



ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL
CNPJ 88.332.580/0001-65



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Rede credenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Daniel Martins Cerqueira

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE MIRACEMA - TO,
UM ESTUDO DE CASO.

PALMAS
2020

Daniel Martins Cerqueira

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE MIRACEMA - TO,
UM ESTUDO DE CASO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Orientadora: Prof.(a) Dr. Jacqueline Henrique.

PALMAS
2020

Daniel Martins Cerqueira

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE MIRACEMA – TO,
UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).
Orientador Orientadora: Prof.(a) Dr. Jacqueline Henrique.

Aprovado em: ____/____/ 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr. Jacqueline Henrique
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Euzir Pinto Chagas
Centro Universitário Luterano de Palmas

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

PALMAS

2020

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria, por este facto, de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar agradeço a **Deus** por ele nos dar a sabedoria e coragem para vencer desafios, agradeço minha família em especial minha mãe (**Elda Martins**), minhas irmã e seus maridos (**Danyela e flaviano**) e (**Leticia e Paulo**) e (**Rafaela**), todos me concederam meios de continuar minha jornada acadêmicas suprimindo todas minhas necessidades físicas e financeiras nesses 5 anos de faculdade.

Agradeço minha namorada (**Talita Hanna**) e sua família que sempre estiveram presentes minha sogra (**Gelva**) sempre prestativa e atenciosa. Agradeço a engenheira que me concedeu meu estagio e todo conhecimento prático (**Odimara**).

Aos meus amigos de infância e os que conquistei na faculdade que nunca estiveram ausentes, agradeço a amizade e o carinho que sempre me disponibilizaram tantas horas de estudos e trabalhos (**Nilson Jr, Lorrán, Mateus**) e (**Leandro, Jayson, Jonathas, Maria**).

Para os meus professores (a) agradeço todos que contribuíram para minha formação onde foram o expoente máximo, abriu-me horizontes, ensinou-me principalmente a pensar e projetar. Em especial prof.(a) (**Jacqueline Henrique, Carlos Spartacus, José Geraldo, Euzir Chagas**) foi, e é fundamental na transmissão de experiências, na criação e solidificação de saberes e nos meus sucessos.

A todos agradeço a contribuição positivas que me permitiram a chegar no final do meu curso de engenharia civil, muito obrigado a todos.

“Nunca ande por trilhas, pois assim só irá até onde outros já foram”.
(Alexander Graham Bell)

RESUMO

Cerqueira, Daniel Martins. **APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE MIRACEMA – TO, UM ESTUDO DE CASO.** 42p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO 2020.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações, traz benefícios ambientais e conseqüentemente econômicos. O sistema é uma alternativa para diminuição do consumo de água tratada na Escola Estadual Oscar Sardinha, buscando nova forma de aproveitamento e descarte sustentável, de modo a captar e armazenar a água que escorre por um telhado, diminuir o escoamento superficial (a água que leva o lixo e causa erosão) contribuindo com a drenagem urbana do município (sarjeta).

Utilizou-se o banco de dados históricos pluviométricos (ANA) AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS no período entre (1998-2019) totalizando 21 anos, a maior precisão nos dados se deu após caracterizar todo o telhado e descobrir a área de contribuição, verificou-se a possível demanda da escola de consumo de água potável, que seria substituída, por fim o dimensionamento do reservatório comparando dois métodos, o método prático australiano e método Rippl.

A localidade foi caracterizada com um alto nível de precipitação, com uma média anual de 1601,8 mm. Entretanto essa chuva é mal distribuída com meses tendo precipitações iguais a zero. Toda demanda de consumo de água não potável foi levando em consideração na edificação que é entorno de 64%, com isso, o dimensionamento do reservatório Metálico Tipo Taça, obteve-se um volume de 50 m³ de acordo com o método prático Australiano que foi o escolhido suprindo toda demanda do local. A implantação do sistema de aproveitamento de água na escola é totalmente viável, devido possuir uma grande área de captação que é de 1471,5 m² o sistema possuiu uma confiança de 100% acima do recomendado, que varia pelo método prático australiano de 90% a 99%.

Portanto, a escola se torna o local ideal para aplicação do estudo, devido ser um ambiente de aprendizado, o que torna possível a conscientização dos discentes para um ambiente saudável e sustentável afim de preservar o bem maior de consumo que é água levando em consideração apenas as questões ambientais.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVOS.....	10
1.1.1 Objetivo geral.....	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
1.2 JUSTIFICATIVA	10
1.3 PROBLEMA.....	11
1.4 HIPÓTESE.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 RECURSOS HÍDRICOS MUNDIAL	12
2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	14
2.3 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL.....	16
2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA NO TOCANTINS.....	17
2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA.....	18
2.5.1 Vantagens.....	18
2.5.2 Desvantagens.....	19
2.6 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	19
2.7 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NAS ESCOLAS.....	20
2.8 MÉTODOS	22
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 LOCAL DA EXPERIMENTAÇÃO.....	25
3.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	26
3.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	27
3.4 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NA ESCOLA.....	29
3.5 CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	30
3.6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	31
4 RESULTADOS	34
4.1 ÁREA DETERMINAÇÃO DO RESERVATÓRIO	34
4.2 PRECIPITAÇÃO ANUAL	35
4.3 PRECIPITAÇÃO MENSAL	35
4.4 DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA ESCOLA	36
4.5 VOLUME DO RESERVATÓRIO	37
5 RESERVATÓRIO UTILIZADO PARA ARMAZENAR ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	41
6 CONCLUSÃO	42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
8 ANEXO	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentração dos recursos hídricos e densidade demográfica por região no Brasil.....	13
Tabela 2: Disponibilidade hídrica.....	15

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Disponibilidade dos recursos hídricos no Mundo.....	11
Figura 2: Disponibilidade de Água doce no Mundo.....	12
Figura 3: Consumo por litros para cada habitante de determinados países.....	14
Figura 4: Simples Sistema de Captação da Água da Chuva no Nordeste.....	15
Figura 5: Bacia hidrográfica.....	17
Figura 6: Escolas Sustentáveis.....	20
Figura 7: Localização Escola Estadual Oscar Sardinha.....	24
Figura 8: Potência da bomba.....	25
Figura 9: Área de captação	26
Figura 10: Média Pluviométrica de Miracema de 1998 a 2019	28
Figura 11: Distribuição do consumo de água nas escolas	30
Figura 12: Croqui da planta do telhado	32
Figura 13: Precipitação anual de Miracema	33
Figura 14: Média de precipitação	34
Figura 15: Consumo não potável nas escolas.....	34
Figura 16: Volume do reservatório método Prático Australiano.....	37
Figura 17: Volume do Reservatório Método Rippl.....	38
Figura 18: Reservatório Metálico Tipo Taça.....	40
Figura 19: Dimensões Do Reservatório Tipo Taça.....	40

1 INTRODUÇÃO

A água é primordial para a sobrevivência de todas as espécies que habitam a Terra. No corpo humano a água atua, entre outras funções, como veículo para a troca de substâncias e para a manutenção da temperatura, representando cerca de 70% de sua massa corporal. Além disso, é apontada como solvente universal e é uma das poucas substâncias que encontramos nos três estados físicos: gasoso, líquido e sólido. É improvável imaginar como seria o nosso dia-a-dia sem ela (BRASIL, 2019).

O consumo de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. O prognóstico é de que, até 2030, a retirada aumente 24%. O histórico de evolução dos usos de água estar diretamente relacionado ao progresso econômico e ao processo de urbanização do país (CONJUNTURA BRASIL, 2018).

Tendo isso em vista, a meta dos dias atuais é a busca por práticas que melhorem o uso da água, como programas de conservação, baseados em medidas técnicas e em mudanças de conduta, estimulado por incentivos que vão desde a educação ambiental até a normatização de leis e de estrutura tarifária (TOMAZ, 2003).

Para Marinoski e Ghisi (2008) é nítida a necessidade de novas técnicas de aproveitamento da água e uma alternativa que visa suprir a demanda da população em relação ao uso de água para usos não potáveis é o aproveitamento de água pluvial, um recurso natural grandemente disponível na maioria das regiões do Brasil.

O sistema de captação de água da chuva é uma solução eficiente e sustentável para economizar água visto que uma boa parte da água que usamos no cotidiano são para fins não potáveis sendo assim uma alternativa bastante viável e simples de ser implantado, a necessidade de coletar e reutilizar a água pluvial depende da demanda local, dos níveis pluviométricos, da área de coleta. Dessa maneira é possível dimensionar o reservatório, e analisar as calhas e rufos que irão atender essa demanda, mantendo o sistema viável ecologicamente sustentável.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial, visando diminuir o consumo de água potável na escola estadual Oscar Sardinha.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar a intensidade pluviométrica anual na região de Miracema do Tocantins - TO;
- Realizar os levantamentos dos dados de consumo anual do local a ser implantado o sistema;
- Dimensionar o reservatório para fins de armazenamento de água não potável.

