águas. I. Pessoa, Sália Gavazza dos Santos. (Orientadora). II. Título.

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2015-058)

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia.

Aos meus pais, José Luciano e Maria Luciane, responsáveis pela minha formação espiritual e intelectual e por terem tido paciência comigo e por acreditarem em mim. Meu muito obrigado!

A toda minha família, minhas irmãs e primos, em especial aos meus tios, Maria Aparecida e Luiz do Nascimento, por terem dado força pra que eu nunca desistisse dos meus objetivos.

Aos meus amigos, Jessica Oliveira, Nayara Almeida, Ellen Mariana e Henrique Moraes, que sempre me ajudaram e que tornaram os momentos difíceis melhores, com toda a alegria e descontração.

Aos amigos que fiz durante todo o curso, Jaylsa (Alice Almeida), Renan Ferreira, Samuel Santos, Bigode (Flávio Roberto), Marília Braga, Andro Souza, Ytalo Farias, Walter Thomas, Felipe Almeida, Matheus Freitas, Allana (Natanna Melo), Venâncio Queiroz, Marianna Mendes, Marcela Amaral, enfim, agradeço a todos pelo companheirismo e pelo voto de confiança.

Ao pessoal do LEA, que me ajudaram a montar os dispositivos, sem vocês eu não seria capaz, vou lembrar-me da ajuda sempre, Bagera (José Roberto), Thais Bruno, Anderson Costa, marido de Thais, que não pertence ao Lea, mas ajudou bastante.

A todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado, sempre atenciosos e dedicados, em especial agradeço a minha orientadora, professora Sávia pela oportunidade, dedicação, cobrança e motivação, sem o seu apoio jamais teria conseguido.

## RESUMO

### **Construção e avaliação do desempenho de distintos dispositivos de desvios das primeiras águas de chuva na remoção de microrganismos patogênicos.**

Devido ao grande problema que o Brasil vem enfrentando, em específico o semiárido brasileiro, com a escassez da água de boa qualidade, torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de tecnologias para a captação da água de chuva, com isso faz-se uso das cisternas para armazenamento, que podem assim minimizar o problema. No entanto, para que o sistema funcione com maior eficiência, se faz necessária a implantação e avaliação de dispositivos que permitam também a garantia do armazenamento de água de chuva e destiná-la ao consumo humano. A água armazenada é diretamente afetada pelos contaminantes que escoam pela superfície de captação alterando assim sua qualidade bacteriológica. Para evitar tal contaminação, dispositivos de desvios dos primeiros milímetros de chuva são implantados. O foco do presente trabalho é avaliar a eficiência de três dispositivos distintos e automáticos de desvio das primeiras águas de chuva. Para isso, foi instalado no Campus da UFPE em Caruaru, os desvios, de fecho hídrico, dispositivo de boia e DESVIUFPE. O presente trabalho também tem como foco, analisar a eficiência de um dispositivo de desvio automático instalado na zona rural de Caruaru. Para isso fez-se o monitoramento de um grupo de cisternas que utilizam o DESVIUFPE e outro grupo que não utilizam o mesmo desvio. O parâmetro bacteriológico analisado para a caracterização da água foi o de coliformes termotolerantes, e o de *Escherichia Coli*. O desvio do primeiro milímetro de água de chuva foi importante para melhorar a qualidade das águas encaminhadas a cisterna, quando comparada com a qualidade da água retirada da cisterna onde não possui nenhum tipo de barreira sanitária. O desvio de boia e de fecho hídrico mostraram-se mais eficientes na remoção de patogênicos. Já em relação ao método construtivo, o DESVIUFPE mostrou-se mais eficiente, pois não requer uma manutenção constante quanto os outros dispositivos, além da facilidade na montagem.

**Palavras-chave:** Água de chuva; Cisterna; Dispositivo de desvio; Parâmetro Microbiológico.

## **ABSTRACT**

### **Construction and evaluation of the performance of different devices deviations of the first rain water in the removal of pathogenic microorganisms.**

Due to the large problem that Brazil is facing, in particular the Brazilian semiarid, with the scarcity of good quality water, more and more necessary it is to develop technologies for the capture of rainwater, thus makes use storage tanks, which can thus minimize the problem. However, for the system to work more efficiently, it is necessary to implementation and evaluation of devices that also allow the rain water storage warranty and target it for human consumption. The stored water is directly affected by contaminants draining the catchment surface thereby altering bacteriological quality. To avoid such contamination, deviations of the first millimeters of rain devices are deployed. The focus of this study is to evaluate the effectiveness of three different devices and automatic deviation of the first rain water. For that was installed on the campus of UFPE in Caruaru, deviations of water closure, float and DESVIUFPE device. This paper also focuses on, analyze the efficiency of an automatic bypass device installed in rural Caruaru. To that made up the monitoring of a group of tanks using the DESVIUFPE and another group that did not use the same deviation. The bacteriological parameters analyzed to characterize the water was of fecal coliform, and E. coli. The deviation of the first millimeter of rainwater is important for improving the quality of water sent to the tank compared to the quality of the water withdrawn from the tank which has no kind of sanitary barrier. The diversion of water float and closing was more efficient with respect to the removal of pathogens. In relation to the construction method, the DESVIUFPE was more efficient because it does not require constant maintenance as the other devices, in addition to its ease of assembly.

**Keywords:** Rain water; Cistern; Switching device; Microbiological parameter.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Projeto de captação de água de chuva denominado “1-2-1” .....	17
Figura 2 – Sistema de captação de água de chuva do Irã (Abanbar).....	18
Figura 3 – Cisterna do século X (Chultuns).....	18
Figura 4 – Dispositivo para desvio automático das primeiras águas baseado no princípio de fecho hídrico.....	22
Figura 5 – Esquema do dispositivo de descarte das primeiras águas de chuva: princípio do fecho hídrico:A. início da chuva; B. enchimento da cisterna; C. cessada a chuva.....	23
Figura 6 –A) Cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado antes do preenchimento do reservatório maior. B)Cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado após do preenchimento do reservatório menor.....	24
Figura 7 – Detalhe do funcionamento da cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado.....	25
Figura 8 – Detalhe do funcionamento do DESVIUFPE.....	26
Figura 9 – Delimitação do Semiárido.....	31
Figura 10 – Localização do Estado de Pernambuco, com destaque para a região do Agreste, município de Caruaru.....	33
Figura 11 –Esquema da instalação experimental do Campus do Agreste da UFPE.....	34
Figura 12 – Reservatório auxiliar e elevatória da instalação experimental do Campus do Agreste da UFPE.....	35
Figura 13 –Esquema do sistema de armazenamento da instalação experimental do campus do Agreste da UFPE.....	36
Figura 14 –Painel de Controle da Instalação Experimental do Campus do Agreste da UFPE.....	37
Figura 15 – DESVIUFPE instalado na comunidade Lajedo do Cedro.....	39
Figura 16 – Sistema de desvio das primeiras águas de chuva instalado no Campus do Agreste da UFPE.....	40
Figura 17 – Dispositivo de fecho hídrico.....	42
Figura 18 –Esquema de funcionamento do sistema de boia.....	43

Figura 19 –Momento da vedação do sistema.....	44
Figura 20 –Enchimento do reservatório maior.....	44
Figura 20– Divisão das calhas.....	45
Figura 22: Antes e depois do arranjo do DESVIUFPE, respectivamente.....	46
Figura 23: Construção do dispositivo de fecho hídrico.....	47
Figura 24 : Construção do dispositivo de boia.....	48

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1-Parâmetros para a qualidade bacteriológica de água para consumo humano.....	28
Tabela 2 -Disposição das cisternas analisadas.....	38
Tabela 3-Parâmetros microbiológicos a serem analisados nos diversos pontos do experimento.....	49
Tabela 4-Resultado da eficiência de cada desvio.....	50
Tabela 5- Resultado Referente ao mês de (Maio/Junho) 2014.....	52

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DB	Dispositivo de boia
DFH	Dispositivo de fecho hídrico
DU	DESVIUFPE
EL	Efluente usado na contaminação do telhado
ETENE	Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial de Saúde
UFC	Unidade Formadora de Colônia
VMP	Valor Máximo Permitido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 <i>Objetivos .....</i>	16
1.1.1 <i>Geral .....</i>	16
1.1.2 <i>Específicos .....</i>	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 <i>Histórico de aproveitamento de água de chuva.....</i>	17
2.2 <i>Contaminação da água de chuva no decorrer do percurso, do sistema de captação até armazenamento.....</i>	19
2.3 <i>Dispositivos de desvio automático dos primeiros milímetros de água de chuva.....</i>	21
2.3.1 <i>Dispositivo baseado no princípio de fecho hídrico.....</i>	21
2.3.2 <i>Dispositivo baseado em sistema de boia para lavagem do telhado.....</i>	23
2.3.3 <i>DESVIUFPE.....</i>	25
2.4 <i>Parâmetros da qualidade da água para consumo humano; Parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade de água destinada ao consumo humano. ....</i>	26
2.4.1 <i>Grupo coliforme.....</i>	26
2.5 <i>Legislação.....</i>	27
2.5.1 <i>Portaria N° 2.914/11 do Ministério da Saúde.....</i>	27
2.5.2 <i>Adequações da água de cisterna para consumo humano.....</i>	28
2.6 <i>Semiáridos: Problemas do semiárido.....</i>	31
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
3.1 <i>Área em estudo.....</i>	33
3.2 <i>Laboratório Experimental de Cisternas (LEC).....</i>	34
3.3 <i>Cisternas da zona rural.....</i>	37
3.4 <i>Funcionamento dos sistemas de desvios.....</i>	39
3.4.1 <i>Funcionamento do disposto DESVIUFPE.....</i>	39
3.4.2 <i>Dispositivo de fecho hídrico.....</i>	41
3.4.3 <i>Dispositivo de Boia.....</i>	42
3.5 <i>Montagens dos dispositivos de desvios automáticos dos primeiros milímetros de água de chuva e contaminação artificial do telhado.....</i>	46

3.5.1 DESVIUFPE.....	46
3.5.2 Dispositivo de fecho hídrico.....	46
3.5.3 Dispositivo de boia.....	47
3.5.4 Contaminação Artificial.....	48
3.6 Qualidade microbiológica dos primeiros milímetros do descarte da água de chuva.....	49
<b>4 RESULTADOS ESPERADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1 Eficiência dos dispositivos instalados no Laboratório Experimental de Cisterna...50	
4.2 Análise da eficiência do sistema DESVIUFPE que já foi instalado na zona rural de Caruaru.....	52
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>

## 1-INTRODUÇÃO

A água é um bem finito e essencial à sobrevivência de todos os seres vivos. Considerando a crescente demanda por água provocada principalmente pela ocupação desordenada dos centros urbanos e poluição dos mananciais, a redução de água potável no mundo gera muitas preocupações em relação ao futuro, como: risco de desabastecimento, racionamentos, alto custo da água tratada, impermeabilização do solo e inundações (HESPANHOL, 2003).

A água potável apresenta-se hoje como uma fonte de grande importância no meio terrestre, pois todas as atividades desenvolvidas pelo homem necessitam da utilização da água para seus fins, como irrigação, lazer, geração de energia, dessedentação de animais, etc. No entanto, devido a essa grande utilização ter provocado grande deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, o tratamento para consumo humano torna-se inviável, em alguns casos.

A água no mundo está dividida da seguinte forma: 97% da água é salgada, 3% da água é doce, sendo que desses 3%, 2,6% das doces águas estão congeladas nas calotas polares, sobrando apenas 0,4% do volume total da água do planeta para ser consumida (TOMAZ, 2005).

A disponibilidade hídrica no Brasil apresenta cenários desuniformes quando se diz respeito à distribuição das precipitações, isso se dá devido à irregularidade temporal e espacial das precipitações. A distribuição desse recurso no país e durante o ano não é uniforme, destacando-se os extremos de excesso de água na Amazônia e as limitações de disponibilidade no nordeste. A região norte, apresenta uma das maiores bacias hidrográficas do mundo, ressaltando que essa região é uma das regiões menos habitadas no Brasil. Quando se trata do nordeste, região que apresenta índices de precipitações relativamente baixos há necessidade de uma forma de armazenamento de água que possa ressarcir as épocas do ano em que não haverá chuva, ou pelo menos boa parte desse período de seca. A construção de cisternas tem sido para muitas famílias a solução imediata encontrada para enfrentar a falta de água para o consumo humano durante os períodos de estiagem.

