

MULTIVIX

SERRA

**FACULDADE CAPIXABA DA SERRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ELAINE BERGANTINI CASTIGLIONI
FRANSCIELLI NASCIMENTO DE CARLI**

**ESTUDO DA POTENCIALIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL EM ESCOLA ESTADUAL NA CIDADE DE
SERRA-ES**

**SERRA
2015**

**ELAINE BERGANTINI CASTIGLIONI
FRANSCIELLI NASCIMENTO DE CARLI**

**ESTUDO DA POTENCIALIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL EM ESCOLA ESTADUAL NA CIDADE DE
SERRA-ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.Sc. Joãozito Cabral Amorim Júnior

**SERRA
2015**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca da Faculdade Capixaba da Serra - Multivix. Serra, ES.)

C351e CASTIGLIONI, Elaine Bergantini.
Estudo da potencialidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em escola estadual na cidade de Serra-ES / Elaine Bergantini Castiglioni, Franscielli Nascimento De Carli. – Serra: Faculdade Capixaba da Serra, 2015.

50 fls.

Orientador: Joãozito Cabral Amorim Júnior

Trabalho de conclusão de curso (Curso Engenharia de Civil) – Faculdade Capixaba da Serra. 2015.

1. Água - Captação. 2. Água potável. 3. Recursos hídricos. I. CASTIGLIONI, Elaine Bergantini. II. DE CARLI, Franscielli Nascimento. III. AMORIN JÚNIOR, Joãozito Cabral. IV. Faculdade Capixaba da Serra. V. Título.

CDD:333.7

**ELAINE BERGANTINI CASTIGLIONI
FRANSCIELLI NASCIMENTO DE CARLI**

**ESTUDO DA POTENCIALIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL EM ESCOLA ESTADUAL NA CIDADE DE
SERRA-ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Joãozito Cabral Amorim Júnior (Orientador)
Faculdade Capixaba da Serra

A nossa amada e querida família, base de nossas vidas!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nos dar o discernimento para superar os momentos difíceis desta jornada e por nos proporcionar muitas alegrias;

Aos nossos pais, pelo exemplo de vida, por todo o amor e ensinamentos diários, sempre nos mostrando o caminho certo a seguir;

Aos nossos maridos pelo amor, pelo apoio, paciência e pela compreensão nas horas mais difíceis e nas constantes ausências;

A nossos irmãos pelo carinho e amizade;

Aos nossos (as) sobrinhos (as), pelos momentos de felicidades e amor;

A nossa família por todo apoio nos dado;

Um especial agradecimento ao nosso orientador Joãozito, pela dedicação nos dada até nos finais de semana, pelos conhecimentos compartilhados, pela atenção, e por todo o tempo disponibilizado ao longo deste trabalho;

Aos amigos, que sempre incentivaram nossos sonhos e estiveram sempre ao nosso lado e aos nossos amigos de classe e demais formandos pela amizade e companheirismo que recebemos;

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

“O valor das coisas não está no tempo
que elas duram, mas na intensidade com que
acontecem. Por isso, existem momentos
inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas
incomparáveis.”
Fernando Pessoa

RESUMO

Devido a crise hídrica que afeta vários locais do mundo, foram criadas alternativas para economizar o uso da água, dentre essas alternativas, a captação de água de chuva, apresenta uma solução simples para diminuir o consumo de água potável em locais onde não se faz necessário o uso da mesma. Visando a necessidade de preservar os recursos hídricos e gerar uma redução no gasto com água potável, essa pesquisa teve como objetivos verificar o potencial de economia de água potável obtido com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para uso não potável, bem como analisar a viabilidade econômica com a implantação desse sistema. O local de estudo foi a EEEFM Aristóbulo Barbosa Leão localizada na cidade de Serra/ES, de onde foram realizadas estimativas de gasto de água potável. Para verificar o potencial de economia de água potável foi calculado o volume de água que poderá ser captado pelo telhado, para isso foi utilizada a média pluviométrica anual do Posto Fazenda Fonte Limpa, localizado na cidade de Serra, a área de telhado da escola e o coeficiente de aproveitamento de 80%, desse volume foi considerado um descarte de 10% para remover as impurezas da água captada, em seguida, foi realizada uma estimativa da quantidade de água potável que a escola consome seguindo os parâmetros da SEDU (Secretaria de Educação do Espírito Santo). Para analisar a viabilidade econômica, foi realizado um comparativo de custo, antes e após a implantação do sistema, utilizando as tarifas cobradas pela CESAN, onde pode-se conhecer o percentual de economia gerado pelo sistema. Em seguida, foi calculado o custo de implantação desse sistema, através do valor dos materiais e mão de obra para instalação, foi calculado ainda, o tempo de retorno para que o dinheiro gasto para implantação do sistema volte para a escola. Constatou-se que, com a implantação do sistema de captação de água de chuva através da área do telhado da escola, há uma redução de média 815.000 litros de água potável por ano e uma economia de R\$ 5.537,18 por ano, verificou-se ainda que o tempo de retorno do investimento será de 42 meses, esse tempo é relativamente grande, visto que a tarifa de consumo de água potável é barata.

Palavras-chaves: Crise hídrica, Aproveitamento, Água potável, Água não potável, Custo.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A. C. – Antes de Cristo

ANA - Agência Nacional de Águas

CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento

D – Dia

ES - Espírito Santo

FIESP – Federação das Indústrias Do Estado de São Paulo

GCM – Global ClimateModels

HIDROWEB - Sistema de Informações Hidrológicas

l – litros

m - Metro

m² - Metro Quadrado

m³ - Metro Cúbico

mm – Milímetro

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organizações das Nações Unidas

SEDU – Secretaria de Educação do Espírito Santo

SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil

SP – São Paulo

UND - Unidade

UNID – Unitário

LISTA DE FIGURA

Figura 1.1 - Distribuição de água na terra	14
Figura 3.1 – Ciclo hidrológico	18
Figura 3.2 – Esquema de cisterna implantada na zona rural	22
Figura 3.3 – Divisão hidrológica nacional	23
Figura 4.1 – Telhado para captação de água de chuva	31
Figura 5.1 – Média histórica mensal do município de Serra/ES.....	39
Figura 5.2 – Redução do consumo de água potável	41
Figura 5.3 – Comparação de custo de água pluvial	42

LISTA DE TABELA

Tabela 4.1 – Cálculo de água potável	32
Tabela 4.2 – Demanda interna e externa de água não potável em escola	37
Tabela 5.1 – Volume de água de chuva captada	40
Tabela 5.2 – Estimativa do consumo anual de água da escola.....	40
Tabela 5.3 – Custo reduzido	42
Tabela 5.4 – Consumo de energia elétrica do bombeamento	44

LISTA DE QUADRO

Quadro 3.1 - Modelos para previsão do consumo médio mensal de água em grandes estabelecimentos no estado de São Paulo	29
Quadro 3.2 – Consumo de água típico de alguns estabelecimentos	29
Quadro 4.1 – Coeficiente de escoamento	31
Quadro 4.2 – Tarifas de água.....	33
Quadro 5.1 – Estimativa de custo do sistema	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 HIPÓTESE	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 GERAL	17
2.2 ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 CICLO HIDROLÓGICO	18
3.2 TIPO DE PRECIPITAÇÕES	20
3.3 COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM ALGUNS PAÍSES	21
3.3.1 Coleta e aproveitamento de água de chuva no Brasil	22
3.4 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS	23
3.5 LEGISLAÇÃO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM COBERTURAS	26
3.6 COEFICIENTE DE RUNOFF	27
3.6.1 Método racional	28
3.7 DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA POTÁVEL	28
3.7.1 Demanda de água potável na escola	29
4. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1 VERIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL.....	30
4.1.1 Características pluviométricas da serra.....	30
4.1.2 Coeficiente de escoamento	30
4.1.3 Área de captação da água de chuva	31
4.1.4 Cálculo para obter o volume de água captado	32
4.1.5 Descarte da primeira água	32
4.1.6 Estimativa do volume de água potável	32
4.1.7 Cálculo do percentual de água economizado.....	33
4.2 ANÁLISE ECONÔMICA	33
4.2.1 Cálculo do custo de água sem captação.....	34

4.2.2 Cálculo do custo de água com captação.....	34
4.2.3 Cálculo do percentual de água economizado.....	35
4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.	35
4.3.1 Orçamento do sistema de captação.....	35
4.3.2 Característica do reservatório de água não potável.....	36
4.3.3 Característica do cálculo de água não potável.....	37
4.3.4 Cálculo da bomba.....	37
4.3.5 Cálculo do consumo de energia.....	37
4.3.6 Cálculo do custo total economizado.....	38
4.3.7Cálculo do período de retorno do investimento.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1 VERIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL.....	39
5.2 ANÁLISE ECONÔMICA.....	41
5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.	43
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS.....	46
ANEXOS.....	49

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural e essencial à vida. É muito abundante na Terra, cobrindo a maior parte de sua superfície.

Segundo ONU (2013), do volume total de água na Terra, somente cerca de 2,5% é de água doce, e o restante é água salgada, que sem passar por um processo físico-químico de retirada de sais, é imprópria para o consumo humano e além disso, o custo para a dessalinização é elevado.

Desta forma, desse percentual de água doce, 69% concentram-se em geleiras e neves eternas, 30% água subterrânea, 0,7% umidade do solo, ar e solos congelados, e somente 0,3% estão disponíveis em rios e lagos para consumo humano (COIMBRA e ROCHA,1999).