1.2. JUSTIFICATIVA

No que tange ao desperdício de água, o Brasil, segundo o ministério do meio ambiente, e desperdiçado cerca de 20% a 60% de água destinada ao consumo ao longo da distribuição (SOUSA; SARDINHA, 2019). Os hábitos não favorecem a economia de água, já que boa parte dessa substância é desperdiçada para atividade de limpeza e uso pessoal.

Em consequência da implantação desse sistema de aproveitamento de água pluvial favorece a redução de gastos hídricos já que será feito um reservatório para armazenar o mesmo, evitando que a água desça e seja levada para os boieiros e despejadas nos mananciais sem ter nenhuma utilização sustentável para aquela água da chuva.

Outro ponto importante é que a água potável será poupada do uso geral, exemplo: limpeza e irrigação de plantas. Contribuindo para um ambiente sem desperdício.

Levando em considerações esses aspectos e necessário o aproveitamento pluvial por causa do favorecimento ao meio ambiente, pesquisadores tem cada vez mais buscado maneiras de aperfeiçoar esse sistema, e conscientizar a população de sua importância, para que assim mais pessoas a utilizem.

1.3. PROBLEMA

Como podemos aproveitar de forma viável os recursos hídricos da escola estadual Oscar Sardinha no município de Miracema do Tocantins- TO?

Atualmente, conseguimos perceber uma provável falta de água potável poderá se tornar um problema, devido ao seu mal-uso diário. Sendo que apenas uma porcentagem da mesma é utilizada para consumo consciente.

1.4. HIPÓTESE

Com a implantação do sistema acredita-se que haverá economia hídrica já que a água oriunda da concessionária de abastecimento será utilizada apenas para consumo próprio. Tendo em vista que contribuirá de forma sustentável para um meio ambiente saudável e equilibrado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RECURSOS HÍDRICOS MUNDIAL

O valor dos recursos hídricos é gigantesco que, de acordo com estudos realizados pela ONU, a água chega a ser avaliada como um bem econômico, pois a sua escassez pode paralisar o desenvolvimento regional ou provocar a devastação de recursos naturais, que por sua vez influenciam na saúde, no bem-estar e na segurança de uma população inteira, bem como nas suas ocupações, socioeconômicas (ANDREASI, 2003).

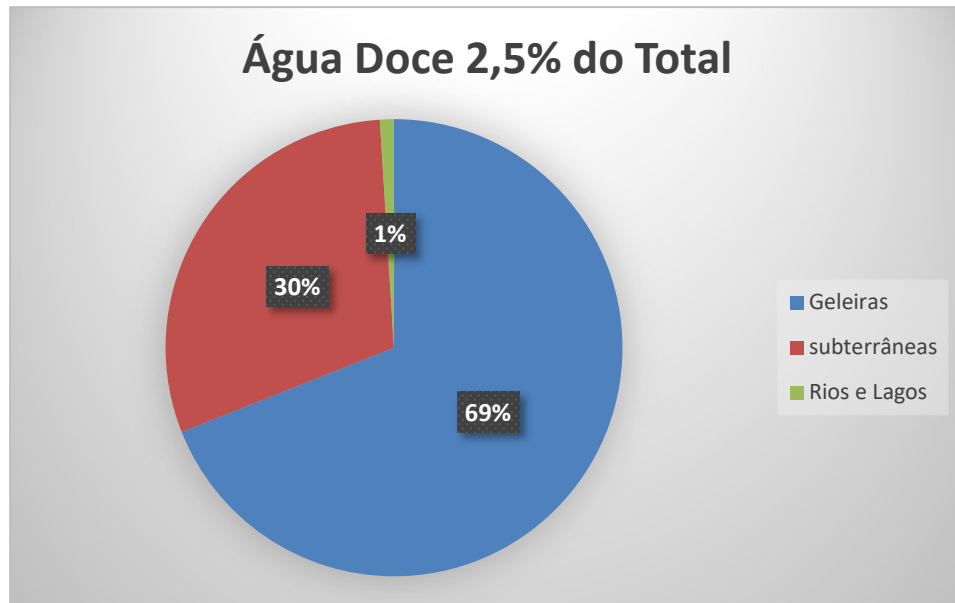
Estima-se que 97,5% da água presente no mundo é salgada e não é apropriada para o consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está centralizada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios (BRASIL, 2017), conforme os Gráficos 1 e 2 a seguir. Sem demora o uso desse bem precisa ser pensado para que não danifique nenhuma das diferentes utilidades que ela tem para a vida humana.

Figura 1: Disponibilidade dos recursos hídricos no Mundo.



Fonte: Modificado BRASIL, 2017

Figura 2: Disponibilidade de Água doce no Mundo.



Fonte: Modificado BRASIL, (2017).

A ONU deixa evidente que para a sobrevivência e exercícios das atividades humanas, sociais e econômicas é importante um volume útil por habitante, onde é apontado em média cerca de 2.500 metros cúbicos de água/habitante/ano. Só que nem todas as regiões do mundo tem este volume considerável de água por habitante, pois varia de região para região, uma disponibilidade de água/habitante/ano abaixo de 1.500 metros cúbicos é considerada uma região crítica (REDE DAS ÁGUAS, 2013).

No planeta o consumo diário de água doce varia de acordo com regiões, pois estar relacionado com o desenvolvimento do país e suas respectivas rendas por habitantes. Sendo que são essenciais 40 litros de água por dia para atender as necessidades básicas como tomar banho, escovar os dentes, lavar as mãos, cozinhar etc. Dados da ONU, porém, registram que um europeu, que tem em seu território 8% da água doce no mundo, consome em média 150 litros de água por dia. Já um indiano, consome 25 litros por dia (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005).

A água doce no mundo é utilizada para benefício humano e proveniente das represas, rios, lagos, açudes, lençóis subterrâneos. A água para a utilização é armazenada em cisternas de distribuição e depois enviada para grandes reservatórios e caixas d'água de casas e edifícios. Após Utilizar, a água segue para a captação de esgotos. Antes de voltar para o ambiente, ela deve ser tratada, evitando a contaminação de rios e lagos (GOMES, 2011).

2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

O Brasil pela sua dimensão territorial e localização tropical e continental, e o país que tem a maior volume de recursos hídricos que se forma no seu interior do seu distrito, gerados por precipitações atmosféricas sobre seu território - de superfície e subterrâneos. Com aproximadamente 80% mais disponibilidade de água do que o Canadá e a China e o dobro da Indonésia e dos Estados Unidos da América (PEREIRA JUNIOR, 2004).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) 2019, o país existe uma grande parte de água doce disponível. Referiu-se que o Brasil possui 12% da disponibilidade mundial, porém assim como no resto do planeta, essa água não é bem distribuída dentro do perímetro nacional, conforme a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Concentração dos recursos hídricos e densidade demográfica por região no Brasil.

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

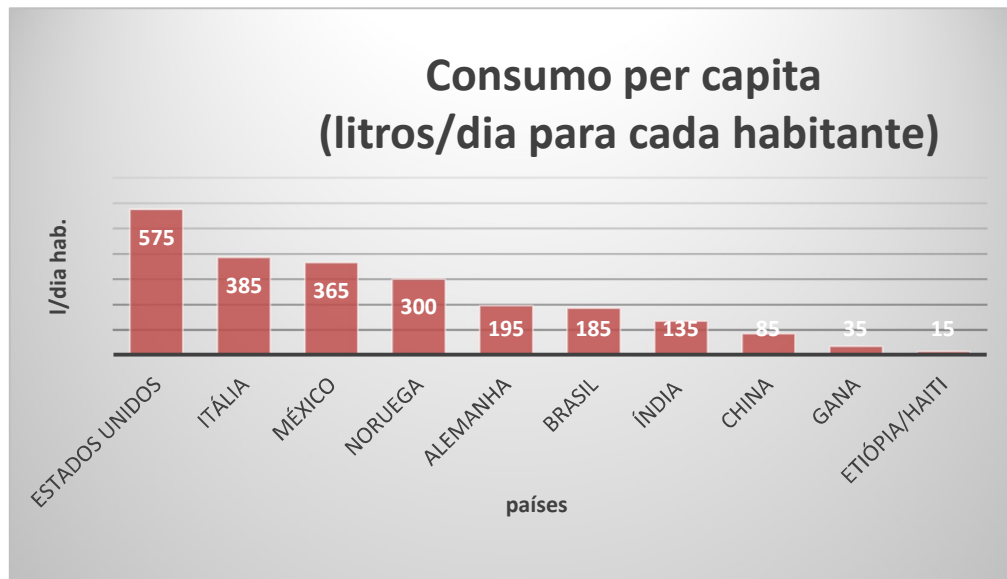
Fonte: IBGE/ Agência Nacional das Águas (ANA)- (2019)

Observasse que existe uma desconformidade na distribuição de água doce, onde regiões com menor número de habitantes possui uma maior concentração de recursos hídricos. No Nordeste nota-se que enfrenta seca severa todos os anos fato que gera falta de água. Em função disso atualmente o Sudeste e centro-oeste também sofreram por falta de água, no entanto diferentemente do Nordeste, a causa dessa falta, foi à quantidade populacional e o alto consumo nessas regiões.