No entanto, apesar da eficiência do sistema de captação e armazenamento de águas de chuva, no enfrentamento da escassez hídrica, o problema agora se diz respeito à qualidade da água armazenada nessa cisterna. O que se faz necessário criar um sistema que garanta uma boa qualidade de água para consumo. Pois, embora a água da chuva seja naturalmente limpa,

as áreas de escoamento e captação retêm impurezas que serão carreadas por essa água, comprometendo sua qualidade e, conseqüentemente, seu uso para fins potáveis. A perda de qualidade e a contaminação da água de chuva ocorrem principalmente na superfície de captação ou quando está armazenada de forma não protegida.

Diversos fatores exercem influência nos níveis dessa contaminação, tais como tipo de reservatório, materiais usados na sua construção, tempo de uso, recepção ou não das primeiras águas de chuva, permanência de volumes de água entre as estiagens (volume morto), estado de conservação dos tetos e dos dutos que transportam a água (MAY, 2004; GNADLINGER, 1997, 2003). Segundo Andrade Neto (2003), a proteção sanitária de cisternas rurais para o abastecimento doméstico, é relativamente simples, requerendo basicamente alguns cuidados, tais como: desvio das primeiras águas das chuvas, a tomada d'água por tubulação e o manejo adequado, sendo que este último depende muito do nível de informação que o usuário tem sobre o tema.

Os dispositivos de desvio em geral são concebidos para armazenar o primeiro milímetro de precipitação, que contém partículas suspensas, provenientes da atmosfera, e impurezas incorporadas durante o percurso de captação (ANDRADE NETO, 2003).

Para isso, foram desenvolvidos alguns dispositivos automáticos e na maior parte deles bastantes simples, que impedem a entrada dos primeiros milímetros de chuva captada na cisterna. Acredita-se que esses desvios apresentam boa eficiência na captação das primeiras águas de chuva, mas ainda assim, faz-se necessário estudar a qualidade da água nas cisternas para garantir que os desvios estejam realmente em boas condições de funcionalidade.

Foi pensando assim que esse trabalho justifica-se em analisar a eficiência do DESVIUFPE, e também compará-la com a eficiência de outros dois dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva. Os resultados obtidos podem auxiliar na melhoria da qualidade desta água e no desenvolvimento e disfunção da importância da aplicação de barreiras sanitárias, como medida de proteção da água das cisternas. A partir dos resultados obtidos, a população pode continuar e aperfeiçoar a prática do cuidado não só com captação, como também o transporte, o manuseio, o uso, o armazenamento. Fazendo com que isso diminua os riscos a saúde e aumente a melhoria de vida dos que manusearem os dispositivos com os devidos cuidados.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

Confeccionar e avaliar a eficiência de desvios automáticos de água de chuva.

### **1.1.2 Específicos**

- Comparar a eficiência na remoção de patógenos do DESVIUFPE, com outros dois distintos dispositivos de desvio automáticos dos primeiros milímetros de água de chuva;
- Instalar três distintos dispositivos de desvios automáticos dos primeiros milímetros de água de chuva;
- Analisar a eficiência do sistema DESVIUFPE que foi instalado na zona rural de Caruaru.

## 2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Histórico de aproveitamento de água de chuva

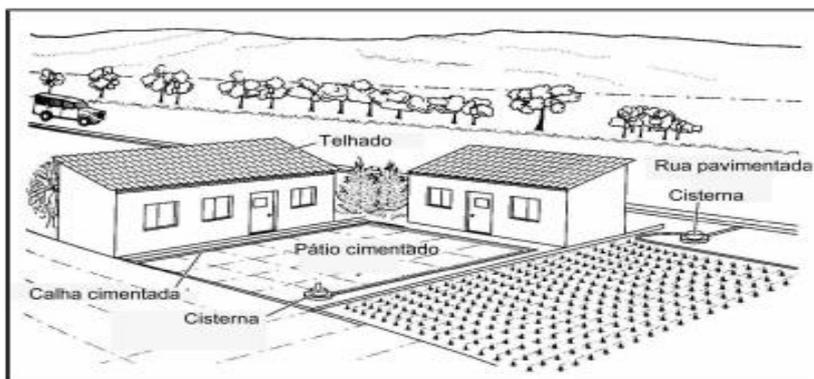
A humanidade vem aproveitando a água da chuva para diversos fins desde a antiguidade, antes mesmo de Cristo. No palácio de Knossos na ilha de Creta, são inúmeros os reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C. que aproveitam a água da chuva para consumo humano (PLÍNIO THOMAZ, 2003).

Em 1885, foi descoberto em Monturque, Roma, doze reservatórios subterrâneos com entrada superior, existentes há 2750 a.C. na Mesopotâmia (PLÍNIO THOMAZ, 2003).

Na cidade de Tóquio no Japão foi necessária a construção de grandes barragens para a captação de água em regiões montanhosas, localizadas a 190 km do centro da cidade. Tensuison são assim chamados os tanques de armazenamento da água de chuva no Japão, que significa, respeito à abençoada água da chuva (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

Na China, no Estado de Gansu, foi lançado pelo governo, em 1986, o Programa Tecnológico de Pesquisa e Desenvolvimento, que incluiu também o uso e captação de água de chuva para amenizar a escassez de água e deslançar o desenvolvimento das áreas semiáridas do país. Com isso, surgiu um programa denominado “1-2-1” (Figura 1), que visava o aproveitamento de água de chuva para fins potáveis e para irrigação em pequenas propriedades rurais. Até o final de 2004, mais de dois milhões de tanques para armazenar água de chuva foram construídos somente no Estado de Gansu (GNADLINGER, 2004).

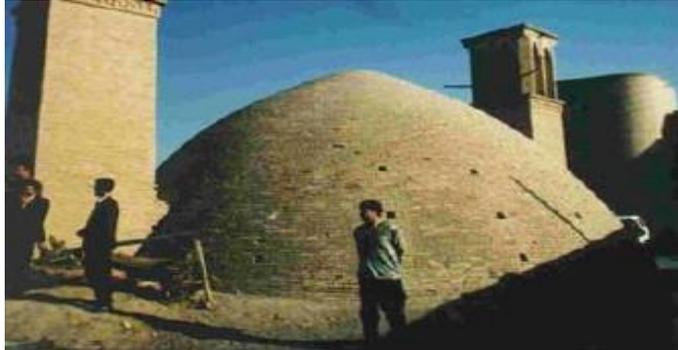
**Figura 1:** Projeto de captação de água de chuva denominado “1-2-1”



*Fonte:* GNADLINGER, 2004

No Irã o tradicional sistema comunitário é conhecido como Abanbar e está apresentado na Figura 2. No deserto de Negev, atualmente território de Israel e da Jordânia, há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva (GNADLINGER, 2000).

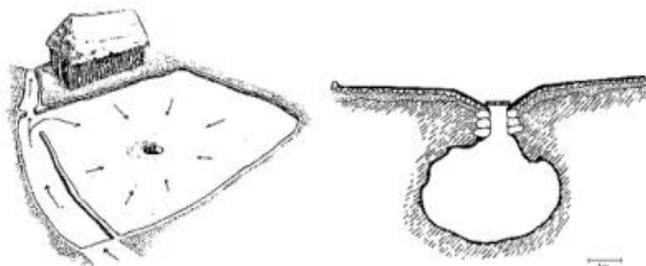
**Figura 2:** Sistema de captação de água de chuva do Irã (Abanbar)



*Fonte:* GNADLINGER (2000).

No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta da água da chuva, sendo a água armazenada em cisternas com capacidade de 20 a 45 m<sup>3</sup>, chamadas de Chultuns pelos Maias (GNADLINGER, 2000). As cisternas Chultuns eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável, acima delas havia uma área de coleta de 100 a 200 m<sup>2</sup> (Figura 3).

**Figura 3:** Cisterna do século X (Chultuns)



*Fonte:* GNADLINGER, 2000

Com isso, pode-se observar que no passado a água da chuva tinha muita importância e hoje, ainda na atualidade a água de chuva continua a ser usada para atender as necessidades humanas. Países como os Estados Unidos e a Índia, estão dispostos a diminuir os problemas

ambientais da escassez de água, aproveitando-a para fazer uso dessa água em residências, indústrias e atividades agrícolas (ANNECCHINI, 2005).

No Brasil, existe o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência no Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC, cujo objetivo é fornecer cisternas, tanto de placa quanto de polietileno, para armazenamento da água da chuva a 1.000.000 de famílias rurais do semiárido brasileiro, juntamente com a mobilização social e educação ambiental da população. O Programa é concebido, executado e gerido pela ASA - Articulação no Semiárido Brasileiro, com parcerias com outros setores, como por exemplo, o governo federal, empresas e ONGs.

## **2.2. Contaminação da água de chuva no decorrer do percurso, do sistema de captação até o armazenamento**

Os componentes básicos de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva são basicamente os seguintes: telhado, laje ou piso (área de captação), calhas, condutores verticais e horizontais (sistemas de condução de água), reservatórios de limpeza, filtros e desinfecção (unidade de tratamento) e reservatório de acumulação. (SANTOS, 2002).

Segundo Andrade Neto (2004), a água de chuva é geralmente excelente para vários usos, inclusive para beber, exceto em locais com forte poluição atmosférica, densamente povoada ou industrializada. Metais pesados, especialmente chumbo, são potencialmente perigosos em áreas com intensidade alta de tráfego ou próximas a indústrias. Substâncias químicas orgânicas, como organoclorados e organofosfatados, usadas em venenos, praguicidas e herbicidas, quando em altas concentrações na atmosfera, também podem contaminar a água da chuva. Contudo, a contaminação atmosférica da água das chuvas normalmente é limitada a zonas urbanas e industriais fortemente poluídas e, mesmo nestes locais, a água de chuva quase sempre tem uma boa qualidade química (dureza, salinidade, alcalinidade, dentre outros) para vários usos, inclusive para diluir águas duras ou salobras. Com relação à contaminação microbiológica na atmosfera, esta é ainda mais rara que a contaminação química.

A chuva ao atravessar a atmosfera pode incorporar impurezas resultantes das atividades predominantes na região (MAY, 2004). Assim sendo, qualidade da água de chuva

está ligada diretamente as atividades realizadas na região, as condições meteorológicas e a presença de vegetação. A qualidade de água da chuva após a passagem pela área de captação difere da água de chuva sem interferência da passagem, ou seja, da água da atmosfera. Essa mudança ocorre devido às substâncias que se encontram na área de captação e são carregadas durante o período de chuva. As fezes de pássaros e de outras aves e animais podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastro-intestinais (TOMAZ, 2003).

Tordo (2004) montou um dispositivo de captação e armazenamento da água de chuva, cuja área de captação é de 102 m<sup>2</sup>, localizado na Universidade Regional de Blumenau, no município de Blumenau-SC. Para realizar a caracterização a água de chuva está passando primeiramente por um filtro (tela) para a separação dos materiais grosseiros (folhas e gravetos), descendo, em seguida, pela tubulação vertical até um redutor de seção, onde era acumulada até uma altura de 2 m. Por ser o mais poluído, pois lava o telhado e carrega impurezas que ali estavam depositadas, o primeiro milímetro, ou aproximadamente os 15 primeiros minutos de água de chuva não foram utilizados. De acordo com os estudos de Tordo (2004), a água da chuva escoada pelo telhado não deve ser utilizada para fins potáveis sem tratamento prévio, pois os parâmetros pH, cor, *Escherichia coli* e coliformes Totais estavam fora dos padrões de potabilidade, estabelecidos por Portaria vigente do Ministério da Saúde. Quando comparado à água armazenada no descarte com a armazenada na caixa de detenção, verificou-se que a água armazenada no descarte apresentou características físicas e químicas com qualidades inferiores à armazenada na caixa de detenção, confirmando a importância da eliminação do primeiro fluxo da chuva.