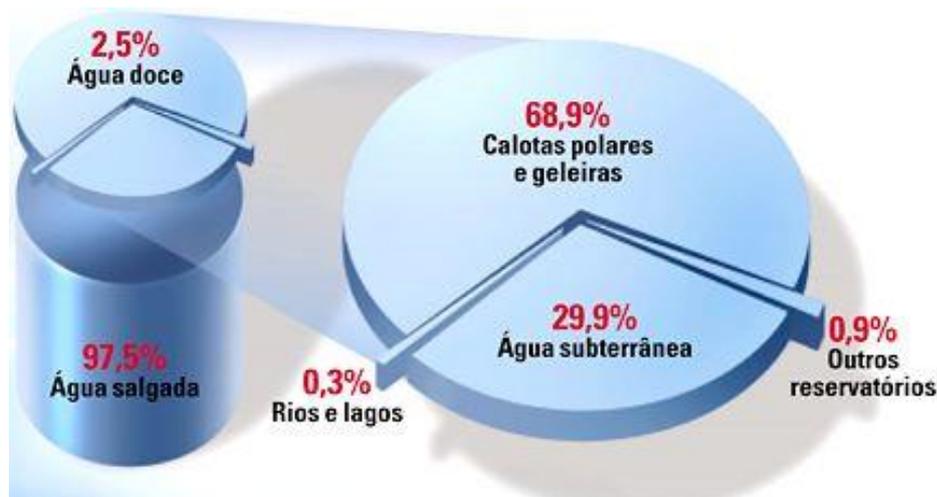


Figura 1.1 - Distribuição de água na Terra
Fonte - <http://galileu.globo.com>

Apesar de ser considerada um recurso renovável, a água de qualidade se tornou escassa em vários locais do mundo, sendo inclusive motivo de conflitos em algumas regiões. A escassez de água é consequência principalmente do aumento populacional, do desperdício e das atividades poluidoras (HAGEMANN,2009).

Segundo dados do Banco Mundial, até 2050, mais de um bilhão de pessoas viverão em cidades sem água suficiente. À medida que a população aumenta, também cresce a necessidade de abastecimento. O principal problema é que a quantidade de água no mundo não aumenta (ONU,2015).

De acordo com Milena (2007) em alguns países da África e do Oriente Médio, a população já vive a realidade da escassez de água. No Brasil, apesar de ser considerada a segunda maior potência de água doce do mundo, na Região Nordeste, há uma grande dificuldade, de acesso aos recursos hídricos, e no fim do ano de 2014, com a baixa precipitação de chuva, e o baixo nível dos reservatórios de água, além do uso desordenado no consumo, algumas regiões, como a Sudeste, começaram a vivenciar essa dificuldade.

Devido à degradação dos recursos hídricos e do uso desordenado do mesmo, é necessário que se utilizem alternativas para diminuir o consumo de águas tratadas, a fim de preservar e garantir que no futuro não venha a faltar água. Uma das alternativas que vem sendo utilizada é a captação de águas de chuvas que pode ter várias destinações.

Segundo Jaques (2005) em alguns países como Alemanha e Austrália, essa já é uma prática muito difundida, onde novos sistemas estão sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo benefício.

A água destinada ao consumo humano pode ter dois fins distintos, parte da água que abastece uma residência é utilizada para higiene pessoal, para beber e cozinhar alimentos, sendo estes usos designados como usos potáveis, a outra parcela da mesma água que chega às residências é destinada aos usos não potáveis, como lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários. Estudos mostram que o consumo de água destinado 1 – Introdução 22 aos usos não potáveis em uma residência varia de 30 a 40% do total de água consumida (The Rainwater Technology Handbook, 2001 apud TOMAZ, 2003). Esta parcela de água poderia ser atendida por fontes alternativas, visando à conservação da água e gerando uma economia para o consumidor (ANNECCHINI, 2005).

De forma simplificada, a captação da água é realizada através de calhas implantadas nos telhados, o volume captado passa por filtros, para que impurezas maiores como galhos e folhas sejam retidas, e logo após é armazenada em cisterna, até que se façam o seu uso.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como justificativa a utilização de água de chuva para fins não potáveis em escolas estaduais, por apresentar uma solução simples e barata para diminuir o consumo de água potável, e por consequência preservar os recursos hídricos, contribuindo como uma forma de solucionar o problema da crise hídrica, pela qual vários locais do mundo, estão enfrentando.

1.1. HIPÓTESE

A captação de água de chuva é uma forma de reduzir o consumo de água potável, mas devido as baixas precipitações em algumas regiões, nem sempre é viável a implantação desse sistema.

Devido ao momento de crise hídrica que está acontecendo no país, o sistema de captação de água se torna além de sustentável, essencial, aplicando no sistema escolar serve de exemplo para as novas gerações e como exemplo para sociedade.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar a viabilidade econômica do aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, com intensificação do uso da água de chuva na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Aristóbulo Barbosa Leão, na cidade de Serra/ES.

2.2 ESPECÍFICOS

- Verificar o potencial de economia de água potável obtido com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uso não potável.

- Analisar a viabilidade econômica da implantação desse sistema em uma escola localizada em Serra – ES.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

Pode-se considerar que toda água utilizável pelo homem provenha da atmosfera, ainda que este conceito tenha apenas o mérito de definir um ponto inicial de um ciclo que, na realidade, é fechado. A água pode ser encontrada na atmosfera sob a forma de vapor ou de partículas líquidas, ou como gelo ou neve (PINTO, 1976; TUCCI, 2013).

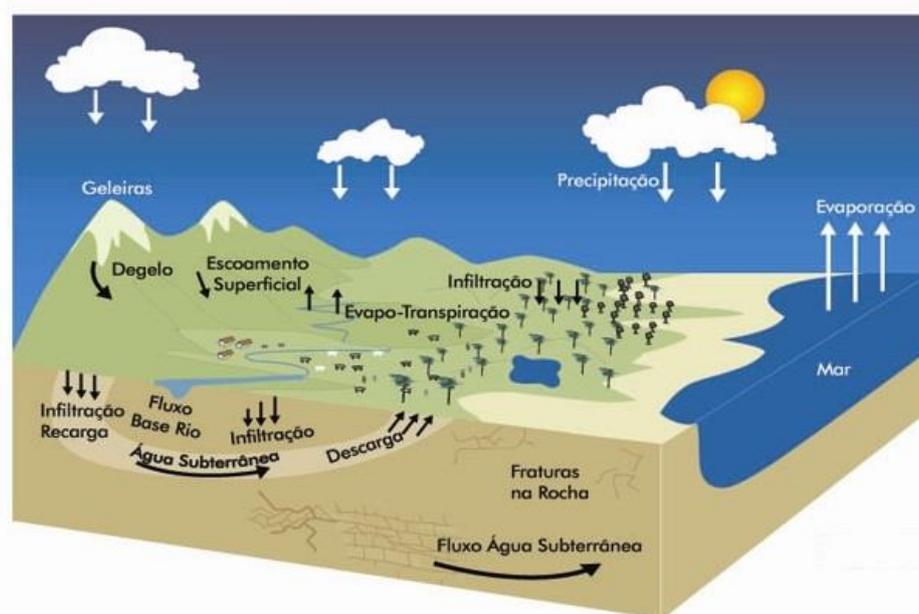


Figura 3.1 - Ciclo Hidrológico
Fonte: <http://www.mma.gov.br>

Segundo Pinto (1976) e Tucci (2013) as gotículas de água são formadas pelo processo de condensação e precipitam-se em forma de chuva. Ao passar por determinadas temperaturas, podem chegar ao solo em forma de granizo ou neve. Também há uma parte dessa chuva que antes de chegar ao solo, é evaporada e ainda pode ser retida pelos vegetais, acelerando assim o ciclo hidrológico local, já que essa retenção evita com que a água siga seu curso normal, e a evaporação aconteça mais rápido.

Quando a água chega ao solo, uma parte evapora, e outra parte pode percorrer três caminhos: escoamento subterrâneo, quando ela se infiltra no solo, formando os aquíferos ou um lençol freático; escoamento subsuperficial, fluxo que se dá logo abaixo da superfície; e escoamento superficial, que devido ao solo está

saturado, a água escoar pela superfície, percorrendo os locais onde se tem linhas de declives, formando assim os rios, que vão levar essa água aos mares, lagos e oceanos.

As plantas também contribuem através do processo chamado de evapotranspiração, onde elas retiram a umidade do solo através das raízes, necessário para seu crescimento e para viver, e devolvem a atmosfera através da evaporação pelas folhas.

Durante todos esses processos, e quando chegam aos oceanos, a água passa pelo processo de evaporação, onde é transformada do estado líquido ou sólido, para o estado gasoso, através do aquecimento devido aos raios solares, e graças a ação do vento, parte desse vapor d'água é transportado para a terra, onde irá subir até as nuvens e passar por todo o processo novamente, e permitindo assim, que o ciclo continue.

O ciclo hidrológico serve para distribuir a água por todo o planeta, contudo, devido à ação do homem, esse processo não está acontecendo de fato. O desenvolvimento urbano, assim como a poluição e o desmatamento, estão modificando a forma natural desse processo.

De acordo com Tucci e Mendes (2006) o desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural. Com a urbanização, a cobertura da bacia é em grande parte impermeabilizada com edificações e pavimentos e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando as seguintes alterações: redução da infiltração no solo, aumento do escoamento superficial, redução do escoamento subterrâneo e redução da evapotranspiração.

