



DANIEL ROCHA PEREIRA

**CONSTRUÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
SEM BOMBEAMENTO ELÉTRICO (SAAC-SBE) UTILIZANDO MATERIAIS
ALTERNATIVOS**

LAVRAS - MG

2012

DANIEL ROCHA PEREIRA

**CONSTRUÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
SEM BOMBEAMENTO ELÉTRICO (SAAC-SBE) UTILIZANDO MATERIAIS
ALTERNATIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas alternativas de energia, para a obtenção do título de Especialista em Formas alternativas de energia.

Orientador:

Prof. Gilmar Tavares

LAVRAS - MG

2012

DANIEL ROCHA PEREIRA

**CONSTRUÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
SEM BOMBEAMENTO ELÉTRICO (SAAC-SBE) UTILIZANDO MATERIAIS
ALTERNATIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Senso em Formas alternativas de energia, para a obtenção do título de Especialista em Formas alternativas de energia.

APROVADA em de de 2012.

Prof. Gilmar Tavares
Orientador

LAVRAS - MG

2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo refúgio, quando os problemas se mostram impossíveis.

À Srta Radfânia Arrais, por ceder sua residência para a execução do projeto.

Ao meu Orientador Doutor Gilmar Tavares, pela paciência, compreensão e confiança.

À minha amiga companheira, Daniela Batalha, pela compreensão, dedicação, paciência, confiança e por estar sempre ao meu lado incentivando-me.

Ao meu irmão-primos-amigo, Marcos André, vulgo “Pikachú”, por dedicar parte de seu tempo informando-me que meu prazo havia finalizado, prestando assim o empurrão necessário para a finalização desse estudo.

A todos que me apoiaram direta e indiretamente nesse trabalho, em especial à Engenheira Wyrna Penha, à Irmã-prima-amiga Gisele Silveira e as Tia Arlete Rocha e Verônica Batalha, pela confiança amiga que depositam em mim, pelo incentivo, por serem prestativos e pela inspiração e admiração que tenho por eles.

“Obrigado a Todos!”

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”

Albert Einstein

RESUMO

PEREIRA, Daniel Rocha. **Construção de Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva Sem Bombeamento Elétrico (SAAC-SBE) utilizando materiais alternativos**. 2012. Monografia. Curso de Pós graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras – UFLA, 2012. 98 páginas.

Os problemas de escassez de água, decorrentes da baixa disponibilidade hídrica local, contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, ausência ou má distribuição de água por conta da concessionária pública, aliados a má utilização da água potável que chega às residências, sugerem a procura de alternativas para a solução desses problemas. A captação da água da chuva é uma das possibilidades existentes para amenizar os efeitos dessa escassez. Nessa ótica, o presente estudo objetiva construir e testar a funcionalidade de um Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva Sem Bombeamento Elétrico (SAAC-SBE), elaborado a partir de materiais recicláveis de baixo custo, como garrafas de PET. Para esse objetivo, o sistema foi confeccionado e instalado uma unidade residencial unifamiliar e testado sua eficiência, eficácia e viabilidade econômica e ambiental, durante o ano de 2011. O resultado foi satisfatório, constatando que o sistema é eficiente, eficaz e viável ambiental e economicamente, por armazenar água da chuva com materiais recicláveis de baixo custo com pouco desperdício e sem utilizar bombeamento elétrico de recalque. O uso do SAAC-SBE também contribuiria para promover a educação ambiental acerca da preservação e conservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Escassez de água, Água de chuva, Aproveitamento de água, Uso alternativo.

ABSTRACT

PEREIRA, Daniel Rocha. **Construction System of Rainwater Utilization Without Pumping Electric (SAAC-SBE) using alternative materials.** 2012. Monograph. Post-Graduation Course in Lato Sense Alternative Forms of Energy, Federal University of Lavras - UFLA, 2012. 98 pages.

The problems of water scarcity, due to low water availability site, contamination of surface and groundwater resources, absence or poor distribution of water on account of public utility, coupled with misuse of drinking water that reaches households, suggests looking for alternatives for solving these problems. The capture of rainwater is one of the possibilities to mitigate the effects of this shortage. From this perspective, this study aims to build and test the functionality of a System of Rainwater Utilization Without Pump Electric (SAAC-SBE), made from recyclable materials, low cost, such as PET bottles. For this purpose, the system was built and installed a single-family residential unit and tested their efficiency, effectiveness and economic feasibility and environmental, during the year 2011. The result was satisfactory, stating that the system is efficient, effective and environmentally and economically feasible, for storing rainwater from recyclable materials, low cost and with little waste without using electric discharge pumping. The use of SAAC-SBE also contribute to promoting education about environmental preservation and conservation of natural resources.

Key words: Scarcity of water, Rain water, Use of water, Alternative use.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA	4
3.2	ÁGUA DE CHUVA	4
3.2.1	Utilização da água de chuva pelo mundo.....	5
3.2.2	Utilização da água de chuva no Brasil	7
3.2.3	Tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva	8
3.2.4	Constituição dos sistemas.....	9
3.2.5	Qualidade da água de chuva.....	17
4.	METODOLOGIA	20
4.1	CONFECÇÃO E INSTALAÇÃO DO SAAC-SBE.....	20
4.1.1	Calha para Água da Chuva (CAC)	20
4.1.1.1	Confecção da CAC	20
4.1.1.1.1	Peças utilizadas na confecção e instalação da CAC (Figura 05)	21
4.1.1.1.2	Ferramentas utilizadas na confecção e instalação da CAC (Figura 06)	22
4.1.1.1.3	Montagem da CAC	23
4.1.1.2	Instalação da CAC	26
4.1.2	Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)	27
4.1.2.1	Confecções do FALAC	28
4.1.2.1.1	Peças utilizadas na confecção e instalação do FALAC (Figura 11)	28
4.1.2.1.2	Ferramentas utilizadas na confecção e instalação do FALAC (Figura 12)	29
4.1.2.1.3	Montagem do FALAC	29
4.1.2.2	Instalação do FALAC.....	35
4.1.3	Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF).....	36
4.1.3.1	Confecções do SPAAF.....	36
4.1.3.1.1	Peças utilizadas na confecção e instalação do SPAAF (Figura 22)	37
4.1.3.1.2	Ferramentas utilizadas na confecção e instalação do SPAAF (Figura 23)	38
4.1.3.1.3	Montagem do SPAAF.....	39

4.1.3.2	Instalação do SPAAF	44
4.1.4	Reservatório para Água da Chuva de Politereftalato de Etileno (PET) (RAC-PET) ...	45
4.1.4.1	Confecções do RAC-PET	45
4.1.4.1.1	Peças utilizadas na confecção e instalação do RAC-PET (Figura 29)	46
4.1.4.1.2	Ferramentas utilizadas na confecção e instalação do RAC-PET (Figura 30)	47
4.1.4.1.3	Montagem do RAC-PET	48
4.1.4.2	Instalação do RAC-PET	51
4.2	TESTE DE FUNCIONALIDADE DO SAAC-SBE	54
4.2.1	Método de Simulação	56
4.2.2	Calha para água da chuva (CAC)	58
4.2.3	Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)	58
4.2.4	Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF).....	58
4.2.5	Reservatório para Água da Chuva de PET (RAC-PET).....	59
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
5.1	CONFECÇÃO E INSTALAÇÃO DO SAAC-SBE.....	60
5.1.1	Calha para água da chuva (CAC)	60
5.1.1.1	Custos da calha convencional	60
5.1.1.2	Custos da CAC.....	61
5.1.1.3	Montagem da CAC.....	62
5.1.1.4	Instalação da CAC	64
5.1.2	Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)	64
5.1.2.1	Custos dos Filtros Comercializados	64
5.1.2.2	Custos do FALAC	65
5.1.2.3	Montagem do FALAC	66
5.1.2.4	Instalação do FALAC.....	67
5.1.3	Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF).....	67
5.1.3.1	Custos do SPAAF.....	67
5.1.3.2	Montagem do SPAAF	68
5.1.3.3	Instalação do SPAAF	69
5.1.4	Reservatório para Água da Chuva de PET (RAC-PET).....	70
5.1.4.1	Custo do Reservatório convencional	70
5.1.4.2	Custos do RAC-PET	70
5.1.4.3	Montagem do RAC-PET	72
5.1.4.4	Instalação do RAC-PET.....	73

5.1.5	Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva Sem Bombeamento Elétrico (SAAC-SBE)	73
5.1.5.1	Custo de um sistema de aproveitamento de água de chuva convencional	73
5.1.5.2	Custo do SAAC-SBE	74
5.2	TESTE DE FUNCIONALIDADE DO SAAC-SBE	74
5.2.1	Método de Simulação	75
5.2.2	Calha para água da chuva (CAC)	76
5.2.3	Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)	76
5.2.4	Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF)	76
5.2.4.1	Alimentador do RAC-PET	77
5.2.5	Reservatório para Água da Chuva de PET (RAC-PET)	77
5.2.5.1	Pontos de vazamentos	77
5.2.5.2	Volume total	78
5.2.5.3	Garrafas de PET sem furos	78
5.2.5.4	Extravasador e Saída d'água	78
5.2.6	Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva (SAAC-SBE)	79
6.	CONCLUSÃO	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Sistema de captação utilizado na Micronésia.....	6
Figura 02 – Esquema de coleta água de chuva.....	9
Figura 03 – Descarte da 1ª água de chuva utilizando tonel.....	13
Figura 04 – Reservatório de auto limpeza com bóia de nível.....	14
Figura 05 – Peças utilizadas na confecção e instalação da CAC.....	22
Figura 06 – Ferramentas utilizadas na montagem da CAC.....	23
Figura 07 – Esquema dos cortes no tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m.....	24
Figura 08 – Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm antes e depois de ser tratado.....	25
Figura 09 – Suporte metálico aparafusado na ripa.....	26
Figura 10 – CAC instalada na URU.....	27
Figura 11 – Peças utilizadas na confecção e instalação da FALAC.....	28
Figura 12 – Ferramentas utilizadas na montagem do FALAC.....	29
Figura 13 – Tubo de PVC de 75,0 mm x 200,0 mm com corte inclinado a 45°.....	30
Figura 14 – Esquema do alargamento das bocas do tubo de 75,0 mm x 200,0 mm.....	31
Figura 15 – Esquema da ADR do TBL.....	32
Figura 16 – Peça descartada do corte do TCI-45.....	33
Figura 17 – Esquema de instalação do bico do FALAC.....	33
Figura 18 – Esquema da construção e instalação da lombada interna do FALAC.....	34
Figura 19 – Esquema do encaixe das peças do FALAC.....	35
Figura 20 – Corte da sobra da tela mosquiteira do FALAC.....	35
Figura 21 – FALAC instalado na URU.....	36
Figura 22 – Peças utilizadas na montagem do SPAAF.....	38
Figura 23 – Ferramentas utilizadas na montagem do SPAAF.....	39
Figura 24 – Esquema de montagem do alimentador do RAC-PET.....	40
Figura 25 – Esquema da construção do estreitamento do SPAAF.....	42
Figura 26 – Esquema de construção do fundo do SPAAF.....	43
Figura 27 – Montagem do SPAAF.....	44
Figura 28 – SPAAF instalado na URU.....	45
Figura 29 – Peças utilizadas na montagem do RAC-PET.....	47
Figura 30 – Ferramentas utilizadas na montagem do RAC-PET.....	48
Figura 31 – Esquema de montagem do ML do RAC-PET.....	49

Figura 32 – Esquema do reforço do suporte do RAC-PET	50
Figura 33 – Exemplo da formação de blocos de 30 garrafas.....	50
Figura 34 – Suportes metálicos tipo cantoneira instalados na URU	52
Figura 35 – Blocos de garrafas de PET fixos na grade de ripa na URU	53
Figura 36 – Entrada do alimentador do RAC-PET, extravasor e saída d'água.....	54
Figura 37 – SAAC-SBE montado e instalado na URU	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Exemplos de utilização de água de chuva, no meio urbano, no Brasil.	8
Tabela 02: Demanda residencial não potável.	15
Tabela 03: Demanda proposta e realizada de água não potável da URU durante o ano de 2011	55
Tabela 04: Precipitação pluviométrica mensal, de 2000 a 2011, na Estação Convencional (INMET), em Cidade de São Luís/MA.....	57
Tabela 05: Custos das peças da calha convencional de menor valor no mercado	61
Tabela 06: Custos das peças da CAC.....	62
Tabela 07: Custos dos Filtros Comercializados	64
Tabela 08: Custos das peças do FALAC	65
Tabela 09: Custos das peças do SPAAF.....	68
Tabela 10: Custo do Reservatório convencional.....	70
Tabela 11: Custos das peças do RAC-PET	71
Tabela 12: Custo de um sistema de aproveitamento de água de chuva convencional.....	74
Tabela 13: Custo do SAAC-SBE	74
Tabela 14: Método de Simulação do SAAC-SBE	75

LISTA DE SIGLAS

a.C. - antes de Cristo

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADR - Abertura para o Descarte de Resíduos

ANA - Agência Nacional de Águas

CAC - Calha para Água da Chuva

CO₂ - Dióxido de Carbono

CPD - Calha Propriamente Dita

FALAC - Filtro Auto Limpante para Água da Chuva

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

IETC - International Environmental Technology Centre

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

ML - Módulo de Ligação

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

PET - Politereftalato de Etileno

pH – potencial Hidrogeniônico

PVC - Policloreto de Vinila

URU - Unidade Residência Unifamiliar

RAC-PET - Reservatório para Água da Chuva de Politereftalato de Etileno (PET)

SAAC-SBE – Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva Sem Bombeamento Elétrico

SindusCon/SP - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SO₄ - Sulfato

SPAAF - Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas

TBL - Tubo com Bocas Largas

TCI45 - Tubo com Corte Inclinado a 45°

UNEP - United Nations Environment Programme

UV - Ultravioleta

1. INTRODUÇÃO

A escassez da água tornou-se um dos graves problemas mundiais e vem aumentando devido a vários fatores como a poluição hídrica, o uso desordenado, o crescimento da demanda, os aglomerados urbanos e a industrialização. Estes fatores contribuem gradativamente para a diminuição da sua disponibilidade e fazem com que a água torne-se a cada dia um bem mais raro e, conseqüentemente, mais precioso.

O fornecimento de água também é comprometido quando a oferta não acompanha a demanda. Isso se deve ao crescimento acelerado do setor urbano e industrial que aumenta excessivamente o consumo de água. Quanto maior o aglomerado urbano, maior a demanda diária *per capita*.

O uso racional da água compreende o controle de desperdícios e uma re-educação de hábitos e costumes. Esta re-educação está associada ao uso de fontes alternativas como, por exemplo, a captação de águas pluviais, em substituição a água potável para fins que não seja o consumo humano.

A captação de água de chuva é uma técnica muito antiga, com registros datados em 850 a.C., e que foi sendo abandonada ao longo do tempo, à medida que os sistemas de água encanada foram se expandindo.

Atualmente vem-se buscando um resgate desta prática, porém com a utilização de novas tecnologias que viabilizem a implantação do sistema. Sendo a água um recurso passível de escassez, torna-se desperdício a utilização de água clorada e fluoretada para fins menos nobres como lavar calçadas, carros e regar plantas e jardins, práticas comuns nas cidades, que poderiam muito bem ser realizadas com a água de chuva coletada dos telhados das próprias residências. Em alguns casos, como na irrigação de jardins, esta substituição é realizada com vantagens, em função da composição química da água de chuva.

Os sistemas para aproveitamento de água de chuva podem ser definidos como aqueles que coletam a água que escoar por uma superfície, podendo essa ser um telhado, encaminhando-a para um tratamento, quando necessário, para uma reservação e posterior uso.

Os componentes básicos de um sistema de aproveitamento de água de chuva consta da área de captação (telhado, laje e piso), dos sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), da unidade de tratamento da água (reservatório de auto-limpeza, filtros, desinfecção) e do reservatório de acumulação. Podem ainda ser necessários uma tubulação de recalque, reservatório superior e rede de distribuição.

É comum em países em desenvolvimento, encontrar sistemas de captação de água de chuva simples, enquanto nos países desenvolvidos há uma maciça presença de sistemas complexos, com diversos cuidados de ordem quantitativa e qualitativa, como o dimensionamento correto dos elementos e adoção de dispositivos que garantam uma melhor qualidade à água de chuva coletada.

A busca por fontes alternativas de recursos naturais é uma necessidade decorrente tanto do crescimento populacional como do aumento dos padrões de consumo dessa população. A água é um recurso valioso e vital para a vida humana, e que se for superexplorado poderá ser insuficiente para atender à demanda.

O presente projeto tem como finalidade a busca de práticas e tecnologias que permitam a utilização da água de chuva como fonte alternativa deste recurso em diversas áreas, através da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluviais sem bombeamento elétrico de recalque, utilizando materiais alternativos de baixo custo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Construir e testar um Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva Sem Bombeamento Elétrico (SAAC-SBE) utilizando materiais alternativos de baixo custo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Confeccionar um SAAC-SBE utilizando materiais de baixo custo, como garrafas de Politereftalato de Etileno (PET), tubos e conexões de Policloreto de Vinila (PVC);
- Instalar o SAAC-SBE em uma Unidade Residência Unifamiliar (URU), localizada na Cidade de São Luís, no Estado do Maranhão.
- Testar a funcionalidade do SAAC-SBE aproveitando a precipitação pluviométrica ocorrida durante o ano de 2011 e utilizando o método da simulação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA

As fontes alternativas de água aparecem como uma opção viável para atender as demandas que não necessitam de água potável para serem supridas (TOMAZ, 2003).

Os lagos, rios, águas superficiais e águas subterrâneas formadas por aquíferos são as principais fontes de captação de água historicamente utilizadas pelo homem. Nos últimos anos, houve um interesse na busca por fontes alternativas, como a utilização de águas pluviais mesmo nas regiões que possuem abastecimento de água por redes de distribuição e o reuso de águas, denominado uso de águas cinza (TOMAZ, 2003).

De acordo com o manual *Conservação e Reúso da Água em Edificações* (ANA/FIESP/SindusCon/SP, 2005), consideram-se fontes alternativas de água todas aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo seu uso.

A utilização de água de chuva é uma forma barata de substituição de fontes e, até mesmo, para o consumo potável, se devidamente tratada. (TOMAZ, 2003).

No Brasil estas fontes são aquelas não inseridas no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, tais como água do solo, águas subterrâneas, água de chuva e uso de efluentes tratados. Além disso, segundo Rebouças (2004), o grande desafio, tanto da sociedade, quanto do seu meio técnico é mudar a idéia tradicional, historicamente adquirida, de que a única solução para os problemas locais e ocasionais de escassez de água é aumentar sua oferta, mediante a construção de obras grandiosas para captação da água que escoam pelos rios.

3.2 ÁGUA DE CHUVA

Desde os primórdios da existência humana sabe-se que a água é a fonte essencial à vida, e a captação e o aproveitamento da água de chuva foi uma das formas que o homem descobriu para suprir as suas necessidades. Esta atividade vem de épocas muito antigas, registradas em 850 a.C. e foi utilizada por vários povos, por todo o mundo (TOMAZ, 2003).

3.2.1 Utilização da água de chuva pelo mundo

Tomaz (2003) reporta que uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 a.C. Nela, o rei Mesha dos Moabitas, sugere a construção de um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva.

No palácio de Knossos na ilha de Creta, aproximadamente 2000 a.C., aproveitava-se a água da chuva para descargas em vasos sanitários (THE RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK apud TOMAZ, 2003).

Na Iha de Oahu, no Havaí, a precipitação anual é generosa, cerca de 7.620 mm/ano. Entretanto, nas colinas afastadas do meio urbano, a água de chuva é o único meio de abastecimento, pois, a rede de água tratada não chega até as colinas e a água subterrânea não está disponível. Este costume é antigo, pois há um tanque de madeira com mais de 120 anos instalado no local (GROUP RAINDROPS, 2002).

Tomaz (2003) ressalva que a grande fortaleza e o convento dos Templários, localizados na cidade de Tomar, Portugal, foram construídos no ano de 1160 e lá ainda existem dois reservatórios de água de chuva, sendo um com 215 m³ e o outro com 145 m³.

O manejo e o aproveitamento da água de chuva para uso doméstico, industrial e agrícola estão ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerados meios eficazes para se abrandar o grave problema ambiental da crescente escassez de água (TOMAZ, 2003).

Hamburgo, na Alemanha, foi o primeiro estado que instalou sistemas de aproveitamento de água de chuva, e desde 1988 até 2000, foram instalados aproximadamente 1.500 sistemas. Também na Alemanha, o aproveitamento de água de chuva é utilizado na irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquina de lavar roupa e no uso comercial e industrial, sendo feitas desde 1980 (TOMAZ, 2003).

Em Berlim, no mês de outubro de 1998, foram introduzidos sistemas de utilização de água de chuva como parte de um re-desenvolvimento urbano de grande escala, para controlar as inundações urbanas e criar um micro-clima. A chuva que cai nos telhados de 19 edifícios (área total de 32.000 m²) é coletada e armazenada em um tanque de 3.500 m³. Esta água então, é utilizada na descarga da bacia sanitária, rega de jardim e recarga de um lago artificial (UNEP, 2005).

Em Singapura, cerca de 86% da população vive em grandes edifícios. As declividades dos telhados auxiliam a captação de água de chuva que depois de coletadas são armazenadas em cisternas para usos não potáveis (UNEP, 2005).

Em Tóquio, no Japão, o armazenamento e utilização da água de chuva são promovidos para mitigar a falta de água, o controle de inundações e assegurar a disponibilidade de água nos casos de emergência. O Ryogoku Kodugikan Sumo – Arena de Lutas, construído em 1985 na cidade de Sumida, é bem conhecido pela utilização de água de chuva em grande escala. A água é coletada da superfície dos telhados com 8.400 m² de área. Esta água é reservada e utilizada na descarga de bacia sanitária e no aparelho de ar condicionado. Outro grande exemplo é o estádio Tokyo Dome, onde o teto funciona como uma lona gigante que recolhe a chuva e a armazena em reservatórios, onde ela é tratada e distribuída. Aproximadamente um terço da água utilizada no estádio provém da chuva (UNEP, 2005).

Os sistemas de captação de água de chuva na Micronésia, geralmente, constituem-se de uma superfície de captação, um sistema de calhas, descarte da primeira água, tubo de queda, filtro, tela para reter materiais grosseiros e cisterna para reservação, conforme mostra a Figura 01. As superfícies de coleta geralmente são os telhados das residências e dos edifícios públicos, e predomina o uso de cobertura com metal galvanizado corrugado (DILLAHA & ZOLAN, 1985).

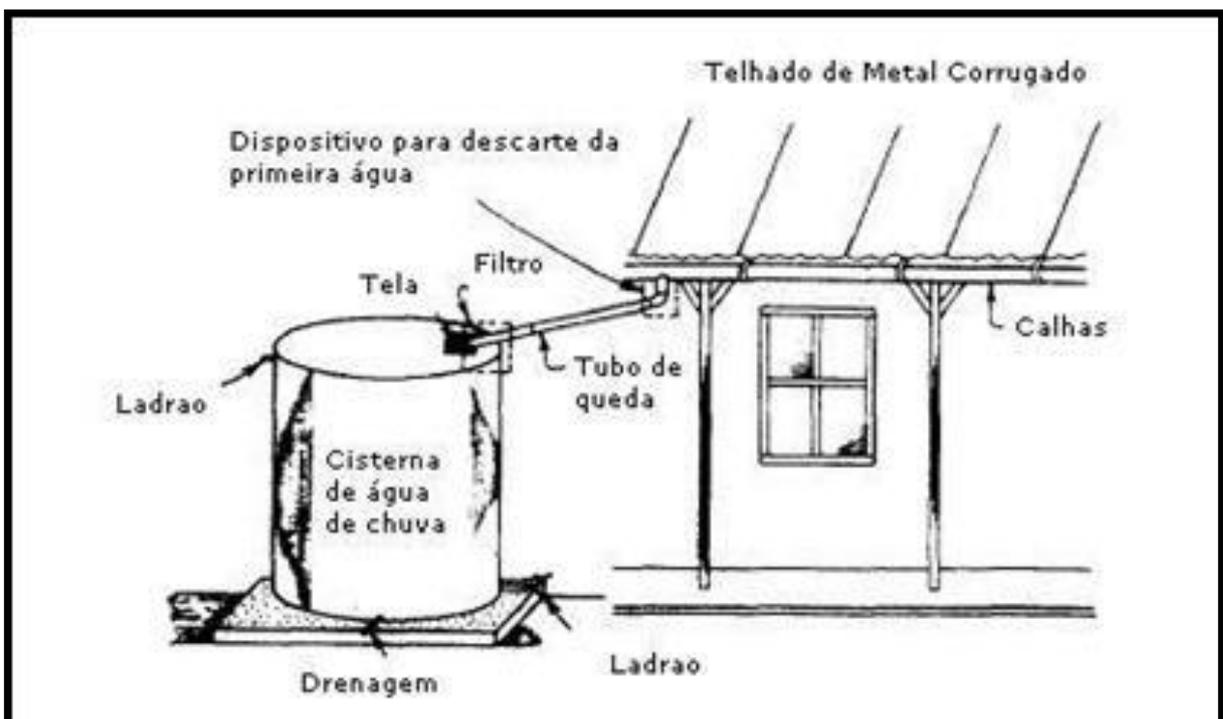


Figura 01 – Sistema de captação utilizado na Micronésia.