Para transportar a água da chuva proveniente da superfície de captação até o reservatório, são usadas calhas. Com isso, a limpeza da calha deve ser feita com frequência para evitar a contaminação da água coletada. A limpeza regular das calhas é necessária para evitar a contaminação da água a ser coletada. A NBR 15527/07 (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos) recomenda que a limpeza desses dispositivos seja realizada semestralmente.

Seguido do transporte da água coletada, tem-se o armazenamento da mesma em reservatórios. Anecchini (2005) alerta sobre os cuidados em relação ao armazenamento de água em cisternas. Visando garantir a qualidade da água e a manutenção dos reservatórios, a autora recomenda que a entrada de luz deva ser impedida para evitar a proliferação de algas, a cobertura das cisternas deve ser impermeável e a entrada de animais e insetos deve ser evitada

instalando-se telas nas tubulações de entrada e saída e também se deve disponibilizar acesso de visita para manutenção ao sistema (inspeção e limpeza). Ghanayem (2001) aconselha que o reservatório esteja distante 10m a 15m de qualquer fonte de contaminação como, por exemplo, fossa séptica.

Como já foi mencionado, o desvio das primeiras águas de chuva é de extrema importância, pois os primeiros milímetros dessa água são responsáveis pela lavagem do telhado, e com isso o carreamento de impurezas presentes na área de captação. De uma forma bem simples esse descarte das primeiras águas de chuva é feito desconectando-se os tubos condutores das calhas e reconectando-se manualmente, pouco depois de iniciada a chuva. Apesar de simples essa forma é falha, pois a chuva pode ocorrer durante o período noturno ou mesmo durante o instante onde não tenha ninguém na residência, impedindo assim que seja desconectado o tubo condutor das calhas. Esse método de descarte também é contestado devido a quantidade de água descartada na primeira chuva não ser controlada, podendo ocorrer um volume de água superior ou inferior ao necessário para limpar o telhado.

Ntale e Moses (2003) realizaram um experimento de comparação da qualidade de água considerando três pontos, a água das primeiras chuvas, a água no sistema de desvio e a água contida nas cisternas. Esse estudo foi feito em Uganda, com uma área de captação de 150 m<sup>2</sup> de área superficial e foram descartados os primeiros 10 minutos de chuva da precipitação média da região. No que diz respeito aos parâmetros microbiológicos, os resultados demonstraram que houve uma melhoria na qualidade ao desviar a primeira água de chuva, não sendo detectados coliformes termotolerantes e estreptococos fecais na água armazenada nas cisternas.

### **2.3. Dispositivos de desvio automático dos primeiros milímetros de água de chuva**

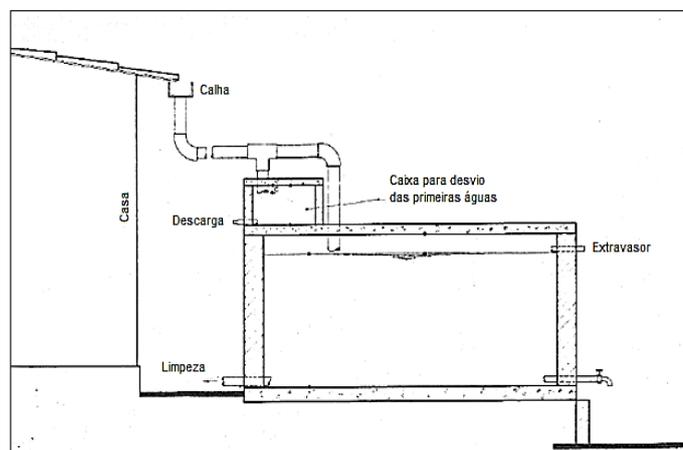
A seguir serão apresentados alguns exemplos de dispositivos das primeiras águas de chuva que serão referência para o estudo.

#### **2.3.1. Dispositivo baseado no princípio de fecho hídrico**

Pensando em algumas dificuldades do método manual do desvio como a impossibilidade da realização do processo em virtude de no momento da chuva não ter

peças presentes nas residências ou mesmo a chuva ocorrer no período da noite, Andrade Neto (2003) estabeleceu um procedimento mais seguro e eficiente de proteção sanitária antes do armazenamento, que é feito utilizando-se dispositivos automáticos de desvio e descarte das primeiras águas de cada chuva. Logo após a lavagem da superfície de captação o fluxo de água é direcionado para um minitanque que permanece fechado, fazendo com que a água seja direcionada para o mesmo, quando então este estiver com o volume total preenchido, o fluxo posterior passará diretamente para cisterna, fluxo este com menos impurezas, já que os primeiros milímetros de água ficaram retidos no minitanque. Lembrando sempre que depois do fim da precipitação o minitanque deve ser esvaziado por tubulação de descarga, quando esvaziado fecha-se e este estará pronto para ser usado de forma adequada novamente.

**Figura 4:** Dispositivo para desvio automático das primeiras águas baseado no princípio de fecho hídrico.

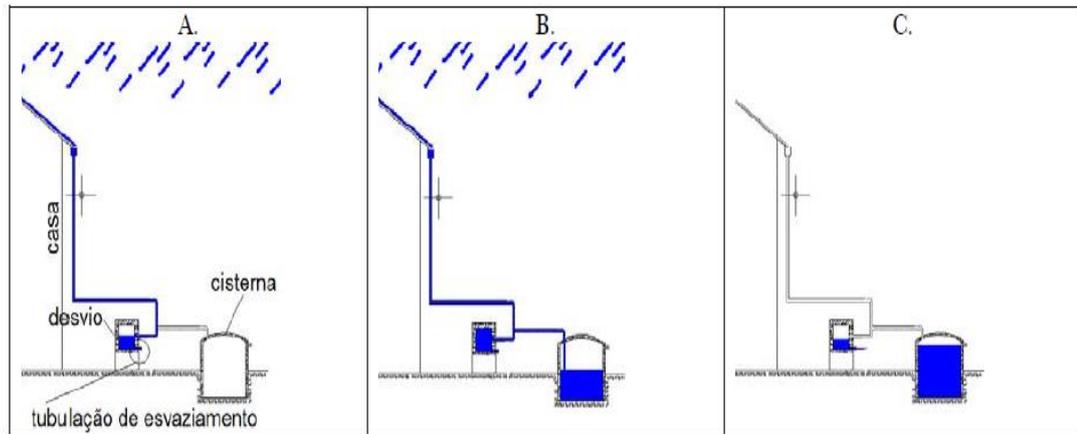


*Fonte: Andrade Neto (2004)*

De acordo com a figura 5, quando iniciada a precipitação, (figura 5.A), a água que escoar da calha em direção a tubulação percorre o caminho preferencial, que no caso seria em direção ao dispositivo. Quando esse então atinge o volume máximo (figura 5.B e 5.C), ou seja, quando o dispositivo estiver cheio, a água segue pela tubulação até chegar à cisterna. O autor indica que o dispositivo deve ser dimensionado para desviar 1mm de chuva que escoar pela superfície de captação. Ao final de cada período de chuva a água armazenada no dispositivo deve ser eliminada, através de um dispositivo de descarga, e em seguida deve ser novamente fechado permitindo o funcionamento do dispositivo para o desvio automático das primeiras águas do próximo evento de chuva.

**Figura 5:** Esquema do dispositivo de descarte das primeiras águas de chuva: princípio do fecho hídrico:

A. início da chuva; B. enchimento da cisterna; C. cessada a chuva.



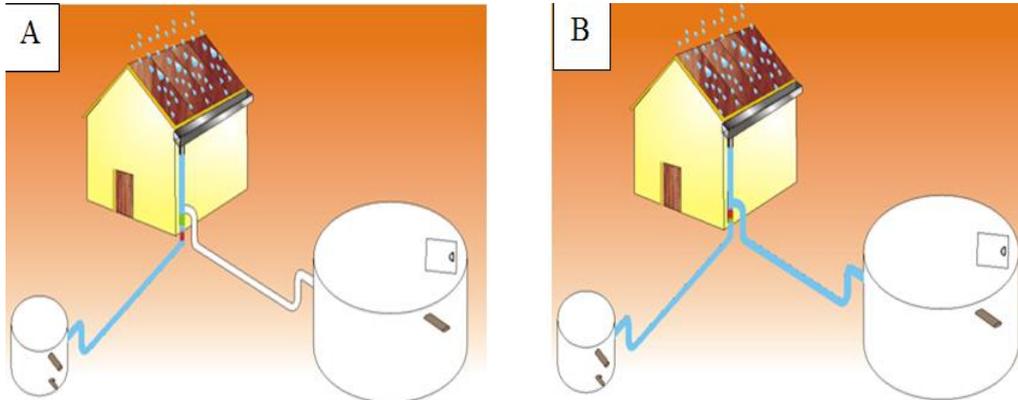
*Fonte : Souza et al., 2011*

Souza *et al.*, 2011 compararam a eficiência de dois dispositivos de desvios automáticos das primeiras águas de chuva, sendo um deles baseado no princípio de fecho hídrico e o outro baseado no princípio de vasos comunicantes. Observaram que o primeiro dispositivo citado apresentou melhores resultados ao se analisar os parâmetros turbidez, sólidos dissolvidos, coliformes totais e bactérias heterotróficas totais.

### 2.3.2 Dispositivo baseado em sistema de boia para lavagem do telhado

Outro dispositivo bastante utilizado é o dispositivo de boia. Esse sistema é formado por um reservatório de dimensões compatíveis com o volume ao qual quer ser desviado, e um minireservatório. O minireservatório é responsável por acumular os dois primeiros de águas de chuva que escoam pela superfície de captação adotada. O sistema é parecido com o dispositivo de fecho hídrico, com a diferença que nesse sistema são utilizadas garrafas PETS, para auxiliar na vedação do sistema, como pode ser observado na figura 6.

**Figura 6:** **A)** Cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado antes do preenchimento do reservatório menor. **B)** Cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado após preenchimento do reservatório menor.

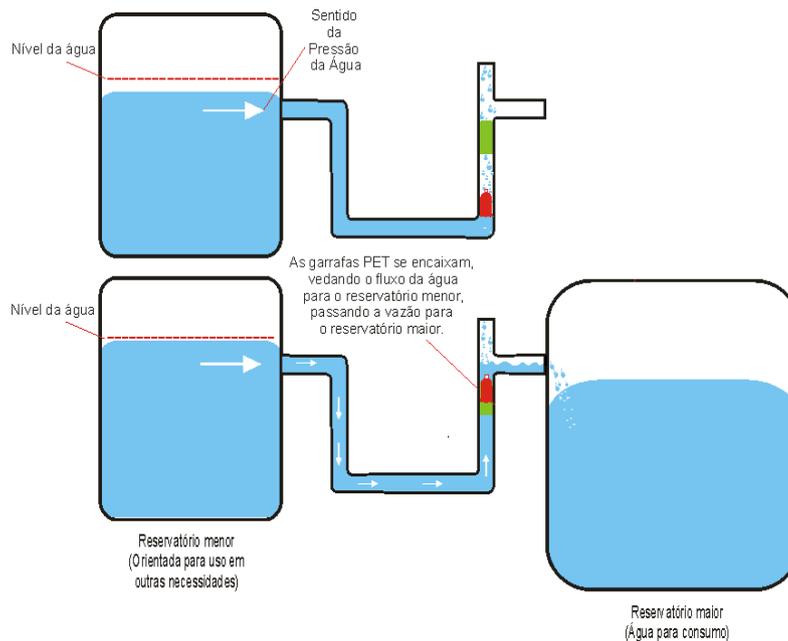


*Fonte: www.cepfs.org.br*

O funcionamento desse dispositivo pode ser feito a partir da colocação de um “tê” na entrada da tubulação que recebe a água da calha, o “tê” tem que ficar posicionado de modo que uma entrada do mesmo esteja direcionada para o tanque de desvio (abertura 1) e a outra abertura na direção da cisterna (abertura 2).