A poluição pode aumentar os riscos de precipitação de chuva ácida. Embora seja causada por processos naturais, provenientes da emissão de gases pelos vulcões, e processos biológicos ocasionados no solo, a frequente emissão de gases oriundos das indústrias, bem como os restos de material orgânico depositados no solo, ou lançados nos rios, mares entre outros, tem um papel muito significativo no aumento desse fenômeno.

Segundo Tucci e Mendes (2006) o desmatamento contribui para a alteração do ciclo hidrológico, pois o volume evaporado é menor devido a redução da interceptação vegetal pela retirada da vegetação das árvores. Vários ensaios com modelos GCM (Global Climate Models) têm sido realizados sobre o comportamento

da Amazônia. Estes modelos têm estudado a hipótese de retirada total da floresta e substituição por pasto. Os resultados com esses modelos têm previsto reduções de até 50% na evapotranspiração e 20% na precipitação.

Devido a esses problemas, o ciclo hidrológico não está acontecendo de forma natural, prejudicando a distribuição de água em todo planeta, alguns lugares há excesso de precipitação de chuvas e em outros, a população sofre com a falta de água, tendo assim que, utilizar diversas formas de reutilização, captação e preservação de água.

3.2 TIPOS DE PRECIPITAÇÃO

Segundo Vilella e Matos (1975) e Tucci (2013) entende-se como precipitação em hidrologia a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. A disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. Existem três tipos de precipitações, sendo: frontais ou ciclônicas, orográficas e conectivas.

- Precipitações Frontais ou Ciclônicas

Provém da interação de massas de ar quentes e frias. Nas regiões de convergência, o ar fica mais quente e úmido e é impulsionado para cima, resultando no seu resfriamento e na condensação do vapor de água, de forma a produzir chuvas. Essas chuvas são de grande duração, atingindo grandes áreas, mas sua intensidade é média, podendo produzir cheias em grandes bacias (VILELLA E MATOS, 1975; TUCCI, 2013).

- Precipitações Orográficas

Resultantes dos ventos quentes e úmidos soprando geralmente do oceano para o continente encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formando nuvens e chuvas. As chuvas são de pequenas intensidades e de grande duração, cobrindo áreas pequenas (VILELLA E MATOS, 1975; TUCCI, 2013).

- Precipitações Convectivas

São precipitações quando em tempo calmo, o ar úmido for aquecido na vizinhança do solo, podem-se criar camadas de ar que se mantêm em equilíbrio instável. São as chuvas das regiões equatoriais, onde os ventos são fracos e os movimentos de ar são essencialmente verticais, podendo ocorrer nas regiões temperadas por ocasião do verão (tempestades violentas). Sendo chuvas de grande intensidade e de pequena duração, restritas a áreas pequenas (VILELLA E MATOS, 1975; TUCCI, 2013).

3.3 COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM ALGUNS PAÍSES

O sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva existe a muitos anos. Segundo Tomaz (1998), uma das inscrições mais antigas do mundo é a Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 a. C. Nela, o rei Meshá sugeria a construção de uma cisterna em cada casa para o aproveitamento de água de chuva.

Segundo May (2004), em alguns países, o aproveitamento de água de chuva bastante intensificado, na Holanda a água é coletada para evitar o transbordamento dos canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar, a água é armazenada para ser utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais. Já na Alemanha, o processo de coleta e aproveitamento de água de chuva ajudou a solucionar os problemas acarretados pela péssima qualidade da água distribuída. Países como os Estados Unidos e Singapura também estão desenvolvendo pesquisas sobre esse sistema.

O Japão é um dos países que mais utiliza, promove estudos e pesquisas na área de aproveitamento de água pluvial. Em Tóquio, regulamentos do governo metropolitano obriga todos os prédios com área construída maior que 30.000 m² ou utilize mais de 100m³ por dia de água para fins não potáveis façam reaproveitamento da água de chuva e de água servida (água de lavatórios, chuveiro e máquinas de lavar roupa). Além disso, para evitar enchentes, deve ser construídos reservatórios de detenção de água de chuvas em terrenos maiores de 10.000m² ou em edifícios que possua mais quem 3.000m² de área construída (Tomaz, 2003).

3.3.1 Coleta e aproveitamento de água de chuva no semi-árido brasileiro

Segundo Anecchini (2005), no Brasil uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste, sendo assim alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semi-árido brasileiro. Esse sistema de aproveitamento da água da chuva proposto para o semi-árido é simples e consiste em aproveitar os telhados das casas como área de captação e direcionar a chuva para cisternas

Segundo Anecchini (2005), onde é difícil se conseguir água seja para uso doméstico ou para consumo humano, como em regiões do Nordeste brasileiro, a população se vê obrigada a usar e consumir água de qualidade não muito boa, o que vem associado a uma série de doenças, tendo muitas vezes que andar quilômetros para conseguir água. Sendo assim a captação de água de chuva uma alternativa que resolve esse conflito, sendo algo relativamente fácil de fazer e que com um tratamento adequado pode ser utilizada inclusive para o consumo humano.

Um aproveitamento de água simples que pode ser usado no semi-árido é a captação da água da chuva que cai nos telhados e vai para a cisterna, conforme figura 3.2 abaixo.

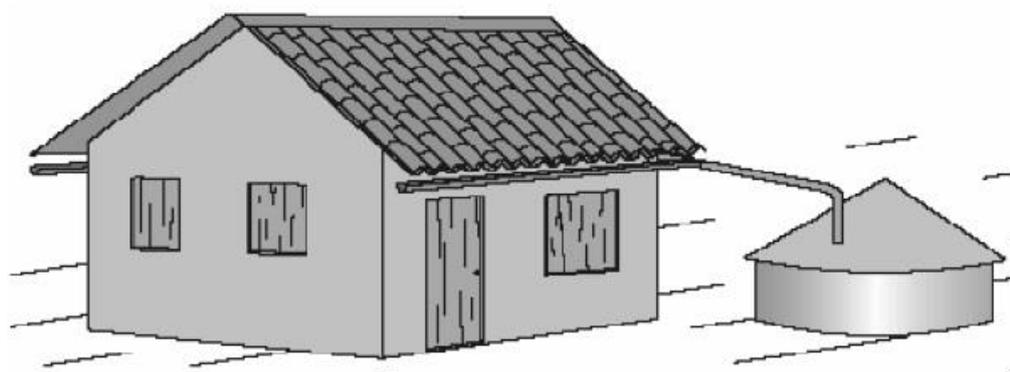


Figura 3.2 – Esquema de cisterna implantada na zona rural
Fonte: Anecchini 2005

3.4 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Um sistema hídrico assim com uma bacia hidrográfica, tem como saída uma vazão que varia temporariamente, além disso, variam especialmente dentro destes sistemas (VILLELA E MATTOS, 1975).

Segundo Amorim Jr, (2013) a disponibilidade hídrica pode ser entendida como o total desta vazão, à medida que parte é utilizada pela sociedade para o seu desenvolvimento e parte é mantida na bacia para conservação da integridade ecológica e ambiental, bem como para atender a usos que não necessitam realizar a extração ou captação do corpo hídrico, como a navegação, lazer e recreação.

Segundo ANA (2005), a instituição da Lei: 9.433/97, definiu a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. O conselho nacional de Recursos Hídricos instituiu a Divisão Hidrológica Nacional, segundo a resolução no. 32, de 15 de outubro de 2013, como mostra a figura 3.3.



Figura 3.3 – Divisão Hidrográfica Nacional
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas

O reaproveitamento de água de chuva ajuda a nos prevenir a escassez da água potável nos sistemas de distribuição, podendo ser aproveitada para uso onde não se necessita de água potável, temos como exemplo, na descarga de bacias sanitárias, na irrigação de jardins e na limpeza de pisos. Essa água é coletada durante eventos de precipitação pluviométrica em telhados, sendo usada para fins não potáveis, não substituindo a água tratada usada para banhos, fazer comida ou ingerida, distribuída pelas concessionárias públicas.

A Agência Nacional das Águas – ANA, a Federação das indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo – SindusCon (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005) elaborou o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações onde apresenta uma metodologia básica para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de chuva, as metodologias consiste nas seguintes etapas:

- determinação da precipitação média local (mm/mês);
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de Runoff);
- caracterização da qualidade da água pluvial,
- projeto do reservatório de descarte;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Os principais componentes de um sistema para a captação e aproveitamento da água de chuva, em geral, são: Área de Captação, Condutores horizontais e verticais (calhas, tubulação de descida, dentre outros), Filtros ou grades para remover materiais grosseiros, Dispositivos de descarte da primeira chuva, Reservatório de armazenamento da água da chuva.

- Área de Captação

A captação de água de chuva mais comum é a realizada pelos telhados, pois apresenta melhor qualidade da água e maior facilidade de captação, pois seu armazenamento é feito por gravidade. Segundo May (2004), a quantidade de água de chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta, da precipitação

atmosférica do local e do coeficiente de Runoff, normalmente usa-se o telhado ou a laje da edificação para coletar a água de chuva.

- Condutores e Calhas

Segundo Hagemann, (2009) as calhas e condutores verticais são responsáveis por levar a água da superfície de captação até o dispositivo de descarte da primeira chuva, quando este existir, ou direto ao reservatório de armazenamento. As calhas e condutos verticais devem ser periodicamente inspecionados e cuidadosamente limpos. Uma boa época para inspecionar estes componentes é enquanto esta chovendo, pois nesse caso é mais fácil detectar goteiras ou buracos.