Fonte: DILLAHA & ZOLAN, 1985.

Em Londres, no estádio *Millenium Dome* a água de chuva é coletada a partir de uma cobertura de fibra de vidro com uma área de 100 mil m², que permite captar um volume de água para suprir 20% da demanda diária dos 500 m³ utilizados nos banheiros (LAZAROVA *et al.*, 2003).

3.2.2 Utilização da água de chuva no Brasil

Até os anos 30, no Brasil, não eram raras as casas com reservatórios para armazenamento de água de chuva, porém este método tornou-se obsoleto com as construções das redes de abastecimento (Rebello, 2004). Entretanto, há exemplos de conservação da água através do uso da água de chuva, como a lavanderia industrial “Lavanderia da Paz” em São Paulo, que há 30 anos capta, processa e então utiliza a água de chuva nos seus processos de lavagem (SICKERMANN, 2003). Na ilha de Fernando de Noronha, onde não há rede de distribuição de água, desde 1.943 a água de chuva é captada e utilizada para abastecer a população (GHANAYEM, 2001).

O sistema de coleta e armazenamento de água de chuva no Brasil é uma técnica popular, principalmente nas regiões semi-áridas como o nordeste brasileiro, onde o regime de chuva é baixo e necessita-se armazenar água para suprir principalmente as demandas potáveis (MAY, 2004). De acordo com Sonda *et al.* (apud MAY, 2004) a construção de cisternas no semi-árido trouxe diversos benefícios às pessoas que utilizam esse sistema, onde facilitou a vida cotidiana, diminuiu o índice de doenças (nas cisternas onde são efetuadas limpezas periódicas), há disponibilidade de água para beber, cozinhar e limpeza em geral.

No estado de Santa Catarina, a primeira utilização da água de chuva comprovada, é datada do século XVIII, na Fortaleza de Ratonos, situada na ilha de Ratonos. Esta ilha era desprovida de fonte de água, e então foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, onde esta era utilizada para diversos fins, inclusive para o consumo das tropas (TOMAZ, 2003).

Hoje, o aproveitamento de água de chuva surge como uma alternativa para diminuir os problemas com a escassez e contribuir com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos (TOMAZ, 2003). Alguns exemplos de utilização da água de chuva no meio urbano podem ser visualizados na Tabela 01. Percebe-se que há uma economia de água potável significativa, apresentando valores de 6.590 L/ano.

Tabela 01: Exemplos de utilização de água de chuva, no meio urbano, no Brasil.

OBRA	CIDADE/UF	ÁREA DE CAPTAÇÃO (m²)	VOLUME DA CISTERNA (L)	ECONÔMIA DE ÁGUA POTÁVEL (L) *
Super Mercado Angeloni	Joinville/SC	5.150	167.330	6.590
Templo da Igreja Universal	Santo André/SP	3.600	50.000	3.450
Super Mercado BIG	Camburiú/SC	4.859	162.000	5.830
Hotel IBIS	Blumenau/SC	569,5	16.000	684
Primavera Tennis	Florianópolis/SC	3.200	60.000	3.580
Polland Química	Xerém/RJ	3.000	140.000	2.850
Univille	Joinville/SC	1.100	45.000	1.490
Auto Posto BIG	Esteio/RS	2.800	77.000	2.670
Auto Posto Nasato	Timbó	800	60.000	890

Fonte: Bella Calha (2006).

* Economia anual com base na série histórica pluviométrica.

3.2.3 Tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva

Os sistemas para aproveitamento de água de chuva podem ser definidos como aqueles que captam a água da superfície na qual esta escoar, encaminhando-a para um tratamento, quando necessário, para uma reservação e posterior uso (TOMAZ, 2003).

De acordo com Santos (2002) a configuração básica de um sistema de aproveitamento de água de chuva consta da área de captação (telhado, laje e piso), dos sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), da unidade de tratamento da água (reservatório de auto-limpeza, filtros, desinfecção) e do reservatório de acumulação. Podem ainda ser necessários uma tubulação de recalque, reservatório superior e rede de distribuição.

Segundo Campos & Amorim (2004), estes sistemas dependem de alguns fatores, podendo ser dos mais simples aos mais sofisticados tecnologicamente, de acordo com o uso ao qual a água se destinará e do recurso disponível. E os autores ainda complementam que, os elementos constituintes de um sistema de aproveitamento de água de chuva estruturam-se em

componentes essenciais (área de captação, calhas e condutores de descida e o reservatório) e dos acessórios (filtros, freios de água, bombas, esterilizadores de UV, entre outros).

3.2.4 Constituição dos sistemas

A utilização dos sistemas de aproveitamento de água de chuva, além de propiciar a conservação do recurso, possibilita a redução do escoamento superficial diminuindo a carga nos sistemas de coleta pluviais que, conseqüentemente, diminui o risco de inundações. Para isso, é necessário que estes sistemas sejam bem elaborados e executados de forma prática e simples para que o seu funcionamento seja eficiente.

Para a coleta da água de chuva são necessários calhas, condutores, dispositivos para descarte da água de lavagem do telhado e a cisterna para sua reservação, conforme mostra a Figura 02.

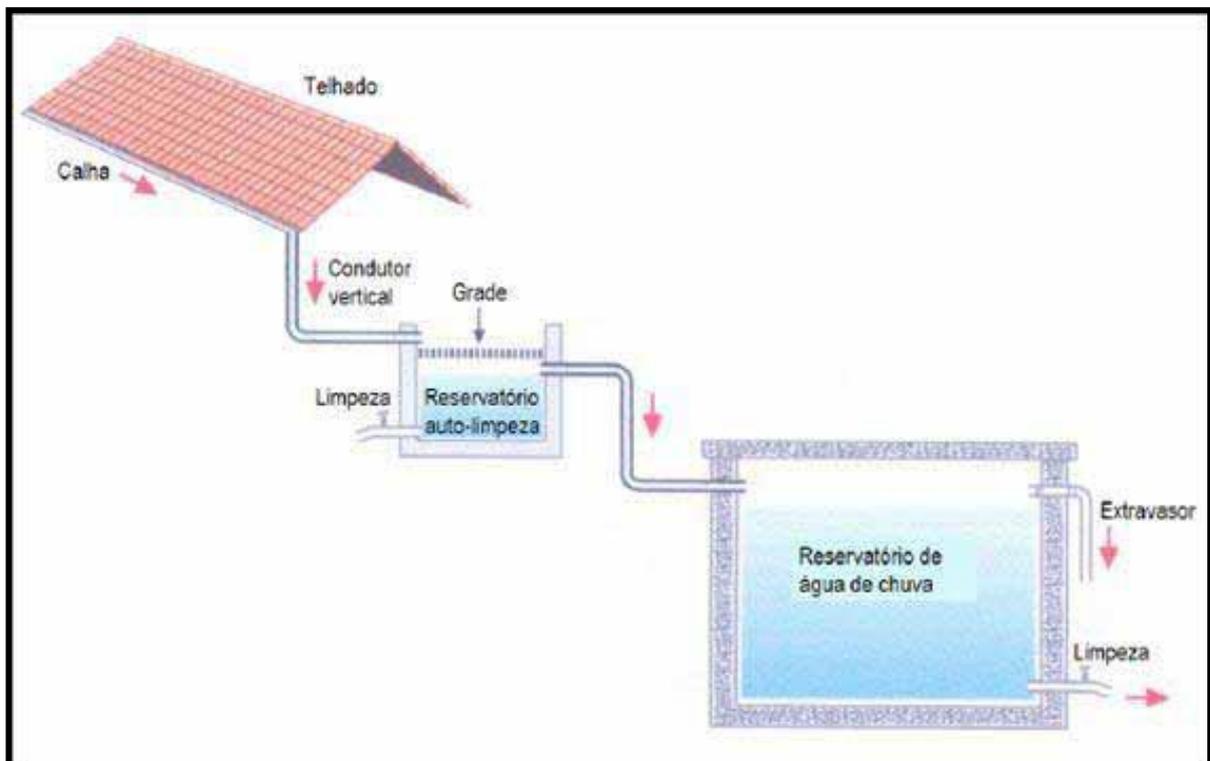


Figura 02 – Esquema de coleta água de chuva

Fonte: MAY, 2004.

De acordo com o manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc...);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

a) Precipitação pluviométrica

A precipitação pluviométrica é um dos fatores que atua diretamente no sucesso do sistema de aproveitamento de água de chuva. Se as chuvas de determinada região forem bem distribuídas e regulares ao longo do período, mais eficiente será o sistema, e conseqüentemente o dimensionamento da cisterna, otimizando o volume de reservação (TOMAZ, 2003)

Esta precipitação deve ser estabelecida em função de dados médios mensais publicados em nível nacional, regional ou local e também em função da série histórica de chuvas na região de implantação do sistema (TOMAZ, 2003)

De acordo com Gleick (apud REBELLO, 2004), as precipitações sobre o planeta são de aproximadamente 378.000 km³/ano, desse total, 319.000 km³/ano evaporam dos oceanos, e 59.000 km³/ano evapotranspiram dos continentes. A evaporação total é, pelo balanço hídrico global, equivalente à precipitação. As precipitações sobre o continente (95.000 km³/ano) são maiores do que a evapotranspiração, porque 3.600 km³/ano são trazidos dos oceanos para os continentes através das correntes atmosféricas. São estes 36.000 km³/ano que podem ser usados para atender as demandas antrópicas.

O Brasil recebe um significativo volume de chuvas que pode variar de 3.000 mm/ano na Amazônia e 1.300 mm/ano na região central do país, e isso se caracteriza pelo predomínio

dos climas equatorial e tropical. Já no sertão nordestino este índice varia entre 250 mm/ano a 600 mm/ano (TOMAZ, 2003).

b) Área de captação

A área de captação é aquela onde ocorre toda a coleta da água chuva que virá a ser utilizada. É considerada um dos pontos principais no dimensionamento, pois a partir desta, é que será determinada a quantidade de água de chuva que poderá ser captada e aproveitada (MAY, 2004).

Comumente, estas áreas são as superfícies dos telhados, as áreas impermeabilizadas (lajes, áreas de estacionamentos, pátios) ou drenagem do solo. Geralmente a água é captada dos telhados das residências e das indústrias e de acordo com Lee *et al.* (2000), a captação da água de chuva através dos telhados é considerada mais simples e em sua maioria produz uma água de melhor qualidade comparada aos outros sistemas.

Estas coberturas devem ser projetadas e executadas de acordo com as normas técnicas. Elas podem ser inclinadas, pouco inclinadas ou planas, pois, para cada tipo de material há um tipo de inclinação e um fator de escoamento (C) onde, para captação de água de chuva, deve-se escolher aquele que possui menor absorção de água contribuindo para a diminuição das perdas. As coberturas podem ser executadas com telhas (cerâmicas, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, Policloreto de Vinila (PVC)), concreto armado, manta asfáltica, entre outros (MAY, 2004).

Segundo Santos (2002), as características da área de captação, como as dimensões, forma e rugosidade, associadas às características hidrológicas locais (índice pluviométrico e período de retorno), permitem estimar a vazão a ser captada.

c) Coeficiente de escoamento (C) ou Runoff

Nem todo volume de água de chuva precipitado é aproveitado devido às perdas, como, por exemplo, a evaporação e os vazamentos nas tubulações. Para justificar estas perdas utiliza-se um valor a partir do quociente entre a água que esco superficialmente pelo total de água precipitada, chamado de coeficiente de Runoff ou de coeficiente de escoamento, e o seu símbolo é representado pela letra – C (PETERS, 2006).

Tomaz (2003) pesquisou coeficientes que variaram entre 0,67 a 0,90. E para cada tipo de material utilizado no sistema de captação há uma faixa de valores numéricos de C

correspondentes. Vários autores adotam como coeficiente de Runoff para o Brasil o valor de $C=0,80$.

d) Calhas e condutores

Para a condução da água coletada até a cisterna são necessárias calhas e tubulações verticais. Estes elementos são fundamentais para o funcionamento do sistema, pois são responsáveis por todo transporte de água, do ponto de coleta até o ponto de armazenamento e, geralmente, já se encontram instalados na edificação (MAY, 2004).

O dimensionamento é a partir da vazão captada, e para a o cálculo e execução, devem-se seguir as normas técnicas, obedecendo a NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais – da ABNT. Com um sistema bem dimensionado e executado corretamente diminui-se o risco de se causar um colapso no sistema de aproveitamento, permitindo a redução de riscos na perda de água por extravasamento. A manutenção das calhas também é de extrema importância auxiliando na durabilidade destes materiais (PETERS, 2006)

Os materiais das calhas podem ser: chapas galvanizadas, liga de alumínio e PVC's. Estes materiais devem ter as seguintes características: ser resistente a corrosão, ter longa durabilidade, não devem ser afetados por mudanças de temperatura, serem lisos, leves e rígidos (TOMAZ, 2003).

e) Remoção de materiais grosseiros

A remoção de materiais grosseiros também tem um papel importante na captação da água de chuva. Deve-se evitar a entrada de folhas e galhos nas tubulações, pois estes acarretam em entupimento do sistema e a sua decomposição na cisterna prejudica a qualidade da água armazenada (MAY, 2004).

Para este processo pode-se utilizar um dispositivo na saída da calha, ou uma grade que percorra toda a calha, ou ainda, uma grade na entrada de água do reservatório de auto-limpeza (MAY, 2004).

f) Descarte da primeira água

A água de chuva, quando passa pela superfície de captação, carrega substâncias que interferem diretamente na qualidade da água como, poeira, folhas, galhos, fezes de animais e

aves, sendo necessário o descarte desta primeira porção de chuva. Os dispositivos para o descarte desta água de lavagem do telhado têm por finalidade receber a chuva inicial e melhorar a qualidade da mesma (TOMAZ, 2003).

Segundo o Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), o reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e ao posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação, e os volumes descartados são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem.

Várias técnicas são empregadas para o descarte desta água de lavagem do telhado. No estudo realizado por Dacach (1990), utilizou-se um tonel com capacidade para 50 litros que funcionava da seguinte forma: a água de chuva coletada pelo telhado passava pelas calhas e descia através de um condutor vertical chegando até o tonel que em sua parte inferior localizava-se um pequeno orifício (0,5 cm). Este orifício funcionava como um regulador de vazão, pois à medida que a água de chuva chegava ao tonel era descartada com uma vazão menor que a de entrada, fazendo com que o nível de água no tonel aumentasse gradativamente chegando até a tubulação do reservatório de água de chuva (Figura 03).

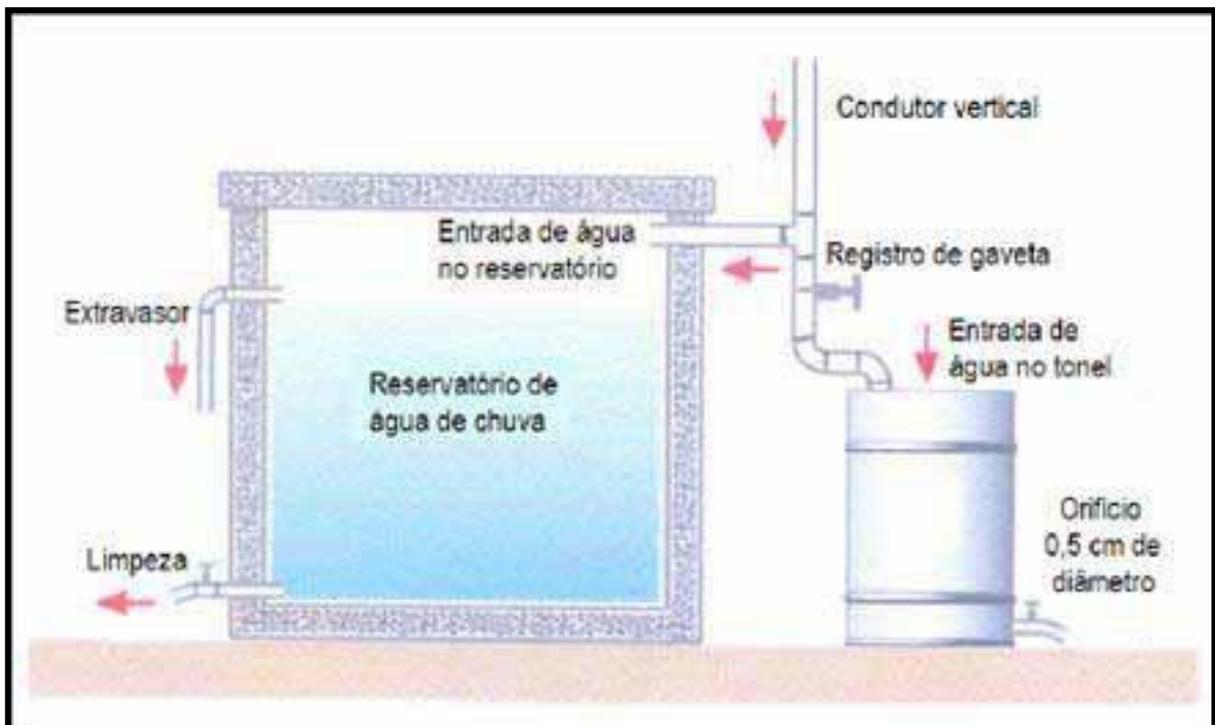


Figura 03 – Descarte da 1ª água de chuva utilizando tonel

Fonte: Dacach, 1990.

Os reservatórios de auto-limpeza com torneira bóia funcionam de forma que, ao chegar a um nível pré-estabelecido, a bóia fecha o condutor encaminhando a água de chuva captada para uma cisterna e retendo a primeira água de chuva em outro reservatório (Figura 04). Após o término da precipitação, o registro de auto-limpeza deste reservatório deverá ser aberto para retornar as condições iniciais de funcionamento (TOMAZ, 2003).

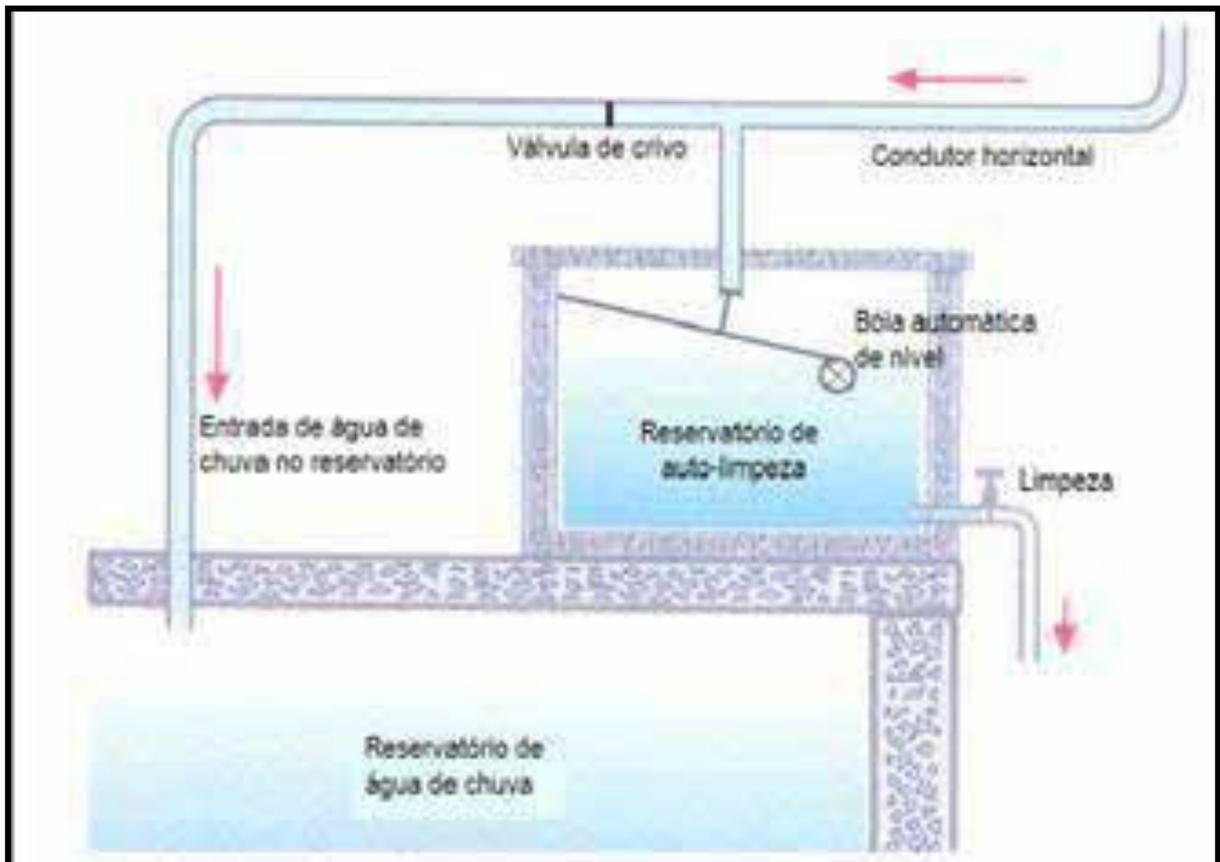


Figura 04 – Reservatório de auto limpeza com bóia de nível.

Fonte: Dacach, 1990.

g) Formas de tratamento

Após o descarte, algumas substâncias ainda permanecem na água de chuva onde, em alguns casos, faz-se necessária a utilização de dispositivos para a sua filtração. De acordo com o Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), considerando-se os usos não potáveis mais comuns em edifícios, são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta. Eventualmente podem-se utilizar sistemas mais complexos que proporcionem níveis de qualidade mais elevados.

No estudo realizado por Barcelos & Felizzato (2005) no aproveitamento de águas atmosféricas para fins não potáveis, foi utilizado um filtro confeccionado a partir de um tonel de ferro. Este tonel possuía um comprimento de 3,66 m e diâmetro de 1,33 m e foi preenchido com areia e brita com a finalidade de reter as impurezas.

Contudo, quando o destino da água de chuva é para fins potáveis a filtração com carvão ativado é mais empregada, neste contexto, Valle *et al.* (2005) utilizaram um filtro composto por uma camada de seixo rolado (camada suporte), com 50 cm de areia e carvão ativado.

Segundo Santos (2002), o filtro de areia é uma alternativa ao reservatório de auto-limpeza, pois contribui para remoção de cor e turbidez da água. Já a desinfecção é importantíssima para a remoção dos agentes patogênicos, os quais são oriundos das áreas de captação ou dos próprios reservatórios, que são meios propícios para o desenvolvimento destes microorganismos.

Entretanto o “Group Raindrops” (2002) ressalva que, se a água de chuva não for utilizada para fins potáveis como beber, cozinhar e tomar banho, não é necessário a desinfecção da mesma. Este tipo de tratamento aumentaria os custos e exigiria do usuário uma permanente manutenção do sistema.

h) Estimativa da demanda

A estimativa da demanda que se deseja atender é um fator que irá influenciar diretamente no cálculo da cisterna de água de chuva. Obter os seus valores de forma coerente e precisa influenciará diretamente no volume do reservatório e conseqüentemente na economia do sistema. A Tabela 02 apresenta valores para a demanda interna e externa de água não-potável em uma residência, segundo Tomaz (2000).

Tabela 02: Demanda residencial não potável.

<i>Demanda Interna</i>	<i>Faixa</i>	<i>Unidade</i>
Bacia sanitária – Volume	6 – 15	L/descarga
Bacia sanitária – Frequência	4 – 6	Descarga/hab/dia
Máquina de Lavar Roupa – Volume	100 – 200	L/ciclo
Máquina de Lavar Roupa – Frequência	0,2 – 0,3	Carga/hab/dia

<i>Demanda Externa</i>	<i>Faixa</i>	<i>Unidade</i>
Rega de Jardim – Volume	2	L/dia/m ²
Rega de Jardim – Frequência	8 – 12	Lavagem/mês
Lavagem de Carro – Volume	80 – 150	L/lavagem/carro
Lavagem de Carro – Frequência	1 – 4	Lavagem/mês

Fonte: Tomaz (2000).

A viabilidade econômica do sistema dependerá de um estudo adequado do volume ideal de armazenamento, pois o reservatório, segundo Thomas (2003), pode variar de 50% a 80% do custo total do sistema.

i) Armazenamento

O componente final do sistema de aproveitamento de água de chuva é o reservatório de acumulação ou cisterna. Além de reservar a água, este componente também é responsável pela qualidade da mesma no ponto de consumo (TOMAZ, 2003).

As cisternas podem estar apoiadas, enterradas ou elevadas, dependendo da necessidade requerida. Estas poderão ser construídas por diversos materiais, desde plásticos, fibra de vidro, concreto, ferro-cimento, alvenaria, madeira, ferro galvanizado entre outros. A escolha do material da cisterna é importante, não somente para determinar o custo do sistema, mas também para garantir uma qualidade mínima da água armazenada (TOMAZ, 2003).