Na abertura 1, é colocado uma garrafa PET com um capacidade de dois litros, sendo esta inicialmente cortada, deixando-a sem o gargalo e o fundo. Instala-se um joelho na tubulação de “tê” que está voltada para o minitanque, direcionando assim a água para este tanque. Já no joelho instala-se outra garrafa com capacidade de volume menor, no caso um litro, diferentemente da outra essa deve estar fechada. Sendo assim, quando o mini tanque enche com as primeiras águas de chuva, da lavagem da superfície de captação, a garrafa PET de um litro será conduzida em direção a garrafa de dois litros. Quando as duas garrafas se encontram ocorre a vedação do sistema na direção do tanque de desvio. Sendo assim, as demais águas de chuva serão agora direcionadas à cisterna, conforme pode ser observado na Figura 7.

**Figura 7:** Detalhe do funcionamento da cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado.



*Fonte: Adaptado de [www.cepfs.org.br](http://www.cepfs.org.br)*

### 2.3.3 DESVIUFPE

O grupo de pesquisa que integra o Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA-UFPE) desenvolveu um dispositivo de proteção da qualidade sanitária da água de chuva armazenada em cisternas. Denominado DESVIUFPE, este dispositivo faz o desvio automático das primeiras águas de chuva, e permite que as impurezas introduzidas na água da chuva durante a lavagem da atmosfera e superfície de captação (telhado e calhas) sejam desviadas e não atinjam as cisternas (CARVALHO, 2014). As primeiras pesquisas foram desenvolvidas no semiárido pernambucano, na zona rural das cidades de Caruaru - PE e Pesqueira – PE; e na instalação experimental de Cisternas da UFPE. O dispositivo foi capaz de reduzir em 67%, 63%, 94% e 100%, respectivamente a cor, a turbidez, os coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*, que seriam encaminhados à cisterna (LIMA, 2013). Para isso, foram monitoradas um total de 8 famílias beneficiadas com a instalação do DESVIUFPE na zona rural do município de Caruaru-PE, bem como foi ajustada na nova instalação experimental de cisternas do campus de Caruaru da UFPE.

O DESVIUFPE foi outro tipo de dispositivo usado em estudo, sendo esse dimensionado para desviar o primeiro milímetro de água de chuva. É confeccionado em tubos e conexões de

PVC, objetivando uma montagem simples e rápida, mas garantindo, também, estanqueidade. No início da precipitação, de acordo com a figura 8, o sistema deve estar completamente vazio para receber as primeiras águas de chuva que lavam a atmosfera, o telhado e as calhas. Neste momento, com base no princípio de vasos comunicantes, os tubos são cheios até atingir a capacidade total do dispositivo, cujo volume foi calculado em função da área do telhado. Em seguida, a água com níveis de impurezas reduzidos é encaminhada à cisterna, ao final de cada evento chuvoso o dispositivo deve ser esvaziado manualmente para funcionar plenamente na próxima chuva. Sendo desviado 1 mm/m<sup>2</sup> do telhado.

**Figura 8:** Detalhe do funcionamento do DESVIUFPE



*Fonte: O autor*

## **2.4 Parâmetro biológico da qualidade da água para consumo humano**

### **2.4.1 Grupo coliforme**

Os Coliformes Totais são um grupo de bactérias que possuem representantes de vida livre capazes de se reproduzir no meio ambiente. Portanto, isoladamente, não são bons indicadores de contaminação fecal (SILVA, 2006). A *Escherichia coli*, por sua vez, é a principal bactéria do grupo dos coliformes termotolerantes. Os termotolerantes são o principal grupo predominante dentre os Coliformes Totais que possui origem exclusivamente intestinal proveniente de animais de sangue quente, como o homem, além disso, é bactérias que

resistem à elevada temperatura, o que não acontece com grupos de bactérias não fecais. (VON SPERLING, 1996). A presença de *Escherichia coli* em águas armazenadas em cisternas sugere que a mesma foi contaminada recentemente por bactérias de origem intestinal e possivelmente patogênicas. A *Escherichia coli*, por sua vez, não é boa indicadora de organismos mais resistentes como vírus e protozoários. Para isso os Coliformes Totais são mais eficazes (SOUZA, 2009).

## **2.5 Legislação**

### **2.5.1 Portaria N° 2.914/11 do Ministério da Saúde**

A portaria brasileira que trata dos padrões de potabilidade de água para consumo humano é a de N° 2.914/11, do Ministério da Saúde (MS).

Tal portaria se aplica a águas fornecidas por sistema de abastecimento de água, assim como, àquelas obtidas por soluções alternativas coletivas e individuais.

Águas armazenadas em cisternas são geralmente destinadas ao abastecimento de uma residência, caracterizando-se, portanto, como uma solução alternativa individual de abastecimento de água, e sendo assim, deve atender aos padrões de potabilidade e deve estar sujeita a vigilância da sua qualidade, conforme descrito no artigo quarto da referida legislação:

“Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água”.

A vigilância da qualidade da água, por sua vez, trata-se de um conjunto de ações que devem ser adotadas pelas autoridades de saúde pública para verificar o atendimento a esta portaria, de maneira tal que a água consumida pela população não apresente riscos à saúde humana.

Os padrões de potabilidade apresentados pela Portaria MS N°2.914/11 do MS referem-se aos organolépticos, químicos e microbiológicos.

Especificamente em relação aos padrões microbiológicos, há referência para valores de coliformes totais e *Escherichia coli*. Assim como, há indicações da necessidade de coleta e pontos de amostragem em caso de resultado positivo para os parâmetros acima citados.

A tabela 1 abaixo indica os valores máximos permitidos para os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli*, em diferentes pontos de coleta de uma água considerada tratada.

**Tabela 1** – Parâmetros para a qualidade bacteriológica de água para consumo humano

Tipo de água		Parâmetro	VMP (1)	
Água para consumo humano		<i>Escherichia coli</i> (2)	Ausência em 100 mL	
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)	Ausência em 100 mL	
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

**Fonte:** Adaptado da Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/11

Em virtude da presença dos sólidos em suspensão que podem servir de abrigo para patogênicos, o parâmetro de turbidez deve ser realizado em complementação às exigências relativas aos padrões microbiológicos.

### 2.5.2 Adequações da água de cisterna para consumo humano

A água da chuva, dependendo da região onde for coletada, pode ter diversas substâncias químicas dissolvidas e material particulado, em maior ou menor proporção; entretanto, com a eliminação dos primeiros milímetros de precipitação, geralmente a qualidade da água melhora significativamente (ANDRADE NETO, 2003).

Não existe no Brasil, uma legislação, de poder federal, que trate captação e o manejo da água de chuva com armazenamento em cisternas para fins potáveis.

A Lei Federal nº 9.433/97, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, estabelece no parágrafo primeiro do artigo 12º que:

§ 1º Independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento:

I - o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;

II - as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;

III - as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

As captações da água de chuva que não necessitam de outorga do Poder Público para usufruir dos recursos hídricos, são as captações consideradas pequenas e para usos individuais.

No entanto, alguns estados estabeleceram leis para captação de água de chuva com o intuito de solucionar o problema de enchente, como o estado do Rio de Janeiro.

Além de leis estaduais e municipais, existem normas bastante úteis nos requisitos de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

Exemplos de Leis municipais e estaduais.

- Lei de Pernambuco nº 14.572/2011 (PERNAMBUCO, 2011) dispõe na seção I, referente às águas provenientes da chuva:

[...] a água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável proveniente do Serviço de Abastecimento Público de Água, tais como: rega de vegetação, inclusive hortas; lavagem de roupa; lavagem de veículos; lavagem de vidros, calçadas e pisos; lavagem de garagens e pátios; descarga em vasos sanitários; e combate a incêndios.

- Lei de Curitiba nº 10.785/2003 (CURITIBA, 2003) prevê captação, armazenamento e utilização de água proveniente da chuva. A mesma deve ser encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, veículos, vidros, calçadas e pisos.
- Lei do Rio de Janeiro nº 23.940/04 (Rio de Janeiro) menciona que:

A coleta da água da chuva é obrigatória para os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>, com o objetivo de evitar inundações. A chuva coletada deve ser encaminhada a um reservatório de retenção para posterior infiltração no solo ou para ser despejada na rede de drenagem após uma hora de chuva, ou ainda para ser conduzida a outro reservatório, para ser utilizada para fins não potáveis.

Art. 3º - No caso de novas edificações residenciais multifamiliares, industriais, comerciais ou mistas que apresentem área do pavimento de telhado superior a quinhentos metros quadrados e, no caso de residenciais multifamiliares, cinquenta ou mais unidades, será obrigatória a existência do reservatório objetivando o reúso da água pluvial para finalidades não potáveis e, pelo menos, um ponto de água destinado a esse reúso, sendo a capacidade mínima do reservatório de reúso calculada somente em relação às águas captadas do telhado.

Art. 4º - Sempre que houver reúso das águas pluviais para finalidades não potáveis, inclusive quando destinado à lavagem de veículos ou de áreas externas, deverão ser atendidas as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela Vigilância Sanitária.

A Norma Brasileira (NBR) 15527/07 surgiu como a primeira diretriz específica, que fornece os requisitos ao aproveitamento de água de chuva em coberturas de áreas urbanas, para fins não potáveis tais como descargas em bacias sanitárias, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos e calçadas, limpezas de pátios, espelhos de água e usos industriais. A norma se detém as condições gerais que devem ser satisfeitas pelo sistema de aproveitamento, principalmente no que se refere a calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais e manutenção.

A NBR 5.626 (ABNT, 1998) dispõe sobre instalações prediais de água fria e prevê que o sol não deve ter acesso ao interior da cisterna, e que o sistema deve ser independente do sistema de abastecimento de água potável. A NBR 12.214 (ABNT, 1992), sugere manutenção mensal de bombas e dispositivos de descarte e desinfecção, além de verificação de calhas e condutores duas vezes ao ano.

De acordo com Oliveira (2009), a grande dificuldade encontrada quando se aborda este tema está na área rural onde as águas de chuva armazenadas em cisternas são utilizadas

para beber e cozinhar e não existe legislação específica que padronize a qualidade para esses usos.

## 2.6 Semiáridos: Problemas do semiárido

A região semiárida ocupa uma área de, aproximadamente 900.000 Km<sup>2</sup>, cerca de 10% da área total do Brasil, abrangendo os estados do Nordeste, exceto o Maranhão, além do Norte de Minas Gerais. Ecologicamente, mais parece um mosaico formado por centenas de sítios ecológicos que demandam recomendações de manejo diferenciadas. Os fatores mais marcantes destes menores ecossistemas funcionais são o clima, o solo, a vegetação, a fisiografia homem (ARAÚJO FILHO, 1995).

**Figura 9:** Delimitação do Semiárido



*Fonte: IBGE. Elaboração: Banco do Nordeste do Brasil (BNB)/Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste(ETENE).*

O Nordeste brasileiro, com uma disponibilidade hídrica anual de 700 bilhões de m<sup>3</sup>, pode ser considerado de expressiva disponibilidade hídrica; no entanto, somente 24 bilhões de m<sup>3</sup> permanecem efetivamente disponíveis, o restante, 97%, é consumido pelo fenômeno da

evaporação que, em média, atinge 2000 mm anuais, e pelo escoamento superficial (REBOUÇAS, 1972).

A disponibilidade e usos da água na região Nordeste do Brasil, particularmente na região semiárida, continuam a ser uma questão crucial no que concerne ao seu desenvolvimento. É fato que grandes esforços vêm sendo empreendidos com o objetivo de implantar infraestruturas capazes de disponibilizar água suficiente para garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar a irrigação. Todavia, esses esforços ainda são, de forma global, insuficientes para resolver os problemas decorrentes da escassez de água, o que faz com que as populações continuem vulneráveis à ocorrência de secas, especialmente quando se trata do uso difuso da água no meio rural (CIRILO, 2008).

A ocupação dos sertões foi bastante retardada em decorrência, principalmente, das secas. Contudo, após uma carta régia, os criadores de gado tiveram que adentrar os sertões.

De 1845 a 1876, aconteceram 32 anos sem secas intensas, que resultaram no aumento das populações e dos rebanhos sem o aumento da infraestrutura hídrica. Veio, então, uma seca intensa e duradoura de 1877 a 1879, que resultou em trágica mortandade de gado na região com estimativa de cerca de 500.000 óbitos. Foi a partir desse choque que atingiu a sociedade brasileira que começou uma busca de soluções estruturais (CAMPOS, 1997).

