



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Lucas Kaique Pereira Barros

Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis: Escola de Tempo Integral
Almirante Tamandaré em Palmas – TO

Palmas – TO

2019

Lucas Kaique Pereira Barros

Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis: Escola de Tempo Integral
Almirante Tamandaré em Palmas – TO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos

Palmas – TO

2019

Lucas Kaique Pereira Barros
Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis: Escola de Tempo Integral
Almirante Tamandaré em Palmas – TO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

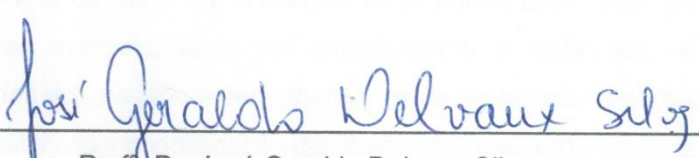
Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos

Aprovado em: 22/05/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dra. Michele Ribeiro Ramos
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof.º Dr. José Geraldo Delvaux Silva
Examinador externo



Prof.º Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas

RESUMO

Com o grande problema de escassez da água de boa qualidade que o planeta está passando, é necessário buscar por novas formas de aproveitamento, armazenamento e captação da água de chuva, assim minimizando o desperdício e conservando esse bem tão precioso e abundante em nossos telhados. A viabilidade do uso de água de chuva é caracterizada pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos com água potável e a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes. Com o aproveitamento da água de chuva, consegue-se proteger o meio ambiente, economizar energia, reduzir investimentos em infraestrutura. Este trabalho tem como objetivos: Verificar a possibilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em um bloco na ESCOLA DE TEMPO INTEGRAL ALMIRANTE TAMANDARÉ, pesquisar a intensidade pluviométrica anual na região de Palmas – TO, determinar o consumo de água não potável em um determinado bloco do prédio e dimensionar o reservatório para fins de armazenamento de água não potável. Buscou-se junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) os dados históricos da cidade de Palmas, desde o ano de 2008 até o ano de 2018, tendo uma maior precisão nas médias de chuvas mensais, após ser caracterizado a edificação, verificou os aparelhos sanitários que poderiam ser substituídos de água potável para a água não potável, onde possibilitou a quantificação das demandas a serem atendidas pela água de chuva e por fim, para o dimensionamento do reservatório, o método mais indicado para a região.

Palavras chave: Aproveitamento de Águas Pluviais, Índice Pluviométrico, Escassez de Chuva.

ABSTRACT

With the great problem of scarcity of good quality water that the planet is going through, it is necessary to search for new ways of utilizing, storing and collecting rainwater, thus minimizing waste and conserving this precious and abundant good on our roofs. The viability of the use of rainwater is characterized by a decrease in the demand of water provided by the sanitation companies, with the consequence of reducing costs with drinking water and reducing the risk of flooding in the event of heavy rains. With the use of rainwater, it is possible to protect the environment, save energy, and reduce investments in infrastructure. The objective of this work is to verify the possibility of implantation of a rainwater harvesting system for non - potable purposes in a block in the ALMIRANTE TAMANDARÉ INTEGRAL TIME SCHOOL, to investigate the annual rainfall intensity in the Palmas - TO region, to determine the consumption of non-potable water in a given building block and size the reservoir for non-potable water storage purposes. The historical data of the city of Palmas, from the year 2008 to the year 2018, was searched together with the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP), having a greater precision in the means of monthly rainfall, after being characterized the building , verified the sanitary appliances that could be substituted of drinking water for non-potable water, where it was possible to quantify the demands to be served by rainwater and finally, for the sizing of the reservoir, the most appropriate method for the region was the Simulation Method. but with a poor distribution of the rains, having months with practically no precipitation. The sanitary appliance will be replaced by non-potable water, the urinal and the water will also be used to clean the floor of the block, as it has a significant consumption, with approximately 40% of consumption of the building. With the sizing of the reservoir it obtained a volume of 10 m³ to supply the monthly demand of non-potable water.

Key words: Rainwater Utilization, Rainfall Index, Rainfall.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 PROBLEMÁTICA	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	13
2.2 OS RISCOS DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS	16
2.3 PARÂMETROS DE MEDIDAS DE PRECIPITAÇÕES.....	17
2.3.1 Pluviômetro.....	17
2.3.2 Intensidade de precipitação	18
2.3.3 Tempo de concentração	18
2.3.4 Coeficiente de deflúvio ou de escoamento	19
2.3.5 Área drenada	19
2.3.6 Evaporação e transpiração	19
2.4 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL	20
2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO	21
2.6 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO TOCANTINS	23
2.7 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA	24
2.8 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS	27
2.8.1 Método de Rippl	28
2.8.2 Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto	28
2.8.3 Método Prático Alemão	29
2.8.4 Método Prático Inglês	29
2.8.5 Método Prático Australiano	30
2.8.6 Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta	31
2.8.7 Programa Computacional Netuno	31
3 METODOLOGIA	32
3.1 DA LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	32
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS	33
3.3 DIMENSIONAMENTO DA REDE PLUVIAL	33
3.3.1 Cálculo da Vazão	33
3.3.2 Dimensionamento das Calhas	34

3.3.3 Dimensionamento dos Condutores Verticais	34
3.3.4 Dimensionamento dos Condutores Horizontais	35
3.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	35
3.5 DETERMINAÇÃO DO CONJUNTO MOTOBOMBA	35
3.5.1 Cálculo da Perda de Carga Distribuída	36
3.5.2 Cálculo da Perda de Carga Localizada	37
3.5.3 Determinação do Rendimento do Conjunto Motobomba	38
3.5.4 Cálculo da Potência da Bomba	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO.....	39
4.2 ÁREAS DE CAPTAÇÃO	40
4.3 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO.....	41
4.4 ANÁLISE VOLUMÉTRICA DO RESERVATÓRIO	41
4.5 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO.....	44
5 CONCLUSÃO.....	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
7 APÊNDICES.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pluviômetro tipo Ville de Paris	13
Figura 2: Tempo de Concentração	14
Figura 3: Bacia Tocantins-Araguaia	21
Figura 4: Localização da Edificação em Estudo	34
Figura 5: Gráfico para determinação da Potência das Bombas	34
Figura 6: Gráfico Chuva Média Mensal	38
Figura 7: Tabela de dimensionamento reservatório 10 m ³	41
Figura 8: Tabela de Dimensionamento Reservatório 20 m ³	42
Figura 9: Tabela de Dimensionamento Reservatório 100 m ³	42
Figura 10: Tabela de Valores a Serem Pagos Baseada no Consumo	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil	13
Tabela 2: Índice comparativo entre alguns países do consumo diário per capita de água....	14
Tabela 3: Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP	15
Tabela 4: Valor do coeficiente C para fórmula de Hazen-Williams	36
Tabela 5: Valores de K para o cálculo das perdas de carga localizadas	37

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para toda vida no planeta. Embora cerca de 75% da superfície terrestre seja composta por água, apenas uma pequena parcela é de água potável: conforme Ward e Robinson (1990), cerca de 97,4% deste total é composto por água salgada, quase 2% é de gelo e neve e apenas 0,67% corresponde a água doce (incluindo águas subterrâneas e fontes superficiais). Esse cenário é ainda mais grave quando é levada em consideração a má distribuição espacial e temporal da água doce no planeta e, ainda, a contaminação crescente dos mananciais. Em consequência, a água hoje é tratada como um recurso finito renovável e um bem econômico (GOLDENFUM, 2015).

Atualmente vem ocorrendo uma redução gradual da qualidade e da disponibilidade dos recursos hídricos no planeta, principalmente devido ao acentuado aumento da população mundial e ao aumento do consumo de água potável (MARINOSKI; GHISI, 2008).

Vivendo a presente crise hídrica, vemos a importância da racionalização de água potável que em grande parte (40%), é desperdiçada, ora com mau uso, ora em vazamentos de adutoras e ramais que fazem distribuição para as comunidades e ainda com sistemas sanitários e áreas externas, sendo apenas os outros 60% utilizados para o consumo humano (RIBEIRO, 2013).

A água pluvial coletada poderá utilizada em descarga de bacias sanitárias, lavagem de roupas, torneiras de jardins, calçadas e de automóveis. Com sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos e enchentes, diminuir problemas com falta de água e preservar o meio ambiente para evitar a escassez dos recursos hídricos. (MARINOSKI; GHISI, 2008).

As edificações escolares são estruturas potenciais para implantação do sistema predial de aproveitamento das águas pluviais para usos não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de captação. Para a implantação desses sistemas, são necessários estudos de viabilidade técnica e econômica, que verifiquem o potencial de economia de água potável e determinem a relação entre custo e benefício (SCHERER, 2003).

No entanto, as águas de chuvas coletadas através de calhas e condutos verticais e horizontais, devem serem armazenadas em reservatórios propostos por alguns métodos existentes que são usados para cada tipo de região, devido seus

índices pluviométricos. Ao longo deste projeto será apresentado o melhor custo benefício para região estudada e apresentado ao final se é viável ou não e qual o tempo de retorno do investimento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade econômica de implantação de um sistema de captação de águas pluviais no bloco salas de aula da Escola de Tempo Integral Almirante Tamandaré em Palmas – TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar a intensidade pluviométrica anual na região de Palmas - TO;
- Fazer o levantamento dos dados de consumo mensal e anual de água na instituição;
- Dimensionar os reservatórios com base no consumo e precipitação pluviométrica da região;
- Calcular o custo de implantação do sistema e verificar o tempo de retorno do mesmo;
- Verificar a economia de água potável, ao se implantar o sistema de aproveitamento de água de chuva.