Se fizermos uma classificação por país, conseguiremos notar que a maior parte dos consumidores mundiais de água doce, faz parte do grupo dos países

economicamente desenvolvidas, com ênfase para os EUA, das quais a média de consumo (per capita) é duas vezes a mais do que na Europa inteira. Como notasse os países classificados com emergentes (PENA, 2017) em seguida no Gráfico 3 comparativos:

Figura 3: Consumo por litros para cada habitante de determinados países.



Fonte: (PENA, 2017)

Nota-se uma discrepância com relação ao consumo de água doce, devido, a relação de cada habitantes por país. Algumas nações ficaram inferior ao mínimo previsto pela organização das nações unidas (ONU), que é em média 100 litros de água por dia, por exemplo a China que padece com o seu elevado volume habitacional em uma área enorme composta por desertos. Percebe-se que, inclusive, muitas áreas de estresse hídrico constante – quando a utilização de água é superior à capacidade de renovação local –, igual alguns países do Oriente Médio, a Índia e até algumas regiões brasileiras (PENA, 2017).

A United Nations Environment Programme (UNEP) faz relação a uma região conforme com sua necessidade de hídrica, de alta a catastroficamente baixa, e conforme os prognósticos apresentados por Ghisi em 2005, se nenhuma prática for tomada quanto ao uso consciente, manutenção, e economia desses recurso, regiões como a Nordeste e a Sudeste do Brasil correm o risco de ficar em condição de catastroficamente baixa, conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Disponibilidade hídrica

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	Catastroficamente Baixa

Fonte: United Nations Environment Programa(2002)

2.3 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL.

Alguns estudos afirmam que a primeira reutilização de águas da chuva, no Brasil foram feitas em Fernando de Noronha aonde norte-americanos construíram reservatórios no ano de 1943. Que até atualmente atende a população para suprir suas necessidades básicas (Ghanayem, 2001).

Na atualidade, vem se utilizando muito as cisternas no Brasil principalmente no Nordeste, devido ser uma região que enfrenta uma estiagem muito longa, desse modo a construção desses reservatórios se fez necessário para a manutenção da água dos habitantes da região.

Figura 4: Simples Sistema de Captação da Água da Chuva no Nordeste

Fonte: Sidcley Ferreira Castr

O semiárido nacional é um local de pouca precipitação (entre 400 mm e 800 mm anuais) e solos fracos (que atrapalham a retenção hídrica), atributos que deixam a água sendo um recurso valioso devido à falta dela, para os cidadãos que habitam no local, confirma a Figura 1 acima. Entretanto, a falta de tratamento de esgoto, faz com que as bacias da região sejam simplesmente contaminadas por resíduos domésticos. Em tempo de seca, o problema se intensifica, devido a estiagem favorece o acúmulo dos resíduos nos corpos hídricos. Desse modo as comunidades, tem poucas opções, e veem obrigadas a usar a água que coletam nas cisternas (FERRAZ, 2008).

2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA NO TOCANTINS

O Brasil possui cerca de 13% de toda a água doce do planeta e do Estado do Tocantins possui uma boa disponibilidade de água, estando localizada entre duas das maiores bacias hidrográficas do país, a bacia Araguaia-Tocantins, a distribuição é desigual, tanto de mananciais quanto da própria água da chuva da região, que cai somente de outubro a abril, ficando de maio a setembro praticamente sem chuva e deixando a maioria dos produtores dependentes desse regime hídrico.

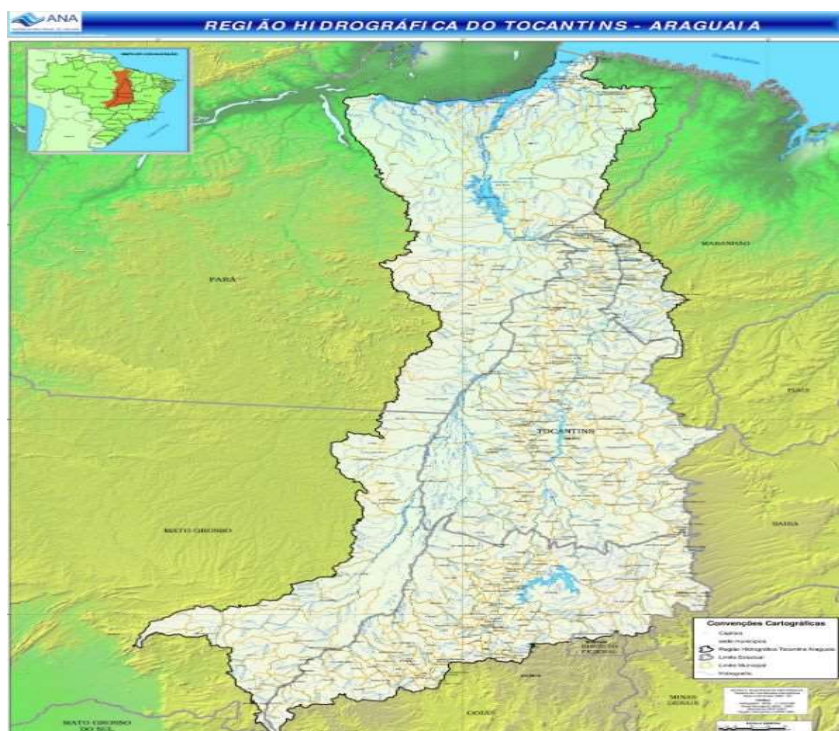
A existência dessas duas estações bem definidas e a incidência de veranicos na estação chuvosa, associados à baixa fertilidade natural dos solos, são as principais dificuldades enfrentadas para o aproveitamento agrícola intensivo da região, sugerindo, portanto, a prática da irrigação como tecnologia adequada para possibilitar produção na entressafra (CULTIVAR, 2013).

Apesar de uma parcela significativa da população do Estado ser essencialmente rural, e 60% ser de agricultores familiares, existe uma carência muito grande dessas alternativas tecnológicas adequadas às condições socioeconômicas desses agricultores, fazendo com que eles subsistam à custa de métodos ineficientes de produção agropecuária. Dessa forma devemos pensar em desenvolver tecnologias que permitam a captação, armazenamento e preservação da água e seus mananciais, além de preservação dos recursos naturais e tecnologias ambientalmente corretas. Tecnologias adequadas e imediatas que viabilizem esse uso racional podem ser propostas e implementadas, tais como as que promovam captação das águas de chuva, além do aproveitamento, tratamento e reúso da água e de efluentes sanitários,

observando-se a importância do uso racional de água, recursos naturais e resíduos na agricultura (CULTIVAR, 2013).

Referindo 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 voltadas ao aproveitamento de água da chuva, como mostra a figura a seguir:

Figura 5: Bacia hidrográfica



Fonte: Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia

2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA

2.5.1 VANTAGENS

Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma. A utilização de água de chuva traz várias vantagens (AQUASTOCK, 2005, apud, SILVEIRA, 2008):

- 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

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 ÁGUAS PLUVIAIS

Os métodos mais usados e comuns para coleta da água da chuva são através de telhados ou por meio de superfícies no solo, sendo que, o conjunto de coleta de água pluvial através dos telhados que é considerado mais acessível, pois gera uma água de qualidade superior as demais.

O sistema de reutilização de água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, cujo objetivo é de conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável (KOENIG, 2003).

O procedimento de reutilização de água da chuva pode ser classificado em direto ou indireto derivado de ações planejadas ou não. Em sua tese de mestrado, João Carlos de Almeida Mieli (MIELI, 2001) define cada tipo de uso:

- Reuso indireto não planejado:

Ocorre quando a água utilizada pelo homem é descarregada no ecossistema e reutilizada, em sua forma diluída, de forma não intencional e não controlada.

- Reuso indireto planejado:

Ocorre quanto à água depois de tratada é despejada de maneira planejada nos rios e lençóis freáticos, a fim de serem utilizadas junto ao reservatório de maneira controlada para fins de benefício da sociedade.

Porem deve-se ter controle sobre eventuais descargas de novos efluentes no caminho percorrido, garantindo dessa forma, que esses efluentes não alterem os níveis de qualidade para um eventual reuso.

- Reuso direto planejado:

Ocorre quando a água depois de tratada é encaminhada sem desvios até seu ponto de utilização.

2.7 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NAS ESCOLAS

O uso de diferentes técnicas, como o aproveitamento de água da chuva, em edificações escolares, tem grande importância para a conservação dos recursos hídricos, pois não causa praticamente nenhum impacto ambiental e gera considerável redução no consumo de água potável.

As escolas, em geral, têm um grande potencial para a introdução de sistemas de aproveitamento de água pluvial, por apresentarem grandes áreas de telhados e outras coberturas, contribuindo para uma coleta maior de volume de água da chuva.