De acordo com Anecchini (2005), alguns cuidados devem ser tomados com relação à cisterna, visando a sua manutenção e a garantia da qualidade da água como: a cobertura da cisterna ser impermeável; evitar a entrada de luz no sistema para impedir a proliferação de algas; evitar a entrada de animais e insetos no sistema, com a utilização de telas nas tubulações de entrada e saída; e possuir uma entrada de visita no sistema para a sua manutenção (inspeção e limpeza).

Geralmente, a cisterna é o componente mais dispendioso do sistema, por isso seu dimensionamento requer cuidados para não tornar sua implantação inviável. Alguns métodos são utilizados para o dimensionamento do volume de reservação, que leva em conta o regime de precipitação local, como os dias de estiagem e a série histórica de chuvas na região, e a demanda específica que deseja-se atender (TOMAZ, 2003).

Conforme prevê a NBR 15527, em seu anexo A, para o cálculo e dimensionamento do reservatório ideal para armazenamento de água de chuva pode-se usar alguns dos métodos conhecidos, não sendo obrigatório o seu uso, mas esclareceu a necessidade de justificar o

método adotado. A norma salienta ainda que a decisão do volume do reservatório deverá ser técnica, econômica e ambiental. Alguns métodos citados pela norma estão descritos abaixo:

- Método de Rippl: é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem. Segundo Garcez (apud Anecchini, 2005) este método é baseado no diagrama de massa do sistema, e é utilizado para o cálculo de reservatórios de água destinados a acumular água para abastecimento, para aproveitamento hidrelétrico, para irrigação, para controle de enchentes e para regularização de cursos d'água;
- Modelo Comportamental: segundo Anecchini (2005), este modelo simula a operação do reservatório num período de tempo, simulando fluxos de massa com algoritmos que descrevem a operação de um reservatório. Os dados de entrada utilizados para simular o fluxo de massa são baseados em intervalos de tempo (minutos, horas, dias ou meses).
- Método de Simulação de Monte Carlo: de acordo com Lopes e Santos (2002), é um método baseado na simulação de variáveis aleatórias. É considerado simples e flexível e pode ser aplicado em problemas de qualquer nível de complexidade. Ele consiste em gerar séries sintéticas de chuva, a partir de séries históricas, resultando em diferentes volumes de reservação para diferentes probabilidades de atendimento de demanda (Tomaz, 2003).
- Método Interativo: é uma adaptação do Método de Rippl, proposto por Anecchini (2005) em seu estudo. Esse método faz um cálculo do volume de chuva captável por mês e por ano do sistema, colocando os resultados a disposição do programador para que este possa usá-los como base para não estimar um volume maior que o necessário.

3.2.5 Qualidade da água de chuva

Para a utilização da água de chuva necessita-se um controle da qualidade e a verificação da necessidade de tratamento, a fim de propiciar segurança à saúde do usuário e o não comprometimento da vida útil dos componentes do sistema de aproveitamento (TOMAZ, 2003).

Entre os fatores que influenciam na qualidade da água de chuva pode-se destacar:

- Localização geográfica (áreas urbanas ou rurais);
- Proximidade do oceano;
- Proximidade de áreas com vegetação;
- Proximidade de áreas mineradas e indústrias;
- Condições meteorológicas;
- Estações do ano.

A partir destes fatores, a qualidade da água de chuva pode ser caracterizada da seguinte forma: ao lavar a atmosfera, ao lavar a superfície de captação, no reservatório de acumulação e no ponto de uso (TOMAZ, 2003).

Ao lavar a atmosfera a chuva carrega substâncias contaminantes presentes na mesma, podendo modificar a sua qualidade inicial como, por exemplo, a ocorrência de chuvas ácidas que causam danos aos rios, lagos, vegetações e, inclusive, danos aos materiais e estruturas dos sistemas (TOMAZ, 2003).

O pH é um parâmetro necessário para a avaliação da ocorrência de chuva ácida, uma vez que o seu valor está diretamente relacionado com o teor de íons de hidrogênio livre, expressando o grau de acidez ou alcalinidade (DEUS *et al.*, 2002).

Em condições normais, o pH da água de chuva é levemente ácido, com valores variando em torno de 5,6, devido a presença do dióxido de carbono nas nuvens e durante a precipitação. Segundo Jaques *et al.* (2005) mesmo em áreas inalteradas pela ação do homem, o pH encontra-se próximo de 5,0 devido à presença de CO₂ e o SO₄ que reagem com a água da chuva formando ácidos que diminuem o pH.

Segundo Deus *et al.* (2002), concentrações iguais ou inferiores a 5,6 são consideradas precipitações ácidas. Entretanto, Seinfeld & Pandis (apud Anecchini, 2005) ressaltam que é razoável considerar a ocorrência de chuva ácida quando o pH for inferior a 5,0. Barcelos & Felizzato *et al.* (2005) perceberam em seus estudos que a água da chuva bruta é levemente ácida e ao passar pela filtração com areia torna-se mais alcalina.

Parte da contaminação da água de chuva se dá após a passagem pela superfície de captação. Rebello (2004) aponta que entre os diversos materiais e substâncias presentes nestas superfícies, podem-se citar: fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, revestimento do telhado, fibras de amianto, resíduos de tintas, entre outros que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos. Isso reforça a ação de eliminar-se a primeira água de chuva ou água de descarte.

A presença de sólidos em suspensão ou dissolvidos na água de chuva, em sua maioria, está associada à presença de poluentes atmosféricos, poeiras e fuligens que entram em contato com a água através da superfície de captação. Segundo Rebello (2004), o parâmetro cor é determinado por uma alteração na aparência da água provocada pelos sólidos dissolvidos como ocorre, por exemplo, quando existe a decomposição da matéria orgânica no meio líquido. Já o parâmetro turbidez, pela presença de sólidos em suspensão, confere a aparência turva da água.

Valores altos de dureza conferem à água de chuva um potencial pequeno na formação de espuma, implicando um maior consumo de sabão, podendo provocar incrustações nas tubulações principalmente nas de água quente (TOMAZ, 2003).

Os patógenos podem ser encontrados na água de chuva, pois estes microorganismos, além de estar contidos nas fezes humanas, também podem estar presentes nos solos, plantas ou quaisquer efluentes que contenham matéria orgânica (MAY, 2004).

4. METODOLOGIA

Este estudo consiste na confecção e instalação de um SAAC-SBE, utilizando materiais de baixo custo, como garrafas de PET, tubos e conexões de PVC, em uma Unidade Residência Unifamiliar (URU), localizada na Cidade de São Luís, no Estado do Maranhão. Também, no SAAC-SBE, depois de construído, foi realizado um teste de funcionalidade, aproveitando a precipitação pluviométrica ocorrida no ano de 2011 e utilizando o método da simulação.

4.1 CONFECÇÃO E INSTALAÇÃO DO SAAC-SBE

A fim de uma melhor visualização, o método de confecção e instalação do SAAC-SBE foi separado de acordo com cada um de seus componentes: Calha para Água de Chuva (CAC), Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC), Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF) e Reservatório para Água da Chuva de Politereftalato de Etileno (RAC-PET), no qual é detalhado abaixo.

4.1.1 Calha para Água da Chuva (CAC)

O primeiro passo para a construção do SAAC-SBE foi a confecção e instalação de uma calha para escoar a água da chuva até os outros elementos do sistema (FALAC, SPAAF e RAC-PET). Abaixo segue o método de confecção, divididos por peças, ferramentas e montagem e o método instalação da CAC.

4.1.1.1 Confecção da CAC

As peças e ferramentas utilizadas na confecção e instalação da CAC, bem como o método de montagem, estão descritas abaixo:

4.1.1.1.1 Peças utilizadas na confecção e instalação da CAC (Figura 05)

- a) 01 (um) Cap de Policloreto de Vinila (PVC) para esgoto, na cor branca, para tubo de PVC com 100,0 mm de diâmetro;
- b) 01 (um) Tubo de PVC para esgoto, na cor branca, com 100,0 mm de diâmetro por 6,0 m de comprimento;
- c) 01 (um) Joelho de PVC para esgoto, na cor branca, para tubo de PVC com 100,0 mm de diâmetro;
- d) 01 (uma) Redução excêntrica de PVC para esgoto, na cor branca, de tubo de PVC com 100,0 mm para 75,0 mm de diâmetro;
- e) 01 (um) Tubo de PVC para esgoto, na cor branca, com 75,0 mm de diâmetro por 280,0 cm de comprimento;
- f) 01 (um) Joelho de PVC para esgoto, na cor branca, para tubo de PVC com 75,0 mm de diâmetro;
- g) 01 (um) Tubo de PVC para esgoto, na cor branca, com 75,0 mm de diâmetro por 150,0 mm de comprimento;
- h) 10 (dez) Suportes metálicos para prateleira, tipo cantoneira, pintados, de 152,4 mm por 203,2 mm ou 6" x 8", em unidade comercial;
- i) 10 (dez) Ripas com 12 mm de espessura por 50 mm de largura e 250 mm de comprimento;
- j) 20 (dez) Parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 2,9 mm de diâmetro por 13,0 mm de comprimento;
- k) 10 (dez) Parafusos auto-atarraxantes, com cabeça chata, fenda tipo Philips e 4,8 mm de diâmetro por 38,0 mm de comprimento;
- l) 01 (um) Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm de diâmetro por 38,0 mm de comprimento;
- m) 01 (uma) Bucha plástica para fixação com 8,0 mm de diâmetro por 40,0 mm de comprimento.



Figura 05 – Peças utilizadas na confecção e instalação da CAC

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.1.1.2 Ferramentas utilizadas na confecção e instalação da CAC (Figura 06)

- a) 01 (uma) Furadeira de Impacto;
- b) 01 (um) Mini arco de serra com lâmina;
- c) 01 (uma) Chave de fenda, tipo Phillips;
- d) 01 (uma) Broca de aço rápido, com 2,4 mm de diâmetro por 57,0 mm de comprimento;
- e) 01 (uma) Broca com 03 (três) pontas para madeira, com 4,0 mm de diâmetro por 75,0 mm de comprimento;
- f) 01 (uma) Broca com ponta de metal duro/ vídea, com 8,0 mm de diâmetro por 120,0 mm de comprimento.



Figura 06 – Ferramentas utilizadas na montagem da CAC

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.1.1.3 Montagem da CAC

Para a montagem da CAC foi necessário transformar o tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m em uma Calha Propriamente Dita (CPD), em seguida torcer um Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm, prolongar os suportes da CPD e encaixar as peças tratadas. Os detalhes dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Transformação do tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m em uma Calha Propriamente Dita (CPD)

A confecção da CAC iniciou-se com a retirada de 03 (três) fragmentos, de 10 cm de largura por 195 cm de comprimento, do tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m, transformando-o assim em uma Calha Propriamente Dita (CPD). Os cortes no tubo foram realizados com um mini arco de serra, deixando entre cada fragmento retirado um pedaço de 2,5 cm de largura. O esquema das medidas deste corte, bem como suas localizações no tubo, está representado na figura 07.

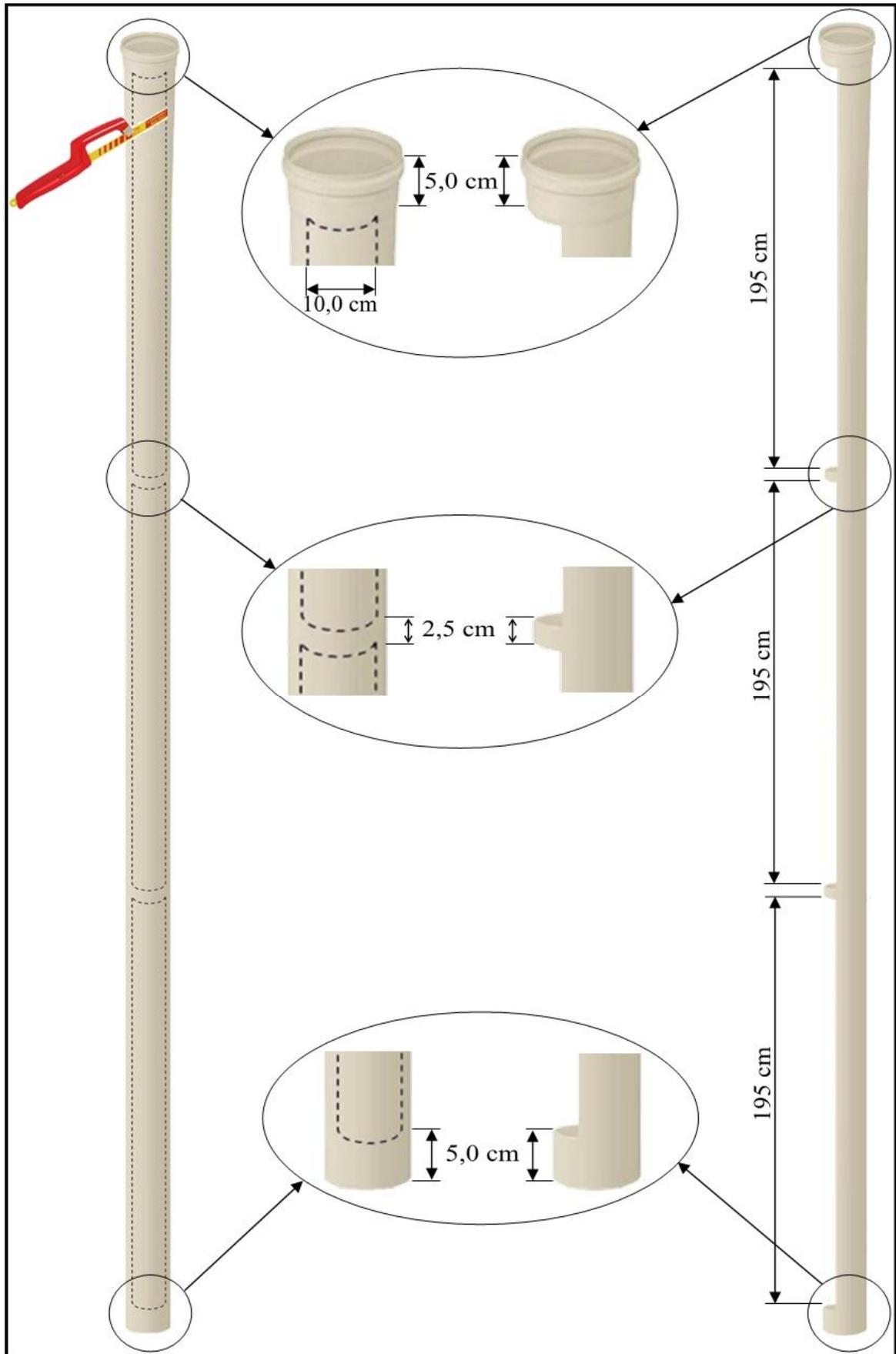


Figura 07 – Esquema dos cortes no tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

b) Torção do Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm

Após a confecção da CPD, houve a necessidade de diminuir o ângulo do joelho de PVC de 75 mm, a fim de favorecer a inclinação das conexões da CPD. Para tanto, foi feita uma pequena torção no tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm, através de aquecimento, ou seja, esquentou-se 50,0 mm do tubo de 75,0 mm x 150,0 mm em uma das extremidades, em seguida introduziu-se o tubo de PVC de 75,0 mm x 280,0 mm e entortou-se lentamente. A figura 08 ilustra como ficou o tubo depois de tratado.

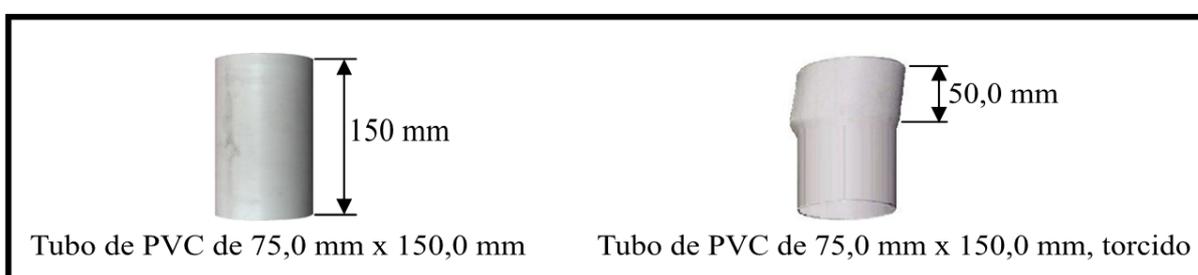


Figura 08 – Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm antes e depois de ser tratado.

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

c) Prolongamento dos suportes da CPD

A CPD foi instalada logo abaixo do telhado, para isso precisou-se de suportes, no entanto os suportes metálicos para prateleira, tipo cantoneira, de 152,4 mm x 203,2 mm, que seriam usados para tal fim, apresentaram-se curtos, pois entre o fim do caibro do telhado e o beiral tinha uma medida maior que o lado maior dos suportes metálicos, logo, fez-se necessário a prolongação do maior lado dos suportes metálicos, para isso usou-se as ripas de 12 mm x 50 mm x 250 mm afixadas com os parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips, de 2,9 mm x 13,0 mm, no entanto, os orifícios presentes nos suportes metálicos não eram suficientes para os aparafusamentos nas ripas, assim foi necessário utilizar a furadeira com a broca de aço rápido de 2,4 mm x 57,0 mm, para efetuar um orifício a mais nos suportes. Os suportes foram presos nas ripas a uma distância de 10,0 cm, como ilustra a figura 09.

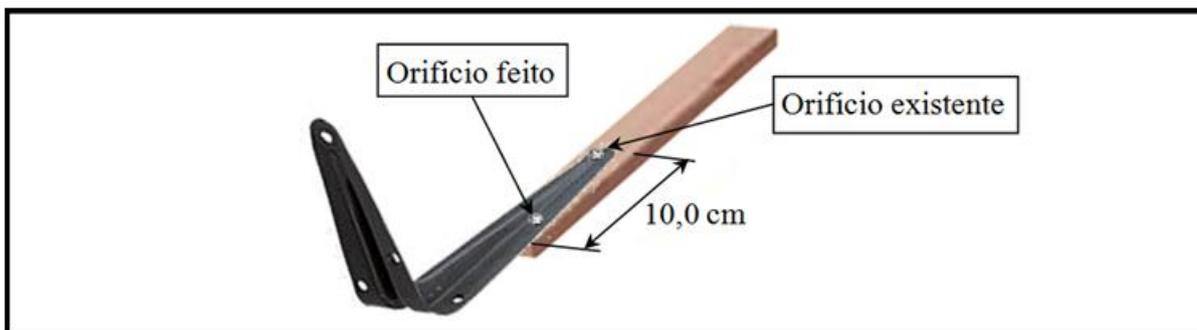


Figura 09 – Suporte metálico aparafusado na ripa

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

d) Encaixe das peças da CAC

Encaixou-se o cap de PVC para 100 mm na extremidade menos larga da CPD, na outra extremidade encaixou-se o Joelho de PVC de 100 mm, em seguida fixou-se nesse Joelho a redução excêntrica de PVC de 100,0 mm para 75,0 mm, na redução inseriu-se o tubo de PVC de 75,0 mm x 280,0 mm, a esse tubo uniu-se o tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm, torcido, nesse tubo torcido fixou-se o Joelho de PVC de 75 mm. A visualização da montagem da CAC está representada na figura 10.

4.1.1.2 Instalação da CAC

O primeiro passo para a instalação da CAC é a fixação dos suportes prolongados, no qual foram afixados no caibro do telhado. Na URU foram utilizados 10 (dez) suportes prolongados, onde os mesmos juntamente com os caibros do telhado levaram 01 (um) furo, com o auxílio da furadeira com broca de 3 pontas para madeira, com 4,0 mm x 75,0 mm, depois foram aparafusados com parafusos auto-atarraxantes, com cabeça chata, fenda tipo Philips de 4,8 mm x 38,0 mm. Após os suportes instalados, a CAC foi encaixada abaixo do beiral, deixando a CPD inclinada para que a água não empoce. A figura 10 mostra a CAC instalada na URU.

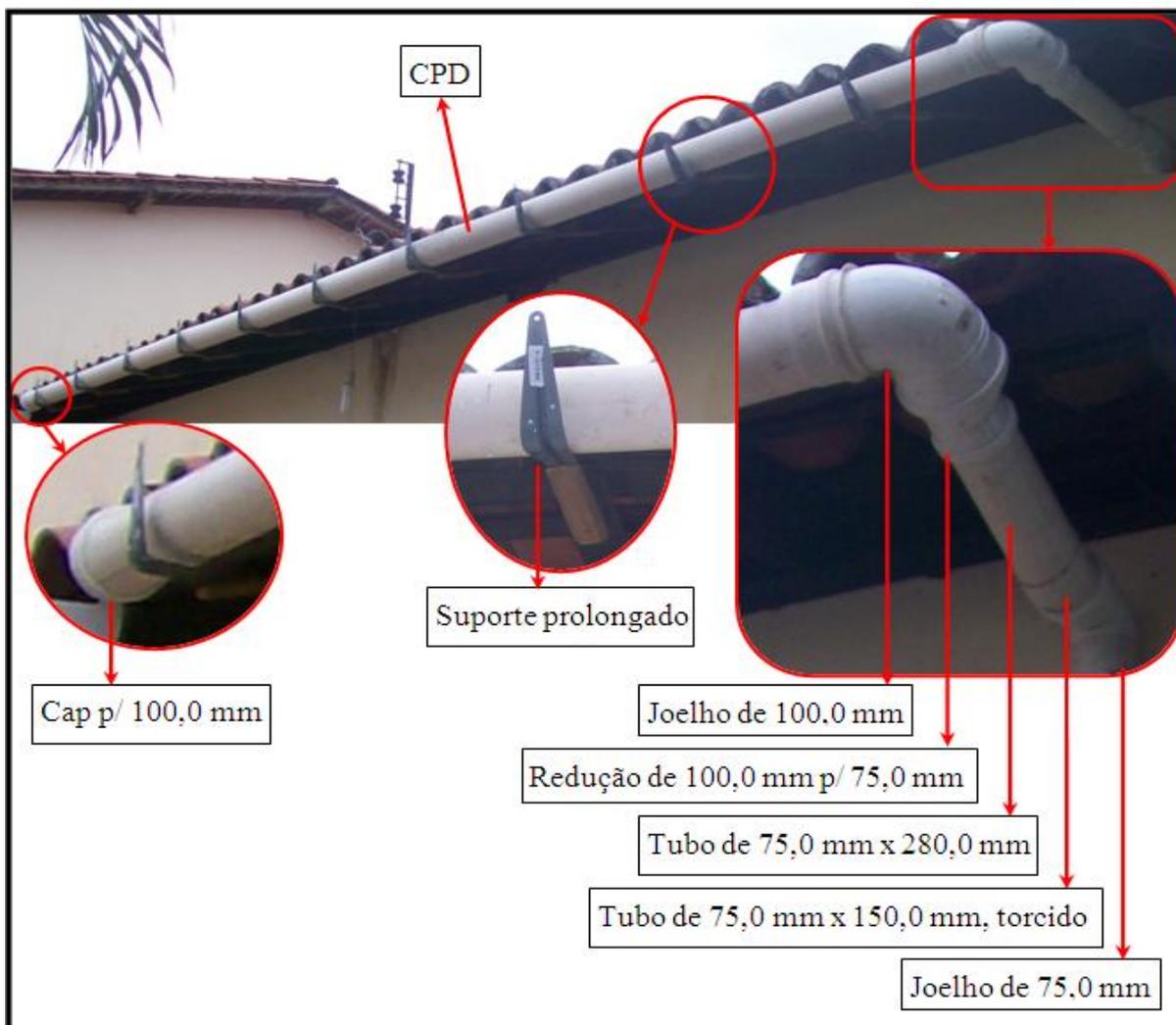


Figura 10 – CAC instalada na URU

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.2 Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)

O segundo passo para a construção do SAAC-SBE é a confecção de um filtro auto limpante, na finalidade de separar resíduos mais grosseiros, como folhas de árvores, pequenos insetos mortos, penas de pássaros, fezes de bichos, etc. Esse filtro recebeu a denominação de auto limpante, por apresentar uma tela mosquiteira inclinada a 45° e uma abertura para o descarte de resíduos, onde a força da água que desce pela CAC faz a limpeza. Tal FALAC é acoplado na saída da CAC, para em seguida ser encaixado no SPAAF e no RAC-PET. Abaixo segue o método de confecção, divididos por peças, ferramentas e montagem e o método instalação do FALAC.

4.1.2.1 Confeções do FALAC

As peças e ferramentas utilizadas na confecção e instalação do FALAC, bem como o método de montagem, estão descritas abaixo:

4.1.2.1.1 Peças utilizadas na confecção e instalação do FALAC (Figura 11)

- a) 02 (dois) Tubos de PVC para esgoto, na cor branca, com 75,0 mm de diâmetro por 200,0 mm de comprimento;
- b) Tela mosquiteira com 30,0 cm de largura por 100,0 cm de comprimento;
- c) Massa epóxi bi-componente com 100g;
- d) Adesivo plástico para tubos e conexões de PVC rígido com 17g;
- e) 01 (um) Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm de diâmetro por 38,0 mm de comprimento;
- f) 01 (uma) Bucha plástica para fixação com 8,0 mm de diâmetro por 40,0 mm de comprimento;
- g) 01 (uma) Abraçadeira com união horizontal, para tubo com diâmetro de 75,0 mm a 90,0 mm.