1.2 PROBLEMÁTICA

O país enfrenta sérios problemas no armazenamento de recursos hídricos, o que, por sua vez, alarmou a todos nos últimos anos. O aumento da população urbana e, conseqüentemente, a elevação no consumo de água, foram fatores que, agravaram a crise, também a diminuição das chuvas que colabora com a situação. Somando todos estes fatores conclui-se que isso tenha agravado a crise hídrica no Brasil.

Observando a frequente crise hídrica no estado na época de seca, seria viável a implantação do sistema de captação de água das chuvas em uma instituição de ensino em Palmas – TO?

1.3 justificativa

Ainda que água já tenha sido abundante em grande parte do planeta, a degradação ambiental que estamos vivendo resultou, desde 2014, no que pode ser a maior crise hídrica no Brasil (PENA, 2009).

O Palmas – TO está localizada na região norte do Brasil, que retém 68,5% da concentração dos recursos hídricos do país (IBGE/ANA 2010), mas por termos conhecimento da importância da água em nossas vidas, um bem essencial, devemos enxergar o aproveitamento da água da chuva como um ponto benéfico que traria uma diminuição no consumo desenfreado de água potável que é muito desperdiçada e além da conseqüente preservação ambiental, na pegada da sustentabilidade.

São diversas vantagens e ganhos com esse Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, que nesse projeto de pesquisa serão pontuados e demonstrados. Palmas –TO foi escolhida por ter em sua porta o Rio Tocantins, pertencente a bacia TOCANTINS – ARAGUAIA, e por ser uma capital planejada que poderá implantar com antecedência o sistema, não onerando tanto o custo como seria em uma grande capital como São Paulo – SP.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Segundo a agência nacional de águas (ANA), o Brasil possui uma grande parte da água doce disponível. Aferiu-se que o país possui cerca de 12% da disponibilidade mundial, porém assim como no resto do planeta, essa água não é bem distribuída dentro do território nacional, conforme a Tabela 1 abaixo.

De acordo com GHISI (2006, apud MARINOSKI, 2007) ‘‘ verifica-se no Brasil, que as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Exemplo disso pode-se citar a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira’’.

Tabela 1 – Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil.

Região	Densidade demográfica (hab./km ²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,50%
Nordeste	34,15	3,30%
Centro	8,75	15,70%
Oeste	86,92	6%
Sudeste	48,58	6,50%

Fonte: IBGE/ Agência Nacional das Águas (ANA)- (2010)

Essa discrepância na distribuição de água doce no país, assim como no resto do mundo, gera uma escassez em determinadas regiões, sendo por número populacional ou por baixa quantidade de reserva hídrica. A região nordeste, por exemplo, todo ano passa por uma época de seca severa por falta de água. Por sua vez, recentemente regiões como sudeste e centro-oeste também sofreram por falta desse mesmo recurso, entretanto diferentemente do Nordeste, a causa dessa falta, foi à quantidade populacional e o alto consumo nessas regiões.

Adicionado a essa na distribuição dos recursos hídricos no país, deve-se incluir o fato de o Brasil ser um país emergente e que por sua vez consome um valor significativo de água por dia para cada habitante. Ou seja, quanto mais populosa a região e mais desenvolvida, a mesma tende a gastar mais, agravando assim o problema da escassez, conforme a Tabela 2 abaixo.

Tabela 2- Índice comparativo entre alguns países do consumo diário per capita de água

País	Consumo per capita (litros/dia para cada habitante)
Estados Unidos	575
Itália	385
México	365
Noruega	300
Alemanha	195
Brasil	185
Índia	135
China	85
Gana	35
Etiópia/Haiti	15

Fonte: Guia do Estudante (Editora abril, 2009)

No Brasil se tem outro bom exemplo disso, em uma pesquisa realizada em 2015 e publicada na revista *exame* mostra que o estado do Rio de Janeiro, por exemplo, por ser mais desenvolvido, consome cerca de 250 l/hab. dia, já em Alagoas que é menos desenvolvido consome-se uma média de 99,65 l/hab. dia, estando assim abaixo dos 110 l/hab. Dia citado pela ONU como quantidade suficiente para atender as necessidades básicas do ser humano.

A *United Nations Environment Programme* (UNEP) classifica uma região conforme com sua disponibilidade de água, de alta a catastróficamente baixa, e segundo as previsões apresentadas por *Ghisi* em 2005, se nenhuma atitude for tomada quanto ao uso consciente, preservação e economia desse recurso, regiões como a Nordeste e a Sudeste do Brasil correm o risco de chegar à condição de catastróficamente baixa, conforme a Tabela 3 abaixo.

Tabela 3- Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP

Disponibilidade hídrica (m ³ hab./ano)	Classificação
Maior que 20.000	Muito alta
10.000-20.000	Alta
5.000-10.000	Média
2.000-5.000	Baixa
1.000-2.000	Muito baixa
Menor que 1.000	Catastróficamente Baixa

Fonte: *United Nations Environment Programme* (UNEP)

Perante o panorama de escassez e mau uso dos recursos hídricos apresentado, tem-se um aumento na preocupação quanto à procura de novas formas de preservação da água do planeta. Atualmente já existem alguns desses métodos, como por exemplo, a racionalização do uso, a utilização de bacia sanitária com volume de descarga reduzido, o uso registros de fechamento automático em torneiras, e claro, a reutilização de águas pluviais para fins não potáveis através de seu armazenamento.

2.2 OS RISCOS DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS

As águas provenientes das chuvas, chamadas águas pluviais podem trazer agravantes principalmente para grandes centros urbanos, pois há grande adensamento populacional. Durante o tempo de chuva forte e contínua essas águas podem transbordar e causar enchentes e alagamentos de rios e lagos, trazendo várias doenças para a população. Os danos podem ser grandes, de acordo com o volume de águas que saem do leito normal e de acordo com a densidade populacional. Tudo isso é ocasionado pelo excesso de escoamento que vai para a cidade, pois essa água não é coletada e/ou drenada (Pena, 2014).

Os problemas causados pelas enchentes podem ocorrer por causas naturais, através de rios intermitentes, que nunca secam durante o ano. Eles possuem dois tipos de leitos: um menor e principal, por onde a água corre durante a maior parte do tempo, e um maior e complementar, que é inundado apenas em períodos de cheias. Por outro lado, o problema das enchentes pode e quase sempre está relacionado a interferência humana, que são as causas antrópicas das enchentes. Essas causas estão relacionadas a poluição por parte da população, mas esse não é o único caso.

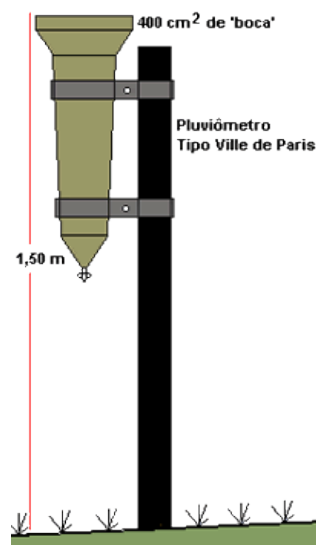
A maioria dos casos está relacionada ao mau uso do espaço urbano pela população, por falta de um sistema de drenagem, pois a água que deveria ser infiltrada no solo, escorre pelos pavimentos e asfaltos das cidades. Caso esse escoamento fosse diminuído através de uma drenagem ou coleta dessa água por parte da maioria das residências de uma cidade, essas enchentes diminuiriam bastante seu impacto ou dependendo da gravidade, evitaria ela (Pena, 2014).

2.3 Parâmetros de medidas de precipitações

2.3.1 Pluviômetro

O pluviômetro (Figura 1), é um instrumento utilizado para coletar e medir as chuvas, podendo ser convencional, semiautomático ou automático. A quantidade de água captada é mostrada em milímetros (mm). Uma chuva de 1 mm por minuto, é equivalente a 1 litro de água por minuto em uma área de 1 metro quadrado (m²). Por exemplo, se sua casa tem um telhado com 10 metros quadrados e após uma hora de chuva o pluviômetro marcar 20 mm, quer dizer que cerca de 200 litros foram despejados sobre sua casa na última hora (CEMADEN, 2013).

Figura 1: Pluviômetro tipo Ville de Paris



Fonte: Pluviômetros

2.3.2 Intensidade de precipitação

É a quantidade de água que precipitada numa área pré-determinada, durante um tempo determinado. A área de captação transforma a medida de volume para altura e geralmente está classificada da seguinte forma:

- região de baixa precipitação: < 800 mm/ano
- região de média precipitação: (800 a 1600) mm/ano
- região de alta precipitação: > 1600 mm/ano

A depender da necessidade, os índices pluviométricos podem ser medidos com uma maior precisão, sendo possível detalhar a precipitação em minutos, horas, dias ou até em anos de ocorrência (BOTELHO, 1998, p.133).

2.3.3 Tempo de concentração

Tempo de concentração, conforme a Figura 2 a seguir, é o tempo total para que um curso d'água escolhido receba uma contribuição da chuva precipitada em sua bacia hidrográfica tornando-se constante, podendo assim ser calculada a vazão máxima, necessária para obter precipitação de projeto daquele trecho (BOTELHO, 1998).

Figura 2: Tempo de concentração



Fonte: slide player

2.3.4 Coeficiente de deflúvio ou de escoamento

Entende-se pela relação entre a quantidade total de água escoada pela seção e a quantidade de água precipitada na bacia. Este fato ocorre, pois nem toda a precipitação que cai na bacia atinge a seção de vazão, ou seja, parte é interceptada ou umedece o solo, preenche as depressões ou se infiltra rumo os depósitos subterrâneos (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973).