Além disso, as escolas atendem muitas pessoas, direta ou indiretamente, constituindo-se desta forma, um ótimo meio de divulgação dos benefícios de técnicas sustentáveis, como o aproveitamento de água pluvial, proporcionando também que

potenciais futuros usuários se familiarizem com tais sistemas (WERNECK & BASTOS, 2006).

Antes da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, é necessário realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica, considerando dados do imóvel, como áreas de captação, dados de precipitação pluviométrica da localidade e o consumo mensal de água potável e não potável, adquirindo assim estimativas da economia gerada através deste sistema.

De maneira geral, a escola que faz o uso desse recurso de aproveitamento de água da chuva está contribuindo para a formação do aluno, devido ser um projeto ecologicamente correto que traz benefício a curto e longo prazo. Além da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações escolares, é possível reduzir ainda mais o consumo de água através do uso de equipamentos economizadores, (FELDMAN; QUINONES, 2015) A seguir na figura 6, apresenta crianças cultivando hortas na escola que utiliza como irrigação a água coletada da chuva.

Figura 6: Escolas Sustentáveis



Fonte: Feldman e Quinones (2015)

2.8 MÉTODOS PARA DIMENSIONAR RESERVATÓRIOS

A NBR 15527:2019 especifica métodos para o dimensionamento de reservatórios, que são:

- Método de Rippl;
- Método da simulação;
- Método de Azevedo Neto;
- Método prático alemão;
- Método prático inglês;
- Método prático australiano

MÉTODO DE RIPPL:

Segundo Ghisi, (2013) é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$

$V = \sum S(t)$, somente para valores $S(t) > 0$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Em que:

$S(t)$ = é o volume de água (m^3) no reservatório no tempo 't';

$D(t)$ = é a demanda (m^3) ou consumo no tempo 't';

$Q(t)$ = é o volume de chuva (m^3) aproveitável no tempo 't';

V = é o volume do reservatório (m^3);

C = é o coeficiente de escoamento superficial.

MÉTODO DE SIMULAÇÃO:

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

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

$Q_t = (C \times \text{precipitação da chuva} \times \text{área de captação})$

Sendo que: $0 \leq \quad \leq V$

$S(t)$ = É o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ = É o volume de água no reservatório no tempo $t-1$;

$Q(t)$ = É o volume de chuva no tempo t ;

$D(t)$ = É o consumo ou demanda no tempo t ;

V = É o volume do reservatório fixado;

C = É o coeficiente de escoamento superficial.

MÉTODO NETO AZEVEDO

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$v = 0,042 \times P \times A \times T$$

P = é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m^2)

V = é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L)

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

Vadotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) \times 0,06 (6 %)

Vadotado = mín (V ; O) \times 0,06

V = é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D= é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);
V=adotada é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

P =é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A= é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²).

V =é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$(J) Q= A \times C \times (P - I)$$

C= é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P= é a precipitação média mensal;

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

A =é a área de coleta;

Q =é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$VT= VT-1+ QT - DT$$

QT =é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

VT =é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

VT-1=é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

DT =é a demanda mensal;

NOTA Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(VI_{-} + QI - D) < 0$, então o $VI = 0$

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$Pr = Nr / N$$

Pr é a falha;

Nr é O número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $VI = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Confiança = $(1 - Pr)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 9.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DA EXPERIMENTAÇÃO

Essa proposta será realizada na Escola Estadual Oscar Sardinha, Avenida Industrial, 1571- Vila Maria- no Município de Miracema do Tocantins, Estado do Tocantins.

Com características quantitativas, o projeto viabiliza a implantação e captação de águas pluviais, dimensionamento de reservatórios, de etc. para tal serão necessárias leituras de artigos e monografias que tratam desse assunto.

Figura 7: Localização Escola Estadual Oscar Sardinha



Fonte: Google Maps (2019)

3.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

Todo sistema de captação de águas pluviais leva em consideração área de contribuição, de modo que nesse caso seja utilizado para fins não potáveis. A água da chuva é descartada através das calhas metálicas que descem nas tubulações verticais de pvc até chegar nas caixas de passagem e despejadas nas sarjetas.

A captação através das calhas foi feita para que a água da chuva tivesse outro destino, que fosse armazenada em um novo reservatório, que não avesse necessidade de utilizar água potável, de modo que essa água pluvial vai ser utilizada para regar jardim, lavar calçadas, pisos, bacias sanitárias entre outros.

O modelo de captação utilizará todo o telhado da edificação o que possibilita, um aproveitamento da água pluvial maior, ou seja, um volume grande a ser armazenado. O telhado possui em suas características uma telha romana com inclinação de 32% possui rufos e calhas em formatos de trapezoidal, e retangulares. Como mostra na figura 8 e 9 a seguir:

Figura 8: área de captação



Fonte: autor (2020)

Figura 9: área de captação



Fonte: autor (2020)

3.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para tal realização será primordial a análise volumétrica de água da chuva na cidade de Miracema do Tocantins. Para tanto, deve-se buscar os dados de precipitação coletadas mensalmente ao longo de série hidrológica de no mínimo dez anos, que serão obtidos pelo ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.

Se faz necessário um levantamento de dados do consumo diário de água da Escola Estadual Oscar Sardinha, de acordo com o pico máximo. Entretanto os dados referentes ao consumo anual de água potável serão fornecidos pela concessionária BRK Ambiental que atualmente administra a distribuição de água no Estado do Tocantins.

Tabela 3: Dados pluviométricos de Miracema do Tocantins

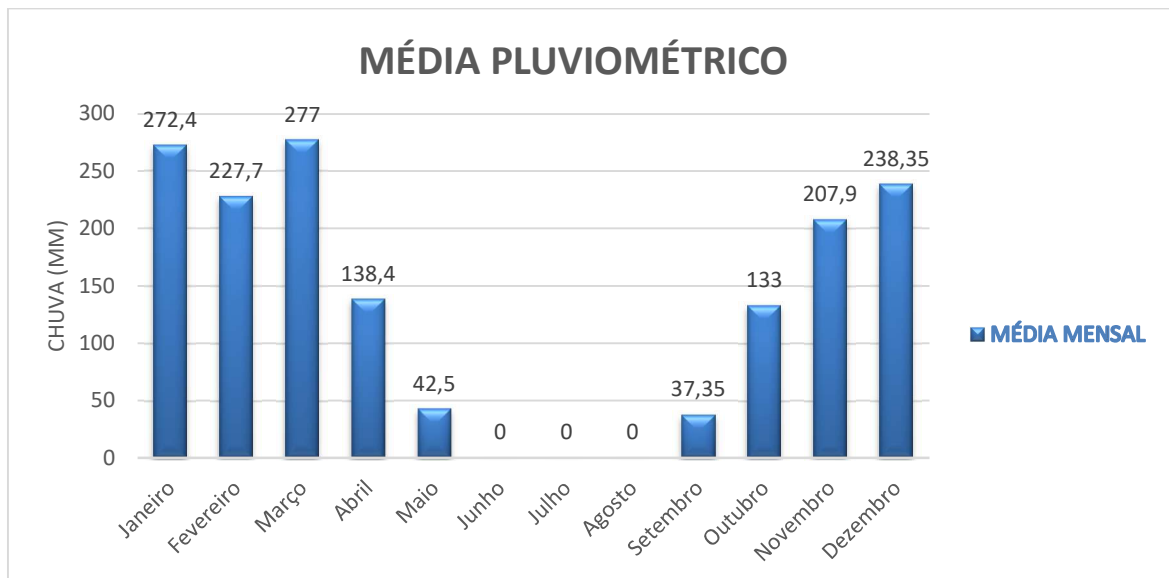
Município de Miracema	Código da Estação:00948000						Coordenadas Geográficas						TOTAL ANUAL
	Latitude			Longitude			Altura						
	9°33'38"S			48°23'42"W			187,0m						
ANO	ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS (mm)												TOTAL ANUAL
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1998	272,4	168,2	99,4	91	34,8	0	1,4	0	2,2	71,5	309,7	372,4	1423
1999	241,3	212,7	209,3	138,4	50,2	0	0	0	68,8	169,4	193,9	311,8	1595,8
2000	277,5	208,9	203,5	193,7	0	0	35,3	0	139,5	176	123,1	255,7	1613,2
2001	–	130,8	–	110,6	5,9	15,8	0	0	40,8	172	345,4	427,1	1248,4
2002	491,9	98,6	275,4	150,2	62	0	0	0	48,4	133	112,2	276,4	1648,1
2003	232	255,7	244	94	117,7	0	0	16,5	29,7	120,7	254,1	243,4	1607,8
2004	390,3	334,1	320,9	113,4	0	0	0	0	47	158,6	274,3	178,1	1816,7
2005	276	344,8	358,8	242,5	92,3	0	0	0	21,9	57,3	238,5	404,5	2036,6
2006	145,9	322,3	345,8	328,7	147,4	0	0	0,1	58	88,9	191,6	151,4	1780,1
2007	324,3	369,3	116,4	113,9	22	9,7	0	0	51,6	12	195,2	130,7	1345,1
2008	143,4	–	392	–	–	0	0	0	35,3	65	285	320,3	1241
2009	215,8	287	372,3	213,7	206,1	43,5	4	1,3	89	172,1	229,4	217,9	2052,1
2010	263,9	95,7	388,3	202,5	26,3	2,3	0	0	2,8	199,9	188	156,4	1526,1
2011	523,7	231,1	355,2	314,9	33,6	0	4,6	0	0	215	243,6	128,5	2050,2
2012	372,6	283,8	158,8	69,7	89,7	2,6	0	0	15,2	160	363	207,1	1722,5
2013	475,6	150,1	282,3	199,8	64,2	0	0	11,8	39,4	161,2	103,7	487,3	1975,4
2014	268,2	258,9	203,2	99,4	–	0	0	0	49,3	108,5	111,3	–	1098,8
2015	247,4	217,9	205	287,5	56,6	0	0,3	0	48,7	55,6	141,4	233,3	1493,7
2016	312,6	62,8	–	109,1	21,2	16	0	0	16,7	66,4	207,9	179,8	992,5
2017	321,9	227,7	249,6	103,2	18,6	0	0	0	0	27,2	115	286,3	1349,5
2018	236,9	311,8	278,6	129,4	3,4	0	0	11,3	7,6	228,1	302,1	217,5	1726,7
2019	122,6	214,7	307,2	235,4	51,3	0,4	0	0	32,1	–	–	–	963,7
MÉDIA MENSAL	272,4	227,7	277	138,4	42,5	0	0	0	37,35	133	207,9	238,35	1601,8