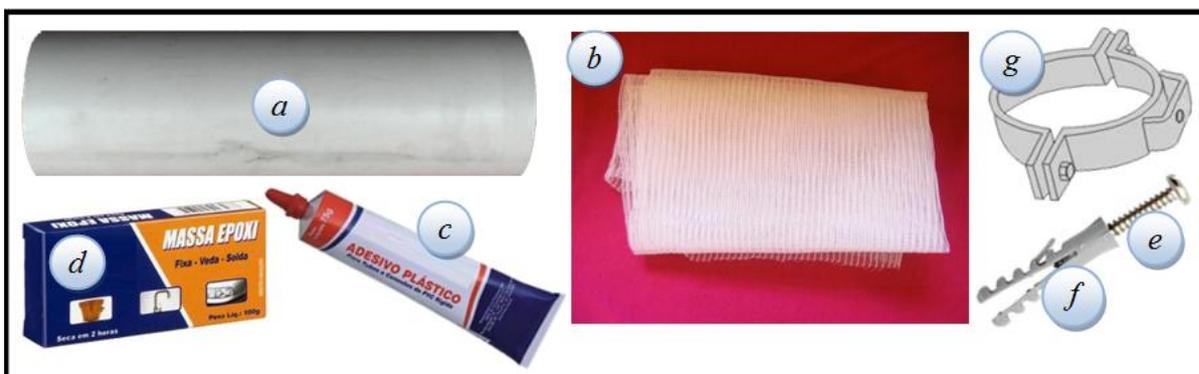


Figura 11 – Peças utilizadas na confecção e instalação da FALAC

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.2.1.2 Ferramentas utilizadas na confecção e instalação do FALAC (Figura 12)

- a) 01 (um) Arco de serra com lâmina;
- b) 01 (um) Mini arco de serra com lâmina;
- c) 01 (uma) Lima chata, grossa e tipo bastarda;
- d) 01 (um) Estilete.
- e) 01 (uma) Furadeira de Impacto;
- f) 01 (uma) Chave de fenda, tipo Phillips;
- g) 01 (uma) Broca com ponta de metal duro/ vídea, com 8,0 mm de diâmetro por 120,0 mm de comprimento.



Figura 12 – Ferramentas utilizadas na montagem do FALAC

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.2.1.3 Montagem do FALAC

Para a montagem do FALAC foi necessário confeccionar um Tubo com Corte Inclinado a 45° (TCI-45) e um Tubo com Bocas Largas (TBL), em seguida efetuar uma Abertura para o Descarte de Resíduos (ADR), introduzir Bico e Lombada interna no FALAC e encaixar as peças tratadas. Os detalhes dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Confeção do Tubo com Corte Inclinado a 45° (TCI-45)

A principal característica do FALAC é a inclinação de 45°, para isso foi necessário efetuar um corte inclinado a 45°, com o arco de serra, em um dos tubos de PVC de 75,0 mm x 200,0 mm, conforme ilustra a figura 13.

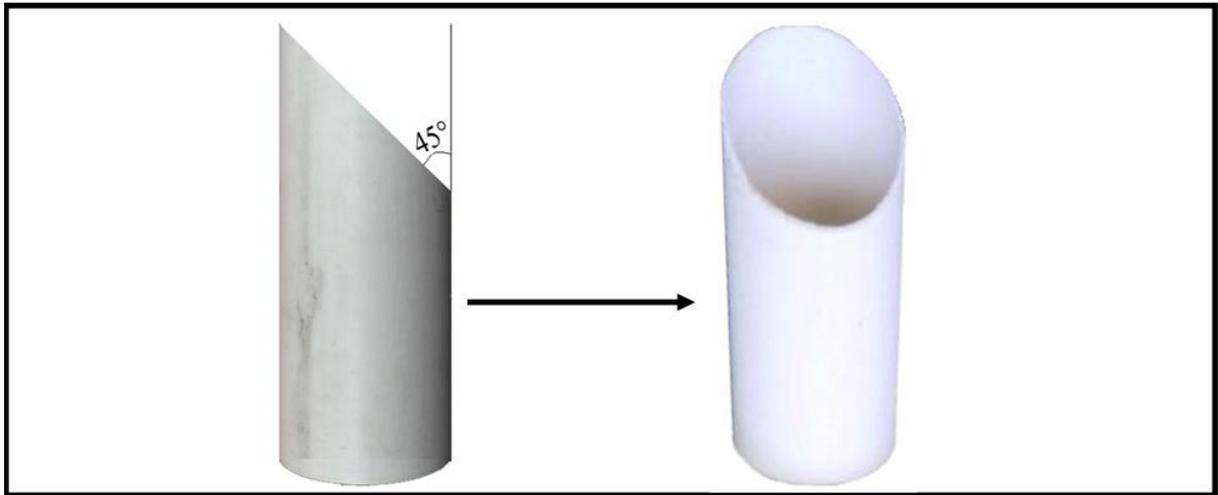


Figura 13 – Tubo de PVC de 75,0 mm x 200,0 mm com corte inclinado a 45°

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

b) Confeção do Tubo com Bocas Largas (TBL)

Para o encaixe do TCI-45, foi necessário efetuar o alargamento das bocas do tubo de 75,0 mm x 200,0 mm que restou, para isso usou-se a dilatação térmica, ou seja, aqueceram-se as extremidades (uma de cada vez) do tubo e com o auxílio do TCI-45 fez-se uma bolsa com 5,0 cm e outra com 10 cm de profundidade. Vale ressaltar que se usou no TCI-45 uma sacola plástica, na finalidade de deixar as bolsas folgadas, conforme esquema na figura 14.

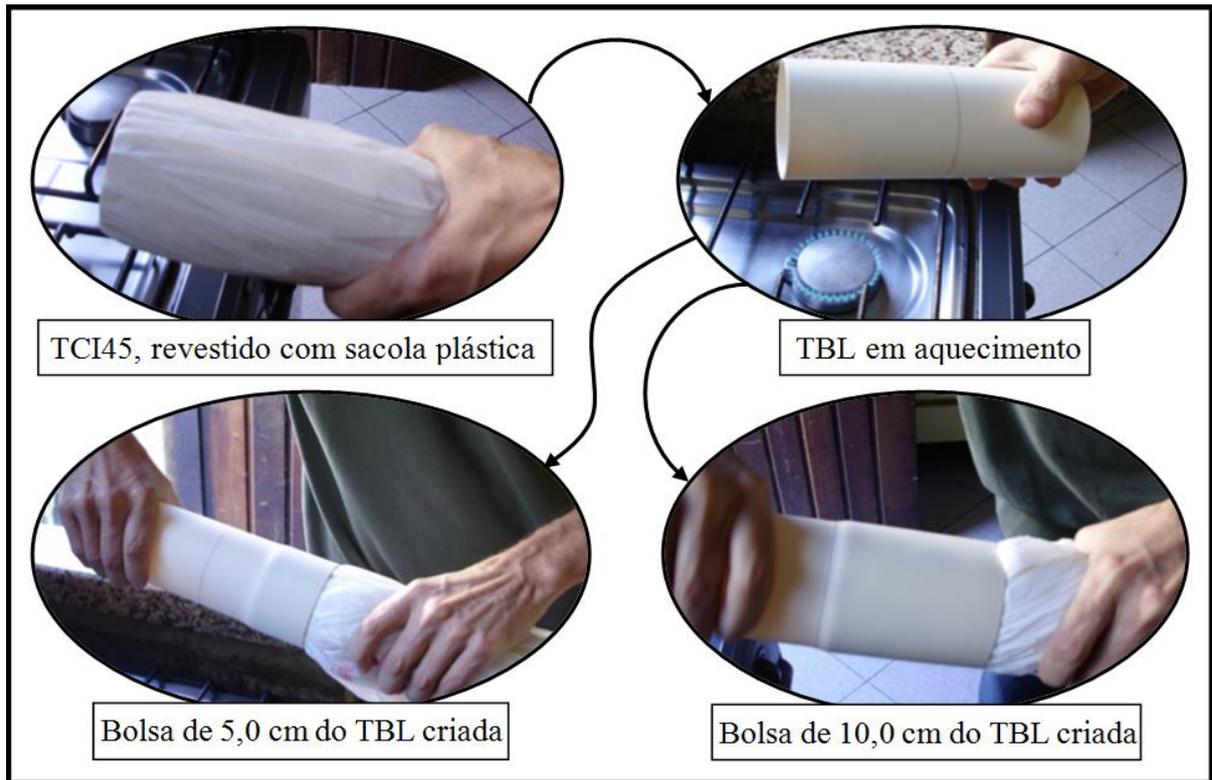


Figura 14 – Esquema do alargamento das bocas do tubo de 75,0 mm x 200,0 mm

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol, 2011

c) Confeção da Abertura para o Descarte de Resíduos (ADR)

Para o descarte de resíduos grosseiros fez-se necessário uma abertura na maior bolsa do TBL, para isso desenhou-se um triângulo no citado tubo, a fim de servir como gabarito para o corte. Tal corte foi realizado com o mini arco de serra. Após o corte, com a ajuda da lima, abaularam-se os dois vértices laterais do triângulo, como mostra a figura 15.

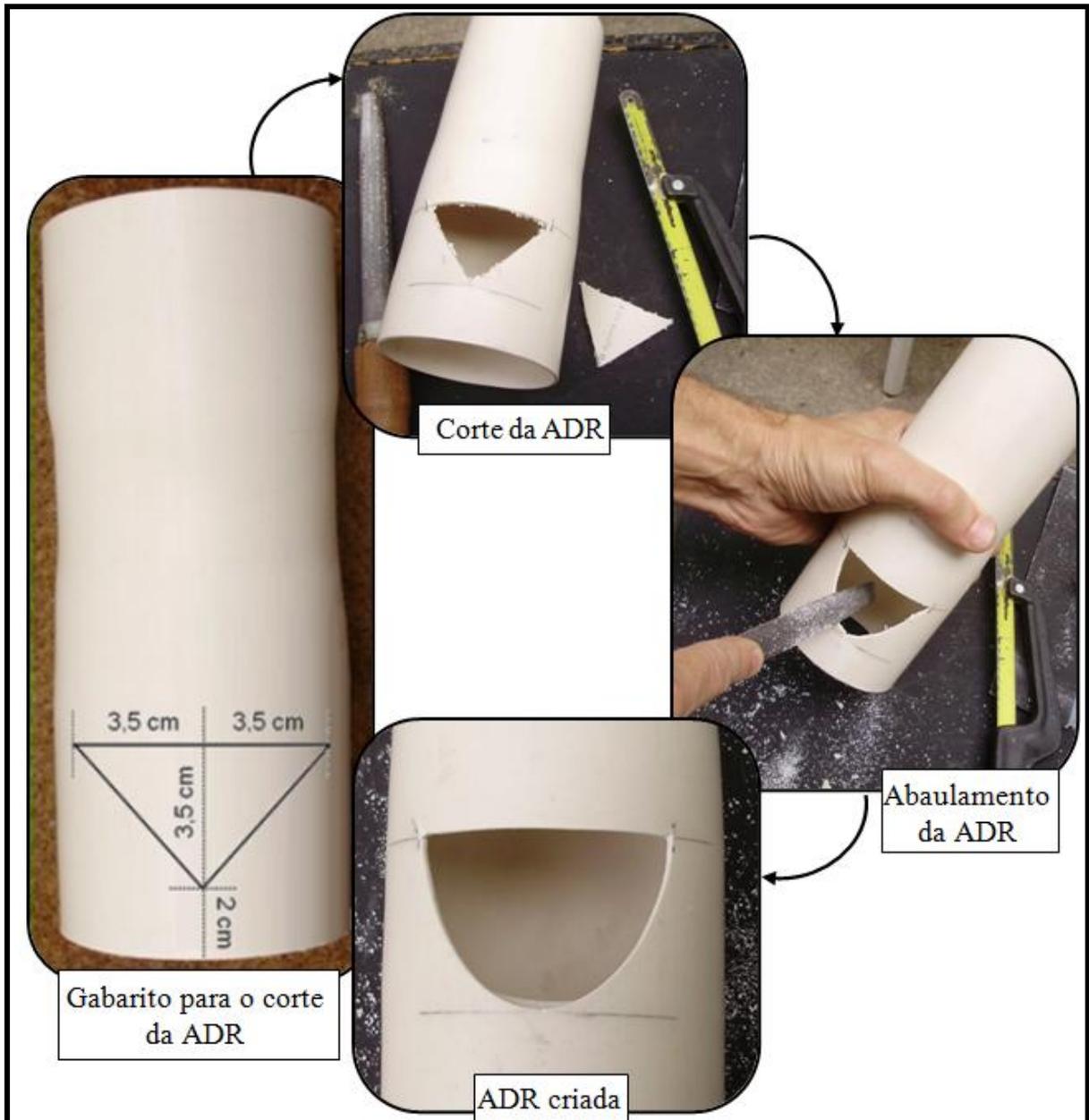


Figura 15 – Esquema da ADR do TBL

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol, 2011

d) Introdução do Bico do FALAC

Para que a água e os resíduos descartados pelo FALAC não escoem pela parede do SPAAF, foi colocado um pequeno bico à ADR do TBL, para isso, aproveitou-se a peça descartada do corte do TCI-45 (Figura 16). Diante da peça que antes fora descartada, a mesma foi limada até um ponto de encaixe abaixo da ADR do TBL, em seguida com o adesivo plástico para PVC, colou-se o bico no tubo, e reforçou-se, dando acabamento, com a massa epóxi. Os detalhes desse procedimento estão representados no esquema na figura 17.

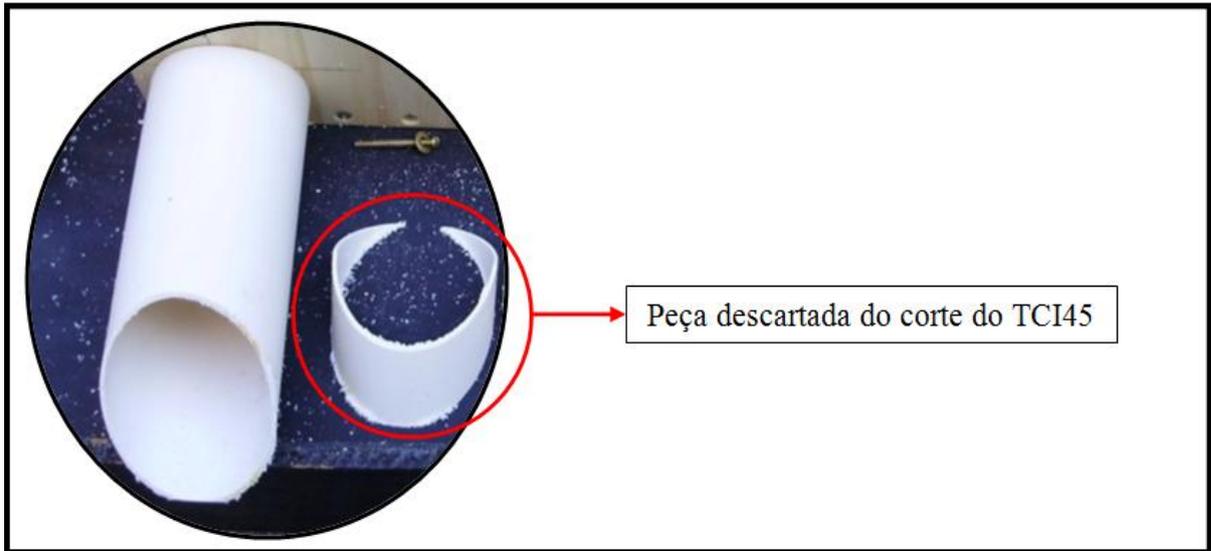


Figura 16 – Peça descartada do corte do TCI-45

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol, 2011

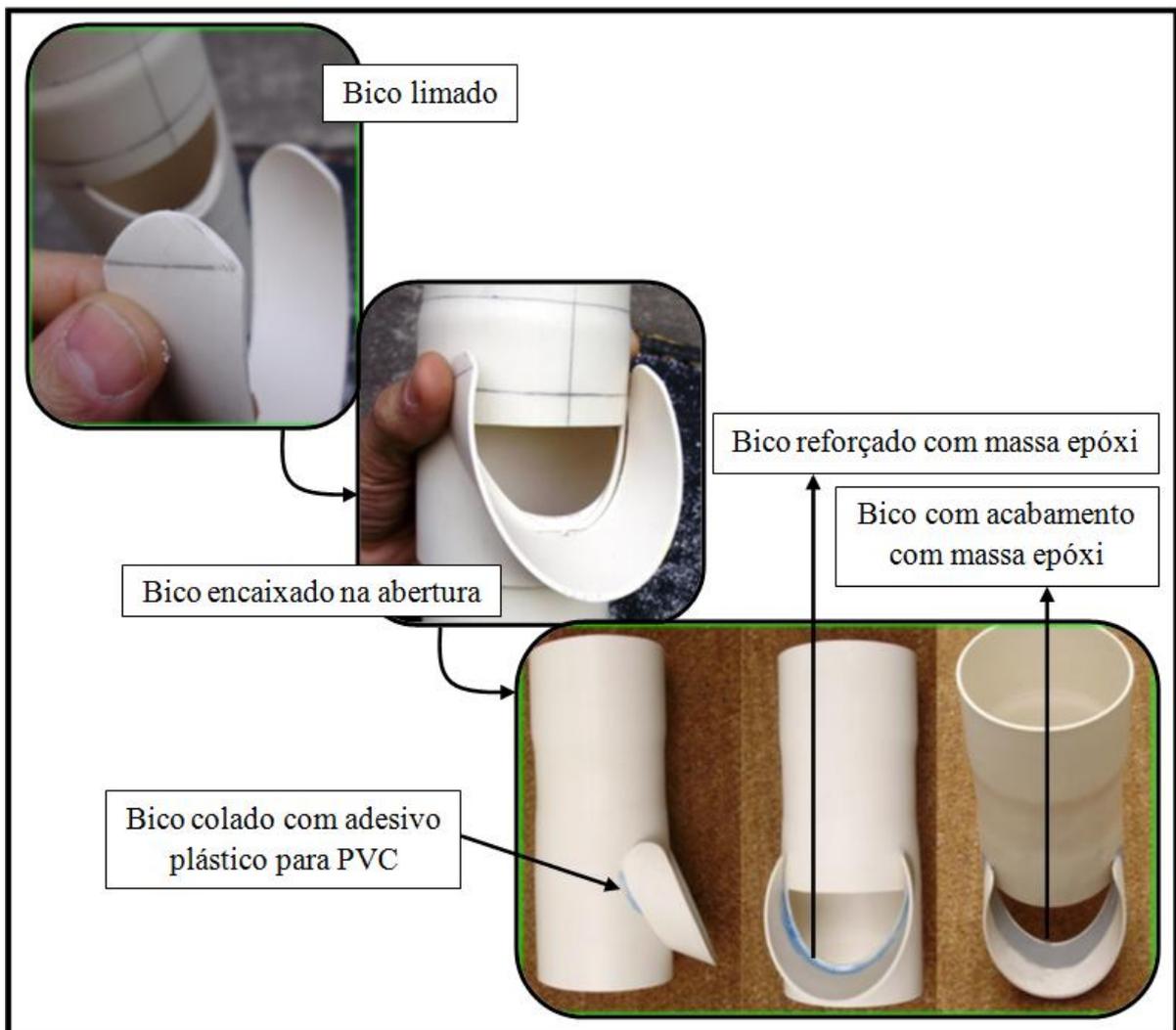


Figura 17 – Esquema de instalação do bico do FALAC

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol, 2011

e) Introdução da Lombada interna do FALAC

Para que a água da chuva fosse melhor aproveitada precisaria vencer a inclinação do FALAC, nesse sentido houve a necessidade de estimular sua entrada, logo colocou-se uma pequena lombada no interior do TBL, acima da ADR. Para a construção dessa lombada, usou-se o triângulo cortado da ADR, no qual foi limado até um formato de meia-lua e colado com adesivo plástico para PVC e massa epóxi a 1,5 cm da ADR do TBL, como evidencia o esquema na figura 18.

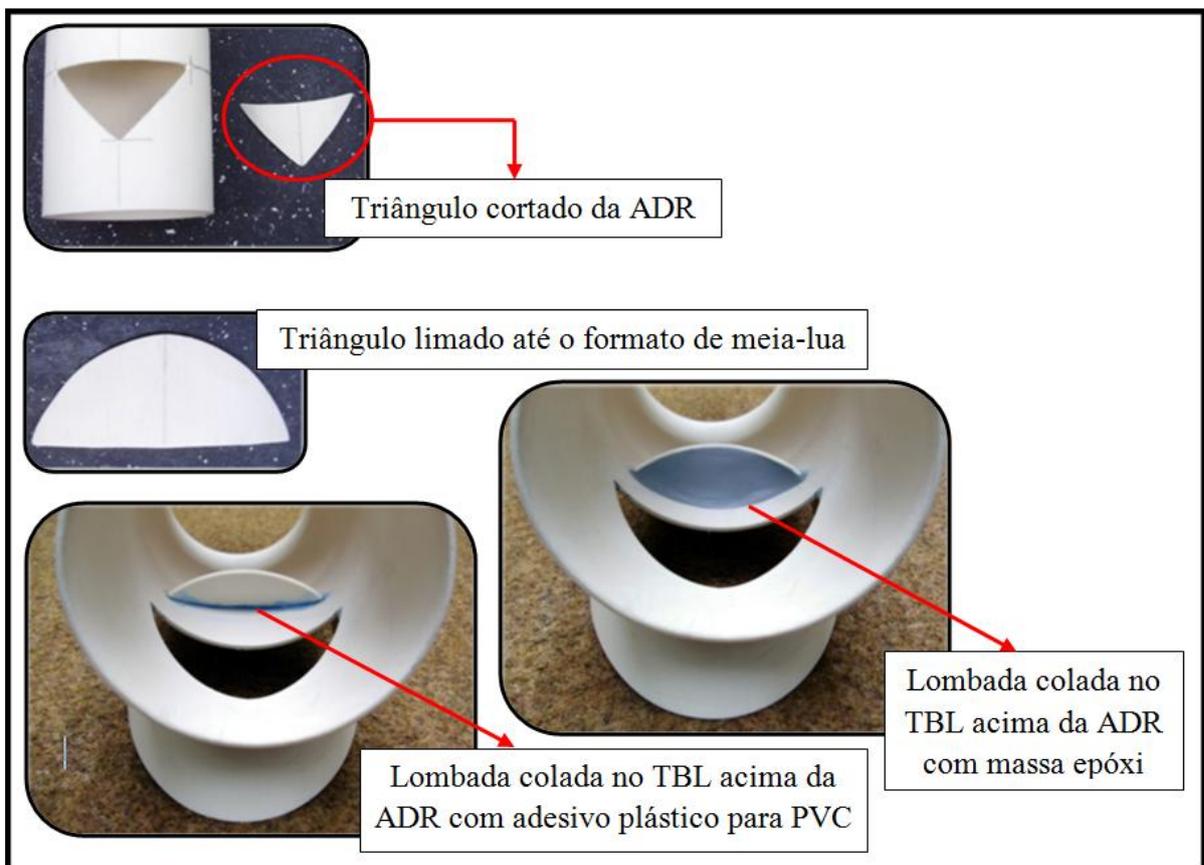


Figura 18 – Esquema da construção e instalação da lombada interna do FALAC

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol, 2011

f) Encaixe das peças do FALAC

Com todas as peças tratadas, envolveu-se o TCI-45 com a tela mosquiteira de 0,3 m² e em seguida encaixou-se a maior bolsa do TBL, com a ADR de encontro à parte baixa do corte do TCI-45, até que essa parte baixa do corte do TCI-45 começasse a aparecer na ADR, conforme esquema na figura 19. A sobra da tela mosquiteira foi cortada com o auxílio do estilete, como mostra a figura 20.