- Filtros e Grades

Hagemann, (2009) afirma que as grades ou filtros tem grande importância em sistemas de captação de águas pluviais. O acúmulo de materiais grosseiros nos telhados é um dos grandes problemas nestes sistemas, os mesmos devem ser limpos periodicamente. A NBR recomenda inspeção mensal e limpeza trimestral, se não for feita a manutenção, as grades e filtros podem obstruir ou impedir a entrada da água nos condutores.

- Dispositivos de descarte da primeira chuva;

Em edificações o telhado é a melhor área de coleta da água de chuva e como nos períodos secos, essa área de captação acumula resíduos como folhas, poeira, entre outros é recomendado o descarte da primeira água da chuva, onde a mesma faz a limpeza do telhado.

Segundo May (2004), para o descarte da água de limpeza do telhado, pode-se fazer uso de um reservatório de auto-limpeza munido de uma boia de nível, sendo calculado o através da área de telhado e do volume de água necessário para fazer a limpeza do telhado.

Para calcular o volume de descarte, a NBR 15527/07 recomenda que na falta de dados deve-se descartar os primeiros 2 mm de chuva e que a limpeza do dispositivo de eliminação da primeira chuva deve ser realizada mensalmente.

- Reservatório de armazenamento da água da chuva

Os reservatórios de armazenamento de água da chuva têm como função reter e acumular a água captada pode ser apoiado sobre o solo ou enterrado, os materiais mais utilizados são fibra de vidro, polipropileno, concreto, alvenaria. O manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005) apresenta algumas características construtivas que devem ser respeitadas pelos reservatórios e alguns cuidados a serem tomados, entre eles:

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- Manter a tampa de inspeção fechada;
- Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais;
- Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os sedimentos;
- Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza;
- Assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não potáveis.

3.5 LEGISLAÇÃO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM COBERTURAS

No Brasil, temos como norma a ABNT NBR 15527, publicada em 2007 que tem como título “Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”. Em anexo a norma apresenta seis métodos de cálculo para dimensionamento dos reservatórios sendo eles: Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e o Método prático australiano, deixando a critério do projetista o dimensionamento do volume do reservatório de armazenamento de água de chuva a

ser executada. De acordo com a norma para a concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às ABNT NBR 5626 e ABNT NBR 10844. No caso da ABNT NBR 10844, não deve ser utilizada caixa de areia e sim caixa de inspeção.

No Espírito Santo ainda não possui nenhum decreto ou lei municipal para tal assunto.

3.6 COEFICIENTE DE RUNOFF

Tomaz (2003), diz que o coeficiente de Runoff é a perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado entre outros. Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado.

Segundo May, (2004) apud Vaes; Berlamont (1999) a área de coleta é muito importante para o sistema de aproveitamento de água de chuva, porém, o coeficiente de Runoff da água de chuva é influenciado por muitos parâmetros locais, que são difíceis de avaliar. Primeiro tem que avaliar a projeção horizontal da superfície de contribuição. Os telhados que são projetados no sentido dominante do vento podem coletar maior quantidade de chuva do que aqueles projetados no sentido oposto.

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff é definido pela razão do volume de água escoado superficialmente por ocasião de uma chuva, Vols, pelo volume total da água precipitada, Volt. A equação 1, abaixo nos mostra o mesmo.

$$C = \frac{\text{Vols}}{\text{Volt}} \quad (1)$$

Onde:

C= coeficiente de Runoff

Vols= volume de água escoado superficialmente por ocasião da chuva

Volt= volume total da água precipitada

3.6.1 Método Racional

Segundo Tomaz (2013), o método racional é um método indireto, estabelecendo uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. Para calcular a vazão de escoamento superficial será utilizado a equação 2.

$$Q = \frac{(C.I.A)}{3,6} \quad (2)$$

Sendo:

Q= vazão de pico (m³ /s);

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1. C= volume de runoff/ volume total de chuva

I= intensidade média da chuva (mm/h);

A= área da bacia (Km²). 1ha= 10.000m²

3.7 DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA POTÁVEL

De acordo com Tomaz (2000), a água pode ser destinada para consumo humano como potável e não potável. A água potável é utilizada para beber, preparar alimentos e higiene pessoal. A água não potável é utilizada para irrigação de jardins, lavagem de veículos e descarga de vasos sanitários.

Segundo Tomaz (1998), uma pessoa utiliza o vaso sanitário de 4 a 6 vezes por dia onde se consome de 6 a 15 litros de água por descarga. Em média, no gramado ou na limpeza de calçadas ou cimentados, se gasta cerca de 2 litros/dia/m².

No quadro 3.1 abaixo pode-se verificar o modelo para previsão do consumo médio mensal de água em grandes estabelecimentos no estado de São Paulo.

Categoria de consumidor	Consumo médio mensal (m³/mês)
Creches	$5,96x(\text{área total construída})^{0,0417} \times (\text{n}^\circ \text{ de bacias} \times \text{n}^\circ \text{ de vagas})^{0,352}$
Escolas pré, 1º e 2º graus	$-28,1 + 0,191x(\text{área total construída}) + 2,85x(\text{n}^\circ \text{ de bacias}) + 4,37x(\text{n}^\circ \text{ de duchas/chuveiros}) + 0,430x(\text{volume das piscinas}) + 1,05x(\text{n}^\circ \text{ de funcionários})$
Faculdades com mais de 100 bacias	$-22,3 + 0,0247(\text{área total construída}) + 286x(\text{torres de resfriamento (sim/não)}_{(1)} + 608x(\text{n}^\circ \text{ de bacias} > 100 \text{ (sim/não)}_{(2)} + 6,32x(\text{n}^\circ \text{ de mictórios}) + 0,721x(\text{n}^\circ \text{ de funcionários})$ <small>(1) Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há torres de resfriamento: 1; caso contrário: 0) (2) Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há mais de 100 bacias: 1; caso contrário: 0)</small>
Faculdades com menos de 100 bacias	$34,7 + 0,168x(\text{área de jardim}) + 0,724x(\text{n}^\circ \text{ de vagas de estacionamento}) + 0,0246x(\text{n}^\circ \text{ de vagas oferecidas}) + 2,06x(\text{n}^\circ \text{ de bacias}) + 0,368x(\text{n}^\circ \text{ de funcionários})$

Quadro 3.1: Modelos para previsão do consumo médio mensal de água em grandes estabelecimentos no estado de São Paulo.

Fonte: Adaptado Von Sperling, 2014

3.7.1 Demanda de água potável na escola

Segundo Tomaz (2000), no consumo interno da edificação, o vaso sanitário é o aparelho que mais consome volume de água, cerca de 35% do consumo total.

Conforme o quadro 3.2, pode-se verificar o consumo de água de acordo com as escolas que possuem lanchonete, ginásio e chuveiros.

Estabelecimento	Unidade	Faixa de vazão (L/unid.d)
Escola		
- com lanchonete, ginásio, chuveiros	Estudante	50 – 100
- com lanchonete, sem ginásio, chuveiros	Estudante	40 – 80
- sem lanchonete, ginásio, chuveiros	Estudante	20 - 60

Quadro 3.2: Consumo de água típico de alguns estabelecimentos

Fonte: Adaptado Von Sperling, 2014

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho teve como início a leitura e revisão bibliográfica, por meio de informações adquiridas em livros, dissertações, sites, artigos, entre outros.

4.1 VERIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

Foi calculado o volume médio de água que será captado do telhado, para ser armazenadas em um reservatório, e posteriormente distribuídas para vasos sanitários, torneiras de jardins e para lavagens de pisos, conseqüentemente, o consumo de água potável sofrerá uma redução, já que nesses locais será substituída pela água da chuva.

4.1.1 Características Pluviométricas de Serra

O Anexo 1 apresenta os dados pluviométricos obtidos através do HidroWeb – ANA, do município da Serra, compreendendo a série histórica de 1947 a 2014, totalizando 67 anos.

Ainda com base nos dados históricos, observa-se que no ano de 1952 houve uma precipitação mínima anual de 99,1 mm de chuva, e uma precipitação máxima anual de 2796 mm de chuva no ano de 1991.

4.1.2 Coeficiente de Escoamento

O telhado da escola é feito de aço galvanizado. Conforme o quadro 4.1, pode-se utilizar um coeficiente de escoamento entre 0,70 e 0,90, segundo Hofkes(1981) e Frasier (1975) ou 0,85 conforme Khan (2001). Nesse trabalho será utilizado o coeficiente de escoamento de 0,80.

Material	Coeficiente de Escoamento	Autores
Telha Cerâmica	0.80 a 0.90	Holkes (1981) e Frasier (1975) apud May (2004)
	0.75 a 0.90	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telha Metálica	0.70 a 0.90	Holkes (1981) e Frasier (1975) apud May (2004)
	0,85	Khan (2001)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Betume	0.80 a 0.95	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhados Verdes	0,27	Khan (2001)

Quadro 4.1: Coeficiente de Escoamento

Fonte: Adaptado Anecchini, 2005.

4.1.3 Área de Captação da Água da Chuva

A Figura 4.1 mostra a área do telhado da Escola Aristóbulo Barbosa Leão, que será a área de captação da água da chuva, e serão coletadas através das calhas implantadas nas laterais do telhado.