Foi necessário esse acontecimento no semiárido pra que pudesse se tomar a frente de uma alternativa para armazenar água durante um período de estiagem, umas das alternativas foi construção de mais cisternas. As cisternas com capacidade de acumulação normalmente entre 7 e 15 m<sup>3</sup> representam a oferta de 50 litros diários de água durante 140 a 300 dias, admitindo que esteja cheia no final da estação chuvosa e nenhuma recarga tenha ocorrido no período. Tomados os devidos cuidados com a limpeza do telhado, da cisterna, da calha e da tubulação, é uma solução fundamental para o atendimento das necessidades mais essenciais da população rural difusa. Embora existam aos milhares, espalhadas por todo o Nordeste, a quantidade de cisternas ainda é ínfima quando comparada à necessidade da população rural difusa. (CIRILO, 2008).

### 3-METODOLOGIA

#### 3.1 Área em estudo

Este estudo foi desenvolvido na cidade de Caruaru, sendo parcialmente realizado em área experimental localizada na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizada na Rodovia BR-104, km 59, Caruaru-PE. Outra etapa foi desenvolvida na zona rural, o campo da segunda etapa da pesquisa foi a comunidade de Lajedo do Cedro e alguns sítios vizinhos, localizados na zona rural do município de Caruaru, onde as ações propostas neste trabalho foram executadas.

Segundo o IBGE a cidade de Caruaru encontra-se hoje com um população de cerca de 314.912 habitantes em 2010, e com população aproximada para 342.328 habitantes no ano de 2014. A área de unidade territorial é de 920,611 km<sup>2</sup>. A cidade apresenta um clima semi-árido.

**Figura 10:** Localização do Estado de Pernambuco, com destaque para a região do Agreste, município de Caruaru.



*Fonte: O autor*

### 3.2 Laboratório Experimental de Cisternas (LEC)

As análises foram feitas no LEC, que está situado no Campus do Agreste da UFPE.

O sistema que foi implantado os desvios é composto por:

- Área de captação em telhado, com telhas cerâmicas, modulada em áreas de 50m<sup>2</sup>, 59m<sup>2</sup> ou 109 m<sup>2</sup>, sendo as áreas de 50m<sup>2</sup> e 59m<sup>2</sup> referentes a dois telhados distintos, já os 109 m<sup>2</sup> são referentes a os dois telhados trabalhando juntos;
- Sistema de captação de água pluvial em calhas de PVC;
- Cisternas em placas de concreto com capacidade total de 32000 litros dividida em 4 unidades de 8000 litros;
- Reservatório auxiliar, com capacidade de 1000 litros, para armazenamento e controle da qualidade água a ser utilizada na simulação de chuva com autonomia para simular pluviometria de até 10 mm, considerando área de captação de 109 m<sup>2</sup>.
- Sistema de aspersores fixos, distribuídos uniformemente sobre as áreas de captação de 50m<sup>2</sup> (12 unidades), 59 m<sup>2</sup> (16 unidades) ou 109 m<sup>2</sup> (28 unidades);
- Sistema de bombeamento composto por 04 (quatro) opções de pontos de sucção e 05 (cinco) opções de pontos de recalque com utilização de bomba centrífuga com potência de 1CV;
- Equipamentos de medição de volume de água aduzida, para simulação de chuva, composto por 02 (dois) hidrômetros volumétricos com vazão mínima 0,015 m<sup>3</sup>/h;
- Manômetros analógicos para aferição da pressão manométrica dos 02 (dois) barriletes de recalque, objetivando controle da vazão e intensidade da chuva permitindo assim, simular a intensidade de chuva predominante na região estudada.

**Figura 11:** Esquema da instalação experimental do Campus do Agreste da UFPE



*Fonte: Autor*

A **área de captação** é composta por dois telhados independentes, construídos em telhas de cerâmicas, sendo um dos telhados com uma área de 50m<sup>2</sup> e o outro com área equivalente a 59m<sup>2</sup>, o telhado faz uma inclinação com a horizontal de 14,8%.

Logo em seguida a água será aspergida no telhado, por meio de equipamentos mecânicos, **aspersores**, que estão distribuídos em toda área de captação; estes são posicionados em ângulos pré-definidos de 360° na parte central, 180° nas bordas do telhado e 90° nas quinas. Foram utilizados 28 aspersores fixos, instalados 40 cm acima da área de captação, utilizou-se para fixação destes esticadores e cabos de aço.

As águas escoadas, decorrentes da simulação da chuva artificial, alcançavam as **calhas coletoras**, que são confeccionadas em PVC com diâmetro de 100 mm e 75 mm, com uma inclinação de 0,5%, para então a partir daí serem direcionadas aos sistemas de desvios. Nesse experimento foram utilizados três tipos **de desvios** e uma unidade sem o desvio. Como já mencionado os desvios utilizados na presente pesquisa foram, o DESVIUFPE, dispositivo de fecho hídrico e dispositivo de boia no qual ficará retido um volume referente ao primeiro ou segundo milímetro de chuva. Neste sistema, somente após as tubulações do desvio e os tanques auxiliares estarem completamente preenchidas com uma parcela do escoamento da água de chuva, é que as próximas parcelas serão direcionadas ao interior da cisterna.

A água utilizada no experimento será armazenada em um **reservatório auxiliar** de polipropileno com capacidade para 1000L. Esse reservatório auxiliar serve de poço de sucção para a elevatória e possui autonomia para simular até 9 mm de chuva, outra finalidade do reservatório é o controle da qualidade da água utilizada na simulação.

**Figura 12:** Reservatório auxiliar e elevatória da instalação experimental do Campus do Agreste da UFPE.



*Fonte: O autor*

Foram construídas duas **cisternas** em placas com capacidade individual de 16000L, as mesmas foram divididas para formar 4 unidades independentes com capacidade de 8000L cada. Como os 4 reservatórios formados com a divisão da cisterna são independentes, cada um deles recebe água proveniente de um sistema de desvio e da unidade sem o desvio. Na saída de cada um dos quatro compartimentos das cisternas converge para uma única caixa de reunião com capacidade de 750L, assim funciona o sistema de esgoto. Essa caixa de reunião exerce duas funções: serve como caixa de passagem no momento de limpeza e lavagem das cisternas ou poço de sucção, assim como, serve para abastecer o reservatório auxiliar com a água armazenada na cisterna de placas.

Para controle da vazão e aferição do volume de água utilizado na simulação pluviométrica, instalou-se na tubulação de recalque um hidrômetro volumétrico, e a montante desse **medidor de vazão**, instalou-se um medidor de pressão (manômetro analógico), com a finalidade de monitorar e controlar a intensidade da chuva simulada.

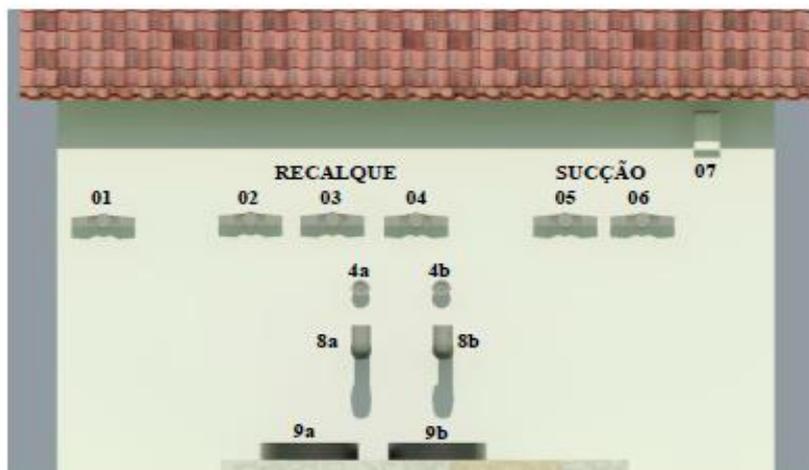
**Figura 13:** Esquema do sistema de armazenamento da instalação experimental do campus do Agreste da UFPE



*Fonte: Lima, 2012*

A adução da água do reservatório auxiliar até os aspersores se dá por meio de bomba centrífuga, assim é constituído o sistema de bombeamento. **O sistema elevatório** possui duas opções de sucção, sendo uma do reservatório auxiliar e outra do poço de sucção ou sistema de esgoto; e possui quatro opções de recalque, sendo uma para cada reservatório, inferior e auxiliar, e uma para cada superfície de captação.

**Figura 14:** Painel de Controle da Instalação Experimental do Campus do Agreste da UFPE



**Fonte:** Lima, 2012

**Legenda:**

- 01- Entrada água do reservatório elevado (Campus do Agreste)
- 02- Recalque para reservatório inferior (Campus do Agreste)
- 03- Recalque para o reservatório auxiliar (caixa de polipropileno)
- 04- Recalque para a superfície de captação (telhado)
- 05- Sucção/saída do reservatório auxiliar (caixa de polipropileno)
- 06- Sucção/saída do poço de sucção/sistema de esgoto
- 07- Botão liga/desliga da estação elevatória
- 4a- Registro para controle da pressão no barrilete do telhado “a”
- 4b- Registro para controle da pressão no barrilete do telhado “b”
- 8a- Medidor de pressão do barrilete do telhado “a”
- 8b- Medidor de pressão do barrilete do telhado “b”
- 9a- Medidor de vazão - saída para o telhado “a”
- 9b- Medidor de vazão - saída para o telhado “b”

**3.3 Cisternas da zona rural**

O campo de estudo de uma parte dessa pesquisa foi a comunidade de Lajedo do Cedro e alguns sítios vizinhos, localizados na zona rural do município de Caruaru. A forma de desvio dos primeiros milímetros e manuseio de água de chuva, de cada uma das cisternas está apresentada na tabela abaixo. A partir de um grupo de cisternas selecionadas, foi investigada a

influência de duas variáveis na qualidade da água armazenada nas cisternas e utilizada pelas respectivas famílias. As variáveis de investigação foram: forma de desvio (manual ou com emprego do DESVIUFPE) e manuseio da água (com bomba manual ou com balde).

**Tabela 2:** Disposição das cisternas analisadas

Variáveis	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8
Formas de desvio	A	A	A	M	M	M	M	M
Manuseio de água	Bo	B	Bo	B	Bo	Bo	B	B

**Fonte:** O autor

**Legenda:** A=descarte automático das primeiras águas de chuva, com o DESVIUFPE; M=M = descarte manual das primeiras águas de chuva; B = retirada de água da cisterna com balde; Bo = retirada de água da cisterna com bomba manual.

As cisternas monitoradas no presente trabalho foram escolhidas após analisar a origem da água armazenada e também o aspecto construtivo das mesmas. Foram escolhidas oito cisternas que recebiam apenas água de chuva e que apresentavam boas condições construtivas. Tais cisternas são monitoradas por sucessivas equipes do LEA, entretanto, para este trabalho foram considerados apenas os resultados obtidos nos meses de Maio e Junho de 2014.

**Figura 15:** DESVIUFPE instalado na comunidade Lajedo do Cedro



*Fonte: Banco de dados Laboratório de Engenharia Ambiental – LEA.*

A forma de coleta da água era realizada por balde ou por bomba manual, no caso da ausência ou presença desta última, respectivamente. Após a retirada da água das cisternas, a amostra era transferida para recipientes esterilizados em autoclave a 120°C e 1 atm, por 15 minutos. As amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e transportadas ao Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Acadêmico do Agreste da UFPE para análise.

### **3.4 Funcionamento dos sistemas de desvios**

#### **3.4.1 Funcionamento do disposto DESVIUFPE**

O funcionamento do dispositivo utilizado para armazenamento e descarte do primeiro milímetro das primeiras águas de chuva baseia-se nos princípios físicos dos vasos comunicantes e do fecho hídrico, em que à medida que o telhado é lavado, processa-se o acúmulo de água nos tubos verticais e só após estes estarem completamente cheios é que a água é direcionada para a cisterna. Para o perfeito funcionamento do desvio por mais de um período de chuvas, é fundamental que depois de cada período, o dispositivo seja esvaziado, através da abertura do desvio para descarte, o qual deve ser novamente fechado após

esvaziamento, permitindo o funcionamento do dispositivo para o desvio automático das primeiras águas do próximo evento chuvoso.