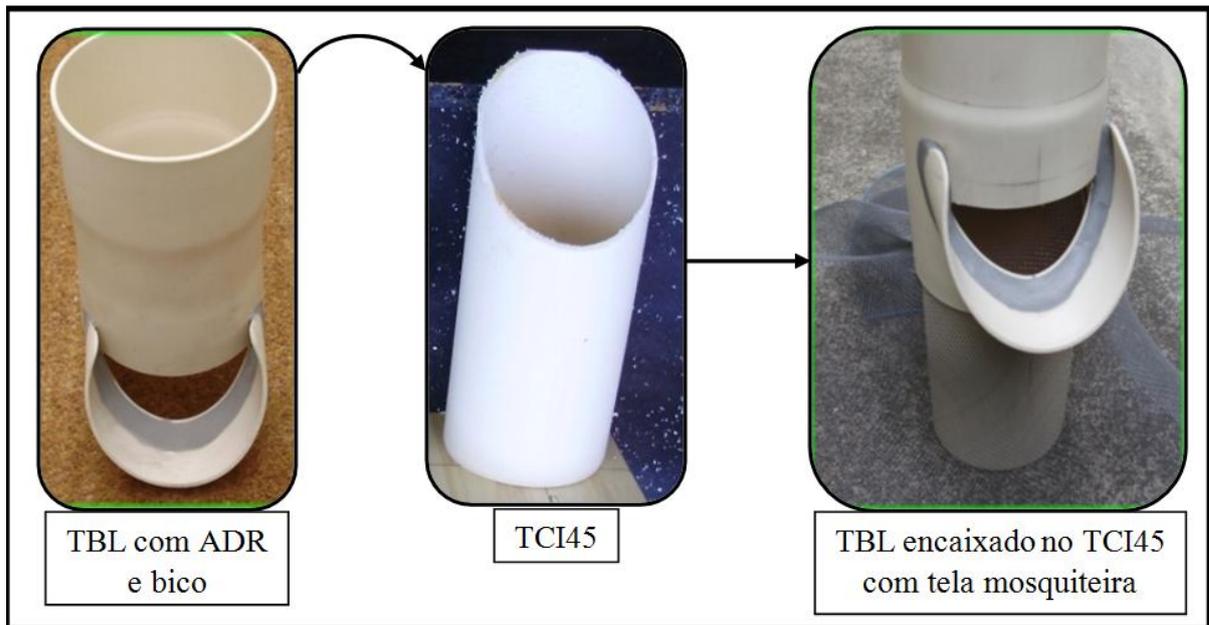


Figura 19 – Esquema do encaixe das peças do FALAC

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol, 2011



Figura 20 – Corte da sobra da tela mosquiteira do FALAC

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol, 2011

4.1.2.2 Instalação do FALAC

O FALAC foi preso à parede da URU, por meio de uma abraçadeira, para isso usou-se a furadeira com broca com ponta de metal duro/ vídea de 8,0 mm x 120,0 mm, a fim de afixar 1 bucha plástica de 8,0 mm x 40,0 mm na parede e com a ajuda de 1 parafuso, auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 38,0 mm, prendeu-se a

abraçadeira com união horizontal, de 75,0 mm à 90,0 mm. O FALAC foi acoplado na saída da CAC. A visualização de sua instalação esta representada na figura 21.

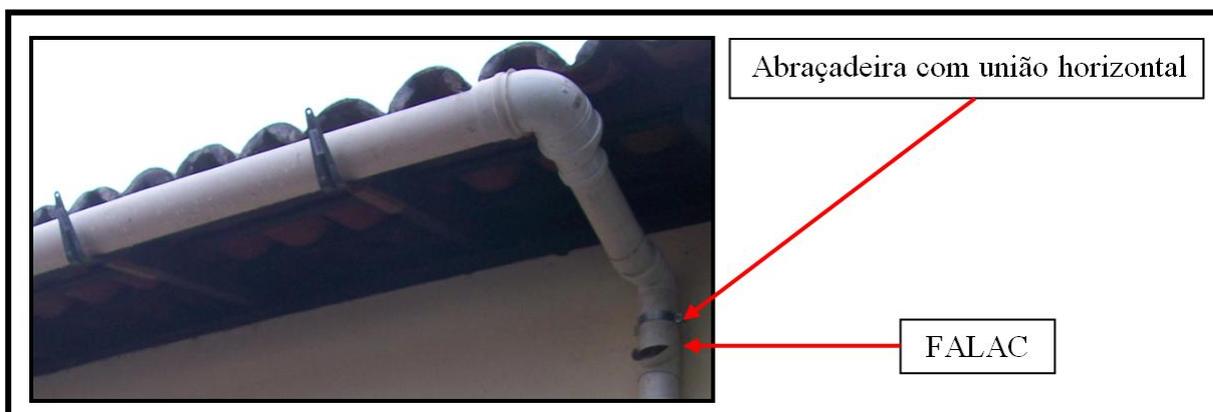


Figura 21 – FALAC instalado na URU

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.3 Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF)

O terceiro passo para a construção do SAAC-SBE é a confecção de um separador de primeiras águas e águas fracas, na finalidade de separar e descartar as primeiras águas de chuvas fortes ou águas de chuvas fracas, pois essas águas geralmente lavam o telhado e a CAC, e carregam consigo impurezas e resíduos menores que não foram selecionados pelo FALAC. Nesse SPAAF, a água da chuva vem do FALAC e desce para um tubo de PVC de 75,0 mm x 120,0 cm, cuja função será de um reservatório temporário, após esse reservatório temporário encher, a água que continua a descer entrará para o RAC-PET. Abaixo segue o método de confecção, divididos por peças, ferramentas e montagem e o método instalação da SPAAF.

4.1.3.1 Confecções do SPAAF

As peças e ferramentas utilizadas na confecção e instalação do SPAAF, bem como o método de montagem, estão descritas abaixo:

4.1.3.1.1 Peças utilizadas na confecção e instalação do SPAAF (Figura 22)

- a) 03 (três) Caps de PVC para esgoto, na cor branca, para tubo de PVC com 75,0 mm de diâmetro;
- b) 01 (um) Tubo de PVC para esgoto, na cor branca, com 75,0 mm de diâmetro por 120,0 cm de comprimento;
- c) 01 (um) Tubo de PVC para esgoto, na cor branca, com 75,0 mm de diâmetro por 100,0 mm de comprimento;
- d) 01 (um) Tubo de PVC para esgoto, na cor branca, com 50,0 mm de diâmetro por 180,0 mm de comprimento;
- e) 01 (um) Tubo de PVC para esgoto, na cor branca, com 40,0 mm de diâmetro por 60,0 mm de comprimento;
- f) 01 (um) Joelho de PVC para esgoto, na cor branca, para tubo de PVC com 40,0 mm de diâmetro;
- g) 01 (um) Tê de PVC para esgoto, na cor branca, com redução de tubo de PVC com 75,0 mm para 50,0 mm de diâmetro;
- h) 01 (uma) Redução de PVC para esgoto, na cor branca, de tubo de PVC com 50,0 mm para 40,0 mm de diâmetro;
- i) 02 (dois) Anéis de vedação, de borracha, para tubos e conexões de PVC para esgoto, com 75 mm de diâmetro;
- j) Pasta lubrificante para juntas elásticas de PVC rígido;
- k) Adesivo plástico para tubos e conexões de PVC rígido;
- l) Vedante espuma de Poliuretano (PU);
- m) Massa epóxi bi-componente;
- n) Adesivo de silicone acético com 50 g;
- o) 02 (duas) Garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) de 2L;
- p) 01 (uma) Bola de ping-pong;
- q) 03 (três) Parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm de diâmetro por 38,0 mm de comprimento;
- r) 03 (três) Buchas plásticas para fixação com 8,0 mm de diâmetro por 40,0 mm de comprimento;
- s) 01 (uma) Abraçadeira com união horizontal, para tubo com diâmetro de 75,0 mm a 90,0 mm;

t) 01 (uma) Abraçadeira modelo ômega, para tubos com diâmetro de 75,0 mm.



Figura 22 – Peças utilizadas na montagem do SPAAF

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.3.1.2 Ferramentas utilizadas na confecção e instalação do SPAAF (Figura 23)

- a) 01 (uma) Furadeira de Impacto;
- b) 01 (uma) Serra do tipo copo, com 25,0 mm de diâmetro, com suporte de fixação;
- c) 01 (uma) Serra do tipo copo, com 38,0 mm de diâmetro, com suporte de fixação;
- d) 01 (uma) Broca com ponta de metal duro/ vídea, com 8,0 mm de diâmetro por 120,0 mm de comprimento.
- e) 01 (um) Arco de serra com lâmina;
- f) 01 (uma) Lima chata, grossa e tipo bastarda;
- g) 01 (uma) Chave de fenda, tipo Phillips;
- h) 01 (uma) Tesoura



Figura 23 – Ferramentas utilizadas na montagem do SPAAF

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.3.1.3 Montagem do SPAAF

Para a montagem do SPAAF foi necessário confeccionar o Alimentador do RAC-PET, o Estreitamento do SPAAF e o Fundo do SPAAF, em seguida encaixar as peças tratadas. Os detalhes dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Confeção do Alimentador do RAC-PET

O primeiro componente do SPAAF é o alimentador do reservatório, que tem a finalidade de conduzir a água da chuva que passou pelo FALAC até o reservatório. Antes da montagem do Alimentador do RAC-PET foi necessário curvar e criar uma bolsa no tubo de PVC de 50,0 mm x 180,0 mm, por meio de tratamento térmico, pois existia uma diferença de altura entre o SPAAF e o RAC-PET. Após o tratamento térmico no tubo de PVC de 50,0 mm x 180,0 mm, esse foi encaixado na parte reduzida do tê de PVC, de 75,0 mm para 50,0 mm, em seguida foi introduzida no tubo curvado, a redução de PVC, de 50,0 mm para 40,0 mm, nessa redução, inseriu-se o tubo de PVC de 40,0 mm x 60,0 mm, por fim a esse tubo acoplou-se o joelho de PVC de 40,0 mm, conforme o esquema na figura 24.

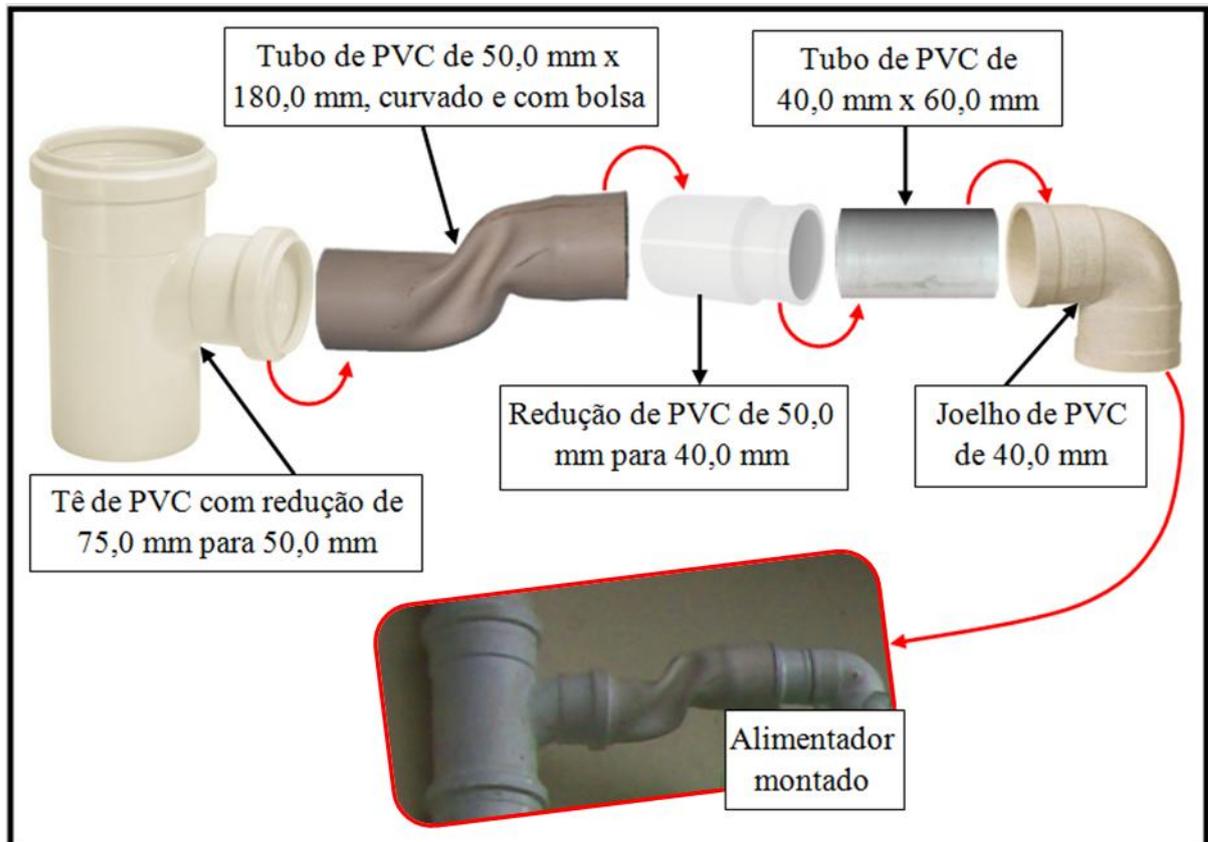


Figura 24 – Esquema de montagem do alimentador do RAC-PET

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

b) Confeção do Estreitamento do SPAAF

O estreitamento na parte superior do SPAAF servirá para impedir que a bola de ping-pong saia, tal bola funciona como válvula, impedindo que a água, separada pelo SPAAF seja conduzida ao reservatório. O citado estreitamento consiste em 2 caps de PVC para 75,0 mm colados costa a costa e uma boca de garrafa de PET entre os mesmos, para isso foi necessário limar as costas dos caps, a fim de deixar uma superfície plana, para uma melhor colagem. Após o lixamento, os mesmos foram colados com adesivo plástico para PVC, e depois de seco, fez-se, no centro, um orifício de 25,0 mm de diâmetro, com o auxílio da furadeira com serra copo de 25,0 mm. Em seguida, com ajuda da tesoura, cortou-se a boca de uma das garrafas de PET, deixando uma borda com 70,0 mm de diâmetro, essa boca de PET servirá como funil para guiar a bola até o centro do estreitamento, onde se encontra o orifício de 25,0 mm. No entanto, para que a boca da garrafa passasse pelo orifício citado, foi necessário lixar, até a rosca sumir, e efetuar 4 cortes na mesma, com o auxílio do arco de serra, formando assim 4 pontas, tal boca cortada foi inserida no orifício e as pontas dobradas, em seguida

fixou-se essas pontas com massa epóxi, dando um acabamento inclinado para que não fique nem água, nem resíduos acumulados. Por fim no lado oposto à boca cortada da garrafa, colocou-se no cap, um tubo de PVC de 75,0 mm x 100,0 mm, fazendo com que a parte da borda de 70,0 mm, supracitada, ficasse dentro do tubo, o espaço vazio entre essa borda e o tubo foi preenchido com vedante espuma de PU, a fim de evitar acúmulo de resíduos. Todo procedimento acima descrito está demonstrado no esquema na figura 25.

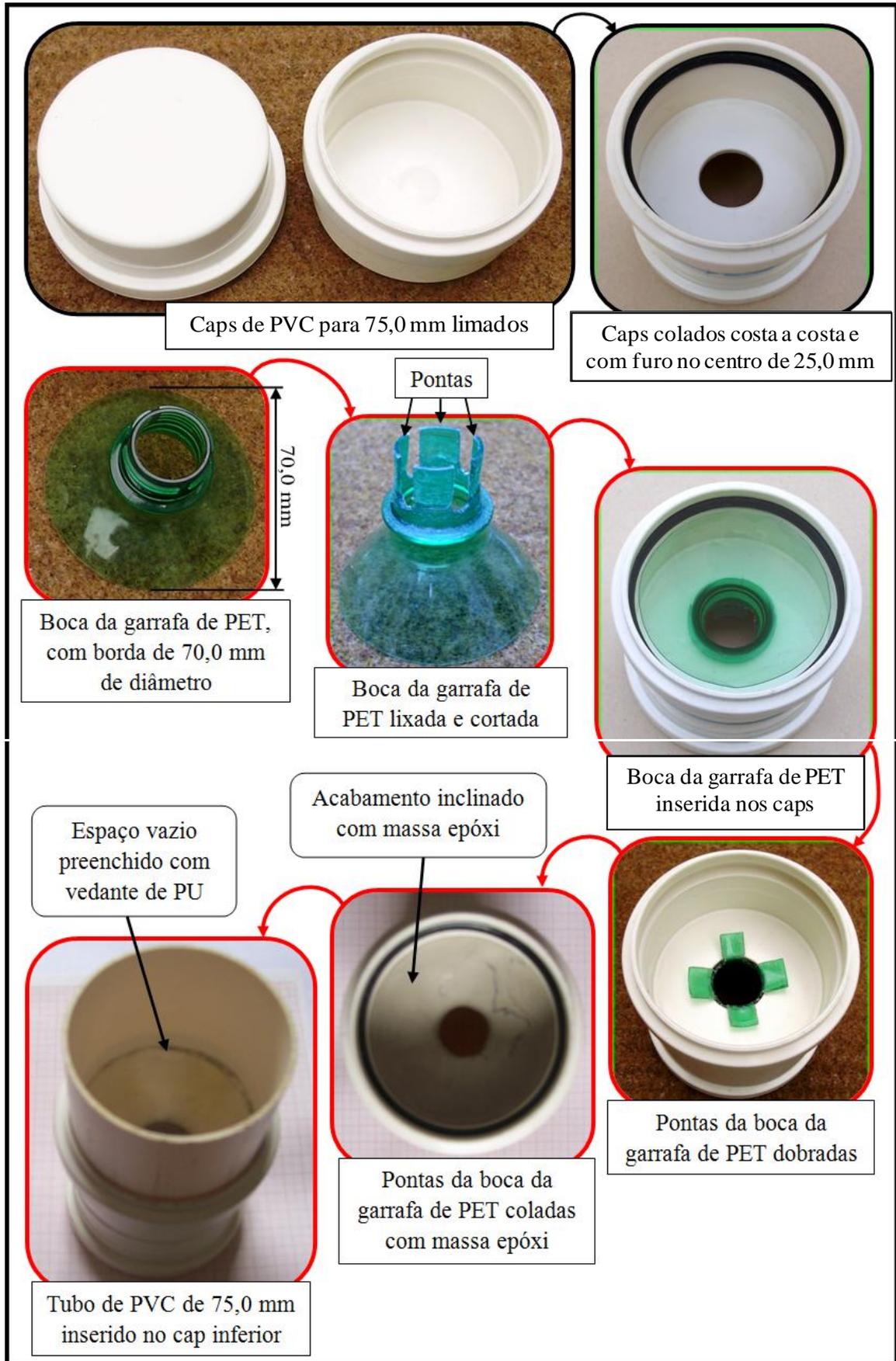


Figura 25 – Esquema da construção do estreitamento do SPAAF

Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol & Daniel Rocha Pereira, 2011

c) Confeção do Fundo do SPAAF

Para descartar as águas separadas pelo SPAAF foi necessário construir um fundo que removesse essas águas com facilidade, tal fundo foi construído com um cap de PVC para 75,0 mm e a boca de uma garrafa de PET, onde primeiramente fez-se, no centro do cap, um orifício de 38,0 mm de diâmetro, com o auxílio da furadeira com serra copo de 38,0 mm. Em seguida, com ajuda da tesoura, cortou-se a boca de uma das garrafas de PET, deixando uma borda com 75,0 mm de diâmetro, essa boca de PET servirá como funil a fim de escoar as águas reservadas temporariamente para fora do SPAAF. Após o tratamento das peças acima citadas, colocou-se na parte interna do cap, nas margens do orifício feito, adesivo de silicone acético, na finalidade de preencher o espaço vazio entre o cap e a boca da garrafa de PET, só assim inseriu-se a boca da garrafa de PET e esperou-se a cura, no termino da secagem, prendeu-se, pelo lado externo, a boca da garrafa de PET ao cap, com massa epóxi. Na figura 26 encontra-se o esquema de construção do fundo do SPAAF.

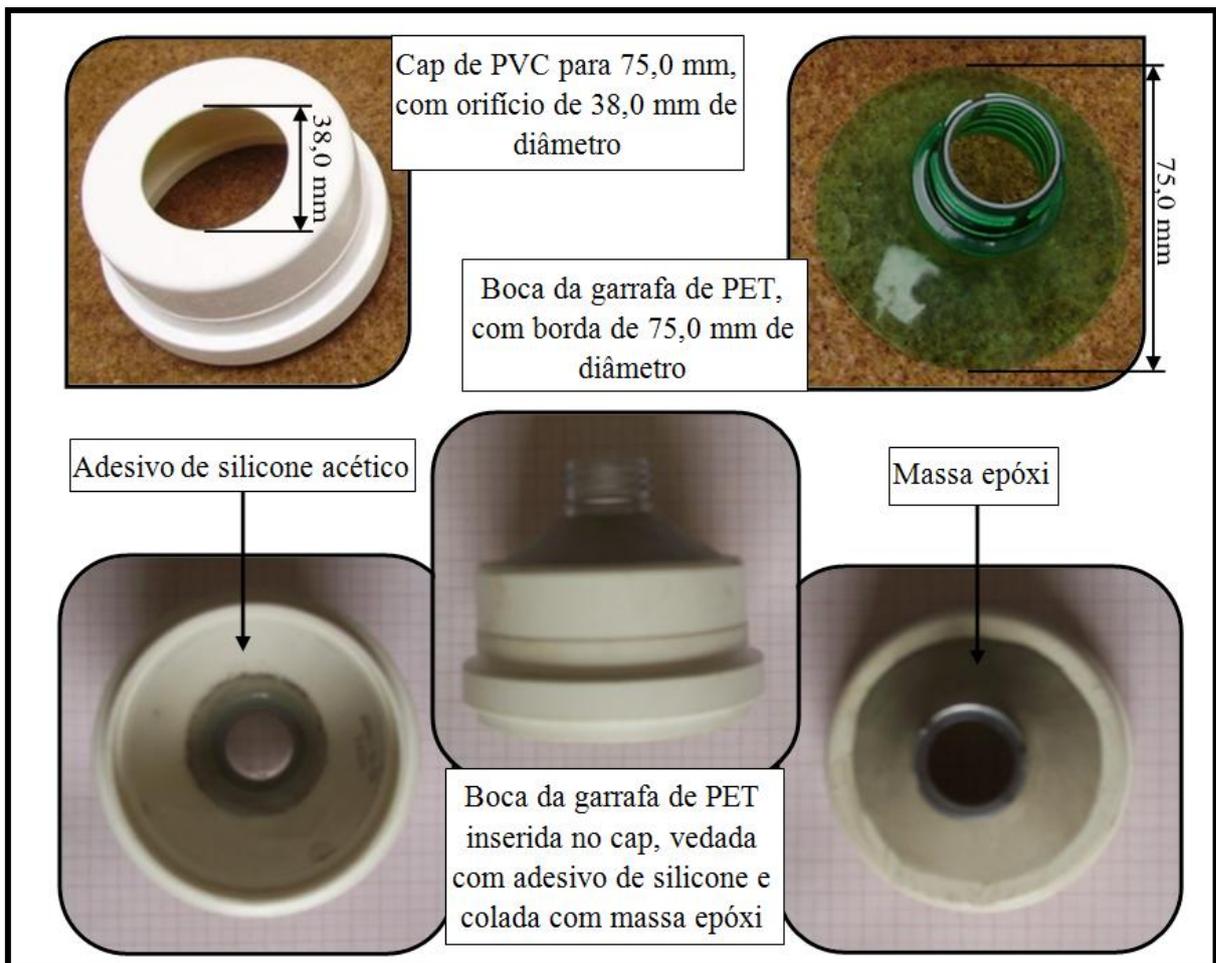


Figura 26 – Esquema de construção do fundo do SPAAF

Fonte: Sociedade do Sol & Daniel Rocha Pereira, 2011

d) Encaixe das peças do SPAAF

Diante de todas as peças que compõe o SPAAF, as mesmas seguiram para o encaixe, mas antes do encaixe lubrificou-se com a pasta lubrificante, para juntas elásticas de PVC rígido, os 02 anéis de borracha e colocou-se 01 na parte superior do estreitamento do SPAAF e outro no fundo do SPAAF, em seguida começou-se a acoplar as peças pelo alimentador do RAC-PET que foi encaixado no estreitamento do SPAAF, esse por sua vez recebeu o tubo de PVC de 75,0 mm x 120,0 cm, lembrando que para o encaixe desse tubo, foi necessário o alargamento em uma de suas bocas, formando uma bolsa de 5,0 cm de profundidade, elaborada com aquecimento, esse tubo por fim recebeu o fundo do SPAAF, conforme mostra a figura 27.