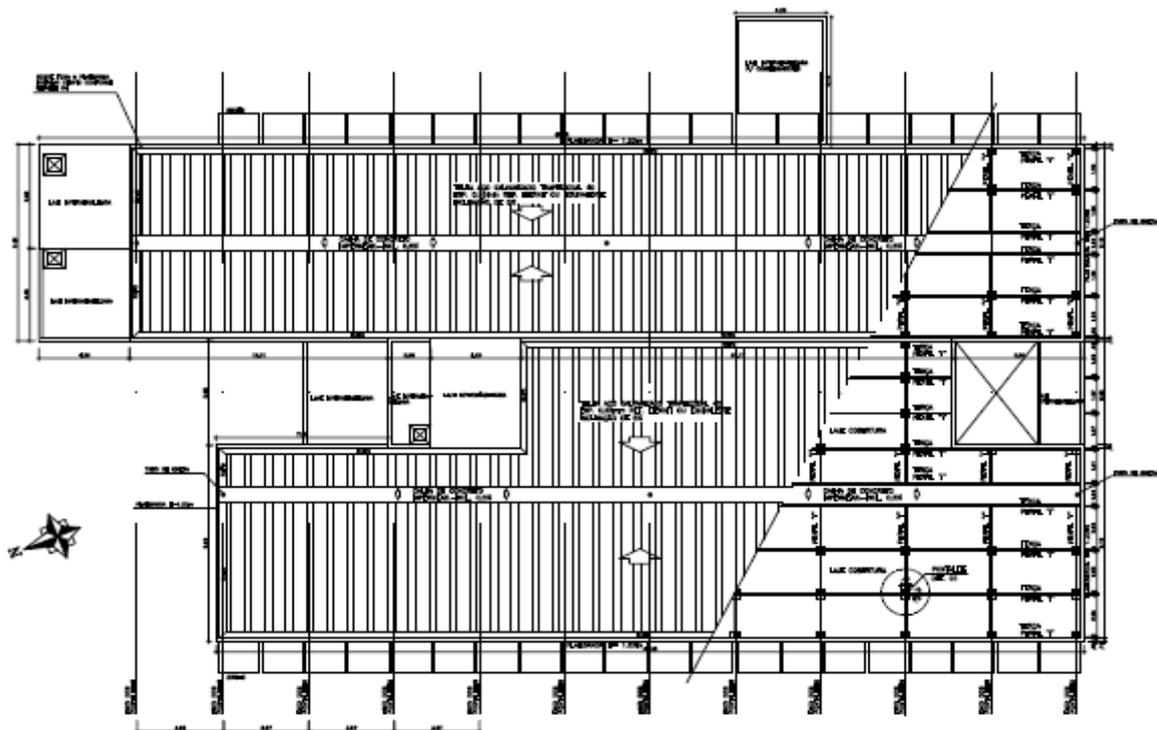


Figura 4.1 - Telhado para Captação de Água de Chuva

4.1.4 Cálculo para obter o volume de água captado

Para calcular o volume anual de água captada pelo telhado da escola, foi utilizada equação 3:

$$V_C = A_C \times P \times C_C \quad (3)$$

Sendo:

V_C = Volume de água coletado (m³/ano);

A_C = área de contribuição do telhado (m²);

P = Precipitação média anual do município (mm/ano);

C_C = Coeficiente de aproveitamento (%).

4.1.5 Descarte da primeira água

A água de chuva cai destilada das nuvens, mas acaba se contaminando com impurezas acumuladas nos telhados como poeira, folhas, sujeiras de animais etc. Dessa forma será instalado um filtro no ponto de união da tubulação que drena a água de chuva dos condutores verticais, separando a água de chuva das impurezas do telhado. O filtro que utilizado capta cerca de 90% da água da chuva, eliminando 10% de águas impuras.

4.1.6 Estimativa do volume de água potável

O volume de água potável que a escola utiliza foi calculado seguindo o padrão da SEDU (Secretaria de Educação do Espírito Santo), conforme mostra a tabela 4.1 abaixo:

TABELA 4.1 – CÁLCULO DE ÁGUA POTÁVEL

Parâmetro	Quantidade (Pessoas)	Consumo (litros/dia)	Consumo Total (litros/dia)
Funcionários/Professores	30	150	4500
Alunos	800	50	40000
Consumo total (litros/dia)			44500

Sendo assim, o consumo total de água potável para a escola será de 44.500 litros de água/dia.

4.1.7 Cálculo do Percentual de Água Economizado

Conhecendo o volume de água captado, com o descarte da primeira água, e com a estimativa de volume de água utilizado pela escola no período de 1 ano, foi calculado o percentual de água economizado dentro desse período a partir da equação 4:

$$P_E = \left[\frac{(V_F - V_C)}{V_F} \right] \times 100 \quad (4)$$

Sendo:

P_E = Percentual de água economizado (%)

V_F = Volume de água fornecido (m³/ano);

V_C = Volume de água captado (m³/ano);

4.2 ANÁLISE ECONÔMICA

Realizou se um comparativo de custo, antes e após a implantação do sistema, para conhecer o percentual de custo reduzido, com a utilização de água de chuva, para uso não potável, foi utilizado a tarifa cobrada pela Cesan, conforme Quadro 4.2.

Categorias	Tarifas de Água por Faixa de Consumo (R\$/m ³)					
	0 - 10m ³	11 - 15m ³	16 - 20m ³	21 - 30m ³	31 - 50m ³	>50m ³
Tarifa Social	1,02	1,26	4,3	5,92	6,31	6,58
Residencial	2,69	3,14	5,37	5,92	6,31	6,58
Comercial e Serviços	4,27	4,82	6,7	7,04	7,25	7,48
Industrial	6,86	7,07	7,67	7,75	7,95	8,1
Pública	4,47	5,05	6,48	6,7	6,79	6,88

Quadro 4.2: Tarifas de Água

Fonte: Adaptado Cesan, 2015

4.2.1 Cálculo do Custo de Água Sem Captação

Através da estimativa do consumo de água anual levantado na escola obteve-se o custo com água potável, levando-se em consideração o valor cobrado pela CESAN, de acordo com a equação 5:

$$V_{anual} \times T \quad (5)$$

Onde:

C_{AP} = Custo com água potável antes da implantação do sistema de captação (R\$/ano);

V_{anua} = Volume de água anual na escola (m³ /ano);

T = valor cobrado pela CESAN pela água potável consumida (R\$/m³).

4.2.2 Cálculo do Custo de Água Com Captação

Com o volume de água coletado, conforme calculado na equação 3, será obtido o custo que será reduzido conforme equação 6.

$$C_{AC}=(V_{anual} - V_C) \times T \quad (6)$$

Onde:

C_{AC} = Custo com água potável após implantação do sistema de captação (R\$/ano);

V_{anua} = Volume de água anual na escola (m³ /ano);

V_C = Volume de água captado (m³ /ano);

T= valor cobrado pela CESAN pela água potável consumida (R\$/m³).

4.2.3 Cálculo do Percentual de Água Economizado

Com os resultados acima obtidos, o percentual do valor reduzido será calculado através da equação 7:

$$P_{VE} = \left[\frac{(C_{AP} - C_{AC})}{C_{AP}} \right] \times 100 \quad (7)$$

Sendo:

P_{VE} = Percentual do valor economizado (%);

C_{AP} = Custo com água potável antes da implantação do sistema (R\$/ano);

C_{AC} = Custo com água potável após implantação do sistema (R\$/ano);

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Realizou-se uma análise da viabilidade econômica da implantação do sistema dimensionado para a escola em questão, com o objetivo de determinar o período de retorno do valor gasto com a implantação desse sistema.

4.3.1 Orçamento do Sistema de Captação

O orçamento foi feito para a implantação do sistema de reaproveitamento das águas de chuva. Estima-se que todo o sistema tem vida útil de 20 anos, o sistema deverá ser constituído dos seguintes equipamentos:

- Reservatório Inferior e Superior: Os dois reservatórios deverão ser em fibra de vidro sendo, a capacidade do reservatório inferior de 10.000 litros e o do superior de 2.000 litros.
- Pré-filtro WFF do tipo vortex da Wisy, esse pré-filtro será instalado antes da entrada das águas no reservatório inferior. Elemento filtrante em inox e carcaça de polipropileno, dotados de prolongadores e inserção cega para interrupção de filtragem, com capacidade de filtragem de 3.000 m² de cobertura.

- Filtros Flutuantes de Sucção deverá ser instalado um filtro flutuante da Wisy, na tomada de água da bomba submersa que faz a captação da água do reservatório inferior para alimentar o reservatório superior. Será do tipo filtragem grossa, partículas maiores de 1,2 mm, em aço inox, montado com válvula de retenção, flutuador esférico de polietileno (Ø 150 mm) e mangueira flexível.
- Bomba tipo centrífuga para recalque da água de chuva para reaproveitamento, com vazão de 12m³/h.
- Kit de Interligação da Wisy, esse kit é dotado de uma bóia de nível que detecta o baixo nível de água do reservatório subterrâneo e aciona uma válvula solenóide que se abre permitindo a entrada de água do reservatório superior de água potável. Este kit será instalado junto ao reservatório superior de reuso, e é composto de torneira, mangueira, acionador de descarga (válvula solenóide alimentada eletricamente), conector, bóia de nível e bocal separador (para evitar contato entre água de reaproveitamento e água potável da rede pública).

4.3.2 Características do Reservatório de Água não Potável

Para o dimensionamento do reservatório para captação de água de chuva foi utilizado o modelo de Azevedo Neto como citado na NBR 15527 Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, esse dimensionamento foi obtido através da equação 08.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

Onde:

P= Precipitação média anual, em milímetros;

T= Número de meses de pouca chuva ou seca;

A= Área de coleta, em metros quadrados;

V= Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

4.3.3 Características do Cálculo de Água não Potável

A tabela 4.2 mostra os dados sobre o consumo de água não potável em escola, os quais poderiam ser atendidos com água de chuva.