Fonte: ANA (2020)

Para a obtenção da variável “volume de água de chuva” foram coletados dados históricos da estação de coleta (948000), situada no município de Miracema (TO), com latitude 9°33'38"S, longitude 48°23'42"W e altitude de 187 metros. Os índices foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (ANA), com uma série histórica adotada entre 1998 a 2019, coletados os índices mensais, analisou-se a média de precipitação para cada mês do ano.

A Tabela 3 apresenta o resumo dos dados obtidos junto a o ANA, mostrando o histórico de precipitação da cidade de Miracema do Tocantins de 1998 a 2019. Feito isso, verificou-se que no município tem uma pluviometria média anual de 1601,8 mm.

Figura 10: Média pluviométrica de Miracema no período de 1998 a 2019.



Fonte: ANA (2020)

Conforme a figura 10, nota-se que existe uma desconformidade nos meses de (junho, julho, agosto). Onde os meses possuem médias iguais a zero, com essa variação esses meses são considerados secos com uma estiagem de 3 meses. Os meses mais chuvoso com melhores médias são os meses de setembro a maio onde são considerados períodos úmidos, tendo chuvas variáveis que vai de 37,35 mm a 277 mm evidenciando o melhor período para captação e o período que será mais solicitado o volume para o reservatório.

3.4 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NA ESCOLA

A escola Oscar sardinha possui um reservatório de água potável tipo taça, responsável por abastecer toda demanda local, a instituição de ensino possui apenas um hidrômetro, utilizado para fazer a coleta dos dados de consumo em (m³). Ao identificar o hidrômetro existente são necessários os dados de consumo anual, fornecidos pela concessionária BRK Ambiental que atualmente está em atividade no município de Miracema do Tocantins como mostra a tabela 3 a seguir.

Tabela 4: Demanda de Consumo da escola

ESCOLA OSCAR SARDINHA	
AV. INDUSTRIAL- VILA MARIA- MIRACEMA TO	
BRK- AMBIENTAL	
MÊS DE 2019	CONSUMO (m³)
JANEIRO	12
FEVEREIRO	32
MARÇO	61
ABRIL	92
MAIO	56
JUNHO	51
JULHO	25
AGOSTO	38
SETEMBRO	77
OUTUBRO	47
NOVEMBRO	41
DEZEMBRO	41
MÉDIA	53,6

Fonte: BRK (2019)

Através da tabela 3, observa-se o consumo anual de água potável que possuem média de 53,6 m³ levando em consideração apenas os meses letivos da escola estadual Oscar sardinha, ou seja, foi desprezados os meses de (Janeiro e Julho) onde o mesmo não possuem demandas significativas devido ser o período de férias, deixando os dados mais precisos. O mês de abril vem com a maior taxa de consumo de 92 m³ de água potável, contribuindo com um consumo anual de aproximadamente 573 m³.

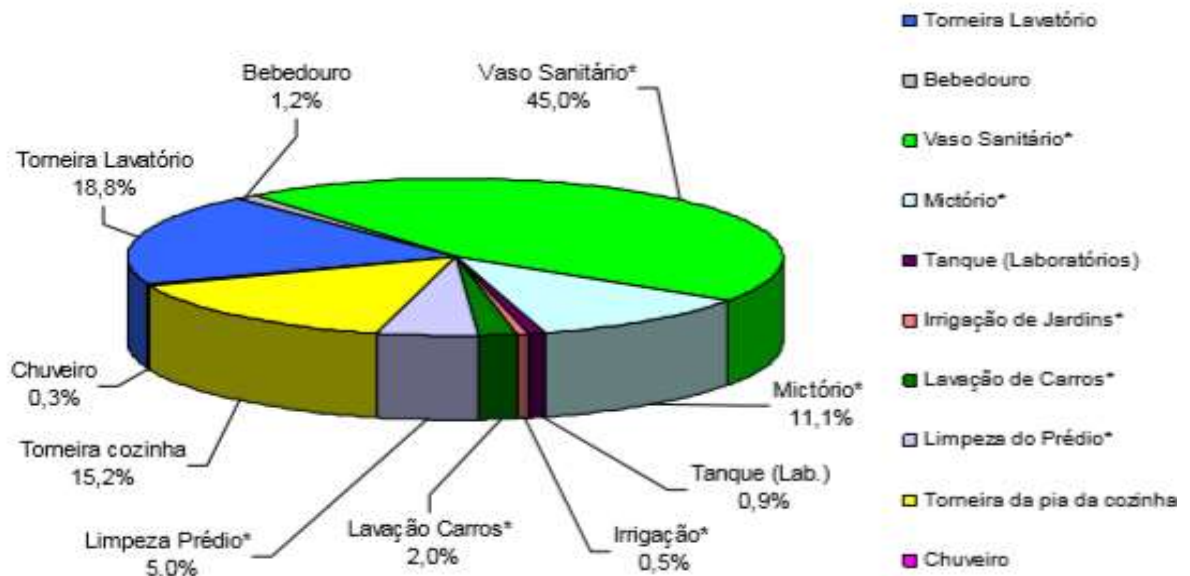
3.5 CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

Como cálculo irá se utilizar os dados de consumo de água potável do ano de 2019 com a finalidade de quantificar os valores registrados no hidrômetro da Escola como mostra no índice 3.4. após verificar obtive os dados médios de consumo potável.

Segundo Marinoski et al. (2007) existe um percentual de consumo nas escolas, que está aproximadamente 64% de água não potável, onde o mesmo está

abrangendo, descargas de vaso sanitário, mictórios, torneiras de tanques usadas para limpeza geral da edificação, irrigação de jardins e lavação de carros. Como mostra a figura 11 a seguir:

Figura 11: Distribuição do consumo de água nas escolas



Fonte: Marinoski (2007)

3.6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

O reservatório é umas das partes mais importantes do projeto devido o mesmo ser responsável por armazenar toda água da chuva, que será escoada através do telhado, calhas e rufos, de modo que utilizou-se o método prático australiano e o método de Rippl, afim de comparar os dois métodos, são os mais utilizado para cálculo de volume de armazenamento de água pluvial, devido sua simplicidade e facilidade de aplicação que é necessária para garantir uma vazão controlada constante durante o período de maior seca registrado.

- método prático australiano:

apresentada na equação n°4:

o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$(J) Q = A \times C \times (P - I)$$

C= é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P= é a precipitação média mensal;

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

A =é a área de coleta;

Q =é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$VT = VT-1 + QT - DT$$

QT =é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

VT =é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

VT-1=é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

DT =é a demanda mensal;

NOTA Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(VI + QI - D) < 0$, então o VI = 0

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$Pr = Nr / N$$

Pr= é a falha;

Nr= é O número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando VI = 0;

N =é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Confiança = $(1 - Pr)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99%.

- Método de Rippl

VOLUME DE CHUVA APROVEITÁVEL (Q);

Possibilita o emprego de séries históricas mensais ou diárias de precipitação, é dependente do coeficiente de escoamento superficial e consumos mensais de água, e é calculado a partir da equação abaixo:

$$Q(t) = C * CMM * \frac{1}{1000} * A$$

Q (t): volume de chuva aproveitável no tempo t, em m³

C: coeficiente de escoamento superficial, ou de *Runoff*, adimensional;

CMM: chuva média mensal, em mm;

A: área de captação, em m²;

1/1000: conversão de unidade mm para m.