2.3.5 Área drenada

É a área previamente determinada para um estudo, levando em consideração as limitações econômicas, pode-se determinar com um maior grau de precisão, uma vez que os métodos utilizados são mapas e/ou fotografias aéreas (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973).

2.3.6 Evaporação e transpiração

Evaporação trata-se de fenômeno físico que transforma a água da superfície do solo, lagos, reservatórios de acumulação e mares, em vapor. Já a transpiração, corresponde à evaporação proveniente da ação fisiológica dos vegetais, ou seja, para manter suas atividades vitais, as plantas através de suas raízes retiram do solo a água. Mas esta água retorna a atmosfera em forma de vapor, através das superfícies das plantas (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973).

2.4 Desperdício de água potável

Segundo Marinowski (2007), entre os recursos naturais, a água doce, indispensável para vida no planeta e hoje é o mais ameaçado recurso, tanto devido à escassez como também de qualidade. As intensas e crescentes agressões ao meio ambiente vêm comprometendo cada vez mais a qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis. Ao mesmo tempo, os recursos hídricos vêm sendo desperdiçados de diferentes formas em todo o mundo, sobretudo nos grandes centros urbanos. Este

quadro é uma crescente preocupação mundial, considerando que a água potável é um recurso natural finito, cada vez mais caro e escasso.

Segundo Deves (2008), as águas das chuvas são consideradas pela legislação brasileira como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo, onde carrega impurezas dissolvidas ou arrastadas para um rio que pode ser o local de captação e água para tratamento e posterior consumo.

A água potável é utilizada para atividades distintas nas edificações, tais como: preparação de alimentos e bebidas, limpeza pessoal e ambiental, entre outros. Dentre estes diversos usos da água, uma parcela significativa está destinada a fins não potáveis, como descargas de vasos sanitários, rega de jardins, lavação de automóveis e calçadas, onde poderia perfeitamente ser utilizada água de chuva (MARINOSKI, 2007).

Os vazamentos podem ser classificados em visíveis e não visíveis, sendo os visíveis àqueles detectados a olho nu e ocultos os que precisam de testes para ser identificados. Os vazamentos visíveis ocorrem nas torneiras de jardim, tanque, pia de cozinha, boia da caixa d'água, duchas e chuveiros. Já os vazamentos não visíveis ocorrem em tubulações enterradas ou embutidas em pisos e paredes, ou também em reservatórios enterrados (GONÇALVES et. al, 2000).

O desconhecimento, a falta de orientação e sensibilização das pessoas quanto à quantidade de água perdida pelo mau uso dos aparelhos e equipamentos hidráulicos, bem como vazamentos nas instalações, são alguns dos fatores responsáveis pelo desperdício de água, principalmente quanto ao desperdício em suas próprias residências (MARINOSKI, 2007).

2.5 Vantagens e desvantagens do sistema de aproveitamento

2.5.1 Vantagens

A utilização de água de chuva traz várias vantagens (AQUASTOCK, 2005, apud, SILVEIRA, 2008):

- Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma;
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos, etc.;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento ocorre a partir de dois anos e meio;
- Faz sentido ecológico e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade, e disponível em abundância em todos os telhados;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios;
- Encoraja a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

São citadas outras vantagens do aproveitamento de água de chuva (SIMIONI, 2004, apud LIMA e MACHADO, 2008):

- Utilização de estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- Baixo impacto ambiental;
- Água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;
- Complementa o sistema convencional;

- Reserva de água para emergências ou interrupção do abastecimento público.
- Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo).
- Fácil manutenção.
- Baixos custos de operação e manutenção.
- Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita em telhado).
- As tecnologias disponíveis são flexíveis.

2.5.2 Desvantagens

São citadas algumas desvantagens do aproveitamento de água de chuva (SIMIONI, 2004, apud LIMA e MACHADO, 2008):

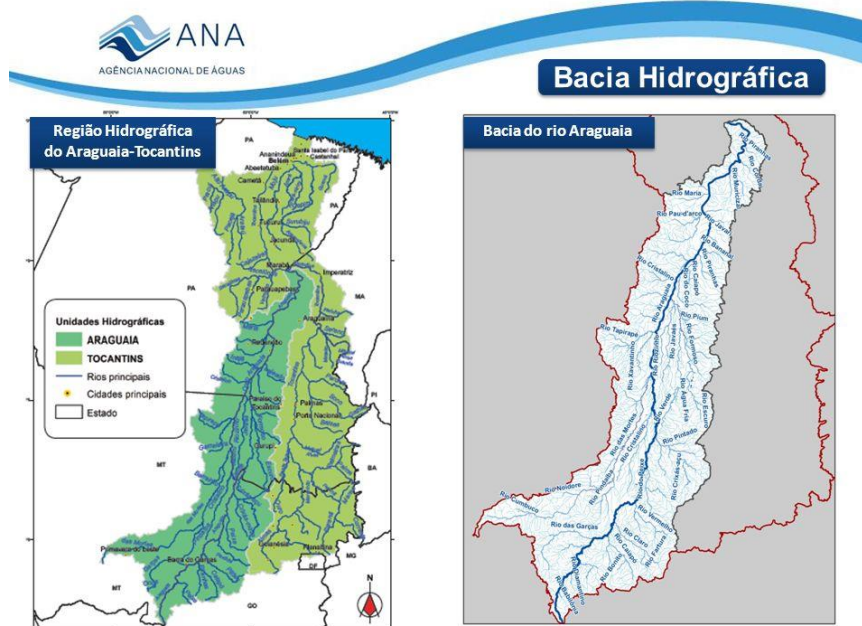
- Custo mais alto quando comparada com outras fontes.
- Suprimento é limitado (depende da quantidade de precipitação e da área de telhado).
- Não atrativo a políticas públicas.
- Custo inicial médio.
- Qualidade da água vulnerável.
- Possível rejeição cultural.

2.6 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO TOCANTINS

O Tocantins é um estado que é banhado pela bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, que além de ser a maior bacia totalmente brasileira, se estende pelos estados de Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Pará, Maranhão e, além disso, o Distrito Federal.

Quanto às características climáticas tocantinenses, pode-se determinar que seu índice pluviométrico médio anual se aproxima de 1.600 mm, sendo que o período de chuva está distribuído de outubro a abril, tendo maio como mês de transição para o período seco que vai de junho a setembro. Na Figura 3, apresentada a seguir, tem-se a bacia Tocantins Araguaia.

Figura 3: Bacia Tocantins-Araguaia



Fonte: Agencia Nacional de Águas (ANA)- (2015)

No que tange a reutilização de água da chuva no Tocantins, observa-se que tem tido um aumento com a sua preocupação. Em 2016, na feira tecnológica agropecuária do Tocantins (Agrotins 2016), foram abordadas às novidades em tecnologia e pesquisas destinadas ao aproveitamento de água da chuva.

Em 2017, o governo do estado sancionou a lei N° 3261 de 02/08/2017, que institui a política estadual de captação, armazenamento e aproveitamento de águas

pluviais e define normas gerais para sua promoção. Ela tem por razão, promover os seguintes fatores:

- A conservação e uso racional da água;
- A sustentabilidade no uso dos recursos hídricos, assegurando à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água;
- O manejo adequado e crescente do volume das águas pluviais servidas;
- Incentivos econômicos para captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais;

2.7 Especificação dos componentes do sistema

Os sistemas residenciais de aproveitamento de água de chuva variam conforme o grau de complexidade. Entre os extremos dessa complexidade, temos o sistema típico formado basicamente pelos componentes da coleta superficial: área de captação (telhado); calhas e condutores; reservatório de acumulação. Além desses componentes há equipamentos periféricos que podem ser adicionados como o sistema de first-flush que separa as primeiras águas sujas do telhado; equipamento de filtração e câmara de sedimentação que remove contaminante e sujeiras antes do seu armazenamento na cisterna (FRANCESCHINI, 2009).

2.7.1 Área de captação

Geralmente é o telhado da residência ou edifício. De acordo com o uso final da água de chuva e de seu posterior tratamento, as áreas de captação podem ser superfícies impermeabilizadas tais como: pátios, calçadas e estacionamentos (MAY, 2004).

O tamanho desta está diretamente relacionado ao potencial de água de chuva possível de ser aproveitada, enquanto isso, o material da qual é formada influenciará na qualidade da água captada e nas perdas por evaporação e absorção. Os telhados

são mais utilizados para captação devido a melhor qualidade da água que este fornece (COHIM et. al, 2007).

2.7.2 Calhas e Tubulações

As calhas coletam as águas de chuva que caem sobre o telhado e as conduzem aos condutores verticais que irão transportá-las até a parte inferior das edificações (FRANCESCHINI, 2009).

Utilizados para transportar a chuva coletada, podem ser encontrados em diversos materiais, porém os mais utilizados são em PVC e metálicos (alumínio e aço galvanizado). Toda a tubulação que fizer parte desse sistema deve estar

destacada com cor diferente e avisos de que essa conduz água de chuva evitando, assim, conexões cruzadas com a rede de água potável (COHIM et. al, 2007).

2.7.3 Tratamentos

O tipo e a necessidade de tratamento das águas pluviais dependerão da qualidade da água coletada e do seu destino final. As concentrações de poluentes, galhos e outras impurezas nas águas pluviais são maiores nos primeiros milímetros da chuva, assim recomenda-se a não utilização destes, diversos dispositivos já foram desenvolvidos e testados com este objetivo (COHIM et. al, 2007).