A geometria do dispositivo possibilita seu completo esvaziamento e limpeza por descarga hidráulica. Os materiais constituintes completamente em PVC garantem estanqueidade, facilidade de montagem e desmontagem não necessitando de mão de obra especializada.

**Figura 16:** Sistema de desvio das primeiras águas de chuva instalado no Campus do Agreste da UFPE.



*Fonte: O autor- Foto atual*

Utilizando um diâmetro de 100 mm, o volume de acumulação em 1m de tubulação será obtido através da Equação (1).

$$Volume = \text{Área}_{tubo} * L_{tubo}$$

Sendo:

$$Area_{tubo} = \pi * \frac{D^2}{4} * L_{tubo}$$

Sendo o diâmetro do tubo igual a 100 mm, substituindo na expressão acima, e relacionando com a equação 1 tem-se:

$$Volume = \pi * \frac{(0,1)^2}{4} * 1$$

Volume = 0,007854 m<sup>3</sup>, ou

Volume = 7,854 litros

Logo, em cada metro de tubo com diâmetro de 100 mm serão acumulados 7,854 litros de água.

Para obter o volume de descarte para essa a área de captação deste experimento, utilizou-se uma segunda, a Equação 2. No cálculo foram consideradas uma altura de precipitação de 1 mm (1litro.m<sup>-2</sup>) e uma área do telhado de 59 m<sup>2</sup>.

$$Volume_{descarte} = Area_{telhado} * Altura_{telhado}$$

$$Volume_{descarte} = 59(m^2) * 1\left(\frac{l}{m^2}\right) = 59l$$

$$Volume_{descarte} = 59 \text{ litros}$$

Em seguida, será calculada a quantidade necessária de tubos PVC.

$$Quantidade_{tubos} = \frac{Volume_{descarte}}{Volume_{tubo}}$$

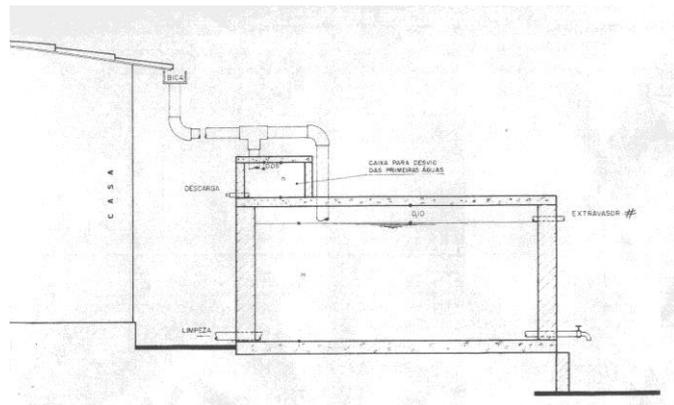
$$Quantidade_{tubos} = \frac{59}{7,584}$$

$$Quantidade_{tubos} = 7,78 \text{ metros}$$

### 3.4.2 Dispositivo de fecho hídrico

Como já foi mencionado, o sistema de fecho hídrico funciona da seguinte forma: após a lavagem da superfície de captação o fluxo de água é direcionado para um minitanque que permanece fechado, a água vai enchendo esse minitanque até sua capacidade máxima, de forma tal que as águas excedentes serão direcionadas direto para a cisterna. Sendo que essas águas direcionadas para o reservatório terão menos contaminantes, pois os primeiros milímetros de água de chuva ficaram retidos no minitanque.

**Figura 17:** Dispositivo de fecho hídrico



*Fonte: Andrade Neto, 2004.*

O dispositivo de fecho hídrico foi instalado no telhado com área de 50m<sup>2</sup>. Foram desviado 1L para cada 1m<sup>2</sup> de área, logo :

$$1l = 0,001m^3$$

Então, se para 1m<sup>2</sup> de área será desviando 0,001 m<sup>3</sup> de água, para 50m<sup>2</sup> de área será desviado 50L.

Com essa condição de desviar 50 L de água, tentou dimensionar um mini reservatório com dimensões nas quais se aproximassem ao máximo do volume exigido, foi pensando assim que foram escolhidas as seguintes dimensões para o mini reservatório.

$$B = 0,35m$$

$$L = 0,35m$$

$$h = 0,41m$$

Logo o volume do será:

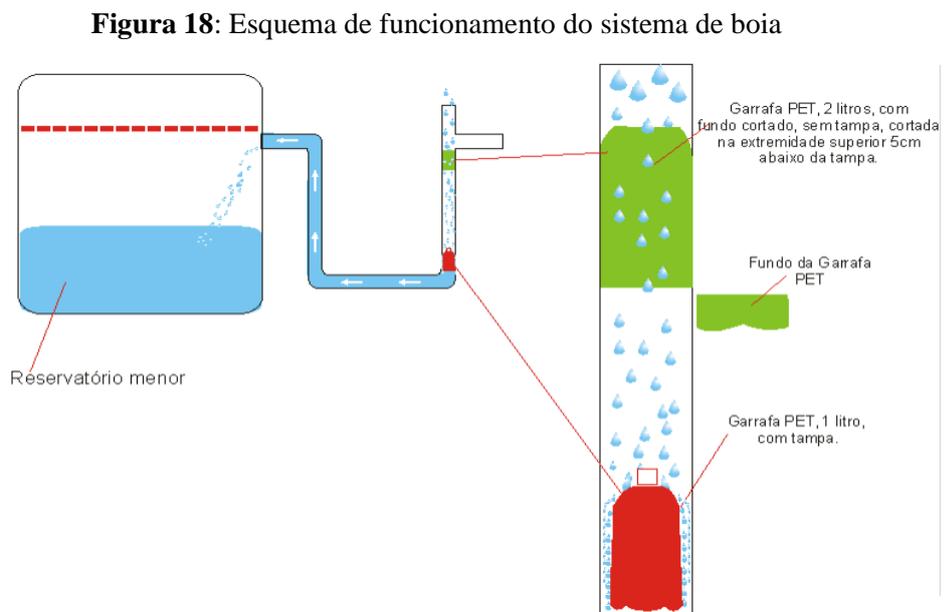
$$V_{olome} = 0,35 * 0,35 * 0,41 = 0,050m^3$$

### **3.4.3 Dispositivo de Boia**

O funcionamento desse dispositivo funciona com a colocação de um “tê” na entrada da tubulação que recebe a água da calha, a posição do “tê” é de extrema importância, tendo uma de suas aberturas posicionadas para o tanque de desvio e a outra na direção da cisterna. Foram

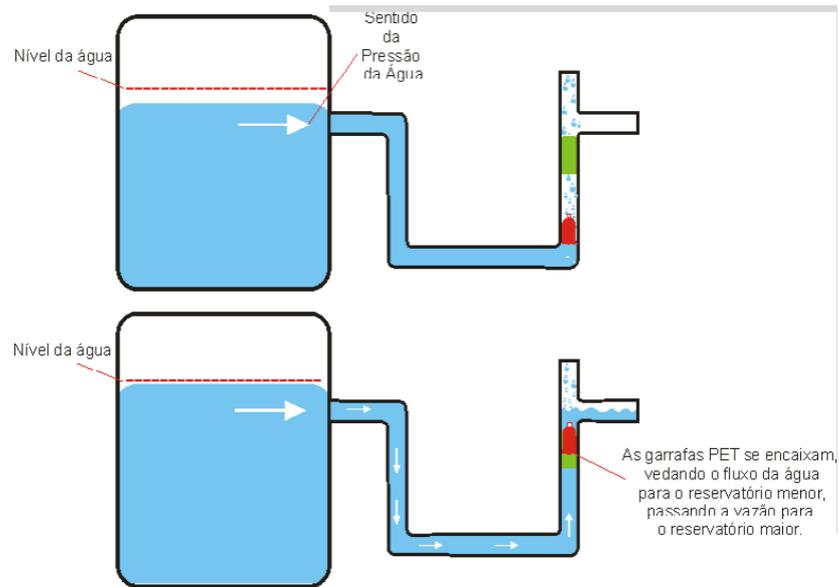
utilizados como material para a vedação duas garrafas PETS, uma com capacidade de 1L e outra com capacidade de 2L. Em uma das aberturas foi colocada a garrafa PET de 2L, com o fundo é o gargalo cortados. No joelho da tubulação vai ser instalado a garrafa de 1L, estando essa fechada. Sendo assim, quando o mini tanque enche com as primeiras águas de chuva, da lavagem da superfície de captação, a garrafa PET de 1L será conduzida por a água em direção a garrafa de 2L, quando as duas garrafas se encontram ocorre a vedação do sistema na direção do tanque de desvio, conforme pode-se observar nas figuras 18, 19 e 20.

O dispositivo de fecho boia foi instalado no telhado com área de 50m<sup>2</sup>. Será desviado 2L para cada 1m<sup>2</sup> de área.



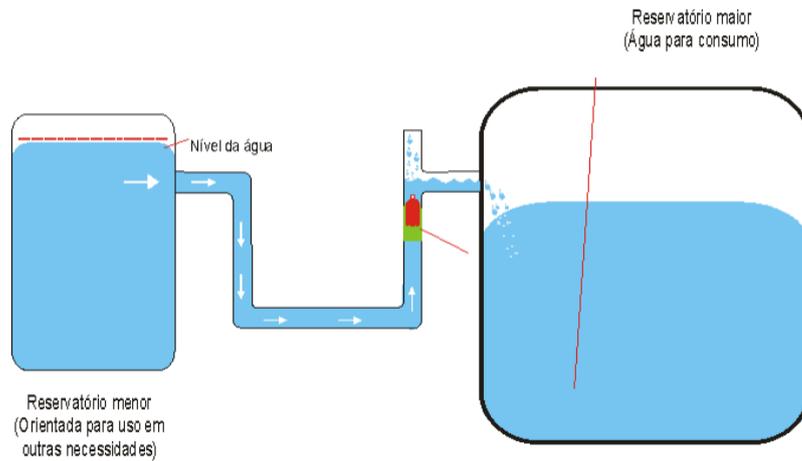
*Fonte: de [www.cepfs.org.br](http://www.cepfs.org.br)*

**Figura 19: Momento da vedação do sistema**



*Fonte: de [www.cepfs.org.br](http://www.cepfs.org.br)*

**Figura 20: Enchimento do reservatório maior.**



*Fonte: de [www.cepfs.org.br](http://www.cepfs.org.br)*

Então, se para 1m<sup>2</sup> de área será desviando 0,002 m<sup>3</sup> de água, para 50m<sup>2</sup> de área será desviado 100L. Sendo :  $2l = 0,002m^3$

Com essa condição de desviar 100L de água, tentou dimensionar um minireservatório com dimensões nas quais se aproximassem ao máximo do volume exigido, foi pensando assim que foram escolhidas as seguintes dimensões para o minireservatório.

$$B = 0,45m$$

$$L = 0,45m$$

$$h = 0,50m$$

Logo o volume do será:

$$V_{\text{olune}} = 0,45 * 0,45 * 0,50 = 0,1012m^3$$

No dimensionamento feito anteriormente do item utilizou para facilidade nos cálculos uma área completa de telhado, ou seja, quando os dispositivos de boia e fecho hídrico foram dimensionados utilizou-se a área de 50 m<sup>2</sup>, sendo que essa área será utilizada por dois desvios, logo se considera que o dimensionamento feito anteriormente será metade do valor obtido, o mesmo ocorre com o desviUFPE e a unidade sem desvio, para que isso ocorresse foi necessário dividir as calhas referentes a cada telhando. Na metade da calha do telhado de 50 m<sup>2</sup>, utilizou-se uma saída de calha que foi instalada na metade do comprimento para que o primeiro milímetro de água de chuva seja desviado.

**Figura 21:** Divisão das calhas



**Fonte:** O autor

### 3.5 Montagens dos dispositivos de desvios automáticos dos primeiros milímetros de água de chuva e contaminação artificial do telhado

#### 3.5.1 DESVIUFPE

O DESVIUFPE foi o único dispositivo que não necessitou ser construído, uma vez que foi aproveitando de um arranjo preliminar do laboratório experimental de cisternas. No presente estudo não houve modificação no DESVIUFPE, ou seja considerou-se o dispositivo desviando  $1\text{mm}/\text{m}^2$  de telhado, como a quantidade de tubo foi calculada usando esse principio de  $1\text{mm}/\text{m}^2$  de telhado, e o telhado foi dividido em duas partes, nesse trabalho desviou-se  $1/2\text{mm}/\text{m}^2$  de telhado.