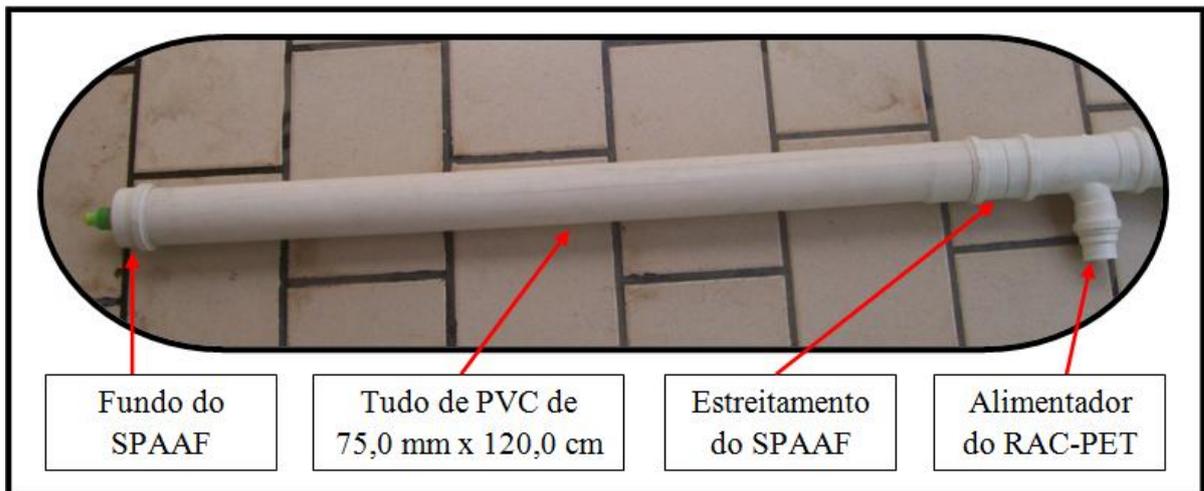


Figura 27 – Montagem do SPAAF

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.3.2 Instalação do SPAAF

O SPAAF foi fixado abaixo do FALAC e preso à parede por duas abraçadeiras, para isso usou-se a furadeira com broca com ponta de metal duro/ vídea de 8,0 mm x 120,0 mm, a fim de afixar 3 buchas plásticas de 8,0 mm x 40,0 mm na parede e com a ajuda de 3 parafusos, auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 38,0 mm, prendeu-se as 2 abraçadeiras, uma com união horizontal, de 75,0 mm à 90,0 mm, e outra do tipo ômega, de 75,0 mm. A visualização de sua instalação esta representada na figura 28.

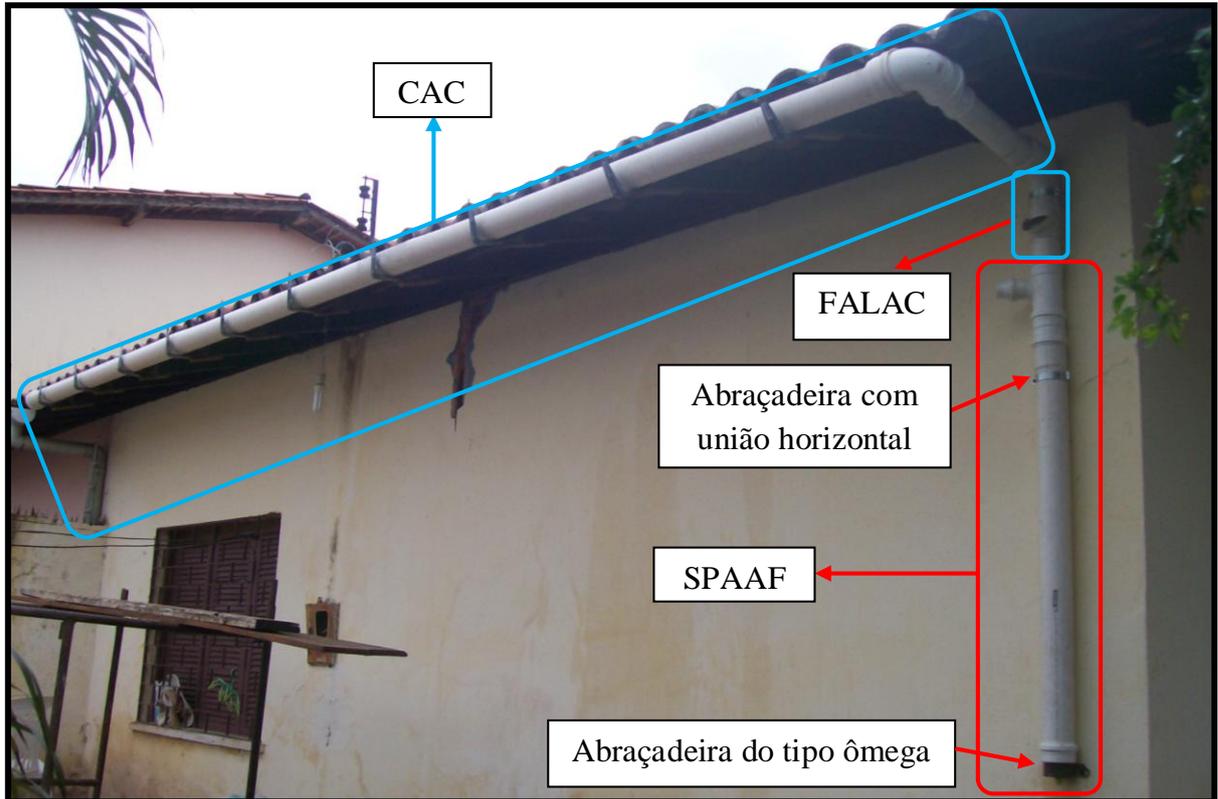


Figura 28 – SPAAF instalado na URU

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.4 Reservatório para Água da Chuva de Politereftalato de Etileno (PET) (RAC-PET)

O último passo para a construção do SAAC-SBE é a confecção do reservatório, no qual guardará a água captada pelos outros elementos do sistema. Este consiste em várias garrafas de PET unidas pela boca através de um Módulo de Ligação (ML), elaborado com tubos e conexões de PVC. Abaixo segue o método de confecção, divididos por peças, ferramentas e montagem e o método instalação do RAC-PET.

4.1.4.1 Confeccões do RAC-PET

As peças e ferramentas utilizadas na confecção e instalação do RAC-PET, bem como o método de montagem, estão descritas abaixo:

4.1.4.1.1 Peças utilizadas na confecção e instalação do RAC-PET (Figura 29)

- a) 85 (oitenta e cinco) Mangueiras de PVC Cristal, com 19,05 mm de diâmetro interno por 2,0 mm de espessura e 80,0 mm de altura;
- b) 168 (cento e sessenta e oito) Mangueiras de PVC Cristal, com 25,4 mm de diâmetro interno por 2,5 mm de espessura e 50,0 mm de altura;
- c) 09 (nove) Mangueiras de PVC Cristal, com 19,05 mm de diâmetro interno por 2,0 mm de espessura e 40,0 mm de altura;
- d) 06 (seis) Joelhos ou cotovelos soldáveis de PVC de 20,0 mm de diâmetro;
- e) 171 (cento e setenta e um) Tês soldáveis de PVC de 20,0 mm de diâmetro;
- f) 168 (cento e sessenta e oito) Garrafas de PET de 2L, com tampa, sem o rótulo e sem o anel da tampa;
- g) 01 (um) Tubo soldável de PVC de 20,0 mm de diâmetro por 150,0 cm de comprimento;
- h) 12 (doze) Ripas com 12,0 mm de espessura por 50,0 mm de largura e 300,0 mm de comprimento;
- i) 12 (doze) Suportes metálicos para prateleira, tipo cantoneira, pintados, de 254,0 mm x 304,8 mm ou 10" x 12", em unidade comercial;
- j) 36 (trinta e seis) Parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm de diâmetro por 50,0 mm de comprimento;
- k) 42 (quarenta e duas) Buchas plásticas para fixação com 8,0 mm de diâmetro por 40,0 mm de comprimento;
- l) 18,0 m de Ripa com 12,0 mm de espessura por 50,0 mm de largura;
- m) 06 (seis) Ganchos Zincados auto-atarraxantes, de 4,4 mm de diâmetro por 67,0 mm de comprimento;
- n) 24 (vinte e quatro) Parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 2,9 mm de diâmetro por 13,0 mm de comprimento;
- o) 36 (trinta e seis) Parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 2,9 mm de diâmetro por 19,0 mm de comprimento;
- p) Linha de Polietileno (PE) lisa, para pedreiro, com 50,0 m;
- q) Tela mosquiteira com 100,0 mm de largura por 100,0 mm de comprimento;
- r) 18 (dezoito) Abraçadeiras de nylon, com 4,5 mm de largura por 200,0 mm de comprimento;
- s) 85 (oitenta e cinco) Tubos soldáveis de PVC de 20,0 mm de diâmetro por 80,0 mm de comprimento;

t) 01 (uma) Luva soldável com rosca de PVC de 20,0 mm de diâmetro;

u) 01 (um) Tê soldável com rosca de PVC de 20,0 mm de diâmetro.

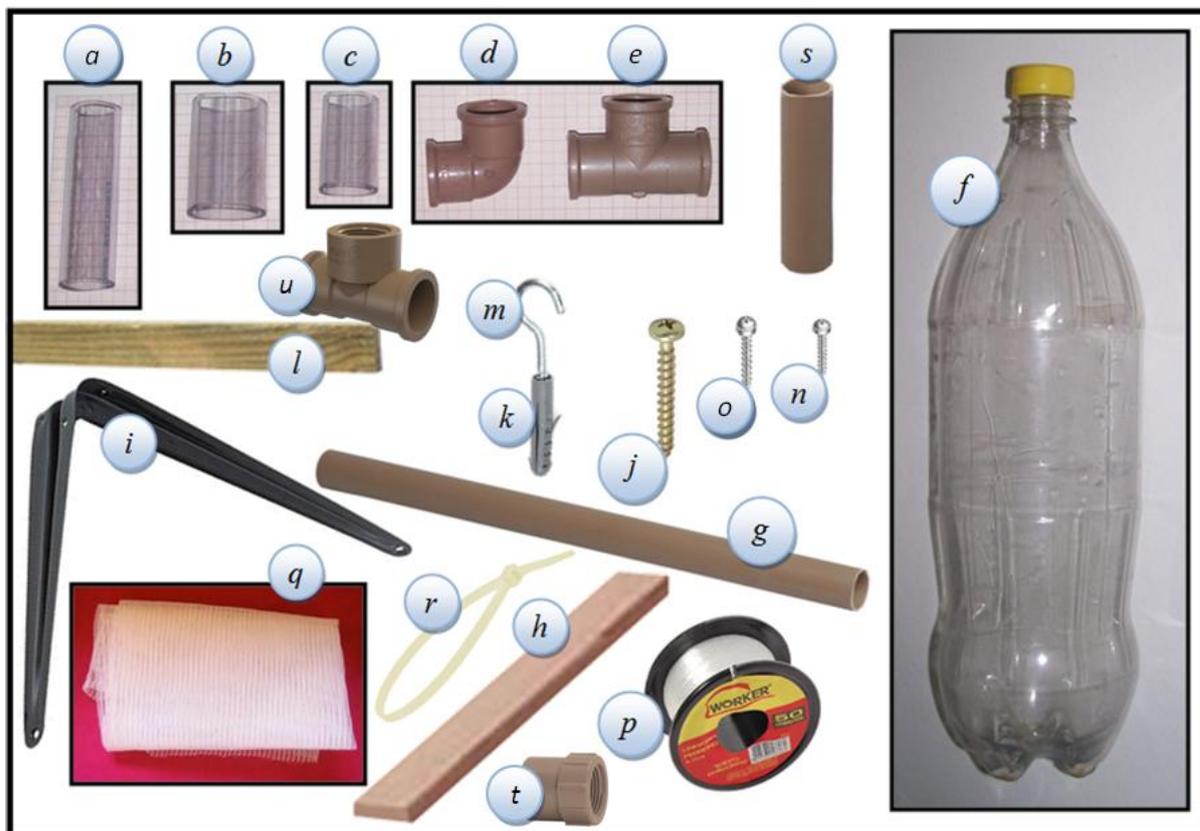


Figura 29 – Peças utilizadas na montagem do RAC-PET

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.4.1.2 Ferramentas utilizadas na confecção e instalação do RAC-PET (Figura 30)

a) 01 (uma) Furadeira de Impacto;

b) 01 (uma) Serra do tipo copo, com 22,0 mm de diâmetro, com suporte de fixação;

c) 01 (uma) Serra do tipo copo, com 44,0 mm de diâmetro, com suporte de fixação;

d) 01 (uma) Broca com ponta de metal duro/ vídea, com 8,0 mm de diâmetro por 120,0 mm de comprimento;

e) 01 (uma) Chave de fenda, tipo Phillips;

f) 01 (uma) Tesoura;

g) 01 (uma) Agulha para costura, com 1,0 mm de diâmetro;

h) 01 (um) Estilete;

i) 01 (uma) Broca de aço rápido, com 2,4 mm de diâmetro por 57,0 mm de comprimento.



Figura 30 – Ferramentas utilizadas na montagem do RAC-PET

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.4.1.3 Montagem do RAC-PET

Para a montagem do RAC-PET foi necessário confeccionar o Módulo de Ligação (ML) e reforçar os suportes metálicos tipo cantoneira, em seguida encaixar as peças tratadas. Os detalhes dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Confeção do Módulo de Ligação (ML)

O ML será responsável por conectar as garrafas de PET, transformando o RAC-PET em um sistema de vasos comunicantes, de modo que a água da chuva ao entrar no reservatório o preencha por igual. Para sua confecção, foi necessário primeiramente efetuar um furo de 22,0 mm de diâmetro nas tampas das garrafas de PET com o auxílio da furadeira com serra copo de 22,0 mm e em seguida inserir-las nas mangueiras de PVC cristal de 25,4 mm x 2,5 mm x 50,0 mm, até cobrir toda a tampa. Com a tampa presa à mangueira, esse conjunto foi fixado aos tês de PVC de 20,0 mm, esses, por sua vez, receberam as mangueiras de PVC cristal de 19,05 mm x 2,0 mm x 80,0 mm e os tubos de PVC de 20,0 mm x 80,0 mm. Para finalizar o ML, as extremidades foram ligadas com os joelhos de PVC de 20,0 mm e as mangueiras de PVC cristal 19,05 mm x 2,0 mm x 40,0 mm, perfazendo assim, o citado módulo de ligação, conforme ilustra a figura 31.

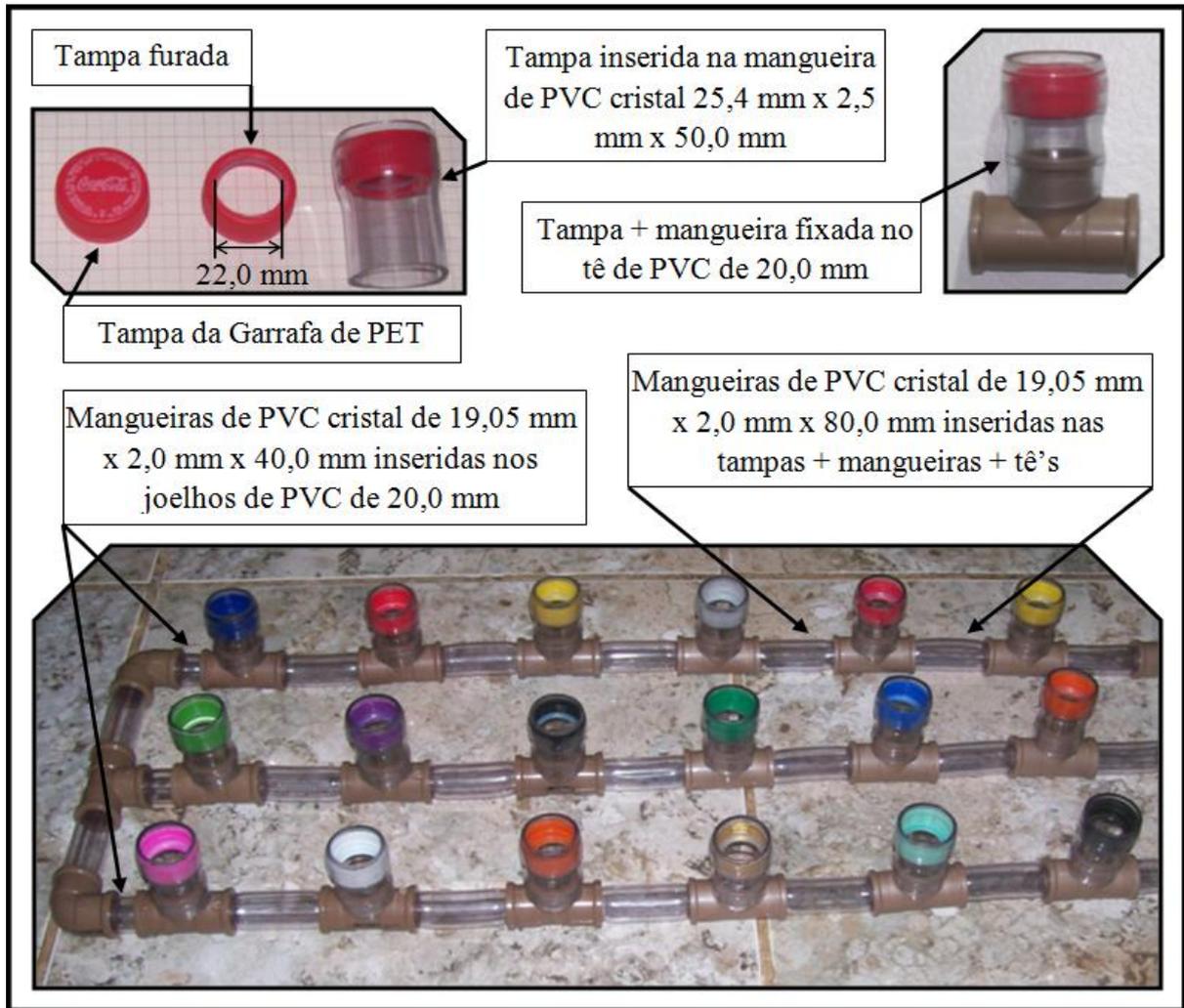


Figura 31 – Esquema de montagem do ML do RAC-PET

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

b) Reforço dos suportes metálicos tipo cantoneira

Na URU os suportes metálicos tipo cantoneira, de 254,0 mm x 304,8 mm da RAC-PET foram reforçados com as ripas de 12 mm x 50 mm x 300 mm, para isso, fixaram-se as ripas nos suportes com os parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips, de 2,9 mm x 13,0 mm, no entanto, os orifícios presentes nos suportes metálicos não eram suficientes para os aparafusamentos nas ripas, assim foi necessário utilizar a furadeira com a broca de aço rápido de 2,4 mm x 57,0 mm, para efetuar um orifício a mais nos suportes. As ripas foram colocadas na parte maior dos suportes. Conforme procedimento descrito no esquema na figura 32.

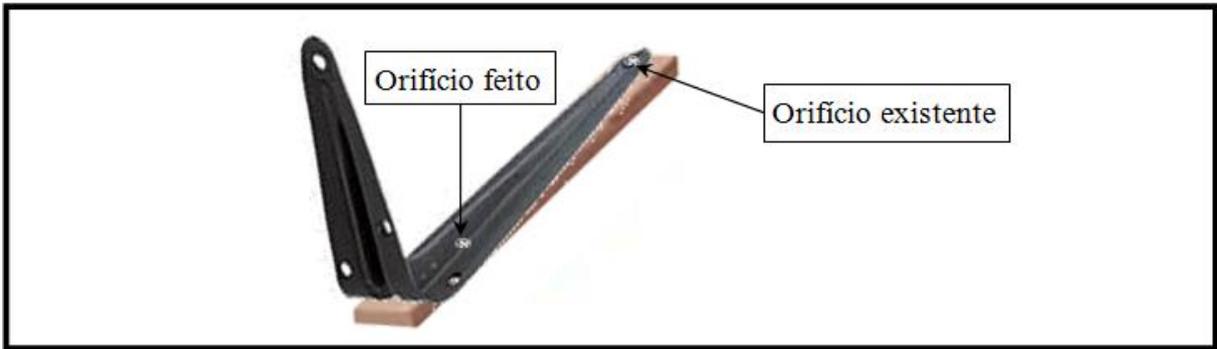


Figura 32 – Esquema do reforço do suporte do RAC-PET

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

c) Encaixe das peças do RAC-PET

A fim de facilitar a instalação do RAC-PET nos suportes, as garrafas de PET foram rosqueadas no ML e amarradas, em blocos de diferentes quantidades, com linha de PE lisa, para pedreiro. Nesse caso, foram feitos 5 blocos de 30 garrafas e 1 bloco de 18 garrafas. Depois da formação dos blocos, as garrafas foram furadas em suas bases, com uma agulha para costura, com 1,0 mm de diâmetro, a fim de eliminar o ar contido nelas, no momento do abastecimento. Temos para esse contexto um exemplo na figura 33.



Figura 33 – Exemplo da formação de blocos de 30 garrafas

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.1.4.2 Instalação do RAC-PET

A instalação do RAC-PET ocorreu primeiramente com a fixação dos suportes metálicos tipo cantoneira, de 254,0 mm x 304,8 mm, reforçados com ripa, em seguida com o gradeamento de ripa e fixação dos blocos de garrafas de PET, para depois encaixar o alimentador do RAC-PET, o extravasor e a saída d'água. Abaixo segue detalhamento da instalação do RAC-PET na URU.

a) Fixação dos suportes metálicos tipo cantoneira, de 254,0 mm x 304,8 mm, reforçados com ripa

Os suportes metálicos tipo cantoneira, de 254,0 mm x 304,8 mm, reforçados com ripa, foram instalados seguindo o mesmo nível, em uma distância de 50,0 cm de um para o outro, para isso usou-se a furadeira com broca com ponta de metal duro/ vídea de 8,0 mm x 120,0 mm, e afixaram-se as buchas plásticas de 8,0 mm x 40,0 mm na parede e com a ajuda dos parafusos, auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 50,0 mm, prendeu-se os suportes, conforme figura 34.



Figura 34 – Suportes metálicos tipo cantoneira instalados na URU

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

b) Gradeamento de ripa e fixação dos blocos de garrafas de PET

Após a fixação dos suportes metálicos, reforçados, na parede fez-se um gradeamento acima deles com os 18,0 m ripas de 12 mm x 50 mm, citados na lista de peças, perfazendo três fileiras a uma distância gabaritada pelo ML, essa grade de ripa foi aparafusada, garantindo sua fixação, nos suportes reforçados, com o auxílio da furadeira com a broca de aço rápido de 2,4 mm x 57,0 mm, e parafusos auto-atarraxantes, com cabeça panela, fenda tipo Philips, de 2,9 mm x 19,0 mm. Ao término do gradeamento, os blocos foram colocados por cima dessa grade e o ML foi preso às ripas com abraçadeiras de nylon, de 4,5 mm x 200,0 mm, a uma distância de 1,0 m. Cada bloco foi amarrado na parede com linha de PE lisa, para pedreiro, por meio de ganchos zincados auto-atarraxantes, de 4,4 mm x 67,0 mm, presos com buchas plásticas de 8,0 mm x 40,0 mm, fixadas através da furadeira com broca com ponta de metal duro/ vídea de 8,0 mm x 120,0 mm. Todo procedimento agora descrito, está evidenciado na figura 35.



Figura 35 – Blocos de garrafas de PET fixos na grade de ripa na URU

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

c) Encaixe do alimentador do RAC-PET, extravasor e saída d'água

Para que água da chuva entre no RAC-PET foi necessária uma abertura de 44,0 mm de diâmetro em uma das garrafas de PET do reservatório, para isso usou-se a furadeira com serra copo de 44,0 mm. Tal furo serviu para o encaixe do alimentador do RAC-PET. Quando o RAC-PET estiver cheio, precisará de um extravasor, a fim de guiar o excesso de água a uma única saída, para isso foi elaborado um dispositivo e introduzido em um orifício de 22,0 mm de diâmetro, na base de uma das garrafas de PET, esse orifício foi efetuado com uma furadeira com serra copo de 22,0 mm e o tal dispositivo foi confeccionado com uma mangueira de PVC cristal, de 19,05 mm x 2,0 mm x 40,0 mm, envolvida em uma tela mosquiteira e inserida em um joelho de PVC de 20,0 mm. A saída da água para o uso foi direcionada para um tê de PVC de 20,0 mm, em uma das extremidades do ML, nesse tê foi inserido o seguinte conjunto sequencial: mangueira de PVC Cristal de 19,05 mm x 2,0 mm x 40,0 mm, joelho de PVC de 20,0 mm, tubo de PVC de 20,0 mm x 150,0 cm, tê com rosca de PVC de 20,0 mm, mangueira de PVC Cristal de 19,05 mm x 2,0 mm x 40,0 mm, joelho de PVC de 20,0 mm, tubo de PVC de 20,0 mm x 80,0 mm, luva com rosca de PVC de 20,0 mm. Nesse conjunto foram inseridos uma torneira simples de PVC e um jogo de descarga e vaso sanitário. Todos esses elementos supracitados estão apresentados na figura 36.