A água de chuva ao passar pela atmosfera e pela superfície de captação (coberturas ou superfícies de solo) faz uma lavagem das mesmas, se tornando assim uma água mais poluída (USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES, 2006, *apud* FRANCESCHINI, 2009).

2.7.4 Bombas e sistemas pressurizados

Estes dispositivos são usados quando os pontos de utilização estão em cotas superiores a do nível de água no reservatório principal. Porém vale ressaltar que durante a concepção do sistema de aproveitamento de água pluvial deve-se buscar a utilização de reservatórios elevados e o encaminhamento da água coletada diretamente para este, quando possível evitando o bombeamento e aumentando assim a eficiência energética do sistema (COHIM et. al, 2007).

2.7.5 Reservatórios

Obviamente, o componente mais importante deste sistema é o reservatório, e o cálculo de seu dimensionamento, o mais complexo e cauteloso de todos. A cisterna deve ter um volume ideal – ótimo – que leva em consideração os períodos de chuvas e estiagem da região em que se encontra a residência. Esta deve ser a variável que demanda maior cautela no momento do dimensionamento, pois um período de seca ou de chuvas abundantes pode resultar no transbordamento ou total falta de água na cisterna, prejudicando todo o sistema e inviabilizando-o tanto economicamente quanto ambientalmente (BUENO et. al, 2012).

Estes podem ser enterrados, apoiados ou elevados. Diversos materiais podem ser utilizados na fabricação dos reservatórios, sendo, portanto, necessário avaliar em cada caso aspectos como: capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo, disponibilidade local (COHIM et. al, 2007).

2.8 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

Existem vários tipos de métodos de dimensionamento de reservatório que por sua vez resultam em volumes distintos. Desses métodos, alguns são apresentados na norma NBR 15527/2007 - água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.

A escolha desse método é de fundamental importância para viabilidade de implantação do conjunto de aproveitamento de água pluvial, já que, como já informado acima, esse é o componente mais importante do sistema.

No dimensionamento de reservatórios, tem-se por objetivo definir a capacidade volumétrica que atenda ao máximo possível à demanda exercida e com um menor custo para se implantar. Vale frisar que, nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda essa demanda e nem tampouco será possível armazenar toda a chuva fornecida.

A NBR 15527/2007, especifica os seguintes métodos para o dimensionamento de reservatórios:

- Método de *Rippl*;
- Método prático brasileiro ou método de Azevedo neto;
- Método prático alemão;
- Método prático inglês;
- Método prático australiano;
- Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta;
- Programa Computacional Netuno;

2.8.1 Método de Rippl

Para Plínio Tomaz (2011), o método de *Rippl* é o geralmente usado em reutilização de água pluvial devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação.

Neste método, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de confiança (SCHILLER, LATHAN, 1982).

De acordo com Ghisi (2013), o método de *Rippl*, é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão controlada constante durante o período de maior seca registrado.

$$V_{rippl} = \sum_{i=1}^d S \quad \text{Equação 1:}$$

Em que:

V_{Rippl} = Vol. do reservatório obtido pelo método de Rippl (litros);

D = número de dias do período analisado (igualmente ao número de dias da série de precipitações utilizada);

S = diferença entre a demanda diária de água pluvial e o volume de água que escoar diariamente pela superfície de captação (litros).

2.8.2 Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto

O método de Azevedo Neto é o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527/2007.

Esse método utiliza uma série de precipitação de forma anual relacionado com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. Sendo que, é estabelecido como volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada pela área de captação e o período de meses com pouca chuva ou seca (FONTANELA, 2010).

$$V_{an} = 0,0042 \times Pa \times A \times T \quad \text{Equação 2:}$$

Em que:

V_{an} = Vol. Reservatório (litros);

P_a = precipitação pluviométrica média anual (mm/ano = litros/m² por ano);

A = área de captação (m²);

T = quantidade de meses de menor chuva ou seca (adimensional).

2.8.3 Método Prático Alemão

Neste método, o volume de reservatório de água da chuva será basicamente o menor valor registrado entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável. O coeficiente de 0,06, é usado para que a água da chuva coletada, não fique retida mais de 22 dias (ANQUIP, 2009).

Vadotado = Mínimo entre (V e D) × 0,06(6%) Equação 3:

Em que:

V = volume anual de precipitação aproveitável (L);

D = demanda anual de água não potável (L).

2.8.4 Método Prático Inglês

De acordo com o método prático inglês, o reservatório é calculado através da multiplicação da média dos totais anuais de precipitação pela área da superfície de captação e pelo coeficiente de 0,05 (ABNT, 2007), desta forma, nesse método haverá variação apenas entre as áreas de captação das edificações (FONTANELA, 2010).

Esse método garante que a água da chuva coletada fique retida até 18 dias no reservatório e ele é considerado um dos métodos mais simples de se aplicar, uma vez que abrange apenas a precipitação anual.

$V = 0,05 \times P \times A$ Equação 4:

Em que:

P= precipitação média anual (mm);

A= área de coleta em projeção (m²);

V= volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

2.8.5 Método Prático Australiano

No último método sugerido pela NBR 15527/2007, inicialmente deve-se calcular o volume de água da chuva por meio da seguinte equação.

$$Q = \frac{(A \times C \times (P - I))}{1000} \quad \text{Equação 5:}$$

Em que:

C= coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

P= precipitação média mensal (mm);

I= interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas através da equação citada abaixo, onde no mês 1, considera-se o reservatório vazio), até que seja alcançado um valor dentro de um intervalo de confiança de 90% a 99%.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Equação 6:}$$

Em que:

Q_t= volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³);

V_t= volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³);

V_{t-1}= volume de água que está no tanque no início do mês t (m³);

D_t= demanda mensal (m³).

2.8.6 Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta

O Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta é bastante interessante nos casos em que se deseja analisar detalhadamente a variação do volume do reservatório ao longo dos anos. Através de sua aplicação podem ser analisados vários volumes de reservatórios simultaneamente, com suas respectivas eficiências e com relativa simplicidade em relação a outros métodos. Assim, pode-se realizar a simulação dos volumes de reservatórios até que se chegue à eficiência desejada para o sistema, de acordo com os interesses do proprietário. A eficiência geralmente é adotada em função da destinação final que se dará à água armazenada e de acordo com interesses econômicos.

2.8.7 Programa Computacional Netuno

O netuno, versão 3.0, é um programa computacional desenvolvido no LabEEE/UFSC (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2009), validado por rocha (2009), que tem como objetivo determinar o potencial de economia de água potável em função da capacidade do reservatório, através do aproveitamento de água pluvial para usos em que a água não precisa ser potável.

Esse programa permite que sejam feitas simulações da possível economia de água potável tanto para um volume de reservatório quanto para diversos volumes, ao mesmo tempo.

3 METODOLOGIA

3.1 DA LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A Escola de Tempo Integral Almirante Tamandaré onde foi desenvolvido o estudo encontra-se na cidade de Palmas no estado do Tocantins, mais precisamente na Quadra 1306 sul, conforme o explicito na (Figura 4), que demonstra a localização da quadra com relação a cidade acima citada.

Figura 4: Quadra 1306 Sul



Fonte: Próprio Autor (2019)

3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para a realização desse estudo, foi analisado o “volume de água de chuva” na cidade de Palmas - TO. Para isso, acessou os dados de precipitação acumulada mensalmente ao longo de série hidrológica de dez anos, obtidos pelo BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET).

A estação utilizada para obtenção desses dados foi a (OMM: 83033), situada no município de Palmas - TO, com latitude 10°11'27" S, longitude 48°18'6" W e altitude de 280 metros.

Para a quantificação da demanda diária, realizou-se o levantamento dos dados de acordo com o ponto de consumo em estudo.

Por sua vez, para o levantamento do consumo anual de água potável, fez-se um levantamento durante esse período na Escola. O volume foi encontrado no banco de dados da concessionária de água do Tocantins, atualmente grupo BRK ambiental (Brookfield).

3.3 DIMENSIONAMENTO DA REDE PLUVIAL

Após a obtenção dos dados acima, dimensionou-se a rede pluvial da instituição. O dimensionamento segue a Norma NBR 10844/89 – instalações prediais de águas pluviais.

3.3.1 Cálculo da Vazão

A primeira parte do dimensionamento é a determinação da vazão a ser coletada pela calha. Inicialmente obteve-se o índice pluviométrico da região em que se deseja implantar o sistema de coleta de água pluvial, que no caso será coletada conforme citado acima. Conhecendo essa intensidade pluviométrica, calculou-se a área de contribuição do telhado da edificação. Assim, tendo ambas as informações, obtém-se a vazão através da seguinte equação:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad \text{Equação 7:}$$

Em que: Q= vazão, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = Área de contribuição do telhado, em m².

3.3.2 Dimensionamento das Calhas

A segunda etapa tratou-se do dimensionamento das calhas. Para isso, a norma afirma que as mesmas devem ter uma inclinação mínima de 0,5%. A seguir, se define o material de que essa calha vai ser composta, sendo que as mais comuns são de PVC e chapas metálicas. Por fim calcula-se o diâmetro da tubulação a ser utilizada.

Para o cálculo dessa tubulação, utilizou-se a fórmula de Manning Strickler e a equação da continuidade, que estão apresentadas a seguir:

$$Q = K \times \frac{A}{N} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \quad \text{Equação 8:}$$

$$Rh = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molhado}} \quad \text{Equação 9:}$$

Em que: Q= Vazão na seção final da calha, em l/min;

K= 60.000 = coeficiente de transformação em m³/s ou l/min;

A= Área molhada, em m²;

Rh= Raio hidráulico, em m;

I= declividade da calha em m/m;

N= coeficiente de Manning.