VOLUME DE ÁGUA DISPONÍVEL NO RESERVATÓRIO (S);

A disponibilidade de água no reservatório para um dado tempo compreende a diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva aproveitável considerados neste mesmo período:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

S (t): é o volume de água no reservatório no tempo t, em m³;

D (t): demanda ou consumo no tempo t, em m³;

Q (t): volume de chuva aproveitável no tempo t, em m³.

DEMANDA DE ÁGUA MENSAL POR ANO NÃO POTÁVEL (DM)

$$DM = \frac{\sum DM}{12}$$

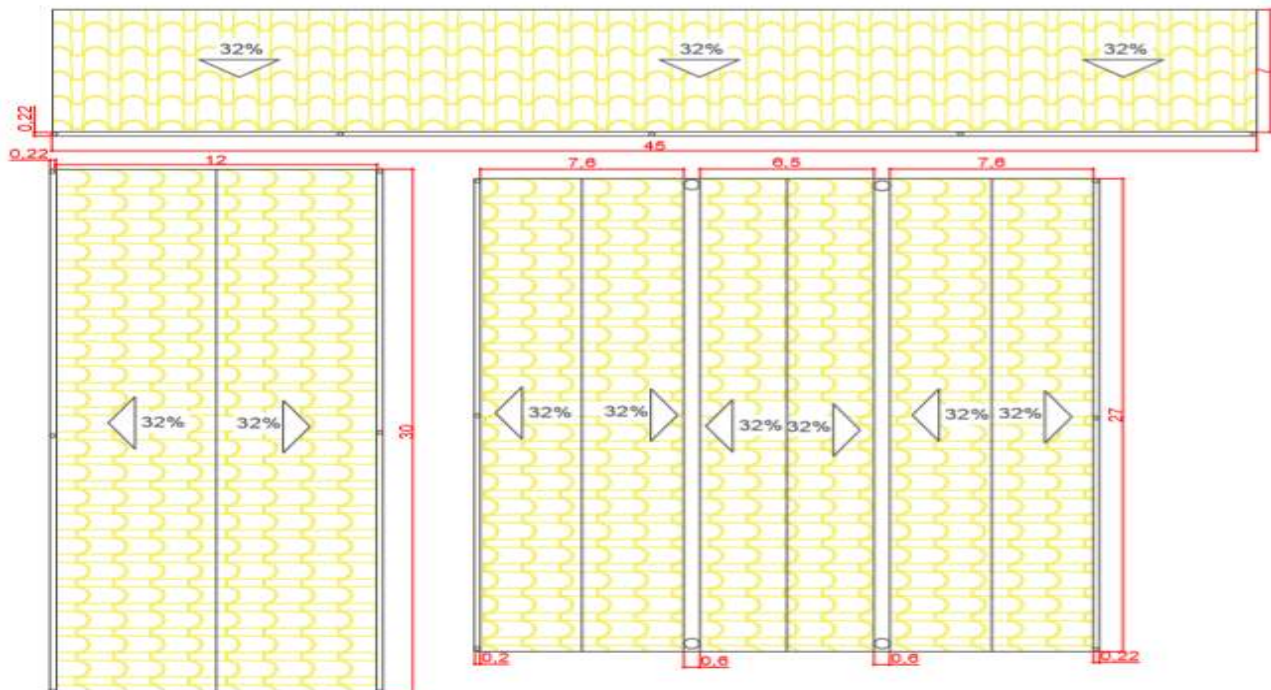
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Para efeito de cálculo utilizou a área do telhado da edificação, baseada nas inclinações dos telhados, levando em considerações os critérios adotados pela ABNT NBR 10844/1989, desprezando a inclinação da chuva.

O local de estudo tem uma área de aproximadamente 1471,5 m² onde foram considerados apenas a área de cobertura da edificação. A escola possui outras áreas impermeabilizadas que foram descartadas devido ser locais de movimentação de alto risco de contaminação devido a movimentação de alunos e veículos na escola. Como mostra a figura 12 a seguir:

Figura 12: Croqui da planta do telhado

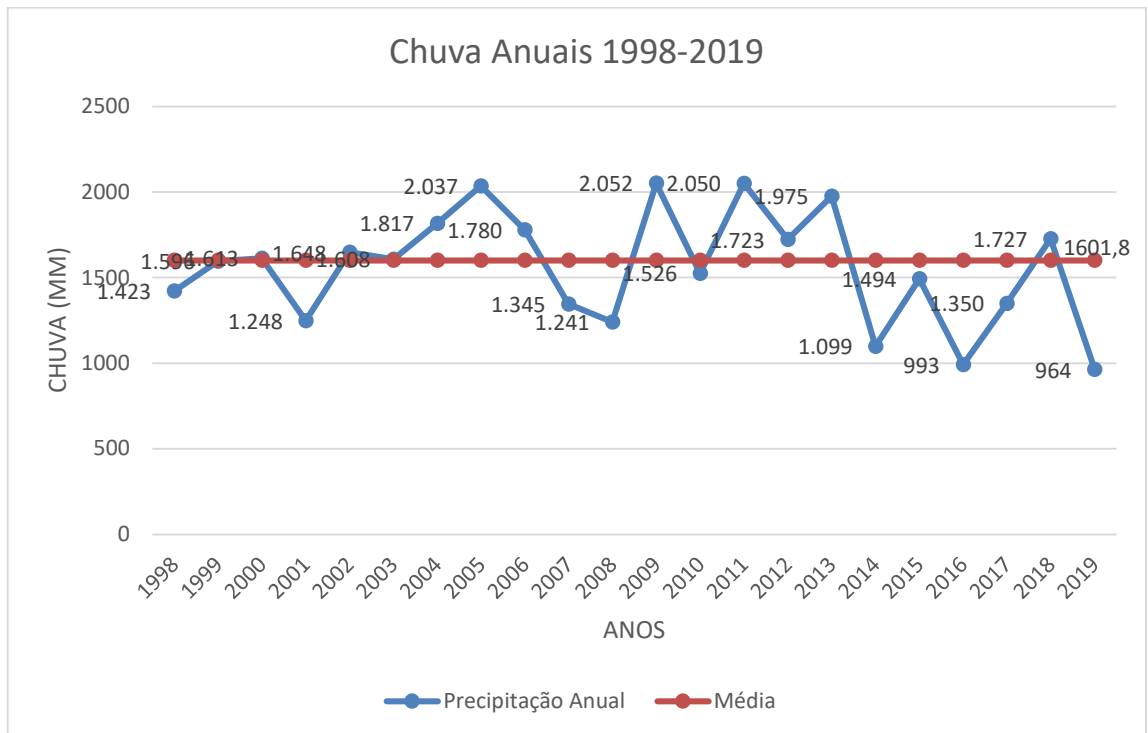


Fonte: autor (2020)

4.2 PRECIPITAÇÃO ANUAL

De acordo com a ANA - Agência Nacional de Águas, esses dados históricos referentes a precipitação da região de Miracema do Tocantins, com um estudo de 21 anos a estação de monitoramento que possui Código da Estação:00948000. Onde se compreende que existe uma grande variação no volume de chuva anual, que no ano de 2016 teve a menor precipitação com apenas 992,5 mm e a maior precipitação foi no ano de 2009 com 2052,1 mm, desse modo a região pode ser considerada como alto nível pluviométrico. Como mostra a figura 13:

Figura 13: Precipitação Anual de Miracema -TO



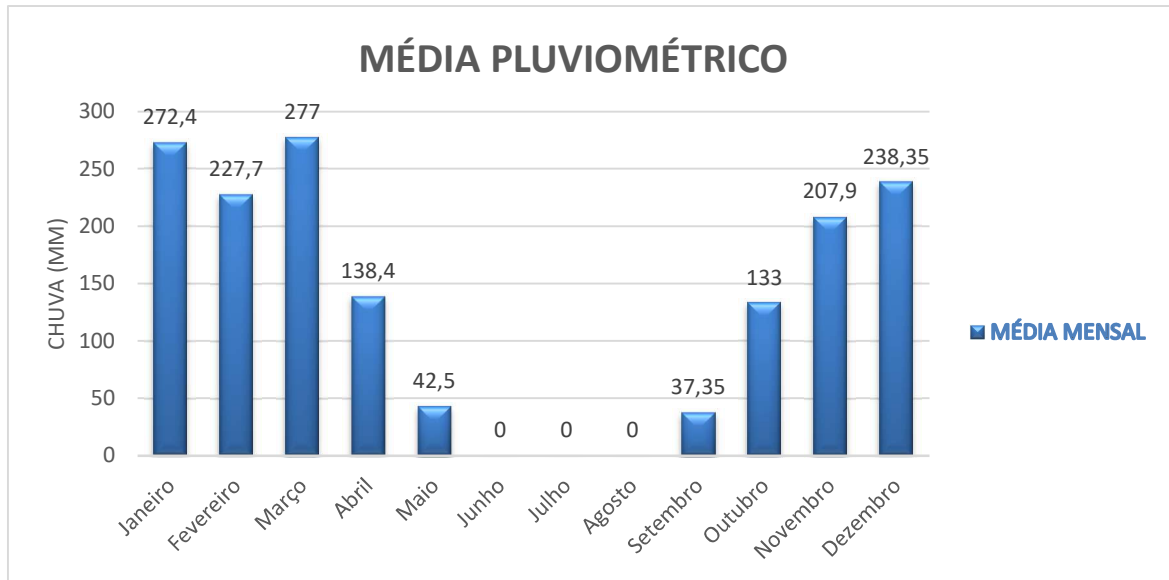
Fonte: ANA (2020)