TABELA 4.2 – DEMANDA INTERNA E EXTERNA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL EM UMA ESCOLA

Demanda Interna	Unidade	Faixa
Número de Funcionários/Professores	habitantes	10
Número de Alunos	habitantes	800
Volume de descarga	litros/descarga	6
Frequência de Uso – Funcionários	Descarga/Habitante/dia	3
Frequência de Uso – Alunos	Descarga/Habitante/dia	1
Perdas e Vazamentos	%	5
Demanda Externa	Unidade	Faixa
Rega de gramado ou jardim	litros/dia/m ²	2

4.3.4 Características da Bomba

Para o recalque da cisterna de água captada até o reservatório que ficará na cobertura, será instalado um conjunto de moto-bomba da marca CAM W10 Dancor, onde sua vazão é 12,6 m³/hora e poderá ficar funcionando 30 minutos/dia.

4.3.5 Cálculo do Consumo de Energia

Com os dados de consumo de energia da bomba, foi calculado o consumo de energia gasta pela bomba, para levar a água armazenada até a caixa d'água onde será feita a distribuição, o valor da tarifa cobrada com esse consumo foi obtido através da equação 9:

$$C_{EL} = E \times t \times T \times 12 \quad (9)$$

Onde:

C_{EL} = custo anual da energia para o funcionamento do sistema moto-bomba (R\$/ano);

E = consumo de energia elétrica da moto-bomba (kWh);

t = tempo de funcionamento da moto-bomba (h/mês);

T = Tarifa cobrada conforme Resolução ANEEL nº 1928, de 04/08/2015 (R\$/kWh).

4.3.6 Cálculo do Custo Total Economizado

Subtraindo o custo da água economizado com a implantação do sistema, pelo custo de energia elétrica que a bomba gasta, obteve-se o custo total economizado, esse custo será obtido, pela equação 10:

$$C_{TE} = C_{AC} - C_{EL} \quad (10)$$

Sendo:

C_{TE} = Custo total economizado (R\$/ano);

C_{AC} = Custo com água potável após implantação do sistema de captação (R\$/ano);

C_{EL} = custo anual da energia para o funcionamento do sistema moto-bomba (R\$/ano);

4.3.7 Cálculo do Período de Retorno do Investimento

Com os custos obtidos nos itens anteriores será obtido o período de retorno do investimento com a implantação do sistema de captação de água de chuva. Foi subtraído o resultado da equação 9, pelo custo do material utilizado para implantação do sistema, e saberemos em quanto tempo o investimento terá retorno, conforme equação 11.

$$T_R = \frac{(C_{sistema})}{\left(\frac{C_{TE}}{12}\right)} \quad (11)$$

Onde:

T_R = Tempo de retorno do investimento (mês);

$C_{sistema}$ = Custo gasto para implantação do sistema (R\$);

C_{TE} = Custo total economizado (R\$/ano);

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 VERIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

A figura 5.1 mostra a precipitação média mensal em mm do município de Serra, onde pode-se observar os meses onde as precipitações são maiores e os meses onde elas acontecem com menos frequência.

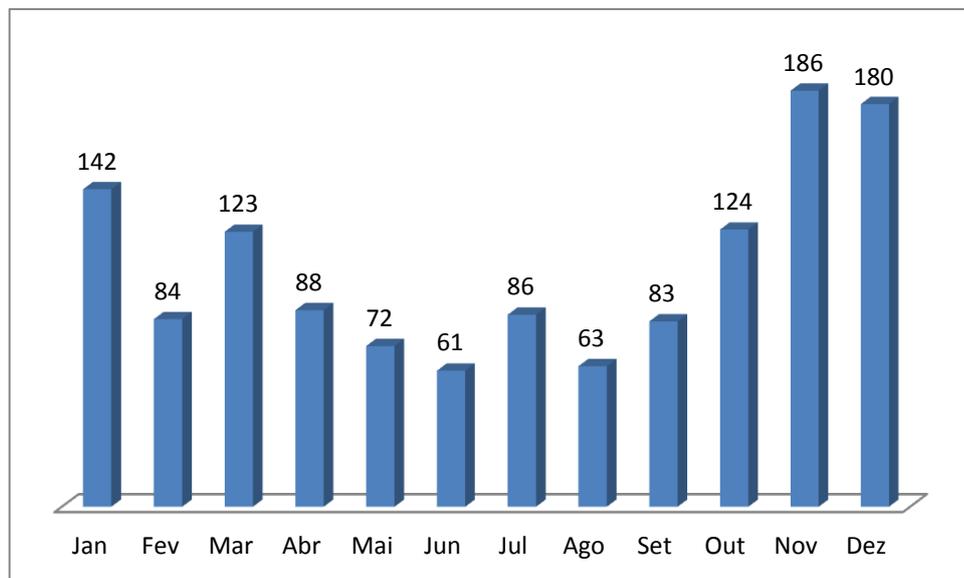


Figura 5.1 - Dados Pluviométricos do Município de Serra (ES), considerando a média mensal da série história 1946 a 2014

Conforme a Tabela 5.1 observa-se que, por ano o volume médio captado de água de chuva para armazenamento equivale a 815, 49m³. Observa-se ainda que, nos meses de junho e agosto, o volume de captação de água é menor, devido a baixa frequência de precipitações, ao contrário dos meses de novembro e dezembro, que é quando acontecem um aumento na frequência de chuvas.

TABELA 5.1 – VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA CAPTADA

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Área de Coleta (m ²)	Coefficiente de Escoamento	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Descarte	Volume de Água Captado (m ³)
Janeiro	142	878	0,8	99,74	10%	89,77
Fevereiro	84	878	0,8	59,00	10%	53,10
Março	123	878	0,8	86,40	10%	77,76
Abril	88	878	0,8	61,81	10%	55,63
Maio	72	878	0,8	50,57	10%	45,52
Junho	61	878	0,8	42,85	10%	38,56
Julho	86	878	0,8	60,41	10%	54,37
Agosto	63	878	0,8	44,25	10%	39,83
Setembro	83	878	0,8	58,30	10%	52,47
Outubro	124	878	0,8	87,10	10%	78,39
Novembro	186	878	0,8	130,65	10%	117,58
Dezembro	180	878	0,8	126,43	10%	113,79
Total						815,49

Na Tabela 5.2, observa-se a estimativa do volume de água utilizado no período de um ano pela escola. Devido às férias escolares, todo o mês de janeiro, bem como metade do mês de julho e dezembro, a escola fica fechada, ou seja, não há consumo de água.

TABELA 5.2 – ESTIMATIVA DO CONSUMO ANUAL DE ÁGUA DA ESCOLA

Meses	Dias Letivos	Volume de água consumido por dia (m ³)	Volume de água consumido por mês (m ³)
Janeiro	0	44,5	0
Fevereiro	20	44,5	890
Março	22	44,5	979
Abril	22	44,5	979
Maio	22	44,5	979
Junho	22	44,5	979
Julho	15	44,5	667,5
Agosto	22	44,5	979
Setembro	22	44,5	979
Outubro	22	44,5	979
Novembro	22	44,5	979
Dezembro	15	44,5	667,5
Total			10057

Conhecendo o volume de água captado por ano (Tabela 5,1) e a estimativa de água utilizada pela escola no período de um ano (Tabela 5,2), foi encontrado o percentual de água economizado.

O resultado mostra que com a implantação do Sistema de Captação de água de chuva será economizado um percentual de 8% ao ano no consumo de água potável. Conforme figura 5.2 observa-se que houve uma redução no consumo de aproximadamente 815.000 litros de água potável por ano.

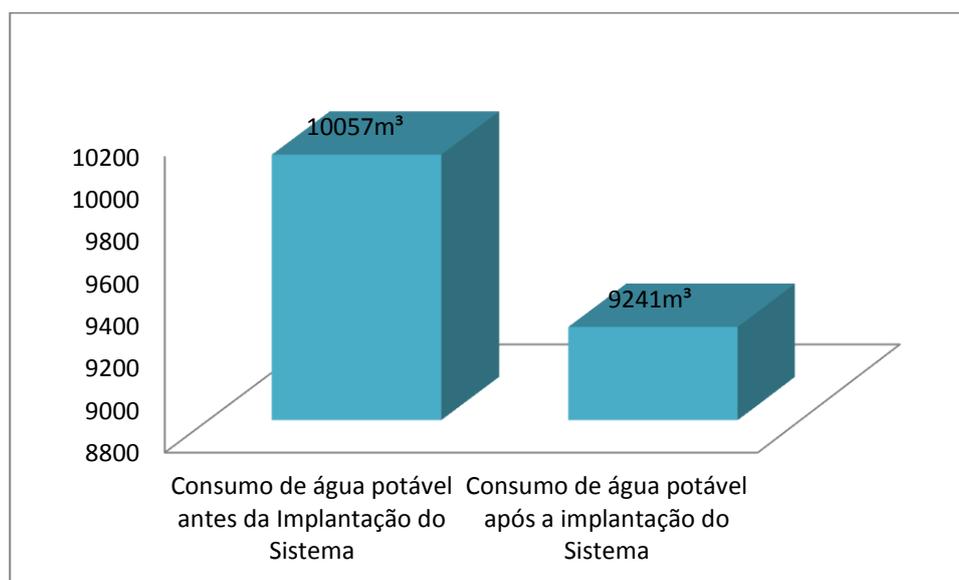


Figura 5.2 – Redução do Consumo de Água Potável

5.2 ANÁLISE ECONÔMICA

Verifica-se no gráfico da Figura 5.3, que houve uma redução no valor de água potável pago à concessionária de fornecimento de água. Antes da Implantação do Sistema de captação de água de chuva, a escola tinha um custo médio entre R\$70.000,00 e R\$69.000,00 reais, após a implantação do sistema, o custo médio ficou em torno de R\$64.000,00 e R\$63.000,00 reais.