3.3.3 Dimensionamento dos Condutores Verticais

Quanto à terceira etapa, a mesma abrange o dimensionamento dos condutos verticais de água pluviais, para a realização desse dimensionamento necessita-se dos seguintes dados: vazão coletada pelas calhas, altura do conduto e altura da água na calha, com esses dados, deve-se confrontar os mesmos no gráfico de dimensionamento de condutos verticais. Vale lembrar também, que a norma afirma que o diâmetro mínimo é de 75 mm, porém o recomendado é o de 100 mm.

3.3.4 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

A quarta e última etapa, consiste na caracterização dos condutores horizontais de água pluvial, na norma NBR 10844/89, define que a inclinação mínima é de 0,5%, assim como nas calhas, define também que sempre que houver uma conexão com outras tubulações, mudança de declividade, mudança de direção ou a cada 20 metros deve-se ter uma caixa de inspeção. Por fim, a norma afirma que para determinação da capacidade de condutores horizontais, deve-se confrontar o coeficiente de Manning com a inclinação e o diâmetro da tubulação na tabela de capacidade fornecida pela NBR 10844/89.

3.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

No que tange ao custo de implantação do sistema, deve ser levado em conta a implantação de reservatórios, que devem ser instalados separadamente do de água potável, deve-se também construir uma rede de alimentação de água pluvial isolada da de água potável, para que não haja contaminação e para que o sistema projetado atenda os pontos citados ao longo do projeto de estudo.

3.5 DETERMINAÇÃO DO CONJUNTO MOTOBOMBA

Tendo os valores de capacidade dos reservatórios calculados, deve-se partir para a determinação de um conjunto motobomba que irá transportar a água coletada para os reservatórios.

Para o cálculo desse conjunto, primeiramente deve-se considerar ter em mãos o valor da vazão de bombeamento e o valor da altura manométrica total, que nada mais é que, a soma das alturas geométricas de sucção e recalque com as perdas de cargas localizadas e distribuídas

3.5.1 Cálculo da Perda de Carga Distribuída

Calculou-se a perda de carga distribuída através da seguinte equação:

$$Hd = L \times \left[10,63 \times \left(\frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right) \right] \quad \text{Equação 10:}$$

Em que: Hd= perda de carga distribuída, em m;

L= comprimento da tubulação, em m;

Q= vazão, em m³/s;

C= coeficiente de rugosidade;

D= diâmetro, em m.

A seguir, tem-se a (Tabela 4) para determinação do valor do coeficiente de rugosidade da tubulação, baseado na tipologia do material.

Tabela 4: Valor do coeficiente C para fórmula de Hazen-Williams

Tubos	Novos	Usados	Usados
		+/- 10 anos	+/- 20 anos
Aço corrugado (chapa ondulada)	60		
Aço galvanizado roscado	125	100	
Aço rebitado, novos	110	90	80
Aço soldado, comum (revestimento betuminoso)	125	110	90
Aço soldado com revestimento epóxico	140	130	115
Chumbo	130	120	120
Cimento-amianto	140	130	120
Cobre	140	135	130
Concreto, bom acabamento	130		
Concreto, acabamento comum	130	120	110
Ferro fundido, revestimento epóxico	140	130	120
Ferro fundido, revestimento de argamassa de cimento	130	120	105
Grés cerâmico, vidrado (manilhas)	110	110	110
Latão	130	130	130
Madeira, em aduelas	120	120	110
Tijolos, condutos bem executados	100	95	90
Vidro	140		
Plástico (PVC)	140	135	130

FONTE: Manual de Hidráulica – Azevedo Neto 8ª Edição

3.5.2 Cálculo da Perda de Carga Localizada

Para determinação da perda de carga localizada, utilizou-se a equação apresentada a seguir:

$$Ht = K \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{Equação 11:}$$

Em que: Ht= perda de carga localizada, em m;

K= coeficiente de perda de carga;

V= velocidade, em m/s;

G= aceleração da gravidade (9,8m/s²)

Quanto a determinação do coeficiente de perda de carga (K), utiliza-se a tabela apresentada a seguir, que se baseia no tipo de conexão, conforme a Tabela 5 abaixo.

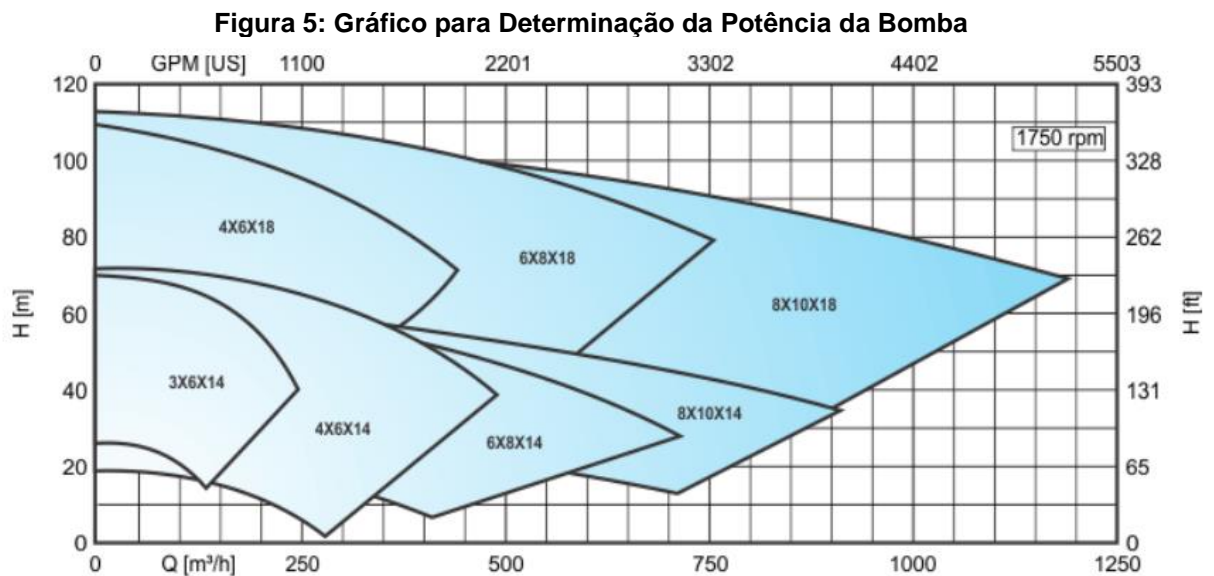
Tabela 5: Valores de K para o cálculo das perdas de carga localizadas

Peça	K	Peça	K
Ampliação gradual	0,3	Junção	0,4
Bocais	2,75	Medidor de Venturi	2,5
Comporta aberta	1	Redução gradual	0,15
Controlador de vazão	2,5	Saída de canalização	1
Cotovelo de 90°	0,9	Tê, passagem direta	0,6
Cotovelo de 45°	0,4	Tê, saída de lado	1,3
Crivo	0,75	Tê, saída bilateral	1,8
Curva de 90°	0,4	Válvula de ângulo aberta	5
Curva de 45°	0,2	Válvula de gaveta aberta	0,2
Curva de 22,5°	0,1	Válvula borboleta aberta	0,3
Entrada normal de canalização	0,5	Válvula de pé	1,75
Entrada de borda	1	Válvula de retenção	2,5
Existência de pequena derivação	0,03	Válvula de globo aberta	10
		Velocidade	1

FONTE: Manual de Hidráulica – Azevedo Neto 8ª Edição

3.5.3 Determinação do Rendimento do Conjunto Motobomba

Para a determinação do rendimento do conjunto motobomba, utilizou-se o gráfico apresentado a seguir (Figura 4) que é cedido IMBIL (Indústria e Manutenção de Bombas ITA Ltda), soluções em bombeamentos, nesse gráfico confrontam-se os valores da altura manométrica e a vazão de projeto calculada, para assim determinar o grupo de bomba que a edificação necessita.



3.5.4 Cálculo da Potência da Bomba

Determinado o rendimento do conjunto motobomba, procede-se o cálculo da potência da bomba, que é feito através da equação apresentada a seguir:

$$Pot = \frac{y \times Q \times Hm}{75 \times n} \text{ (cv)} \quad \text{Equação 12:}$$

Em que: Pot= potência da bomba, em cv;

Y= peso específico da água (1.000 kgf/m³)

Q= vazão, em m³/s;

Hm= altura manométrica total, em m;