4.3 PRECIPITAÇÃO MENSAL

De acordo com os dados mensais, nota-se que existe uma grande variação no volume anual de água das chuvas, pois os índices pluviométricos estão distribuídos de formas desordenadas durante os meses, evidenciando que existe um período de estiagem que vai de (maio a setembro) mantendo seus níveis praticamente baixos, e

os meses de maior concentração pluviométrica vai de (outubro a abril) considerado o período húmido por possuir uma índice relevante de precipitação na região. Como mostra a figura 14:

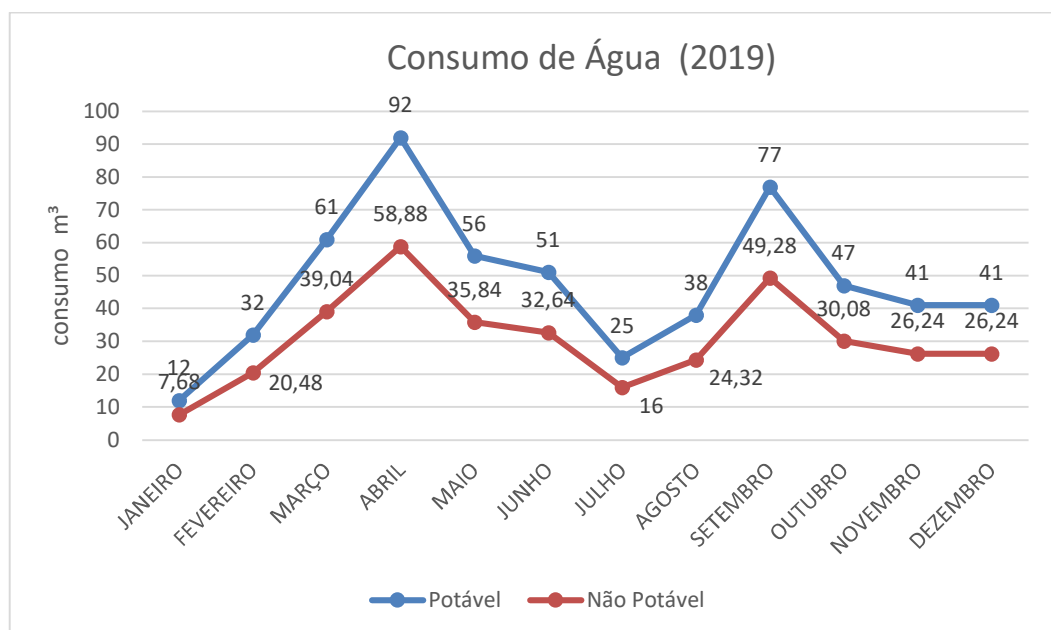
Figura 14: Média de precipitação



Fonte: ANA (2020)

4.4 DEMANDA ÁGUA NÃO POTÁVEL NA ESCOLA

Figura 15: Consumo de água não potável na escola



Fonte: BRK (2019)

De acordo com os dados fornecidos pela concessionara BRK o consumo médio de água potável mensal da escola em estudo foi de aproximadamente 53,6 m³ e o consumo de água não potável de modo geral foi de aproximadamente 64% segundo Marinoski et al. (2007) para fins não potáveis, o cálculo utilizou todas as formas de consumos não potáveis da edificação como descargas de vaso sanitário, mictórios, torneiras de tanques usadas para limpeza geral da edificação, irrigação de jardins etc. devido já preparar o reservatório para todo tipo de consumo não potável. Para que não aja mudanças no volume do reservatório.

Foi realizado uma média aritmética do consumo anual da escola no ano de 2019, e destinou 64% do consumo da média para o consumo da água não potável onde o mesmo obteve 34,3 m³ mensais

4.5 VOLUME DO RESERVATÓRIO

Para dimensionamento do reservatório são necessários alguns dados para gerar uma planilha de cálculo de acordo com o método prático australiano, e método Rippl que são demanda escolar, chuva média mensal, área de captação.

Como a região em estudo possui um alto índice pluviométrico, existe outras fontes de água na escola preferiu-se adotar esse método prático australiano e método Rippl onde o mesmo são considerado métodos conservadores devido o volume de reservatório ser inferior aos outros métodos, com isso diminui o custo devido não existir a necessidade de superdimensionamento já que o local possui fontes alternativas de água, assim diminui o tamanho do reservatório. como mostra a figura 16 e 17 a seguir:

Figura 16: Volume do reservatório Método prático Australiano

Meses	Chuva média (mm)	Demanda (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Volume no início do mês	Volume no fim do mês (m ³)	Volume do reservatório (M ³ /dia)
Janeiro	272,4	7,68	1471,5	318,31	0,0	310,6	10,35
Fevereiro	227,7	20,48	1471,5	265,69	310,6	555,8	18,53
Março	277	39,04	1471,5	323,73	555,8	840,5	28,02
Abril	138,4	58,88	1471,5	160,57	840,5	942,2	31,41
Maio	42,5	35,84	1471,5	47,68	942,2	954,0	31,80
Junho	0	32,64	1471,5	-2,35	954,0	919,0	30,63
Julho	0	16	1471,5	-2,35	919,0	900,6	30,02
Agosto	0	24,32	1471,5	-2,35	900,6	873,9	29,13
Setembro	37,35	49,28	1471,5	41,61	873,9	866,2	28,87
Outubro	133	30,08	1471,5	154,21	866,2	990,3	33,01
Novembro	207,9	26,24	1471,5	242,39	990,3	1206,4	40,21
Dezembro	238,35	26,24	1471,5	278,23	1206,4	1458,4	48,61

Fonte: autor (2020)

Segundo o método prático Australiano é necessário a aplicação de algumas equações para cálculo do volume do reservatório.

A chuva do mês de janeiro e obtida através da equação:

$$Q_t(\text{janeiro}) = (A \times C \times (P_{mm} - I_p)) / 1000$$

$$Q_t(\text{janeiro}) = (1471,5 \times 0,8 \times (272,4 - 2)) / 1000$$

$$Q_t(\text{janeiro}) = 318,31 \text{ m}^3$$

O procedimento se repete para cada mês no ano de 2019 até se obter todos os volumes de chuva.

Para o cálculo do volume do reservatório deve se adotar tentativas e erros até que chegue no valor do reservatório diário, devido o sistema de consumo acontecer diariamente, fazendo com que esse nível varie de acordo com cada dia do mês.

$$V_T(\text{janeiro}) = (V_{(T-1)} + Q_T - D_T) / 30$$

$$V_T(\text{janeiro}) = (0 + 318,31 - 7,68) / 30$$

$$V_T (\text{janeiro}) = 10,35 \text{ m}^3/\text{dia}$$

O primeiro mês deve ser considerado vazio já que o mesmo não possui contribuição anteriormente.

Para o cálculo da falha utiliza-se a Equação:

$$Pr = N_r / N$$

$$Pr = 0/12$$

$$Pr = 0$$

Para o cálculo da confiança a Equação:

$$\text{Confiança} = 1 - Pr$$

$$\text{Confiança} = 1 - 0$$

$$\text{Confiança} = 1 \text{ ou } 100\%$$

Figura 17: Volume do Reservatório Método Rippl

Meses	Chuva média (mm)	Demanda Média (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva (m³)	Diferença do Volume e Demanda	Volume acumulado positivo m³	situação do reservatório
Janeiro	272,4	30,56	1471,5	320,67	-290,1	0,0	E
Fevereiro	227,7	30,56	1471,5	268,05	-237,5	0,0	E
Março	277	30,56	1471,5	326,08	-295,5	0,0	E
Abril	138,4	30,56	1471,5	162,92	-132,4	0,0	E
Maio	42,5	30,56	1471,5	50,03	-19,5	0,0	E
Junho	0	30,56	1471,5	0,00	30,6	30,6	D
Julho	0	30,56	1471,5	0,00	30,6	61,2	D
Agosto	0	30,56	1471,5	0,00	30,6	91,7	D
Setembro	37,35	30,56	1471,5	43,97	-13,4	78,3	S
Outubro	133	30,56	1471,5	156,57	-126,0	0,0	E
Novembro	207,9	30,56	1471,5	244,74	-214,2	0,0	E
Dezembro	238,35	30,56	1471,5	280,59	-250,0	0,0	E

Fonte: autor (2020)

(E) Indica que está extravasando água, geração de água maior que do consumo;

(D) Indica que está descendo, isto é, o que é gerado é inferior a demanda;

(S) Indica que está subindo, nesse caso o volume está sendo recuperado.