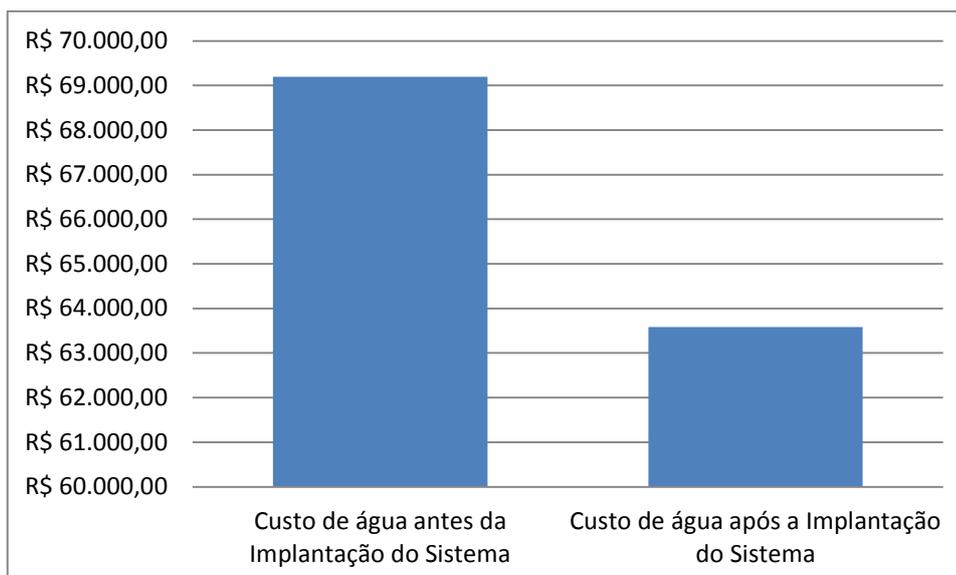


Figura 5.3 - Comparação de Custo de Água Potável

Verifica-se na Tabela 5.3, que houve uma redução média no valor de R\$5.610,57 reais, o que equivale a uma redução de 8% na conta de água.

TABELA 5.3 – CUSTO REDUZIDO

	Volume de água	Valor (R\$/m ³)	Custo
Custo de água antes da Implantação do Sistema	10057	R\$ 6,79	R\$ 68.287,03
Custo de água após a implantação do Sistema	9241,51	R\$ 6,79	R\$ 62.749,85
Custo Reduzido			R\$ 5.537,18

5.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Verifica-se no quadro 5.1 que o valor do investimento para a implantação do Sistema de Captação de água de chuva para essa escola equivale a R\$18.844,41. Na tabela encontram-se todos os materiais e custos de cada um, bem como o valor da mão de obra necessária para implantação e funcionamento do Sistema.

PLANILHA ESTIMATIVA DE CUSTO					
Serviço:	APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS DA EEEFM ARISTÓBULO BARBOSA LEÃO				
Local:	LARANJEIRAS, SERRA/ES				
Base: IOPES Agosto/2015					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	UND	TOTAL	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	Tubo de PVC rígido soldável branco, para esgoto, diâmetro 150mm (6"), inclusive conexões	m	35,00	75,78	2.652,30
2	Tubo de PVC rígido soldável marrom, diâm. 25mm (3/4"), inclusive conexões	m	20,00	17,30	346,00
3	Reservatório de fibra vidro 10000L	und	2,00	3.200,00	6.400,00
4	Reservatório de fibra de vidro 2000L, inclusive peça de apoio 6x16 cm, exclusive flanges e torneira de bóia	und	1,00	1232,10	1.232,10
5	Torneira de bóia de PVC, diâm. 1"	und	2,00	71,77	143,54
6	Bomba elétrica centrífuga monofásica 1 CV	und	1,00	1137,89	1.137,89
7	Filtro WISY Vortex WFF 150 com prolongador - malha 0,28mm	und	1,00	2850,00	2.850,00
8	Freio d' água (DN 100) tubo de 100mm	und	1,00	414,00	414,00
9	Kit de Interligação automática 1" com válvula magnetica 3m	und	1,00	3291,00	3.291,00
10	Kit Filtro Flutuante Grosso 1" (s/ válvula de retenção) e mangueira	und	1,00	426,00	426,00
11	Kit Conexão WFF150	und	1,00	95,00	95,00
12	Mão de obra - Encanador	h	4,00	5,54	22,16
13	Mão de obra - Ajudante	h	4,00	4,67	18,68
14	Frete				450,00
				TOTAL	19.478,67

Quadro 5.1: Estimativa de Custo do Sistema

Para levar a água da caixa de armazenamento até a caixa de distribuição, é necessário um sistema de bombeamento, que gastará energia elétrica. Esse gasto foi descontado, do valor economizado, ao utilizar a água de captação, observa-se através da Tabela 5.4 que custo da energia elétrica que a bomba gasta é de R\$29,96 por ano. Observa-se que é um custo bem inferior, o que não gera tanta diferença na economia do sistema.

TABELA 5.4 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO BOMBEAMENTO

Meses	Dias Letivos	Consumo Diário (h)	Consumo da Bomba (kWh)	Tarifa (R\$)	Custo consumo bomba (R\$)
Janeiro	0	0.5	0.53	0.50022	\$0.00
Fevereiro	20	0.5	0.53	0.50022	\$2.65
Março	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Abril	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Mai	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Junho	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Julho	15	0.5	0.53	0.50022	\$1.99
Agosto	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Setembro	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Outubro	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Novembro	22	0.5	0.53	0.50022	\$2.92
Dezembro	15	0.5	0.53	0.50022	\$1.99
Total					\$29.96

Após subtrair o custo da água economizado com a implantação do sistema, pelo custo de energia elétrica que a bomba gasta, obteve-se o valor de R\$5.507,22. Esse valor final é o custo economizado pela escola através do sistema de captação de água de chuva, por ano.

Com esses dados, foi possível também, calcular em quanto tempo o dinheiro investido na implantação desse sistema, voltou para a escola. O custo do sistema, equivalente ao custo do sistema dividido pelo custo total economizado, resulta no tempo máximo de 42 meses para que o dinheiro investido tenha retorno.

6. CONCLUSÃO

Constatou-se que, com a implantação do sistema de captação de água de chuva através da área do telhado da escola, há uma redução de 8% no consumo de água potável ao ano, essa porcentagem equivale a aproximadamente 815.000 litros de água potável que não será gasta em locais desnecessários, onde pode-se utilizar água não potável.

Verificou-se ainda que, a conta de água da escola, também sofrerá uma redução de 8%, que corresponde a uma economia de R\$ 5.537,18 ao ano.

Constatou-se também que o tempo de retorno do investimento será de 42 meses, esse período de retorno é lento, devido o baixo custo de fornecimento da água, contudo, considerando que a vida útil do sistema é de 20 anos, a escola poderá utilizar o sistema por aproximadamente 16 anos, até que ele seja substituído por outro.

Conclui-se que, nesse momento da história, em que uma das maiores preocupações no âmbito mundial, é a crise Hídrica, a implantação do sistema de Captação de Água de Chuva é uma forma sustentável de utilização de água, e pode ser uma solução para a preservação dos recursos hídricos, além de possibilitar, uma redução na ocorrência de enchentes, visto que, a água que anteriormente caía do telhado, para a rua, agora será captada.

7. REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 15.527/2007 **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.**

ANA (Agência Nacional de Águas). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil.** Brasília, DF, 2005.

ANA, FIESP & SINCUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ANNECCHINI, K. P. V.. **Aproveitamento da Água da Chuva para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES).** Espírito Santo, 2005. 33 p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do ES, Vitória, 2005.

ANNEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) - <http://www.aneel.gov.br/> acesso em 26/10/2015.

AMORIM JR., J. C.. **Estimativa de disponibilidade hídrica para definição de vazões máximas de outorga.** Espírito Santo, 2013. 40 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Recursos Hídricos) - Universidade Federal do ES, Vitória, 2014.

CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento) - <http://www.cesan.com.br/> acesso em 26/10/2015.

COIMBRA, R.; ROCHA, C. L.; BEEKMAN, G. B.. **Recursos Hídricos: conceitos, desafios e capacitação.** Brasília, DF: ANEEL, 1999.

GIACCHINI, M.; ANDRADE FILHO, A. G.. **Utilização da água de chuva nas edificações industriais.** Paraná, 2008. (Artigo apresentado no 2º Encontro Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais).

HAGEMANN, S. E.. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** Rio Grande do Sul, 2009. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

JAQUES, R. C.. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** Santa Catarina, 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de SC, Santa Catarina, 2005.

MAY, S.. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** São Paulo, 2004 190 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de SP, São Paulo, 2004.

MILENA, A.. **O mundo com sede – Planeta Sustentável**. São Paulo: Abril, 2007.

ONU (Organização das Nações Unidas) - <http://www.onu.org.br/> acesso em 27/03/2015.

PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) - <http://www.pnuma.org.br/> acesso em 25/03/2015.

SCHISTEK, H.. A cisterna de tela e cimento. In: 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, Paraíba, 2001. **Anais**. Paraíba: ABRH, 2001. P.10. 1 CD-ROM.

SPERLING, M. V.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

SOUSA PINTO, N.L de; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

TÉCHNE, REVISTA DO ENGENHEIRO CIVIL, **Sem desperdício: Conheça as armas da engenharia para reduzir o consumo de água em edificações novas e existentes**. Edição 212, ano 22 de novembro de 2014.

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

TOMAZ, P.. **Conservação da água**. 1. ed. São Paulo: Parma, 1998.

TOMAZ, P.. **Método Racional**. São Paulo: Navegar, 2013

TOMAZ, P.. **Previsão de consumo de água**: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2013.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C.A..**Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente / SQA. 2006.

VILLELA, S.M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. 1 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

WEBER, P. S.. Água, o ouro do século XXI. **Sanare Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v. 10, p. 5-7, jul/dez. 1998.

ANEXOS

Anexo 1 - Dados de precipitação de Serra de 1947 a 2014

Município	Nome do Posto			Nº de Identificação			Coordenadas Geográficas						
	Fazenda Fonte Limpa			2040003			Latitude	Logitude	Altura				
Serra							-20:11:25	-40:19:8	70 m				
Ano	ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1947				133.4	106	59	73	72.8	141.3	344.4	354.2	214.7	1498.8
1948	30.3	67.5	129.5	52.4	239.5	80	127.3	49.9	53.1	92.2	125.6	492.4	1539.7
1949	295.6	84.7	46.4	43.1	11.5	48	14.4	27.2	39.7	317	138.3	536.2	1602.1
1950	91.2	141.2	107.1	258.3	302.1	168.3	59	50	68	48	68	79	1440.2
1951	11	53	94	79	57	104	23.3	7	1.1	4.7	2.9	16	453
1952	16.7	3.7	6.4	6.1	7	2.8	7.2	7	9.5	2.6	15.4	14.7	99.1
1953	9.3	10.8	69.7	4.7	4.2	4.6	5.2	9.9	49	46.8	162	124	500.2
1954	13	0	52	49	38	39	15	22	51	31	31	41	382
1955	23	30	26	51	34	22	34	39	17	31	44	33	384
1956	11	20	26	25	26	47	37	60	43	42	96	75	508
1957	88	113	124	112	148	73	82	6	68	61	224	262	1361
1958	85	29	118	94	83	41	91	25	150	114	150	102	1082
1959	10	0	125	108	67	24	27	34	122	177	165	178	1037
1960	251	113.8	336	8	31	33	108	74	111	170	210	25	1470.8
1961	261	48	86	81	103.6	288	167	7	0	36	23	68	1168.6
1962	178	102	77	8	71	63	109	3	62	174	87	250	1184
1963	31	62	28	31	9	61	50	79	5	38	144	114	652
1964	291	144	151	97	24	63	50	68	54	148.2	113.8	206.6	1410.6
1965	149.6	117.2	127	54.2	124.8	42.2	84.8	28.8	55.2	108.7	224	3	1119.5
1966	143.1	5.3	16	132.4	111	17	173.2	43.8	118.2	61.8	151.8	138	1111.6
1967	136.4	72.6	220.4	105.2	265.2	40.8	42.2	78.6	39.8	63.6	160.4	272.4	1497.6
1968	131	113.6	95.4	35	40.8	93.4	64.8	87.8	142.8	124	186	180	1294.6
1970	307.6	56.6	28.2	85.4	25.4	84.4	352.6	72.3	83	124	186	44.2	1449.7
1971	12	29.4	55.2	28.2	14.6	61	86	92.6	245.6	253	521	131.1	1529.7
1972	74.8	98	34.4	160.7	88.7	85.6	102.5	109.7	103.2	77.3	110.2	107.6	1152.7
1973	83.9	85.3	238.8	104.4	0	33.3	37.1	0	97.1	166.7	109.9	129.5	1086
1974	224.8	91.6	113	53.7	59.9	19.3	17.3	0	57.4	188.2	112.8	163.2	1101.2
1975	190	102.2	236.4	62.6	114.2	169	73.2	37.4	165.8	242.6	74.6	106	1574
1976	16.4	33.6	138.6	12.6	101.8	4	129	44.7	139.6	138.8	185.6	229.2	1173.9
1977	209	56.8	8.8	138	65.3	18.1	54.8	2.4	99	111.8	363.7	255.7	1383.4
1978	62.2	220	108.8	39.6	38.2	57.2	302	71.9	64.6	97.9	101.5	85.2	1249.1
1979	496.1	269.6	177.2	21.8	51.6	17.4	114.6	0	40.4	42.2	109	191.2	1531.1
1980	243.4	110.6	151.8	244	86.6	44.2	44	35.6	0	119	136.4	331.8	1547.4
1981	106.6	94.6	166.5	83.8	163.4	96	91.8	91.6	0	100.6	318.2	159.4	1472.5
1982	326.5	79.6	259.4	135.8	102.2	19.8	29	66	76.6	37.6	8.8	189.6	1330.9
1983	385.3	144.2	46	82.9	45.6	6.2	36.6	30.2	248.8	304.3	423.6	377.4	2131.1
1984	137.8	128.4	125.8	85	50	37	8	212.8	57	100.2	193	253	1388
1985	250.4	0	41.2	108.8	45.2	45.6	76.4	58.8	178.3	168	294.8	142.6	1410.1
1986	61	15.4	8.7	38	24.6	40.8	102.9	121.4	72	55.4	120.7	166	826.9
1987	124.2	46.7	239.2	110.2	88.4	57	56.7	31.6	113.3	30.7	240.4	201	1339.4
1988	165.3	17.5	195	258.5	86.9	106	56.6	142.2	133.6	299.3	99.2	31.4	1591.5
1989	47.6	0	43.4	12.2	15.2	61	86	63	83	124	186	180	1270
1990	8.4	27	4.2	0	64.4	110.8	182.6	167	72.9	218.3	86.9	108.6	1051.1

Continuação do Anexo 1

Município	Nome do Posto		Nº de Identificação		Coordenadas Geográficas								
Serra	Fazenda Fonte Limpa		2040003		Latitude			Logitude			Altura		
					-20:11:25			-40:19:8			70 m		
Ano	ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1991	420.1	168	209.8	38.4	230.4	254.5	324	336.6	227.5	195.4	234.6	146.5	2785.8
1992	216.9	230.9	119.4	104.8	69.2	90.7	285.4	264.8	229.6	218.6	294.8	146.3	2271.4
1993	29.4	18.6	28.8	132.2	217.5	107.6	68.3	145.7	78	43.4	77.4	209.8	1156.7
1994	205.6	42.2	126.8	120.4	78	23	45	33.2	39.5	99.2	88.3	54.4	955.6
1995	60	67.4	114.8	146.4	56.7	12.6	179.6	74.4	102.1	146.3	269.6	162.2	1392.1
1996	8.4	45	82	88	20	63.5	37.9	23.5	155.7	219.6	383.4	157	1284
1997	78.8	146.9	341.8	138.4	33.9	9	0	1	45.1	105.8	206.7	314.8	1422.2
1998	55	18.9	16	16.9	71	23.8	25.1	36.2	15.1	300	468.1	77.2	1123.3
1999	100.6	16.1	199.1	94.5	99.8	52.6	119.5	55.9	34.2	166	186	285.4	1409.7
2000	181.7	97.6	157.6	88	71	61	86	48.8	144.9	11.3	340.2	318.4	1606.5
2001	88.7	52.1	48.8	3.6	77.8	50	95	50.4	109.4	269,8?	495.2	172.3	1513.1
2002	113.2	248.8	77.1	90.8	78.2	74.3	60.3	106.4	194.7	19.2	97	227.6	1387.6
2003	269.5	11.2	39,7*	92.8	14.1	0	87.4	9.3	27.6	103.9	39.7	260.2	955.4
2004	198.5	146.7	245.7	177.8	38.9	64.6	87	77.5	5.8	118.3	112.5	315	1588.3
2005	104.4	373.7	250.5	51	126,3?	159.1	88.3	17.2	228.4	24.5	280.7	162.7	1866.8
2006	46.2	14.8	378.6	42.3	0	42	76.5	62.6	83.3	135.9	252	416.1	1550.3
2007	142.7	196.9	23.3	94.7	18.1	23	1.2	38.7	44.3	44.7	127.1	78.6	833.3
2008	188.5	312.7	132.2	24.1	41	82.8	27.6	11.4	41	131.7	383.7	158.2	1534.9
2009	325.8	39.3	192.3	202.8	67.7	46.4	137.6	41.7	25.6	336.4	52.6	151.1	1619.3
2010	0	28.9	173.6	182.4	54.6	70.1	247.8	26.9	12.6	114.6	183.5	207.8	1302.8
2011	69.1	45.3	314.4	323	42	43.5	26.3	42.3	34.9	184	390.4	306.2	1821.4
2012	258		28.6	24.5	104.9	55.1	8	186.2	65.8	90.5	264.1	7.9	1093.6
2013	347.1	52.8	151.3	94.5	10.9	47.1	86	82.5	56	74.7	292.2	564.9	1860
2014	68.8	25.9	98.6	96.7	7.5	41.1	57.3	111.9	26.3	86	77.3		697.4
Índice Pluviométrico	142	84	123	30087	72	61	86	63	83	124	186	180	1290