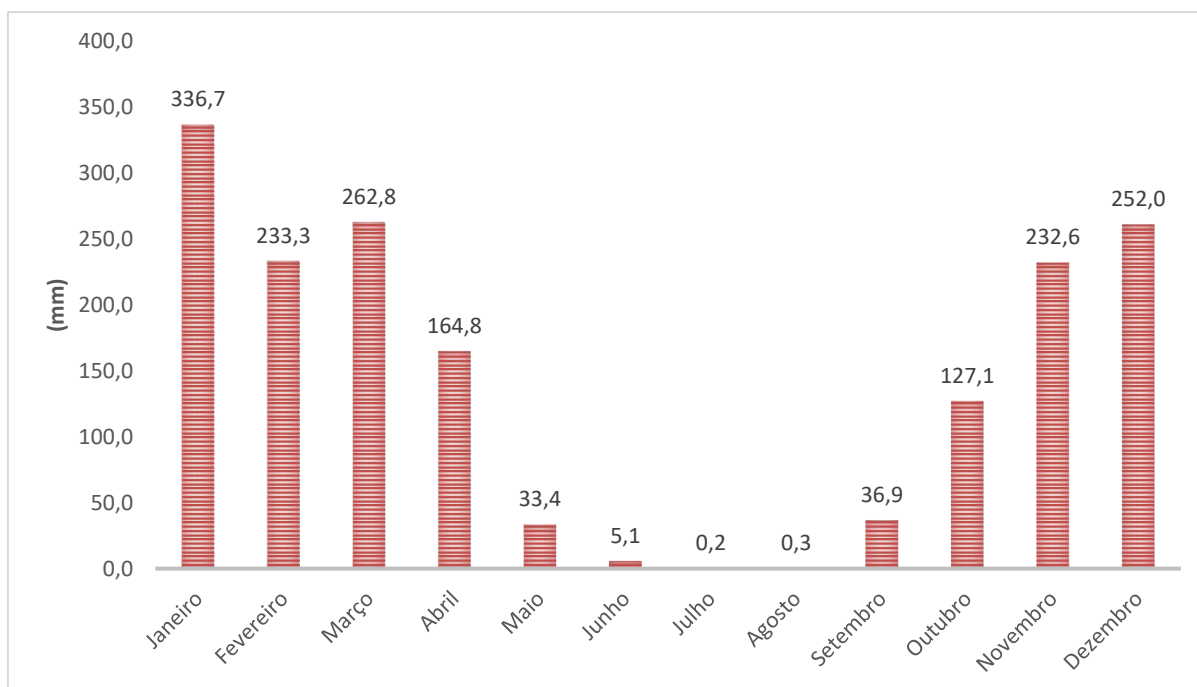
N= rendimento do conjunto motobomba (50% a 80%)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Índice pluviométrico

Os resultados dos índices pluviométricos obtidos através do BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET, 2019), estão na Figura 6 abaixo:

Figura 6: Gráfico Chuva Média Mensal



Fonte: **INMET (2019)**

4.2 Áreas de captação

O cálculo da área de captação fez-se baseado nas áreas de telhado verificadas na planta de cobertura da edificação, levantou-se em considerações os critérios adotados pela ABNT NBR 10844/1989, desprezando a inclinação da chuva.

O bloco das salas de aulas e refeitório em estudo teve uma área de captação de 3.807,68 m², onde foram considerados somente área da cobertura, pois existem áreas impermeabilizadas no terreno, que foram descartadas em decorrência da possibilidade de contaminação das mesmas, devido à circulação de pessoas, assim, sendo desprezadas e consideradas tão somente as de cobertura do bloco.

No Quadro 1 abaixo são apresentados os volumes captados, através das médias mensais de uma série hidrológica de 10 anos.

Quadro 1 - Cálculo do volume mensal de água pluvial captada pela área do telhado.

CÁLCULO DO VOLUME MENSAL DE ÁGUA CAPTADA			
VOLUME captado = Área telhado x Precipitação média mensal x C			
MÊS	ÁREA DO TELHADO (m²)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)	VOLUME CAPTADO (m³)
JAN	3807,68	336,7	1026
FEV	3807,68	233,3	711
MAR	3807,68	262,8	801
ABR	3807,68	164,8	502
MAI	3807,68	33,4	102
JUN	3807,68	5,1	16
JUL	3807,68	0,2	1
AGO	3807,68	0,3	1
SET	3807,68	36,9	112
OUT	3807,68	127,1	387
NOV	3807,68	232,6	709
DEZ	3807,68	252,0	768
TOTAL		1685,2	5136,0

Fonte: Autor (2019)

4.3 Consumo de água potável da instituição de ensino

Os cálculos mensais de água, considerando um total de 1200 alunos e 115 funcionários, incluindo professores, e o consumo histórico retirado das faturas pagas, fornecida pelo setor de finanças da escola, apresenta-se no Quadro 4 abaixo:

Quadro 4 - Cálculo do consumo mensal por hab. de água potável da Instituição de ensino.

MÊS	TOTAL	POPULAÇÃO	PER CAPITA
JANEIRO	670	1315	16,98
FEVEREIRO	1381	1315	35,01
MARÇO	1329	1315	33,69
ABRIL	1247	1315	31,61
MAIO	1119	1315	28,37
JUNHO	1406	1315	35,64
JULHO	792	1315	20,08
AGOSTO	1627	1315	41,24
SETEMBRO	1532	1315	38,83
OUTUBRO	1280	1315	32,45
NOVEMBRO	1810	1315	45,88
DEZEMBRO	1120	1315	28,39
TOTAL	15313	1315	388,16

O reservatório será dimensionado para suprir os 40 % de água não potável do bloco salas de aula, que serão destinados para as bacias sanitárias (26 peças), mictórios (5 peças), e para a limpeza do bloco que tem 3062,34 M² (metros quadrados) de piso.

4.4 Análise Volumétrica do Reservatório

Por terem mais de um método para o cálculo do reservatório, foi realizado outras verificações para a escolha do método utilizado neste trabalho. A primeira foi com o Método de Rippl, é o que mais aparece nas bibliografias que tratam desse assunto atualmente. Mas devido ser um método que tenta suprir todo o período de escassez de água no período de seca, geram grandes reservatórios e como a finalidade deste

estudo é propor um sistema de reaproveitamento visando o melhor custo benefício possível, então este método se apresenta como não viável.

O segundo método verificado foi o Método Prático Australiano, que por ser um método mais conservador, mostrou-se bem eficiente para sistemas residenciais, que possuem uma pequena área de contribuição e pequena demanda de água não potável, como este estudo é de uma instituição de ensino, o mesmo se tornou inviável.

Os demais métodos, Inglês, Azevedo Neto e Alemão por serem semelhantes ao método Prático Australiano, também não atenderam o sistema proposto neste trabalho.

Portanto o método escolhido para este estudo foi o Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta que é bastante interessante. Assim, pode-se realizar a simulação dos volumes de reservatórios até que se chegasse à eficiência desejada para o sistema, de acordo com os interesses desejados. A eficiência geralmente é adotada em função da destinação final que se dará à água armazenada e de acordo com os interesses econômicos.

Definido o método para o dimensionamento, foram propostos vários volumes para a comparação da eficiência do sistema. Logo abaixo nas planilhas comparasse 3 reservatórios com volumes diferentes que são com 10 m³, 20 m³ e 100 m³.

Figura 7: Tabela de dimensionamento reservatório 10 m³.

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m ³) =		10							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	336,7	268	3807,68	1026	10	0	10	748	0
Fevereiro	233,3	552,4	3807,68	711	10	10	10	158,6	0
Março	262,8	531,6	3807,68	801	10	10	10	269,4	0
Abril	164,8	498,8	3807,68	502	10	10	10	3,2	0
Mai	33,4	447,6	3807,68	102	10	10	-335,6	0	335,6
Junho	5,1	562,4	3807,68	16	10	0	-546,4	0	546,4
Julho	0,2	316,8	3807,68	1	10	0	-315,8	0	315,8
Agosto	0,3	650,8	3807,68	1	10	0	-649,8	0	649,8
Setembro	36,9	612,8	3807,68	112	10	0	-500,8	0	500,8
Outubro	127,1	512	3807,68	387	10	0	-125	0	125
Novembro	232,6	724	3807,68	709	10	0	-15	0	15
Dezembro	252	448	3807,68	768	10	0	10	310	0
Total	1685,2	6125,2		5136				1489,2	2488,4

ECONOMIA

----->

59%

Figura 8: Tabela de dimensionamento reservatório 20 m³.

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO										
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8								
Volume do reservatório (m³) =		20								
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10	
Janeiro	336,7	268	3807,68	1026	20	0	20	738	0	
Fevereiro	233,3	552,4	3807,68	711	20	20	20	158,6	0	
Março	262,8	531,6	3807,68	801	20	20	20	269,4	0	
Abril	164,8	498,8	3807,68	502	20	20	20	3,2	0	
Mai	33,4	447,6	3807,68	102	20	20	-325,6	0	325,6	
Junho	5,1	562,4	3807,68	16	20	0	-546,4	0	546,4	
Julho	0,2	316,8	3807,68	1	20	0	-315,8	0	315,8	
Agosto	0,3	650,8	3807,68	1	20	0	-649,8	0	649,8	
Setembro	36,9	612,8	3807,68	112	20	0	-500,8	0	500,8	
Outubro	127,1	512	3807,68	387	20	0	-125	0	125	
Novembro	232,6	724	3807,68	709	20	0	-15	0	15	
Dezembro	252	448	3807,68	768	20	0	20	300	0	
Total	1685,2	6125,2		5136				1469,2	2478,4	
								ECONOMIA	----->	60%

Figura 9: Tabela de dimensionamento reservatório 100 m³.

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO										
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8								
Volume do reservatório (m³) =		100								
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10	
Janeiro	336,7	268	3807,68	1026	100	0	100	658	0	
Fevereiro	233,3	552,4	3807,68	711	100	100	100	158,6	0	
Março	262,8	531,6	3807,68	801	100	100	100	269,4	0	
Abril	164,8	498,8	3807,68	502	100	100	100	3,2	0	
Mai	33,4	447,6	3807,68	102	100	100	-245,6	0	245,6	
Junho	5,1	562,4	3807,68	16	100	0	-546,4	0	546,4	
Julho	0,2	316,8	3807,68	1	100	0	-315,8	0	315,8	
Agosto	0,3	650,8	3807,68	1	100	0	-649,8	0	649,8	
Setembro	36,9	612,8	3807,68	112	100	0	-500,8	0	500,8	
Outubro	127,1	512	3807,68	387	100	0	-125	0	125	
Novembro	232,6	724	3807,68	709	100	0	-15	0	15	
Dezembro	252	448	3807,68	768	100	0	100	220	0	
Total	1685,2	6125,2		5136				1309,2	2398,4	
								ECONOMIA	----->	61%

Analisando as figuras das tabelas de dimensionamento, pode-se concluir que a economia comparando o reservatório de 10 metros cúbicos com um dez vezes maior, a economia aumenta em 1%, devido a nenhum dos dois armazenarem o volume necessário para suprir todos os meses de seca do ano, pois para isso o reservatório deve ter grandes dimensões, tornando o custo do sistema muito alto.