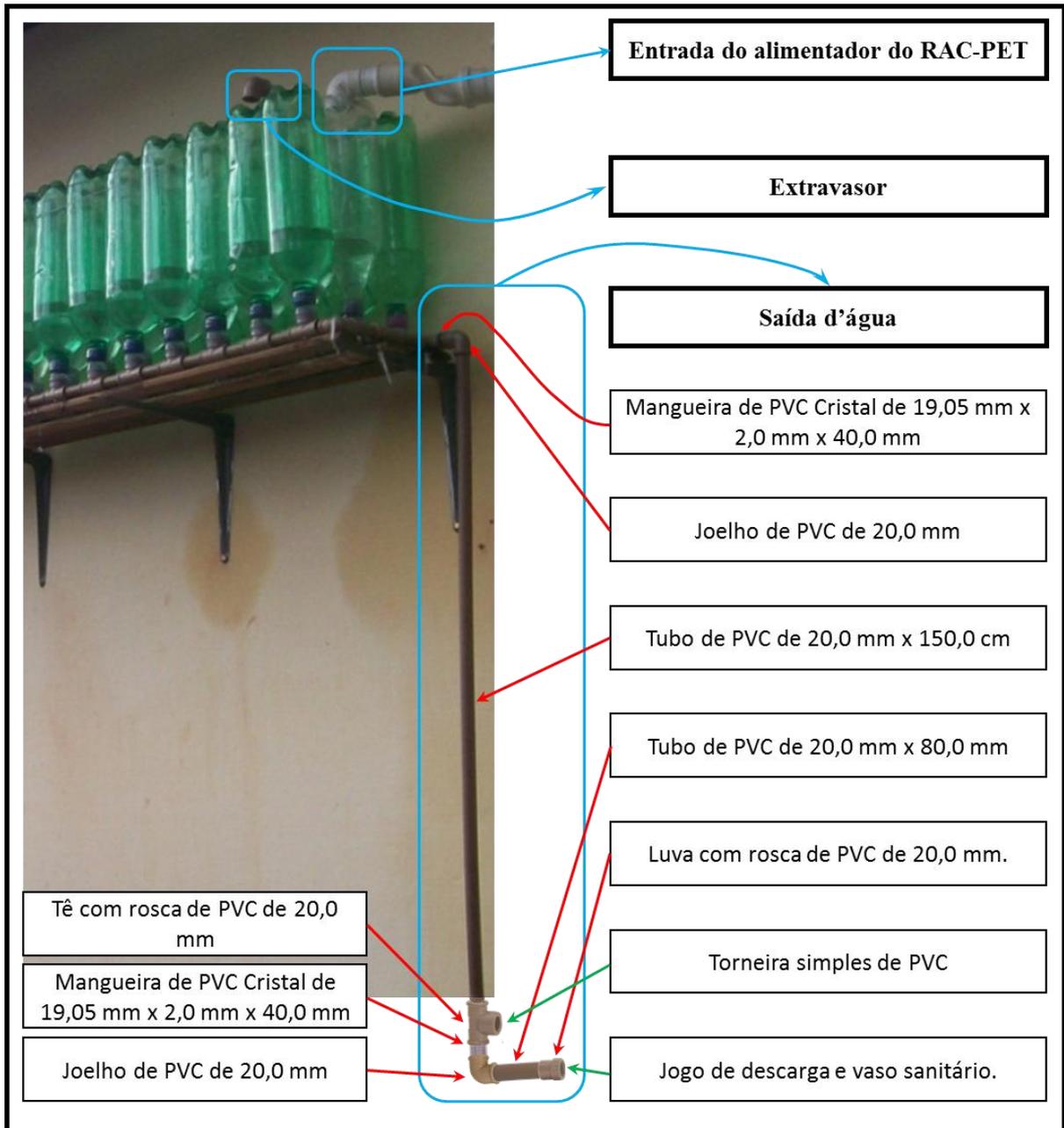


Figura 36 – Entrada do alimentador do RAC-PET, extravasador e saída d'água

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

4.2 TESTE DE FUNCIONALIDADE DO SAAC-SBE

O Teste de Funcionalidade tem por objetivo mostrar a viabilidade do sistema, ou seja, avaliar a eficiência e eficácia do SAAC-SBE montado e instalado. Nesse contexto, e sabendo que para a região de instalação do protótipo, Cidade de São Luís, no Estado do Maranhão, o clima durante o ano é dividido entre um período chuvoso e outro seco, utilizou-se portanto, água pluvial no período de 2011 para realizar o Teste de Funcionalidade.

A água recebida durante as chuvas escoou pelo telhado da URU, com 6,0 m de comprimento por 3,0 m de largura de área de captação na projeção do terreno e foi canalizada pela CAC até o FALAC e o SPAAF, e então conduzida ao RAC-PET, que por sua vez a distribuiu para dois pontos de usos não nobres, sendo um ligado a uma descarga acoplada a um vaso sanitário ajustado para o consumo de 10 litros por utilização e o outro ponto ligado a uma torneira que destinava a água para lavagem de veículos, rega de plantas e lavagem do quintal. O consumo não nobre de água dos pontos acima citados foi proposto e realizado, segundo detalha a tabela 03, abaixo:

Tabela 03: Demanda proposta e realizada de água não potável da URU durante o ano de 2011

<i>Demanda Interna</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade</i>	<i>Consumo mensal (L)</i>
Bacia sanitária – Volume	10	L/descarga	1500
Bacia sanitária – Frequência diária	5	Descarga/dia	
Bacia sanitária – Frequência mensal	150	Descarga/mês	
<i>Demanda Externa</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade</i>	<i>Consumo mensal (L)</i>
Rega de Jardim – Volume/Rega/Área	30	L/regas/10m ²	300
Rega de Jardim – Frequência a cada 3 dias	1	Rega/3 dias	
Rega de Jardim – Frequência mensal	10	Rega/mês	
Lavagem de Carro – Volume/Lavagem	160	L/lavagem	640
Lavagem de Carro – Frequência semanal	1	Lavagem/semana	
Lavagem de Carro – Frequência Mensal	4	Lavagem/mês	
Lavagem de Quintal – Volume/Lavagem/Área	130	L/lavagem/40m ²	520
Lavagem de Quintal – Frequência semanal	1	Lavagem/semana	
Lavagem de Quintal – Frequência mensal	4	Lavagem/mês	
TOTAL			2960

Fonte: Daniel Rocha Pereira (2011).

Para melhor visualizar o Teste de Funcionalidade utilizou-se o Método de Simulação, no qual está detalhado abaixo, bem como o método de avaliação dos componentes do SAAC-SBE.

4.2.1 Método de Simulação

Conforme citado na revisão da literatura, a NBR 15527 sugere, em seu anexo A, para o cálculo e dimensionamento do reservatório ideal para armazenamento de água de chuva, vários métodos conhecidos, dentre eles, Tomaz (2003) indica o Método de Simulação, pois o mesmo, melhor visualiza o comportamento de um sistema de aproveitamento de chuva, uma vez que esse método detalha a relação entre a precipitação pluviométrica média mensal, a demanda de água mensal, a área de captação, o volume de chuva mensal captado pelo telhado, o volume máximo do reservatório, o volume de água no reservatório antes e depois das chuvas no mês, o excedente liberado pelo extravasor no mês e a quantidade de água que faltou no reservatório no mês.

Portanto, neste estudo adotou-se o Método de Simulação, uma vez que o mesmo melhor visualizou o Teste de Funcionalidade do SAAC-SBE.

Para o Método de Simulação adotou-se as seguintes fórmulas:

$$S(m) = Q(m) + S(m - 1) - D(m)$$

Onde $S(m)$ é o volume de água no reservatório depois das chuvas no mês;

Sendo que: $0 \leq S(m) \leq V$

$Q(m)$ é o volume de chuva mensal captado pelo telhado em m^3 ;

$$Q(t) = (P \times A \times C)/1000$$

$S(m - 1)$ é o volume de água no reservatório antes das chuvas no mês, em m^3 (início = $0 m^3$);

$D(m)$ é o consumo ou demanda de água mensal em m^3 ;

V é o volume máximo do reservatório em m^3 ;

$P(m)$ é precipitação da chuva média mensal em mm;

A é a área de captação do telhado na projeção do terreno em m^2 ;

C é o coeficiente de escoamento superficial (Coeficiente de Runoff), adotado o valor de 0,80, segundo Tomaz (2003), pois o telhado é composto por telhas de cerâmica;

$Of(m) = S(m) - V =$ é o Overflow (Excedente liberado pelo extravasor).

Em resumo os dados para o cálculo utilizando o Método de Simulação foram:

- a) Precipitação pluviométrica média mensal, a partir de série histórica no período de 2000 a 2011, na Estação Convencional (Latitude: -2,53°, Longitude: -44,22° e Altitude: 50,86 m), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Cidade de São Luís, no Estado do Maranhão:

Tabela 04: Precipitação pluviométrica mensal, de 2000 a 2011, na Estação Convencional (INMET), em Cidade de São Luís/MA

ANO	MESES (mm)												TOTAL
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	
2000	267	392	606	610	422	146	202	64	13	0	0	42	2764
2001	336	445	371	590	202	327	150	1	7	0	6	44	2479
2002	346	83	314	489	295	237	42	5	0	0	29	47	1887
2003	359	491	570	429	208	148	65	34	6	0	5	56	2371
2004	446	485	388	453	184	213	233	84	2	0	3	7	2498
2005	33	231	350	371	220	257	166	13	0	0	4	158	1803
2006	190	278	369	537	536	262	63	67	2	0	9	40	2353
2007	16	545	457	349	286	61	136	0	2	1	2	42	1897
2008	124	414	585	607	314	380	105	51	0	0	1	19	2600
2009	376	367	565	767	468	208	72	12	0	0	3	0	2838
2010	108	122	317	394	378	218	105	7	0	0	16	91	1756
2011	490	457	431	622	311	167	128	39	0	62	7	1	2715
Média	257,58	359,17	443,58	518,17	318,67	218,67	122,25	31,42	2,67	5,25	7,08	45,58	2330,08

Fonte: Dados da Rede do INMET

- b) Demanda de água mensal: 2,29 m³
 c) Área de captação: 6x3 m² = 18,0 m²
 d) Volume máximo do reservatório: 0,34 m³

4.2.2 Calha para água da chuva (CAC)

O teste de funcionalidade da CAC teve como objetivo avaliar a eficiência e a eficácia da mesma, em conduzir a água da chuva que escorreu pelo telhado e em direcionar essa água ao FALAC e ao SPAAF, para tanto se verificou a inclinação da CAC e a direção da bica do telhado, na URU. Nesse contexto, tal teste mostrou a viabilidade da CAC.

4.2.3 Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)

O teste de funcionalidade do FALAC teve como objetivo avaliar a eficiência e a eficácia do mesmo, em receber a água da chuva que foi canalizada pela CAC e separar os resíduos grosseiros trazidos por ela, mantendo a tela filtrante limpa e desperdiçando pouca água para isso. Para tanto se verificou a contenção de resíduos descartados pela água e a quantidade dessa água para essa limpeza, na URU. Nesse contexto, tal teste mostrou a viabilidade do FALAC.

4.2.4 Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF)

O teste de funcionalidade do SPAAF teve como objetivo avaliar a eficiência e a eficácia do mesmo, em armazenar no reservatório temporário a primeira água da chuva que conseguiu entrar pelo FALAC e separar essa água, que lavou o telhado e as tubulações do SAAC-SBE, da água menos contaminada que continua a descer. Essa separação deu-se através da bola de ping-pong, que funciona como válvula. Para tanto se verificou o abastecimento do reservatório temporário e a vedação da bola no mesmo, na URU. Vale ressaltar que no fundo do SPAAF foi colocada uma tampa de garrafa de PET, vedando assim o reservatório temporário e a cada chuva, o mesmo era esvaziado, para expulsar a primeira água armazenada. Nesse contexto, tal teste mostrou a viabilidade do SPAAF.

4.2.5 Reservatório para Água da Chuva de PET (RAC-PET)

O teste de funcionalidade do RAC-PET teve como objetivo avaliar a eficiência e a eficácia do mesmo, em armazenar a água de chuva recolhida pelos outros componentes do SAAC-SBE e em distribuí-la aos pontos de consumo, acima mencionados. Para tanto, se verificou o abastecimento do reservatório e os pontos de vazamento, na URU. Nesse contexto, tal teste mostrou a viabilidade do RAC-PET.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um SAAC-SBE foi confeccionado, instalado e testado sua funcionalidade em uma unidade residencial unifamiliar (URU), localizada na Cidade de São Luís, no Estado do Maranhão. O mesmo foi construído com materiais alternativos de baixo custo, como garrafas de PET, tubos e conexões de PVC e para o teste de funcionalidade foi utilizado água da chuva durante o ano de 2011 e realizado o método de simulação para melhor visualizar o teste. A descrição de seus resultados é apresentada para sua confecção, instalação e funcionalidade, conforme prescritos nos objetivos específicos desse estudo.

5.1 CONFECÇÃO E INSTALAÇÃO DO SAAC-SBE

Para a construção do SAAC-SBE uniu-se todos os elementos (CAC, FALAC, SPAAF e RAC-PET) montados, instalados e descritos na metodologia e como resultado obteve-se o SAAC-SBE construído e disposto para funcionar, conforme ilustra a figura 37. Contudo para cada componente do SAAC-SBE é apresentado um resultado, conforme segue abaixo.

5.1.1 Calha para água da chuva (CAC)

Nesse estudo optou-se por uma calha elaborada a partir de um tubo de PVC com 100 mm x 6 m, por ser uma alternativa mais econômica, comparado às calhas convencionais (tabela 05).

5.1.1.1 Custos da calha convencional

A fim de comparar a viabilidade econômica entre as duas calhas montadas e instaladas foi feito um levantamento dos valores das peças utilizadas na confecção das mesmas, onde

para a calha convencional pesquisou-se a de menor valor no mercado e apresentou-se na tabela 05.

Tabela 05: Custos das peças da calha convencional de menor valor no mercado

Material	Quantidade	Valor/ Unidade	Total
Cap de PVC para calha de 100,0 mm	1	R\$ 3,50	R\$ 3,50
Calha de PVC de 100,0 mm x 3,0 m	2	R\$ 45,00	R\$ 90,00
Joelho de PVC para calha de 100,0 mm	1	R\$ 3,90	R\$ 3,90
Redução excêntrica de PVC de 100,0 mm para 75,0 mm	1	R\$ 3,90	R\$ 3,90
Tubo de PVC de 75,0 mm x 280,0 mm	1	R\$ 1,90	R\$ 1,90
Joelho de PVC de 75,0 mm	1	R\$ 3,60	R\$ 3,60
Tubo de PVC de 75,0 mm x 155,0 cm	1	R\$ 10,40	R\$ 10,40
Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Abraçadeira com união horizontal para 75,0 mm a 90,0 mm	2	R\$ 3,30	R\$ 6,60
Suporte metálico, para calha de 100,0 mm	10	R\$ 9,90	R\$ 99,00
Acoplamento de PVC para calha de 100,0 mm	1	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 3,5 mm x 25,0 mm	20	R\$ 0,05	R\$ 1,00
Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 38,0 mm	2	R\$ 0,08	R\$ 0,16
Bucha plástica de 8,0 mm x 40,0 mm	2	R\$ 0,05	R\$ 0,10
TOTAL			R\$ 228,06

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.1.1.2 Custos da CAC

Na tabela 06 encontra-se o resultado dos custos das peças utilizadas na confecção da CAC.

Tabela 06: Custos das peças da CAC

Letra na lista	Material	Quantidade	Valor/Unidade	Total
a	Cap de PVC para tubo de 100,0 mm	1	R\$ 4,90	R\$ 4,90
b	Tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m	1	R\$ 47,76	R\$ 47,76
c	Joelho de PVC de 100,0 mm	1	R\$ 4,10	R\$ 4,10
d	Redução excêntrica de PVC de 100,0 mm para 75,0 mm	1	R\$ 3,90	R\$ 3,90
e	Tubo de PVC de 75,0 mm x 280,0 mm	1	R\$ 1,90	R\$ 1,90
f	Joelho de PVC de 75,0 mm	1	R\$ 3,60	R\$ 3,60
g	Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
h	Suporte metálico, tipo cantoneira, de 152,4 mm x 203,2 mm	10	R\$ 1,90	R\$ 19,00
i	Ripa com 12 mm x 50 mm x 250 mm	10	R\$ 0,25	R\$ 2,50
j	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 2,9 mm x 13,0 mm	20	R\$ 0,03	R\$ 0,60
k	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça chata, fenda tipo Philips e 4,8 x 38,0 mm	10	R\$ 0,08	R\$ 0,80
l	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 38,0 mm	1	R\$ 0,08	R\$ 0,08
m	Bucha plástica de 8,0 mm x 40,0 mm	1	R\$ 0,05	R\$ 0,05
TOTAL				R\$ 90,19

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.1.1.3 Montagem da CAC

Na montagem da CAC transformou-se o tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m em uma Calha Propriamente Dita (CPD), em seguida torceu-se um Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm, prolongaram-se os suportes da CPD e encaixaram-se essas peças tratadas. Os resultados dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Transformação do tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m em uma Calha Propriamente Dita (CPD)

Na CPD foi efetuada a retirada de 03 (três) fragmentos, de 10 cm de largura por 195 cm de comprimento, do tubo de PVC de 100,0 mm x 6,0 m, deixando entre cada fragmento retirado um pedaço de 2,5 cm de largura, esse pedaço restante foi a estratégia encontrada para reforçar a CPD, deixando-a mais resistente no momento da instalação e evitando seu fechamento por influência do aquecimento solar, portanto até o momento do encerramento desse estudo, a CPD se comportou dentro do esperado sem apresentar nenhuma anomalia.

b) Torção do Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm

A Torção do Tubo de PVC de 75,0 mm x 150,0 mm diminuiu o ângulo do joelho de PVC de 75 mm e favoreceu a inclinação das conexões da CPD, conforme previsto na metodologia.

c) Prolongamento dos suportes da CPD

Os suportes metálicos para prateleira, tipo cantoneira, de 152,4 mm x 203,2 mm, foram prolongados com ripas de 12 mm x 50 mm x 250 mm, conforme descrito na metodologia, pois eram curtos para a estrutura do telhado em questão.

d) Encaixe das peças da CAC

O encaixe das peças tratadas, acima mencionadas, foi realizado dentro do previsto na metodologia.

e) Peças de tamanhos variáveis

Existem na CAC peças que podem ter seus tamanhos variáveis, de acordo com o local instalado, nesse estudo teve-se: a CPD que dependeu da largura do telhado e o tubo de PVC, de 75,0 mm x 280,0 mm, colocado após a redução excêntrica de PVC de 100,0 mm, no qual obedeceu ao tamanho do espaço entre o beiral do telhado e a parede.

5.1.1.4 Instalação da CAC

A instalação da CAC iniciou-se com a fixação dos 10 suportes prolongados, no qual foram afixados no caibro do telhado. Após os suportes instalados, a CAC foi encaixada abaixo do beiral, deixando a CPD inclinada para que a água não empoece, conforme prescrito na metodologia.

5.1.2 Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)

Nesse estudo optou-se em usar o filtro desenvolvido pela Sociedade do Sol, intitulado de Filtro de Água de Chuva de Baixo Custo Modelo Auto Limpante, por ser uma alternativa mais econômica, em comparação aos filtros para água da chuva comercializados, como o 3P Filter Collector e o 3P Rainus, todos fabricados pela 3P Technik.

5.1.2.1 Custos dos Filtros Comercializados

Tais filtros acima citados apresentam o mesmo processo de instalação e funcionamento do FALAC, ou seja, são acoplados no tubo de descida das calhas pluviais e suas ações filtrantes partem de uma malha encaixada nos mesmos, onde os resíduos são expelidos para frente ou para baixo e a água filtrada segue por outro tubo. Na tabela 07, encontram-se as principais características dos filtros, supracitados, da empresa 3P Technik.

Tabela 07: Custos dos Filtros Comercializados

Filtro	Foto	Área máxima do telhado	Valor
3P Filter Collector		Até 70,0 m ² , indicados pelo fabricante; Até 40,0 m ² , sugerido pelo revendedor.	R\$ 259,00

Filtro	Foto	Área máxima do telhado	Valor
3P Rainus		Até 70,0 m ² , indicados pelo fabricante; Até 50,0 m ² , sugerido pelo revendedor.	R\$ 374,00

Fonte: 3P TECHNIK. 3P Technik Downpipe Filters. 2011. Disponível em: <URL: <http://www.3ptechnik.co.uk/en/downpipefilters.html>>. Acesso em: 12 de maio de 2012

Fonte: ACQUA SAVE. VDC – Venda Direta ao Consumidor. 2011. Disponível em: <URL: http://www.acquasave.com.br/acqua/index_acqua.php?pg=ecommerce1#gal>. Acesso em: 12 de maio de 2012

5.1.2.2 Custos do FALAC

A fim de comparar a viabilidade econômica entre os filtros auto limpantes para água da chuva, foi feito um levantamento dos valores das peças utilizadas na confecção do FALAC, e para os filtros comercializados pesquisaram-se os mais próximos em funcionalidade, conforme tabela 08. O resultado dos custos do FALAC está evidenciado na tabela 08.

Tabela 08: Custos das peças do FALAC

Letra na lista	Material	Quantidade	Valor/Unidade	Total
a	Tubo de PVC de 75,0 mm x 200,0 mm	2	R\$ 1,34	R\$ 2,68
b	Tela mosquiteira de 30,0 cm x 100,0 cm	1	R\$ 0,90	R\$ 0,90
c	Massa epóxi bi-componente com 100g	1	R\$ 3,50	R\$ 3,50
d	Adesivo plástico para PVC rígido com 17 g	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
e	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 38,0 mm	1	R\$ 0,08	R\$ 0,08
f	Bucha plástica de 8,0 mm x 40,0 mm	1	R\$ 0,05	R\$ 0,05

Letra na lista	Material	Quantidade	Valor/Unidade	Total
g	Abraçadeira com união horizontal para 75,0 mm a 90,0 mm	1	R\$ 3,30	R\$ 3,30
TOTAL				R\$ 12,51

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.1.2.3 Montagem do FALAC

Na montagem do FALAC confeccionaram-se um Tubo com Corte Inclinado a 45° (TCI-45) e um Tubo com Bocas Largas (TBL), em seguida efetuou-se uma Abertura para o Descarte de Resíduos (ADR), introduziu-se Bico e Lombada interna no FALAC e encaixaram-se essas peças tratadas. Os resultados dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Confeção do Tubo com Corte Inclinado a 45° (TCI-45)

Para a confecção do FALAC foi efetuado um corte inclinado a 45°, com o arco de serra, em um dos tubos de PVC de 75,0 mm x 200,0 mm, conforme metodologia descrita.

b) Confeção do Tubo com Bocas Largas (TBL)

O segundo passo da confecção do FALAC foi o alargamento das bocas do tubo de 75,0 mm x 200,0 mm que restou, por meio de dilatação térmica, para ser encaixado no TCI-45, conforme metodologia descrita.

c) Confeção da Abertura para o Descarte de Resíduos (ADR)

Na bolsa maior do TBL foi realizada uma abertura, para o descarte de resíduos, conforme descrito na metodologia.

d) Introdução do Bico do FALAC

Junto ao ADR do TBL foi colocado um pequeno bico, para que a água e os resíduos descartados pelo FALAC não escoasse pela parede do SPAAF, conforme descrito na metodologia.

e) Introdução da Lombada interna do FALAC

No interior do TBL, acima da ADR, foi colocada uma pequena lombada, para forçar a água entrar no FALAC, conforme descrito na metodologia.

f) Encaixe das peças do FALAC

O encaixe das peças tratadas, acima mencionadas, foi realizado dentro do previsto na metodologia.

5.1.2.4 Instalação do FALAC

A instalação do FALAC iniciou-se com sua fixação na parede da URU, por meio de uma abraçadeira. Após a fixação, o FALAC foi acoplado na saída da CAC, conforme prescrito na metodologia.

5.1.3 Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF)

Nesse estudo optou-se em usar o separador de águas de chuva desenvolvido pela Sociedade do Sol, intitulado de Separador de Águas Chuva de Baixo Custo para casa popular, por ser um complemento do filtro auto limpante e de baixo custo. Deve-se ressaltar que não houve como comparar a viabilidade econômica do SPAAF em relação a outros separadores de água de chuva comercializados, pois não foi encontrado modelo semelhante no mercado.

5.1.3.1 Custos do SPAAF

Na tabela 09 encontra-se o resultado dos custos das peças utilizadas na confecção do SPAAF.