**Figura 22:** Antes e depois do arranjo do DESVIUFPE, respectivamente.



*Fonte: O autor*

### 3.5.2 Dispositivo de fecho hídrico

O presente dispositivo foi construído de concreto, onde se utilizou uma forma de madeira com as dimensões especificadas para o tamanho do dispositivo. A base onde este foi construído também foi de concreto e tem uma espessura média de 3cm. O tempo que foi levado para retirada da forma foi de 25 dias. Ao fim desse período o dispositivo foi impermeabilizado, em seguida foi feita a junção da tampa da caixa com a mesma, utilizando-se um silicone específico para que o sistema fosse vedado completamente, evitando assim que ocorresse percolação de água.

**Figura 23:** Construção do dispositivo de fecho hídrico



*Fonte: O autor*

### 3.4.3 Dispositivo de boia

O presente dispositivo foi construído de concreto, onde se utilizou uma forma de madeira com as dimensões especificadas para o tamanho do dispositivo. A base onde este foi construído também foi de concreto e tem uma espessura média de 3cm, o tempo que foi levado para retirada da forma foi de 25 dias. Ao fim desse período o dispositivo foi impermeabilizado, em seguida foi feita a junção da tampa da caixa com a mesma, utilizando-se um silicone específico para que o sistema fosse vedado completamente, evitando assim que ocorresse percolação de água. Vale lembrar que nessa montagem faz-se uso de duas garrafas PET'S como mostrado na figura abaixo.

**Figura 24 :** Construção do dispositivo de boia



*Fonte: O autor*

### 3.5.4 Contaminação Artificial

Segundo estudos feitos por Lima (2012), foi constatado que não há contaminação por coliforme após contato da água com a superfície de captação. Esse fato se dá por a região ser pouco arborizada e por não existir muitos animais nas proximidades, principalmente pássaros. Logo, para avaliar a eficiência dos dispositivos sobre os parâmetros microbiológicos resolveu-se contaminar artificialmente a área.

Para contaminação dos dois telhados foram utilizados 400 mL de lodo anaeróbio (40,2 g SSV/L), que apresenta boa diversidade microbiana (Lucena *et al.*, 2011). O lodo foi coletado da ETE Mangueira, que é operada pela Companhia Pernambucana de Saneamento-COMPESA. É

composta por um reator UASB seguido de uma lagoa de polimento, localizada no município do Recife, distante 130 km do município de Caruaru.

O lodo foi uniformemente aspergido sobre o telhado. O mesmo foi dividido em tamanhos iguais, sendo oito partes iguais, entre cada aspersor, e em cada divisão foi derramado 200mL de lodo diluído da ETE Mangueira. A diluição do lodo deu-se na seguinte proporção: uma parte de lodo para quatro partes de água destilada.

### 3.6 Qualidade microbiológica dos primeiros milímetros do descarte da água de chuva

Os pontos de coleta na zona rural foram na entrada da cisterna, caso os moradores da residência não realizassem retirada de água da cisterna por bomba, ou na saída desta, caso se utilize dispositivo de bombeamento. Na estação experimental de cisternas os pontos de coleta foram após passagem da água pelos sistemas de desvios.

A qualidade da água foi avaliada por meio de exames microbiológicos, durante o período de realização do projeto. Os parâmetros que foram analisados encontram-se apresentados na Tabela 2.

**Tabela 3.** Parâmetros microbiológicos a serem analisados nos diversos pontos do experimento.

<b>Parâmetros bacteriológico</b>	<b>Unidade</b>	<b>Limites Portaria N° 2914/11</b>	<b>Método</b>
Coliformes totais	UFC/100mL	Ausência em 100mL	9222 B.
E. Coli	UFC/100mL	Ausência em 100mL	9222 D.

*Fonte: O autor (2015)*

A análise do desempenho das barreiras sanitárias será realizada a partir da identificação dos pontos críticos de contaminação da água da chuva. Os resultados obtidos das análises laboratoriais das amostras coletadas ao longo do percurso de captação até o ponto de consumo constituem os indicadores diretos de funcionamento dos respectivos instrumentos como barreiras de proteção sanitária.

## 4. RESULTADOS ESPERADOS

Serão apresentados neste capítulo, os resultados da eficiência de cada dispositivo automático de desvio das primeiras águas de chuva, e também a eficiência do sistema DESVIUFPE instalado na zona rural.

### 4.1 Eficiência dos dispositivos instalados no Laboratório Experimental de Cisterna

A seguir, na tabela 3, são mostrados os resultados encontrados no interior de cada cisterna após o desvio das primeiras águas de chuva. Como pode ser observado, em todas as cisternas foram encontrados valores muito baixos, quando comparado com o efluente que foi jogado no telhado, para contaminação artificial.

Os resultados de coliformes para a cisterna de boia, fecho hídrico e UFPE, foram respectivamente, 1,03E+03(NMP/100ml), 2,16E+01(NMP/100mL), 6,76E+04(NMP/100ml), sendo o valor do 1,41E+07(NMP/100mL), para o efluente jogado no telhado.

Os resultados de E. coli para a cisterna de boia, fecho hídrico e UFPE, foram respectivamente, 6,29E+01(NMP/100ml), 6,30E+00(NMP/100mL), 3,95E+04(NMP/100ml), sendo o valor do 5,10E+06(NMP/100mL), para o efluente jogado no telhado.

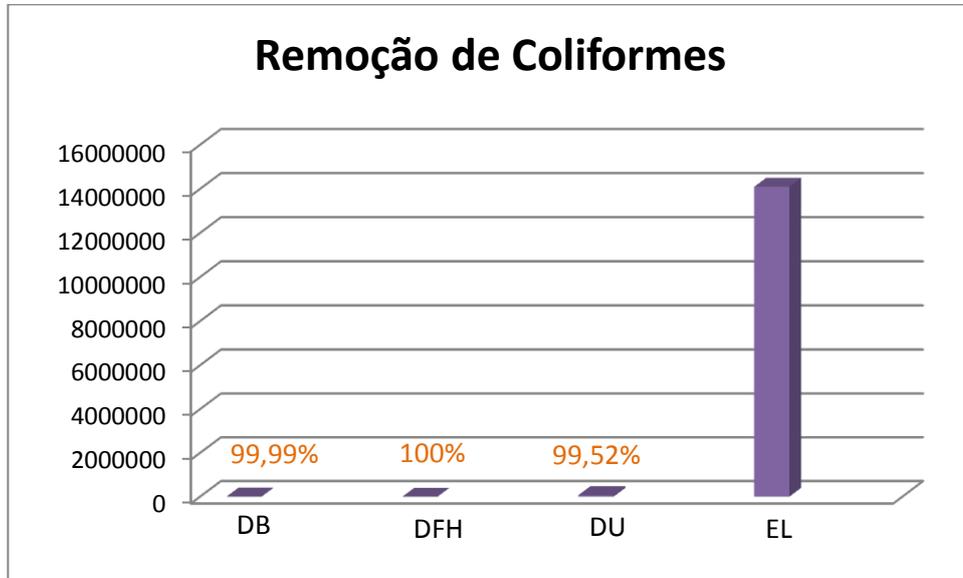
**Tabela 4:** Resultado da eficiência de cada desvio.

	<b>Coliformes (NMP/100mL)</b>	<b>E. coli (NMP/100mL)</b>
<b>Após passagem pelo dispositivo de boia</b>	1,03E+03	6,29E+01
<b>Após passagem pelo dispositivo de Fecho Hidrico</b>	2,16E+01	6,30E+00
<b>Após passagem pelo dispositivo DESVIUFPE</b>	6,76E+04	3,95E+04
<b>Efluente usado na contaminação do telhado</b>	1,41E+07	5,10E+06

*Fonte: O autor*

Nos gráficos abaixo, será mostrado a eficiência de cada dispositivo com o valor que cada um removeu de contaminantes bacteriológicos.

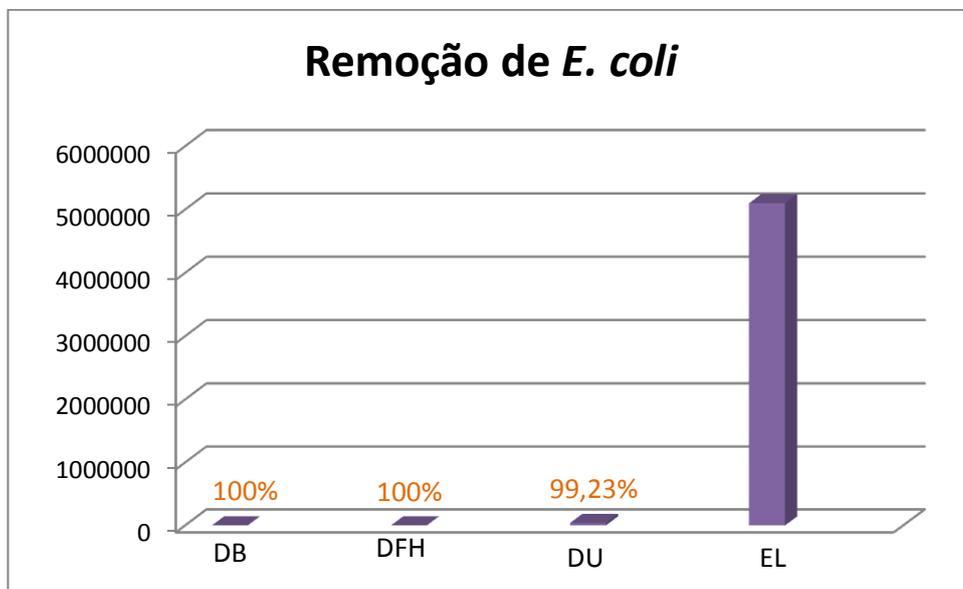
**Gráfico 1: Remoção de Coliformes**



*Fonte: O autor*

**Legenda:** **DB**= Dispositivo de boia, **DFH**= Dispositivo de fecho hídrico, **DU**=DESVIUFPE, **EL**= Efluente usado na contaminação do telhado.

**Gráfico 2: Remoção de E. Coli**



*Fonte: O autor*

**Legenda:** **DB**= Dispositivo de boia, **DFH**= Dispositivo de fecho hídrico, **DU**= DESVIUFPE, **EL**= Efluente usado na contaminação do telhado.

Como se pode ver no gráfico 1, a remoção bem significativa, o dispositivo de fecho hídrico se mostrou mais eficiente, com remoção igual a 100%, ficando atrás dele o de boia, com remoção igual á 99,99%, em seguida o DESVIUFPE com remoção de 99,52%, isso pra coliforme totais.

Já o gráfico 2, vem mostrando a remoção de E. coli. Assim como o resultado de coliformes, o resultado de E. coli, mostrou-se significativo, o dispositivo de fecho hídrico e dispositivo de boia tiveram remoção mais eficiente, ambos com valores de 100% de remoção. O DESVIUFPE com remoção de 99,23%.