Baseado nos dados acima, o volume do reservatório escolhido foi de dez metros cúbicos, pois o mesmo chega a atender aproximadamente a mesma demanda do de cem metros cúbicos, que é dez vezes maior.

4.5 Custo de Implantação e Tempo de Retorno de Investimento

Devido este estudo estar sendo feito em uma escola já existente, foi feita a verificação de suas calhas, condutores verticais, horizontais e caixas de passagem. As mesmas já haviam sido dimensionadas para atender a área de contribuição em estudo, portanto vão ser reaproveitadas, assim tornando o custo de implantação do sistema menor. O levantamento do custo de implantação foi feito apenas do reservatório em diante, pois como foi citado acima, o sistema já existente vai ser aproveitado. De acordo com o levantamento e planilha em anexo, o custo total de implantação do sistema proposto é de R\$ 40.563,29 (quarenta mil, quinhentos e sessenta e três reais e vinte, nove centavos).

Com a instalação do sistema de reaproveitamento de águas pluviais, a redução na conta de água da Instituição de ensino, terá um valor total de R\$ 42.182,75 (quarenta e dois mil, cento oitenta e dois reais e setenta e cinco centavos), conforme a figura 9. Portanto, Já no primeiro ano de instalação do sistema e conseqüentemente a redução de consumo de água potável, o sistema será pago.

Figura 10: Tabela de valores a serem pagos baseada no consumo.

MÊS	TOTAL (M3)	ÁGUA POTÁVEL	ÁGUA NÃO POTÁVEL	CUSTO TOTAL MÊS POTÁVEL	SUPRIMENTO EXTERNO	TOTAL	CUSTO
JANEIRO	670	402	268	R\$ 7.602,27	0	402	R\$ 4.539,03
FEVEREIRO	1381	828,6	552,4	R\$ 15.729,00	0	828,6	R\$ 9.415,07
MARÇO	1329	797,4	531,6	R\$ 15.134,64	0	797,4	R\$ 9.058,45
ABRIL	1247	748,2	498,8	R\$ 14.197,38	0	748,2	R\$ 8.496,10
MAIO	1119	671,4	447,6	R\$ 12.734,34	335,6	1007	R\$ 11.454,18
JUNHO	1406	843,6	562,4	R\$ 16.014,75	546,4	1390	R\$ 15.831,87
JULHO	792	475,2	316,8	R\$ 8.996,73	315,8	791	R\$ 8.985,30
AGOSTO	1627	976,2	650,8	R\$ 18.540,78	649,8	1626	R\$ 18.529,35
SETEMBRO	1532	919,2	612,8	R\$ 17.454,93	500,8	1420	R\$ 16.174,77
OUTUBRO	1280	768	512	R\$ 14.574,57	125	893	R\$ 10.151,16
NOVEMBRO	1810	1086	724	R\$ 20.632,47	15	1101	R\$ 12.528,60
DEZEMBRO	1120	672	448	R\$ 12.745,77	0	672	R\$ 7.625,13
TOTAL	15313	9187,8	6125,2	R\$ 174.971,76			R\$ 132.789,01
WC'S	30	30%	40%	ECONOMIA R\$ 42.182,75			
Área interna	10	10%					
ÁGUA POTÁVEL	60	60%					

5 CONCLUSÃO

A precipitação média anual encontrada para a região foi de 1.685,2 mm, o consumo anual de água não potável da Instituição é de 6.125,2 metros cúbicos e o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva fez-se pelo Método da Simulação de Reservatório com Capacidade Suposta. Assim obteve-se um reservatório de acumulação de 10 metros cúbicos para atender a demanda mensal de uso de água não potável do bloco.

Como apresentado nos resultados, foram comparados 3 reservatórios com volumes diferentes, o escolhido de 10 metros cúbicos obteve uma eficiência bem próxima aos outros reservatórios, sendo um o dobro do volume e o outro dez vezes maior, como o intuito do trabalho é verificar o melhor custo benefício para a implantação, foi escolhido o menor pelo a baixo custo de implantação do mesmo. Implantar um sistema de reaproveitamento de águas pluviais para atender toda a demanda de água não potável de uma escola, demanda de um reservatório com volume muito alto no caso da nossa região que chega a ficar sem chuva por 5 meses.

Portanto, mesmo com o reservatório consideravelmente pequeno, consegue-se alcançar um ótimo resultado, economizando até 24% da conta total do consumo de água da instituição e o custo total de implantação foi de R\$ R\$ 40.563,29 (quarenta mil, quinhentos e sessenta e três reais e vinte, nove centavos), e o investimento será pago logo no primeiro ano de implantação, assim tornando-se viável sua implantação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Aproveitamento de água da chuva é incluído na legislação**, disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/aproveitamento-de-agua-de-chuva-e-incluido-na-legislacao>> acessado em 10 de setembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **quantidade de água** disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>> acesso em 10 setembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis requisitos**.2007. 8p. Rio de Janeiro, RJ.

BUENO, C., PENNA, N., PERISSINOTTO, N., PINHEIRO, P., MITSUHARA, T. **Trabalho de monografia da disciplina de saneamento e meio ambiente para Arquitetura**. 2012. 26p. Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP.

COHIM, E, GARCIA, A., KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2007.

CEMADEN, 2013. "**Pluviômetros**". Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, 2013. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviômetros/>>. Acesso em 11 de Setembro de 2018.

FONTANELA, F. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial**. 2010. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, SC.

FRANCESCHINI, A. T. L. **Sistema residencial de aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em Votorantim: avaliação de parâmetros de qualidade e eficiência.** 2009. 38p. Especialização em Saneamento Ambiental (Universidade de Sorocaba). Sorocaba, SP.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS, **agrotins apresenta alternativas de aproveitamento de água da chuva, 2016,** disponível em: <<http://agrotins.to.gov.br/noticia/2016/5/7/agrotins-apresenta-alternativas-de-aproveitamento-de-agua-da-chuva/>> acesso em 11 de setembro de 2018.

LIMA, R. P., MACHADO, T. G., **Aproveitamento de água pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações.** 2008. 45p. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, UNIFEB, Barretos, SP.

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC.** 2007. 117p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.

MAY, S. **“Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações”.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blucher, 2003 278 p.

Rodolfo Alves Pena. **O problema das enchentes,** 2014. Acesso em 10/2018. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/geografia/enchentes.htm>

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais.** 2008. 44p. Monografia, (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, MG.

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>, Acesso em 12 de fevereiro de 2019.

YWASHIMA, Laís Aparecida – **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo** - Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo;

AMORIM, S. V., PEREIRA, D. J. A., **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008. ISSN 1678-8621 © 2008, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

7 APÊNDICES

Apêndice A – Planilha Orçamentária

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	BASE	CÓDIGO	SERVIÇOS	UNID	QTDE	V. UNITÁRIO	V. TOTAL
1			INSTALAÇÕES DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL				
1.1			RESERVATÓRIO ENTERRADO DE ALVENARIA 10.000 LITROS				
1.1.1	SINAPI	83486	BOMBA CENTRIFUGA C/ MOTOR ELETRICO TRIFASICO 1CV	UN	1,00	R\$ 1.195,24	R\$ 1.195,24
1.1.2	COMP	W0041	RESERVATÓRIO ENTERRADO 10.000 LITROS	UN	1,00	R\$ 11.336,54	R\$ 11.336,54
1.2			TUBULAÇÕES SOLDÁVEIS				
1.2.1	SINAPI	89402	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	M	102,17	R\$ 6,29	R\$ 642,65
1.2.2	SINAPI	89403	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	M	1,98	R\$ 10,25	R\$ 20,30
1.2.3	SINAPI	89449	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	M	13,96	R\$ 12,18	R\$ 170,03
1.2.4	SINAPI	89452	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 85MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	M	4,25	R\$ 32,58	R\$ 138,47
1.3			CONEXÕES				
1.3.1	SINAPI	89362	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO . AF_12/2014_P	UN	15,00	R\$ 5,67	R\$ 85,05
1.3.2	SINAPI	89366	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4 INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO . AF_12/2014_P	UN	5,00	R\$ 10,81	R\$ 54,05
1.3.3	SINAPI	89367	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	1,00	R\$ 7,73	R\$ 7,73
1.3.4	SINAPI	89501	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA- FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UM	3,00	R\$ 9,17	R\$ 27,51
1.3.5	SINAPI	89521	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 85MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	2,00	R\$ 81,88	R\$ 163,76
1.3.6	SINAPI	89617	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	2,00	R\$ 4,31	R\$ 8,62
1.3.7	SINAPI	89627	TÊ DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM X 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	1,00	R\$ 13,94	R\$ 13,94
1.3.8	SINAPI	89625	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	1,00	R\$ 14,19	R\$ 14,19