Tabela 09: Custos das peças do SPAAF

Letra na lista	Material	Quantidade	Valor/Unidade	Total
a	Cap de PVC para tubo de 75,0 mm	3	R\$ 3,36	R\$ 10,08
b	Tubo de PVC de 75,0 mm x 120,0 cm	1	R\$ 8,04	R\$ 8,04
c	Tubo de PVC de 75,0 mm x 100,0 mm	1	R\$ 0,67	R\$ 0,67
d	Tubo de PVC de 50,0 mm x 180,0 mm	1	R\$ 1,08	R\$ 1,08
e	Tubo de PVC de 40,0 mm x 60,0 mm	1	R\$ 0,18	R\$ 0,18
f	Joelho de PVC de 40,0 mm	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
g	Tê de PVC com redução de 75,0 mm para 50,0 mm	1	R\$ 6,93	R\$ 6,93
h	Redução de PVC de 50,0 mm para 40,0 mm	1	R\$ 1,10	R\$ 1,10
i	Anel de vedação, de borracha, com 75 mm	2	R\$ 1,00	R\$ 2,00
j	Pasta lubrificante para juntas elásticas com 160 g	1	R\$ 5,40	R\$ 5,40
k	Adesivo plástico para PVC rígido com 17 g	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
l	Vedante espuma de Poliuretano com 500 ml	1	R\$ 13,90	R\$ 13,90
m	Massa epóxi bi-componente com 100 g	1	R\$ 3,50	R\$ 3,50
n	Adesivo de silicone acético com 50 g	1	R\$ 2,40	R\$ 2,40
o	Garrafa de PET de 2L	2	R\$ 0,00	R\$ 0,00
p	Bola de ping-pong	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
q	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 38,0 mm	3	R\$ 0,08	R\$ 0,24
r	Bucha plástica de 8,0 mm x 40,0 mm	3	R\$ 0,05	R\$ 0,15
s	Abraçadeira com união horizontal para 75,0 mm a 90,0 mm	1	R\$ 3,30	R\$ 3,30
t	Abraçadeira modelo ômega, para 75,0 mm	1	R\$ 3,40	R\$ 3,40
TOTAL				R\$ 67,37

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.1.3.2 Montagem do SPAAF

Na montagem do SPAAF confeccionaram-se o Alimentador do RAC-PET, o Estreitamento do SPAAF e o Fundo do SPAAF, em seguida encaixaram-se essas peças tratadas. Os resultados dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Confeção do Alimentador do RAC-PET

No primeiro momento de confecção do SPAAF foi confeccionado um alimentador para o reservatório. Durante a elaboração do alimentador foi curvado e criado uma bolsa no tubo de PVC de 50,0 mm x 180,0 mm, por meio de tratamento térmico, pois existia uma diferença de altura entre o SPAAF e o RAC-PET. No entanto, essa curvatura não interferiu na montagem descrita na metodologia.

b) Confeção do Estreitamento do SPAAF

Para impedir que a água da chuva, usada para lavagem do telhado, separada pelo SPAAF, fosse conduzida ao reservatório, foi confeccionado um estreitamento na parte superior do SPAAF e posto uma bola de ping-pong, tal bola funcionou como uma válvula de retenção, conforme descrito na metodologia.

c) Confeção do Fundo do SPAAF

No SPAAF foi confeccionado um fundo, para descartar a água acumulada, que lavou o telhado, conforme descrito na metodologia.

d) Encaixe das peças do SPAAF

O encaixe das peças tratadas, acima mencionadas, foi realizado dentro do previsto na metodologia.

5.1.3.3 Instalação do SPAAF

A instalação do SPAAF iniciou-se com seu encaixe na saída do FALAC, após o encaixe, o SPAAF foi fixação na parede da URU, por meio de duas abraçadeiras, conforme prescrito na metodologia.

5.1.4 Reservatório para Água da Chuva de PET (RAC-PET)

Nesse estudo construiu-se um reservatório para água de chuva com garrafas de PET e matérias de baixo custo como tubos, mangueiras e conexões de PVC por ser uma alternativa ecológica, econômica e mais cômoda, pois destina a água armazenada direto no ponto de consumo, em relação aos reservatórios convencionais, as chamadas caixas d'água.

5.1.4.1 Custo do Reservatório convencional

A fim de comparar a viabilidade econômica entre os reservatórios, foi feito um levantamento dos valores das peças utilizadas na confecção do RAC-PET, e para o reservatório convencional pesquisou-se o mais próximo em volume e o de menor preço no mercado, conforme tabela 10, no entanto, não foram pesquisadas as formas e peças de instalação, uma vez que depende da estrutura onde será instalada e de mão de obra especializada em construção civil. Também não foram calculados os custos para bombeamento elétrico de recalque, uma vez que boa parte dos sistemas de aproveitamento de água de chuva tornam-se mais cômodos com a água distribuída direto no ponto de consumo. O resultado dos custos do RAC-PET está evidenciado na tabela 11.

Tabela 10: Custo do Reservatório convencional

Material	Quantidade	Valor/ Unidade	Total
Caixa d'água de PE com tampa de 310 L	1	R\$ 94,70	R\$ 94,70
TOTAL			R\$ 94,70

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.1.4.2 Custos do RAC-PET

Na tabela 11 encontra-se o resultado dos custos das peças utilizadas na confecção do RAC-PET.

Tabela 11: Custos das peças do RAC-PET

Letra na lista	Material	Quantidade	Valor/Unidade	Total
a	Mangueira PVC Cristal de 19,05 mm x 2,0 mm x 80 mm	85	R\$ 0,25	R\$ 21,25
b	Mangueira de PVC Cristal de 25,4 mm x 2,5 mm x 50 mm	168	R\$ 0,25	R\$ 42,00
c	Mangueira PVC Cristal de 19,05 mm x 2,0 mm x 40 mm	9	R\$ 0,13	R\$ 1,17
d	Joelho soldável de PVC de 20,0 mm	6	R\$ 0,25	R\$ 1,50
e	Tê soldável de PVC de 20,0 mm	171	R\$ 0,45	R\$ 76,95
f	Garrafa de PET de 2L, com tampa	168	R\$ 0,00	R\$ 0,00
g	Tubo soldável de PVC de 20,0 mm x 150,0 cm	1	R\$ 2,55	R\$ 2,55
h	Ripa com 12 mm x 50 mm x 300 mm	12	R\$ 0,30	R\$ 3,60
i	Suporte metálico, tipo cantoneira, de 254,0 mm x 304,8 mm	12	R\$ 3,00	R\$ 36,00
j	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 4,8 mm x 50,0 mm	36	R\$ 0,10	R\$ 3,60
k	Bucha plástica de 8,0 mm x 40,0 mm	42	R\$ 0,05	R\$ 2,10
l	Ripa com 12 mm x 50 mm x 18 m	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00
m	Gancho zincado auto-atarraxante de 4,4 mm x 67,0 mm	6	R\$ 0,50	R\$ 3,00
n	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 2,9 mm x 13,0 mm	24	R\$ 0,03	R\$ 0,72
o	Parafuso auto-atarraxante, com cabeça panela, fenda tipo Philips e 2,9 mm x 19,0 mm	36	R\$ 0,05	R\$ 1,80
p	Linha de PP lisa, para pedreiro com 50,0 m	1	R\$ 2,05	R\$ 2,05
q	Tela mosquiteira de 100,0 mm x 100,0 mm	1	R\$ 0,05	R\$ 0,05
r	Abraçadeira de nylon com 4,5 mm x 200,0 mm	18	R\$ 0,16	R\$ 2,88
s	Tubo soldável de PVC de 20,0 mm x 80,0 mm	81	R\$ 0,14	R\$ 11,34
t	Luva soldável com rosca de PVC de 20,0 mm de diâmetro;	1	R\$ 1,50	R\$ 1,50
u	Tê soldável com rosca de PVC de 20,0 mm de diâmetro.	1	R\$ 1,20	R\$ 1,20
TOTAL				R\$ 233,26

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.1.4.3 Montagem do RAC-PET

Na montagem do RAC-PET confeccionou-se o Modulo de Ligação (ML) e reforçaram-se os suportes metálicos tipo cantoneira, em seguida encaixou-se as peças tratadas. Os resultados dessas atividades estão descritas abaixo:

a) Confeção do Modulo de Ligação (ML)

Embora o ML tenha sido elaborado com mangueiras de PVC cristal de 19,05 mm x 2,0 mm x 80,0 mm e tubos de PVC de 20,0 mm x 80,0 mm, os dois métodos apresentaram o mesmo resultado, ou seja, encaixaram-se nas conexões com precisão, sem apresentar falhas ou anomalias, contudo, há uma diferença entre seus valores, onde o preço da mangueira é 78% maior que o valor do tubo, sem contar que o tubo de PVC é mais prático de encaixar, o que diminui o tempo de trabalho e torna o bloco de garrafas de PET mais rígido, facilitando a instalação, todavia o uso da mangueira não se faz obrigatório, pois a utilização dela no estudo foi para verificar a dinâmica da água no ML, portanto o emprego do tubo atende perfeitamente ao objetivo do RAC-PET.

Uma das vantagens do ML e consequentemente do RAC-PET é a característica de se moldar ao tamanho oferecido pelo local de instalação.

b) Reforço dos suportes metálicos tipo cantoneira

Para a instalação do RAC-PET na URU, os suportes metálicos foram reforçados com madeira, o gradeamento foi aparafusado nos suportes reforçados e os blocos de garrafas de PET foram amarrados na parede, mantendo-se dessa forma o RAC-PET firmemente instalado, como descrito na metodologia.

c) Encaixe das peças do RAC-PET

A junção das garrafas de PET em blocos facilitou a instalação da RAC-PET, pois se diminuiu o tempo de instalação, já que seria mais trabalhoso montar o reservatório no alto, consequentemente aumentou a segurança. Quanto à linha de PE utilizada para amarrar as garrafas em blocos e os blocos na parede, foi uma alternativa estética de baixo custo e

resistente, visto que existe um preconceito visual da reutilização das garrafas de PET, contudo, para fixar os blocos podem ser usados diversos materiais que apresentem resistência a intempéries. Em relação aos furos efetuados nas garrafas com a agulha de costura, foi a alternativa encontrada para eliminar o ar contido na garrafa e impedir que vetores acessassem o interior das garrafas, contaminando assim a água, portanto os furos atenderam ao propósito.

5.1.4.4 Instalação do RAC-PET

A instalação do RAC-PET iniciou-se com a fixação dos suportes metálicos tipo cantoneira, de 254,0 mm x 304,8 mm, reforçados com ripa, em seguida com o gradeamento de ripa e fixação dos blocos de garrafas de PET, depois foram encaixados o alimentador do RAC-PET, o extravasor e a saída d'água, conforme prescrito na metodologia.

5.1.5 Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva Sem Bombeamento Elétrico (SAAC-SBE)

Ao final da construção dos componentes do SAAC-SBE, obteve-se o SAAC-SBE completo e pronto para funcionar.

5.1.5.1 Custo de um sistema de aproveitamento de água de chuva convencional

Na tabela 12 encontra-se a soma dos custos dos elementos do sistema de aproveitamento de água de chuva convencional, de menores valores no mercado, convém lembrar que não foi encontrado um separador de primeiras águas semelhante ao desse estudo e não foi contabilizada a instalação do reservatório. Cabe citar também, que sistemas convencionais de aproveitamento de água de chuva utilizam bombas elétricas de recalques para facilitar o consumo. Nesse caso, pela particularidade de cada sistema, não optou-se calcular o custo de uma bomba elétrica de recalque.

Tabela 12: Custo de um sistema de aproveitamento de água de chuva convencional

Componente	Quantidade	Valor/ Unidade	Total
6,0 m de Calha de PVC convencional (instalada)	1	R\$ 228,06	R\$ 228,06
Filtro auto limpante para água da chuva	1	R\$ 259,00	R\$ 259,00
Separador de primeiras águas da chuva	1	-	-
Caixa d'água de PE com tampa de 310 L (sem instalação)	1	R\$ 94,70	R\$ 94,70
TOTAL			R\$ 581,76

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.1.5.2 Custo do SAAC-SBE

Na tabela 13 encontra-se a soma dos custos dos elementos do SAAC-SBE.

Tabela 13: Custo do SAAC-SBE

Componente	Quantidade	Valor/ Unidade	Total
CAC	1	R\$ 90,19	R\$ 90,19
FALAC	1	R\$ 12,54	R\$ 12,54
SPAAF	1	R\$ 67,37	R\$ 67,37
RAC-PET	1	R\$ 233,26	R\$ 233,26
TOTAL			R\$ 403,36

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

5.2 TESTE DE FUNCIONALIDADE DO SAAC-SBE

Por meio do Teste de Funcionalidade verificou-se a eficiência, eficácia e a viabilidade do SAAC-SBE montado e instalado na URU, com o auxílio das chuvas do ano de 2011 e do Método de Simulação.

Abaixo segue o resultado do comportamento SAAC-SBE e de seus componentes, durante o teste de funcionalidade.

5.2.1 Método de Simulação

A partir do Método de Simulação, descrito na metodologia, foi possível visualizar o comportamento do SAAC-SBE, esse por sua vez, mostrou-se viável apenas para o período chuvoso, pois as características climáticas do local de instalação, conforme citado na metodologia, possui um período de 6 meses chuvosos e outros 6 meses de estiagem. Os resultados do método encontram-se na tabela 14, abaixo:

Tabela 14: Método de Simulação do SAAC-SBE

Meses	$P(m)$ = Precipitação pluviométrica média mensal (mm)	$D(m)$ = Demanda de água mensal (m ³)	A = Área de captação (6x3m ²)	$Q(m)$ = $(PAC)/1000$ = Volume de chuva mensal captado pelo telhado (m ³)	V = Volume máximo do reservatório (m ³)	$S(m-1)$ = Volume de água no reservatório antes das chuvas no mês (início =0)	$S(m) = Q(m) + S(m-1) - D(m)$ = Volume de água no reservatório depois das chuvas no mês ($0 \leq S(m) \leq V$)	$Of(m) = S(m) - V$ = Overflow (Excedente liberado pelo extravasor no mês)	Quantidade de água que faltou no reservatório no mês
Janeiro	257,58	2,96	18,0	3,71	0,34	0,00	0,75	0,41	0,00
Fevereiro	359,17	2,96	18,0	5,17	0,34	0,75	0,34	2,62	0,00
Março	443,58	2,96	18,0	6,39	0,34	0,34	0,34	3,43	0,00
Abril	518,17	2,96	18,0	7,46	0,34	0,34	0,34	4,50	0,00
Mai	318,67	2,96	18,0	4,59	0,34	0,34	0,34	1,63	0,00
Junho	218,67	2,96	18,0	3,15	0,34	0,34	0,34	0,19	0,00
Julho	122,25	2,96	18,0	1,76	0,34	0,34	-0,86	0,00	0,86
Agosto	31,42	2,96	18,0	0,45	0,34	0,00	-2,51	0,00	2,51
Setembro	2,67	2,96	18,0	0,04	0,34	0,00	-2,92	0,00	2,92
Outubro	5,25	2,96	18,0	0,08	0,34	0,00	-2,88	0,00	2,88
Novembro	7,08	2,96	18,0	0,10	0,34	0,00	-2,86	0,00	2,86
Dezembro	45,58	2,96	18,0	0,66	0,34	0,00	-2,30	0,00	2,30
TOTAL	2330,08	35,52		33,55				12,37	14,33

Série histórica de 2000 a 2011

C = 0,80 (Coeficiente de Runoff ou de escoamento superficial)

5.2.2 Calha para água da chuva (CAC)

Após a água da chuva percorrer pelo telhado, a mesma foi completamente recolhida pela CAC e conduzida até o FALAC, sem ficar empoçada, logo, conclui-se que a CPD estava posicionada corretamente na bica do telhado e sua inclinação estava adequada, não permitindo a retenção de água e a possível proliferação de vetores patogênicos. No teste também se observou a possibilidade de vazamentos nas conexões das peças da CAC, porém não foi identificado nenhum ponto de vazamento. Portanto, a CAC se mostrou eficiente e eficaz, por atender aos propósitos de sua construção e consequentemente, uma opção viável e mais econômica.

5.2.3 Filtro Auto Limpante para Água da Chuva (FALAC)

Após a água da chuva ser drenada pela CAC, a mesma foi conduzida até o FALAC, onde esse a tratou retirando os resíduos grosseiros, mantendo a malha filtrante limpa e desperdiçando pouca água para essa limpeza. No teste também se observou a possibilidade de vazamentos nas conexões das peças do FALAC, porém não foi identificado nenhum ponto de vazamento. Portanto, o FALAC se mostrou eficiente e eficaz, por atender aos propósitos de sua construção e consequentemente, uma opção viável e mais econômica.

A Sociedade do Sol, idealizadora do filtro auto limpante para água da chuva, sugere que a área máxima do telhado para esse componente seja de até 30,0 m² de telhado, após isso fazer um sistema filtrante para cada 30,0 m².

5.2.4 Separador de Primeiras Águas e Águas Fracas (SPAAF)

Após a primeira água ser filtrada pelo FALAC, a mesma seguiu até o SPAAF, com capacidade aproximada de 5,3 L, onde esse a armazenou provisoriamente e a separou da água que continuara a descer, para isso o SPAAF contou com a ajuda da bola de ping-pong, que realizou sua função com precisão vedando o estreitamento do separador. Convém lembrar que

a cada chuva, o reservatório temporário era esvaziado, eliminando assim a primeira água, que lavou o telhado e as tubulações do SAAC-SBE. No teste também se observou a possibilidade de vazamentos nas conexões das peças do SPAAF, porém não foi identificado nenhum ponto de vazamento. Portanto, o SPAAF se mostrou eficiente e eficaz, por atender aos propósitos de sua construção e conseqüentemente, uma opção viável e de baixo custo.

A Sociedade do Sol, idealizadora do separador de primeiras água e águas fracas da chuva, sugere que a área máxima do telhado para esse componente seja de até 30,0 m² de telhado, após isso fazer um separador para cada 30,0 m².

5.2.4.1 Alimentador do RAC-PET

O alimentador do RAC-PET, denominado de tubo de PVC de 50,0 mm x 180,0 mm, curvado e com bolsa, fazia um desnível acima da saída reduzida do tê de PVC, de 75,0 mm para 50,0 mm desse alimentador e continha uma redução no diâmetro central devido ao tratamento térmico usado para entortá-lo, contudo esse desnível e essa diminuição do canal central, não impediram que a água da chuva adentrasse no RAC-PET.

5.2.5 Reservatório para Água da Chuva de PET (RAC-PET)

Após a primeira água ter sido separada pelo SPAAF, as que continuaram a descer seguiram para o RAC-PET, onde esse as armazenou para posterior uso. Contudo, no momento do abastecimento a água preencheu por igual as garrafas de PET, empurrando assim o ar pelo orifício feito nas mesmas.

5.2.5.1 Pontos de vazamentos

No RAC-PET instalado na URU encontravam-se 855 conexões, logo 855 pontos de vazamentos, entretanto, após o abastecimento por completo, observou-se apenas 5 locais vazando, no qual foi identificado como falhas no enroscamento de 5 garrafas de PET, essas anomalias foram corrigidas e os vazamentos foram sanados.

5.2.5.2 *Volume total*

Levando em consideração que o ML tinha 18,0 m de comprimento e suas conexões 20,0 mm de diâmetro, o volume aproximado que o ML apresentava era de 5,65 L. No caso das garrafas de PET de 2,0 L do RAC-PET, as mesmas foram preenchidas com o volume aproximado que as identificam, no caso 2,0 L, assim, a URU que tinha 168 garrafas, foi preenchida com 336,0 L mais 5,65 L, do ML, totalizando aproximadamente 341,65 L.

5.2.5.3 *Garrafas de PET sem furos*

Ao verificar o enchimento do RAC-PET verificou-se que algumas garrafas de PET não foram furadas, o que foi importante para se verificar o comportamento delas no sistema, que no caso, reforçou a importância do furo, pois a ar contido nelas não conseguia sair.

5.2.5.4 *Extravasador e Saída d'água*

O extravasador que foi instalado cumpriu com seu propósito em eliminar a água da chuva excedente. Quanto à saída d'água, a mesma se mostrou eficiente e eficaz em esvaziar o RAC-PET, a uma distância de 2,0 m do chão, abastecendo, dessa maneira, os dois pontos de consumo, sem a necessidade de bombeamento elétrico, a descarga acoplada ao vaso sanitário e a torneira para os outros usos não nobres citados nesse estudo.

Portanto, o RAC-PET comportou-se além do esperado e se mostrou eficiente e eficaz, por atender aos propósitos de sua construção e conseqüentemente, uma opção viável e de baixo custo, pois embora o custo do reservatório convencional apresentado na tabela 08, seja menor em relação ao custo total do RAC-PET, não foi apresentado para o mesmo os valores de instalação e nem os valores de bombeamento elétrico.

5.2.6 Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva (SAAC-SBE)

Conforme conclusão dos resultados dos testes de funcionalidade dos elementos do SAAC-SBE, esse se mostrou eficiente, eficaz e viável ambiental e economicamente. Sua montagem e instalação completa encontram-se na figura37.



Figura 37 – SAAC-SBE montado e instalado na URU

Fonte: Daniel Rocha Pereira, 2011

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, constatou-se que o Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva Sem Bombeamento Elétrico (SAAC-SBE), é eficiente, por reservar água da chuva com materiais recicláveis de baixo custo e eficaz, por fazer isso tudo, agora dito, com pouco desperdício e sem utilizar bombeamento elétrico de recalque. Muito embora sua construção exija habilidades artesanais e uma quantidade considerável de tempo a uma única pessoa, é de fácil manutenção, por não usar cola em suas estruturas principais. Ressalta-se também nos resultados, que o SAAC-SBE é viável do ponto de vista econômico, pois além de utilizar matérias de baixo custo, apresenta um custo menor em relação a outros sistemas comercializados, não esquecendo a característica ambiental, da ausência de energia elétrica para o bombeamento e do uso da água da chuva, propiciando benefícios de conservação de energia elétrica, de água e do reuso de materiais recicláveis, com as garrafas de PET, que geralmente são descartados como resíduo comum quando há coleta ou lançadas diretamente no ambiente, gerando um grande impacto social e ambiental. Portando nesse estudo fez-se o reuso inteligente de 170 garrafas de PET de 2 L, destinando-as de forma correta e impedindo que fossem ao aterro sanitário ou unir-se a tantas outras espalhadas pela cidade.

Convém lembrar que o Método de Simulação apresentou um resultado favorável para região onde o protótipo foi instalado, no caso na Cidade de São Luís, no Estado do Maranhão, concluindo dessa maneira, que o SAAC-SBE pode ser usado durante os seis meses de chuva disponíveis na cidade.

Tal projeto pode ser usado para minimizar a escassez de água em comunidades de baixa renda, por diversos motivos como: baixa disponibilidade hídrica local; contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais; e até mesmo ausência ou má distribuição de água por conta da concessionária pública. Em outras ocasiões pode ser usado para promover a educação ambiental acerca da preservação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos e até mesmo diminuir os custos com água potável fornecida pelas concessionárias de água e esgoto. Com a sensibilização da população para este fato, o conceito de aproveitamento de água pluvial poderá ser implantado através desse projeto, colaborando com a preservação dos recursos natural e preparando as futuras gerações para um mundo onde todos tenham o direito de usufruir suficientemente de água potável para seu consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e Reúso de água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFES, Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação**: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.

BARCELLOS, B. R.; FELIZZATO, M. R.; Aproveitamento das águas atmosféricas. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 - 112. CD-ROM. 2005.

CAMPOS, M.A.S., AMORIM, S.V. Aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multi-familiar no município de São Carlos. In: **IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental: Qualidade ambiental e Responsabilidade Social**. Porto Alegre: ABES. CD-ROM. 2004.

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

DEUS A. B. S., CARDOSO, L.S. De LUCA, S. J. Avaliação qualitativa da precipitação atmosférica em áreas de grande urbanização. In: **XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2002. México. ABES. CD-ROM 2002.

DILLAHA, T. A., ZOLAN, W. J. Rainwater catchment water quality in Micronesia. **Water Research**. v. 19, n. 6, p. 741-746, 1985.

GHANAYEN, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. In: **RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS**, 10, 2001, Manheim. Proceedings... Germany, 2001.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. In: KOBAYAMA, M.; USHIWATA, C.T.; AFONSO, M.A.. Editora Organic Trading – Curitiba/PR. 2002.

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F. LAPOLLI, F.R. Avaliação da qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis – SC. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 - 112. CD-ROM. 2005.

LAZAROVA, V. HILLS, S. BIRKS, R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water Science and Technology**. v. 3, n. 4, p. 69-77, 2003.

LEE, K. T. *et al.* Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems. **J. agric. Engng. Res**, v.3, n. 77, p. 343-348, 2000.

LOPES, J.E.G.; Santos, R.C.P. **Capacidade de reservatórios**. 2002. Disponível em: <http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_reservatorios.pdf> Acesso em : 15 dez. 2005.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

PETERS, M. R. **Potencialidade de usos de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFSC, Florianópolis, 2006.

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – IPT, São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora. 207 p. 2004.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc11030.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2005.

SICKERMANN, J.M. Gerenciamento das águas de chuva – Imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil. In: **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água De Chuva**. 4, 2003. Juazeiro. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.htm>>. Acesso em: 12 abril 2005.

SOCIEDADE DO SOL. **Manual de instrução de manufatura e instalação experimental do filtro de água de chuva de baixo custo modelo auto-limpante**. Disponível em: <<http://www.sociedadedosol.org.br/agua/aguadechuva/filtro-de-agua-de-chuva.htm>>. Acesso em: 05 junho de 2010.

SOCIEDADE DO SOL. **Manual de instrução de manufatura e instalação experimental do separador de águas da chuva de baixo custo**. Disponível em: <<http://www.sociedadedosol.org.br/agua/aguadechuva/separador-de-agua-de-chuva.htm>>. Acesso em: 05 junho de 2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Rainwater Harvesting and Utilisation**. Examples of Rainwater Harvesting and Utilisation Around the World. Disponível em: < <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp>> . Acesso em: 16 nov 2005.

VALLE, J. A. B. *et al.* Aproveitamento de água de chuva. In: 23° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 - 112. CD-ROM. 2005.