#### 4.2 Análise da eficiência do sistema DESVIUFPE que já foi instalado na zona rural de Caruaru

**Tabela 5:** Resultado Referente ao mês de (Maio/Junho) 2014

MAIO			JUNHO		
Cisternas	Coliformes totais (NMP/100 mL)	E.coli (NMP/100 mL)	Cisternas	Coliformes totais (NMP/100 mL)	E.coli (NMP/100 mL)
L1	5,00E+02	1,00E+02	L1	1,50E+03	0,00E+00
L2	8,50E+02	0,00E+00	L2	6,00E+02	0,00E+00
L3	2,30E+03	2,00E+02	L3	6,00E+02	0,00E+00
L4	3,15E+04	1,10E+03	L4	2,70E+04	7,00E+02
L5	2,10E+04	1,10E+03	L5	1,50E+03	5,00E+02
L6	3,60E+03	3,00E+02	L6	4,80E+03	9,00E+02
L7	2,55E+04	1,95E+03	L7	1,98E+04	8,50E+02
L8	2,76E+04	1,85E+03	L8	3,30E+04	4,10E+03

*Fonte: O autor*

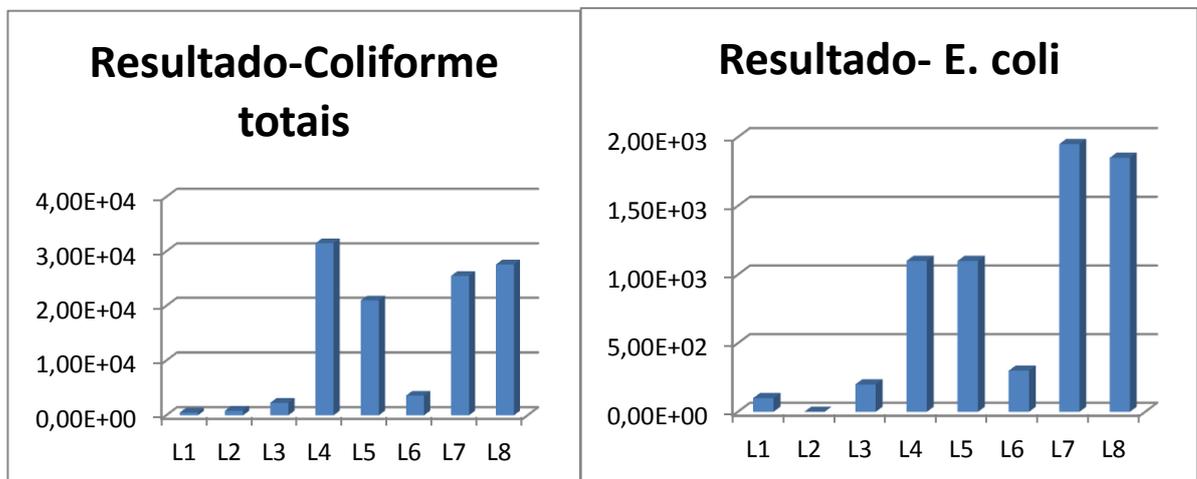
Antes de analisar a tabela 4, deve-se lembrar de que as cisternas, L1, L2, L3, são as cisternas que possuem como barreira sanitária o DESVIUFPE. Vale lembrar também que as cisternas que utilizam balde pra retirada de água são, L2, L4, L7 e L8, as demais cisternas utilizam a bomba manual pra tal função.

Como pode ser observado nas cisternas L1, L2 e L3, a uma baixa contaminação de poluentes bacteriológicos, quando comparado com as cisternas que não utilizam o dispositivo. Podemos comparar a cisterna L3, com a cisterna L8. Na cisterna L3, apresentou valores de coliformes iguais há,  $2,30E+03$ (NMP/100mL) e  $6,00E+02$ (NMP/100mL), referente ao mês de maio e junho respectivamente. Já a cisterna L8, com índices de contaminantes iguais a,  $2,76E+04$ (NMP/100ml) e  $3,30E+03$ (NMP/100mL). A diferença é bastante notória e dá-se devido na cisterna L3 existir previamente o dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva, o DESVIUFPE, além de utilizar a bomba manual para retirada de água. Já a cisterna L8, além de não utilizar o dispositivo de DESVIUFPE, também não utiliza a bomba manual para retirada de água, e sim o balde.

Resumidamente, os gráficos abaixo mostram a remoção de contaminantes em todas as cisternas mencionadas acima. Fica bem claro a importância de instalar um dispositivo de desvio dos primeiros milímetros de água de chuva e também utilizar um meio seguro, como a bomba manual, para retirada de água do interior da cisterna.

- Mês de Maio:

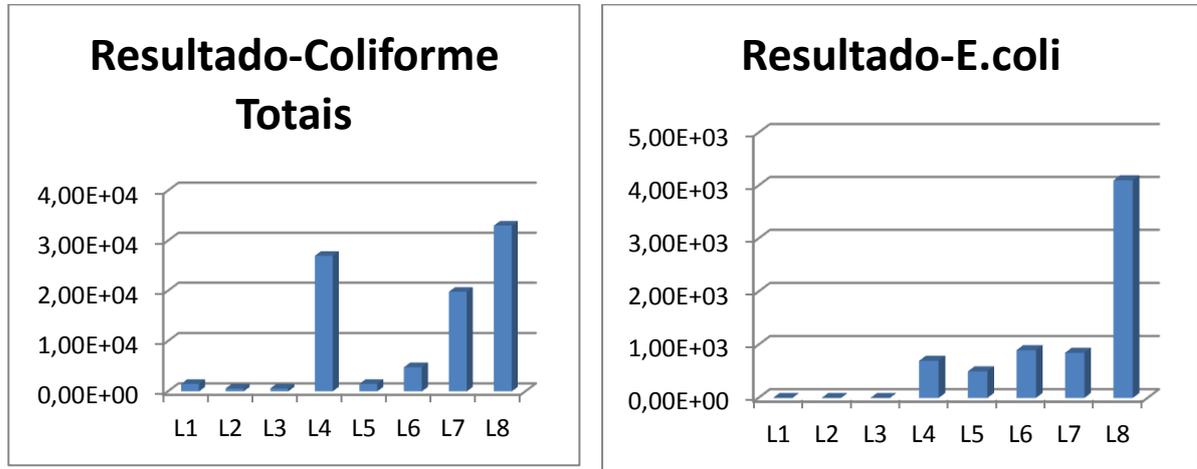
**Gráfico 3:** Resultado de contaminantes no mês de Maio



*Fonte: O autor*

- Mês de Junho:

**Gráfico 4:** Resultado de contaminantes referente ao mês de Junho



*Fonte: O autor*

## 5-CONCLUSÃO

Embora considerando as limitações operacionais para a realização dessa pesquisa, os resultados obtidos contribuem para estudos futuros mais detalhados acerca do tema. O desvio do primeiro milímetro de água de chuva foi importante para melhorar a qualidade das águas encaminhadas a cisterna, quando comparada com a qualidade da água retida nos respectivos desvios. O desvio de boia e de fecho hídrico se mostraram mais eficientes na remoção de patogênicos.

Quando se trata do método construtivo e da manutenção dos dispositivos durante toda sua vida útil, pode ter certeza que o DESVIUFPE é bem mais eficiente quanto comparado aos outros dispositivos. Isso ocorre porque, tanto o dispositivo de fecho hídrico, como o dispositivo de boia, por serem de concreto há certa dificuldade tanto de impermeabilização, como também de estanqueidade entre a tampa e a caixa, havendo assim um vazamento e apresentando fissuras com pouco tempo de uso. Já o DESVIUFPE, por ser de um material PVC não há necessidade de manutenção e se vedado com os devidos cuidados não apresentaram nenhum tipo de vazamento. Vale ressaltar que a montagem desse dispositivo é de extrema facilidade.

## **6- RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se que estudos posteriores sejam realizados com o objetivo de melhorar a retenção dos contaminantes no DESVIUFPE, uma vez que, apesar de ter se evidenciado que há facilidades construtivas, o mesmo apresentou-se com menor eficiência quando comparado com os demais desvios automáticos dos primeiros milímetros de água de chuva estudados no presente trabalho.

Como sugestão, pode-se citar a colocação de garrafas PET, similarmente ao apresentado no desvio de boia, para realizar a vedação do sistema.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527:** Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- **NBR 5.626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
  - **NBR 12.214:** Projeto de sistema de bombeamento de para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ANDRADE NETO, C. O. **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais.** In: XI Simpósio Luso-barsileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, Brasil. 2004.
- ANDRADE NETO, C.O. **Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais.** In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 4º, 2003, Juazeiro-BA. Anais eletrônicos...Juazeiro-BA: ABCMAC, 2003, 9 p.
- ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).** 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2005.
- ARAÚJO FILHO, J.A., SOUSA, F.B., CARVALHO, F.C. **Pastagens no semi-árido: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável.** In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável,1995. Brasília, DF. Anais... Brasília:SBZ, 1995. p.63-75.
- CAMPOS, J.N.B. & Studart, T.M.C. 1997. **Droughts and water policy in Northeast of Brazil: background and rationale: water policy.** Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 11(29): 127-154.
- CARVALHO, J. R. S. **Avaliação do DESVIUFPE como barreira para proteção da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas-PE.** 2014, trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil- Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru-PE, 2014.

CIRILO, J.A. 2008. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido brasileiro**. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 63: 61-82.

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

FENDRICH, R., OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 maneiras práticas**. 1.ed. Curitiba-PR: Livraria do Chain, 2002. 190 p.

GHANAYEM, Mohamed. **Environmental considerations with respect to Rainwater harvesting**. Palestine, Applied Reserarch Institute-Jerusalem. Germany: 2001, Rainwater International Systems de 10 a 14 de setembro de 2001 em Manheim.

GNADLINGER, João. Impressões e lições da Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva. **Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva**, 2004, Landzou. Anais....Landzou: Associação Brasileira de captação e manejo de Água de Chuva, 2004.

GNADLINGER, J. (1997) **Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro**. In: Anais do 1º Simpósio sobre Captação de Chuva no Semi-Árido Brasileiro, Petrolina – PE.

GNADLINGER, J. **Rainwater harvesting for houseorld and agricultural use in rural areas**. In: World Water Forum, 2, 2000, Netherlands.  
<<http://www.irpaa.org/publicacoes/files/11thircsc.pdf>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2015.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 411-437, 2003.

LIMA, J.C.A.L. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano.** 2013. Dissertação (Mestrado de Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, 2013.

LUCENA, R. M.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATO, M. T.; MORAIS JÚNIOR, M.A. . Study of the microbial diversity in a full-scale UASB reactor treating domestic wastewater. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 27 (12), 2893-2902, 2011.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004, 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano. **PORTARIA Nº 2.914 de 12/12/2011**, Brasil. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

NTALE, H.K.; MOSES. N. **Improving the quality of harvested rainwater by using first flush interceptor/retaines.** In: International Rainwater Catchment System Conference, 11, 2003, Cidade do México. **Anais...** Cidade do México, 2003.

OLIVEIRA, N. N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis, de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos.** (TCC). Universidade Guarulhos (UnG). Guarulhos, SP. 2008. 80p.

PALMIER, L.R. **Perspectivas da aplicação de técnicas de aproveitamento de água em regiões de escassez.** In: Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas, 4, 2001, Foz do Iguaçu-PR. **Anais..** Foz do Iguaçu-PR, 2001.

PERNAMBUCO. **Lei nº 14.572**, de 27 de dezembro de 2011. Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras

<<http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=1&numero=14572&complemento=0&ano=2011&tipo=>>. Acesso em: 01 Julho. 2014.

REBOUÇAS, A. da C.; MARINHO, M.E. **Hidrologia das secas do Nordeste do Brasil**. Recife: SUDENE-DRN, Divisão de Hidrologia, 1972. 126p. BRASIL. SUDENE. Hidrologia, 40.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 4.393**, de 16 de setembro de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/135934/lei-4393\\_04-rio-de-janeiro-rj](http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/135934/lei-4393_04-rio-de-janeiro-rj)>. Acesso em: 01 Julho. 2014.

SANTOS, D.C. **Os sistemas Prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Ambientes Construídos. p.7-18. 2002. <<http://www.sumarios.org/sites/default/files/pdfs/3429-11778-1-pb.pdf>> Acesso em: 12 de agosto de 2014.

SILVA, C. V. **Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisternas de placa. Estudo de caso: Araçuaí, MG**. 2006. Dissertação de mestrado (Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte. 2006. 136p.

SOUZA, S.H.B.; MONTENEGRO,S.M.G.L.; SANTOS, S.M.; PESSOA, S.G.S. Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l], v.16, p.81-93, 2011.

SOUZA, S. H. B. **Avaliação da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva no semiárido Pernambucano**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, PE), 2009. 79p.

**TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.**  
São Paulo - SP: Navegar Editora, 2003.

**TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva.** 2ª ed, São Paulo - SP: Navegar Editora,  
2005.

**TORDO, O.C.T. Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis.**  
2004, 183 p.Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de  
Blumenau. Blumenau-SC, 2004.

**VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.**  
2.ED-Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade  
Federal de Minas Gerais; 1996.