1.3.9	SINAPI	89579	LUVA DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM X 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	2,00	R\$ 7,15	R\$ 14,30
1.4			REGISTROS E ACESSÓRIOS				
1.4.1	SINAPI	89987	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 3/4, COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS. FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ÁGUA. AF_12/2014	UN	1,00	R\$ 59,10	R\$ 59,10
1.4.2	SINAPI	86916	TORNEIRA PLÁSTICA 3/4" PARA TANQUE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2013	UN	5,00	R\$ 21,20	R\$ 106,00
1.4.3	SINAPI	85195	CHAVE DE BOIA AUTOMÁTICA	UN	2,00	R\$ 53,29	R\$ 106,58
1.4.4	SINAPI	94500	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 3, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	1,00	R\$ 328,95	R\$ 328,95
1.4.5	SINAPI	94497	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1 1/2, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	1,00	R\$ 80,35	R\$ 80,35
1.4.6	SINAPI	73795/002	VÁLVULA DE RETENÇÃO VERTICAL Ø 25MM (1") - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,00	R\$ 61,89	R\$ 61,89
1.4.7	SINAPI	73796/002	VÁLVULA DE PÉ COM CRIVO Ø 25MM (1") - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,00	R\$ 61,34	R\$ 61,34
1.5			TUBULAÇÕES DE DRENAGEM				
1.5.1	SINAPI	89849	TUBO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 200 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM SUBCOLETOR AÉREO DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014_P	M	18,00	R\$ 38,69	R\$ 696,42
1.6			CONEXÕES				
1.6.1	SINAPI	89554	LUVA SIMPLES, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	UN	4,00	R\$ 15,77	R\$ 63,08
1.6.2	SINAPI	89547	LUVA SIMPLES, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	UN	1,00	R\$ 12,80	R\$ 12,80
1.6.3	SINAPI	89545	LUVA SIMPLES, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	UN	13,00	R\$ 8,69	R\$ 112,97
1.6.4	SINAPI	89677	LUVA SIMPLES, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS. AF_12/2014	UN	24,00	R\$ 44,69	R\$ 1.072,56
1.6.5	SINAPI	89726	JOELHO 45 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 MM, JUNTA SOLDÁVEL, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTOSANITÁRIO. AF_12/2014_P	UN	32,00	R\$ 5,99	R\$ 191,68
1.6.6	SINAPI	89724	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 MM, JUNTA SOLDÁVEL, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTOSANITÁRIO. AF_12/2014_P	UN	72,00	R\$ 5,17	R\$ 372,24
1.6.7	SINAPI	89731	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTOSANITÁRIO. AF_12/2014	UN	6,00	R\$ 7,11	R\$ 42,66
1.6.8	SINAPI	89590	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS. AF_12/2014	UN	12,00	R\$ 92,38	R\$ 1.108,56
1.6.9	SINAPI	89746	JOELHO 45 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTOSANITÁRIO. AF_12/2014	UN	2,00	R\$ 16,48	R\$ 32,96
1.6.10	SINAPI	89549	REDUÇÃO EXCÊNTRICA, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 X 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	UN	1,00	R\$ 10,40	R\$ 10,40
1.6.11	SINAPI	89782	TE, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 X 40 MM, JUNTA SOLDÁVEL, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014_P	UN	15,00	R\$ 7,58	R\$ 113,70
1.6.12	SINAPI	89784	TE, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 X 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	UN	7,00	R\$ 13,16	R\$ 92,12
1.6.13	SINAPI	89687	TE, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 X 75 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS. AF_12/2014	UN	1,00	R\$ 28,30	R\$ 28,30
1.6.14	SINAPI	89693	TE, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 X 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS. AF_12/2014	UN	3,00	R\$ 46,65	R\$ 139,95
1.8			CASA DE MÁQUINAS				

1.8.1	COMP	C005	ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO FURADO 9X19X29CM, (ESPESSURA 9CM), ASSENTADO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA MEDIA NAO PENEIRADA), PREPARO EM BETONEIRA, JUNTA 1 CM	M²	39,25	R\$ 41,36	R\$ 1.623,38
1.8.2	SINAPI	87893	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE M2 AS 4,16 CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2	78,50	R\$ 4,16	R\$ 326,56
1.8.3	SINAPI	87562	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA OU CERÂMICA, EM ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA, PREPARO MECÂNICO, APLICADO COM EQUIPAMENTO DE MISTURA E PROJEÇÃO DE 1,5 M3/H DE ARGAMASSA EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 10MM, SEM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	78,50	R\$ 37,56	R\$ 2.948,46
1.8.4	SINAPI	72819	ESTACA A TRADO (BROCA) DIAMETRO 30CM EM CONCRETO ARMADO MOLDADA IN-LOCO, 20 MPA	M	6,00	R\$ 72,86	R\$ 437,16
1.8.5	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	M3	0,70	R\$ 333,89	R\$ 233,72
1.8.6	SINAPI	74157/004	LANCAMENTO/APLICACAO MANUAL DE CONCRETO EM FUNDACOES	M3	0,70	R\$ 73,51	R\$ 51,46
1.8.7	SINAPI	5651	FORMA TABUA PARA CONCRETO EM FUNDACAO C/ REAPROVEITAMENTO 5X	M2	14,34	R\$ 27,39	R\$ 392,77
1.8.8	SINAPI	92775	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	35,75	R\$ 11,02	R\$ 393,97
1.8.9	SINAPI	92777	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	67,61	R\$ 9,50	R\$ 642,30
1.8.10	SINAPI	92778	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	64,15	R\$ 7,71	R\$ 494,60
1.8.11	SINAPI	72110	ESTRUTURA METALICA EM TESOURAS OU TRELICAS, VAO LIVRE DE 12M, FORNECIMENTO E MONTAGEM, NAO SENDO CONSIDERADOS OS FECHAMENTOS METALICOS, AS COLUNAS, OS SERVICOS GERAIS EM ALVENARIA E CONCRETO, AS TELHAS DE COBERTURA E A PINTURA DE ACABAMENTO	M2	11,34	R\$ 54,63	R\$ 619,50
1.8.12	SINAPI	94210	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MÁXIMA DE 10º, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO	M2	11,34	R\$ 34,81	R\$ 394,75
1.8.13	SINAPI	73907/003	CONTRAPISO/LASTRO DE CONCRETO NAO-ESTRUTURAL, E=5CM, PREPARO COM BETONEIRA	M2	11,34	R\$ 25,79	R\$ 292,46
1.8.14	SINAPI	73872/002	IMPERMEABILIZACAO COM PINTURA A BASE DE RESINA EPOXI ALCATRAO, DUAS DEMAOS.	M2	12,00	R\$ 49,91	R\$ 598,92
1.9			ELÉTRICA				
1.9.1	SINAPI	79517/001	ESCAVACAO MANUAL EM SOLO-PROF. ATE 1,50 M	M3	0,95	R\$ 21,89	R\$ 20,80
1.9.2	SINAPI	73964/006	REATERRO DE VALA COM COMPACTAÇÃO MANUAL	M3	0,95	R\$ 32,83	R\$ 31,19
1.9.3	COMP	QC001	QUADRO DE COMANDO PARA BOMBA	UN	1,00	R\$ 1.086,68	R\$ 1.086,68
1.9.4	COMP	xC0010	ELETROCALHA 50X50MM, EM CHAPA 18, PERFURADA TIPO U, INCLUSO PENDURAS DE FIXAÇÃO E COMPLEMENTOS	M	3,85	R\$ 30,44	R\$ 117,19
1.9.5	SINAPI	91872	ELETRODUTO RÍGIDO ROSCÁVEL, PVC, DN 32 MM (1"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM PAREDE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	25,10	R\$ 9,53	R\$ 239,20
1.9.6	SINAPI	91927	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 2,5 MM², ANTI-CHAMA 0,6/1,0 KV, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	30,00	R\$ 2,87	R\$ 86,10

1.9.7	SINAPI	91929	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 4 MM², ANTI-CHAMA 0,6/1,0 KV, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	96,40	R\$ 3,79	R\$ 365,36	
1.9.8	SINAPI	74130/001	DISJUNTOR TERMOMAGNETICO MONOPOLAR PADRAO NEMA (AMERICANO) 10 A 30A 240V, FORNECIMENTO E INSTALACAO	UM	1,00	R\$ 13,12	R\$ 13,12	
1.9.9	SINAPI	68069	HASTE COPPERWELD 5/8 X 3,0M COM CONECTOR	UN	3,00	R\$ 40,83	R\$ 122,49	
1.9.10	SINAPI	83446	CAIXA DE PASSAGEM 30X30X40 COM TAMPA E DRENO BRITA	UN	4,00	R\$ 122,25	R\$ 489,00	
1.9.12	SINAPI	83399	RELE FOTOELETRICO P/ COMANDO DE ILUMINACAO EXTERNA 220V/1000W - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	1,00	R\$ 37,66	R\$ 37,66	
1.9.13	SINAPI	38061	SINALIZADOR NOTURNO SIMPLES PARA PARA-RAIOS, SEM RELE FOTOELETRICO	UN	1,00	R\$ 44,84	R\$ 44,84	
1.10			RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO					
1.10.1	COMP	MERCADO	RESERVATÓRIO DE POLIETILENO 1000 LITROS	UN	2,00	R\$ 780,00	R\$ 1.560,00	
				SUB TOTAL	16		R\$ 30.890,63	
							TOTAL	R\$ 32.450,63
							BDI (25%)	R\$ 8.112,66
							TOTAL GERAL	R\$ 40.563,29

Engº Responsável

Apêndice B – Projeto Executivo