Volume de chuva para o primeiro mês: $C = 0,8$

$$Q(t)_{\text{janeiro}} = (0,8 \cdot 272,4 \cdot 1471,5) / 1000$$

$$Q(t)_{\text{janeiro}} = 320,67 \text{ m}^3$$

Demanda De Água Mensal Por Ano Não Potável (Dm)

$$Dm = 366,72 / 12$$

$$Dm = 30,56 \text{ m}^3$$

Volume De Água Disponível No Reservatório (S);

$$S(t)_{\text{janeiro}} = 30,56 - 320,67$$

$S(t)_{\text{janeiro}} = - 290,1 \text{ m}^3$ adota-se 0 para volumes negativos o que indica que a geração de água é maior que consumo.

O volume do reservatório de águas pluviais da escola estadual Oscar Sardinha utilizou- se de dois métodos para comparar qual seria ideal, então o método australiano foi de aproximadamente 50 m^3 onde obteve-se valor de confiança de 100% isso significa que ficou acima do recomendado pelo método prático australiano que é entre 90% a 99%. já o método Rippl obteve um valor aproximado de 95 m^3 superdimensionando o reservatório.

sendo assim o método escolhido foi o Pratico Australiano irá atender toda a demanda local, isso se deve aos valores de contribuição da área e o índice pluviométrico da região que contribuíram de forma acentuada. Não necessitando de ajuda alternativa da concessionária para suprir a demanda de água não potável.

De acordo com os dois métodos de dimensionamento todos possuem o mesmo objetivo de armazenar a água pluvial afim de suprir toda a demanda local, ou seja, contribuir também com o sistema de drenagem urbano, reduzindo o volume escoamento superficial evitando a contaminação dos recursos hídricos.

5 RESERVATÓRIO UTILIZADO PARA ARMAZENAR ÁGUA NÃO POTÁVEL

Para escolha do reservatório levou em consideração o volume de água não potável 50 m³ de acordo com Método prático Australiano, a Escola Estadual Oscar Sardinha onde o local irá possui um reservatório tipo taça como mostra a figura 18 e 19 a seguir:

Figura 18: Reservatório Metálico Tipo Taça



Fonte: Travalon (2020)

Figura 19: Dimensões Do Reservatório Tipo Taça

ITENS	COLUNA	TAÇA	CONE	ALTURA TOTAL
Altura(m)	3,60	5,90	0,60	10,10
Diâmetro (m)	1,59	3,20	0,00	

Fonte: Travalon (2020)

Para construção desse reservatório, existem alguns empecilhos como a diferença de cota do reservatório já que a captação da água de chuva na cobertura está em um nível inferior ao do reservatório, impossibilitando que a água chegue por gravidade até o local a ser estocada, necessitando de uma cisterna para que seja feito

o bombeamento. O que deixa o projeto com custo elevado para essas adaptações, tornando os vários projetos de captação de águas pluviais inviável.

A importância da implantação desse sistema de captação e a preservação ambiental pois estar poupando água potável da escola. Com aumento do consumo dos recursos hídricos e poluição a água se torna mais escassa, entretanto através da chuva, o escoamento superficial alguns materiais orgânicos e inorgânicos são levados através das chuvas poluindo nossa fonte da água doce colocando em risco a preservação ambiental e o futuro de novas gerações.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

O sistema de captação de águas pluviais é relativamente compreensível, dependendo apenas das áreas de contribuição (telhado) e precipitação, verificando o consumo de água anual local. Neste sistema, os principais contribuintes para o aproveitamento são: área de captação, demanda a ser atendida e distribuição da chuva, porém, a demanda a ser atendida foi relativamente normal a localização da área de captação é de grande valia contribuindo para o sistema ficar mais confiável. A distribuição da chuva na área se torna vantajosa por ser boa e o período de seca ser baixo.

Com a realização desse estudo a proposta para implantação do sistema, teria economia hídrica, devido poupar a água da concessionária de abastecimento, já que ocorrerá captação e o armazenamento onde será destinada para o consumo não potável que é 64% da demanda local que tem uma área de aproximadamente 1471,5 m² onde foram considerados apenas a área de cobertura da edificação de acordo com a norma ABNT NBR 10844/1989. O volume do reservatório de águas pluviais da Escola Estadual Oscar Sardinha foi estimado em 50 m³ utilizando-se os valores do método prático Australiano que foi comparando a o método Rippl, onde foi utilizado como cálculo o valor de toda demanda não potável para dimensionar apenas o reservatório, fazendo uma estimativa que futuramente o sistema também atenderá os vasos sanitários e os mictórios da mesma, pois o objetivo desse projeto teve como foco principal apenas a utilização para limpeza e irrigação, onde o valor alcançado de confiabilidade foi de 100%, isso significa que ficou acima do recomendado pelo método prático australiano que é entre 90% a 99%, sendo assim atende toda a demanda local. Para o armazenamento da água pluvial foi dimensionado, o

reservatório metálico tipo taça, devido a escola já possuir esse mesmo tipo de reservatório, o que facilitaria para a manutenção e limpeza devido já se ter o conhecimento desse tipo de reservatório. Contudo sua contribuição e de forma mais sustentável é destinar a água para uso na lavagem de calçadas, pátios, quadras e regar jardins e plantas economizando assim na fatura e colaborando com o meio ambiente evitando o desperdício, já que o foco principal é a preservação do meio ambiente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **quantidade de água** disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>> acessado em outubro de 2019.

ANDREASI, W. A. A **Atual Demanda Urbana de Água: uma Breve Discussão**. Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **instalações prediais de águas pluviais**. 1989. 13p. Rio de Janeiro, RJ.

BARRA, Manuel F.. **Perda de Carga**. 2007. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb472/Aula_7/Perda_de_carga_Manuel%20Barral.pdf>. Acesso em: 8 out. 2019.

BRASIL. Daniel Cardim Gama. **Agência Nacional de Águas (ANA) (Org.)**. Água no mundo: Situação da Água no Mundo. 2017. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo#>>. Acesso em: 10 out. 2019.

BRASIL. Paulo de Araújo. Ministério do Meio Ambiente (Org.). Água: **Um recurso cada vez mais ameaçado**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em: 09 out. 2019.

CONJUNTURA BRASIL: Recursos Hídricos. Brasília DF: Ascom/ana, v. 6, n. 69, 19 dez. 2018. Anual. Capítulo 3. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/Conjuntura2018_Usos_Água.9fe1b8d6.p>. Acesso em: 09 out. 2019.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC. 2005. 160p. Brasília, DF

CULTIVAR. **Uso racional de água e resíduos sanitários no TO.** Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/uso-racional-de-agua-e-residuos-sanitarios-no-to> Acessado em outubro de 2019.

FERRAZ, Mariana. **UMA CASA PARA O SEMI-ÁRIDO.** 2008. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/artigo/uma-casa-para-o-semi-arido/>. Acesso em: 14 out. 2019.

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

GHISI, E. **Métodos de dimensionamento de reservatórios de água pluvial em edificações. Apresentação em PDF. Disponível em:** http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_6/Metodos%20de%20dimensionamento%20de%20reservatorios%20de%20agua%20pluvial%20em%20edificacoes.pdf/. Acessado em setembro de 2019.

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares.** Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã.** 2011. Disponível em: http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf. Acesso em: 11 out. 2019.

[https://www.todamateria.com.br/bacia-tocantins-araguaia/-ImagemBacia Hidrográfica](https://www.todamateria.com.br/bacia-tocantins-araguaia/-ImagemBacia%20Hidrografica)

KOENIG, K. Rainwater harvesting: public need or private pleasure? Water 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

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.

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. MIELI, J. C. de A. Reuso da Água Domiciliar. Niterói, outubro 2019

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino**: estudo de caso em Florianópolis – SC. Ambiente Construído: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.67-84, abr. 2008. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5355>>. Acesso em: 09 out. 2019.

MIELI, J. C. de A. **Reuso da Água Domiciliar**. Niterói, abr.2001.
past, present and future perspectives. London: Earthscan, 2002.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Consumo de água no mundo**: O consumo de água no mundo obedece, de certo modo, às diferenciações socioeconômicas existentes entre os diversos territórios. 2017. Disponível em:<<http://iderval.blogspot.com/2017/04/consumo-de-agua-no-mundo.html>>. Acesso em: 13 out. 2019.

PEREIRA JUNIOR, J. de. S. **Recursos hídricos – conceituação, disponibilidade e usos**. 2004. 24p. Brasília, DF.

REDE DAS ÁGUAS. **A água doce no mundo**. Disponível em: <<http://www.rededasaguas.org.br/questao-agua/porque-ha-conflitos-e-disputa-pelaagua/>>. Acessado em outubro de 2019.

RUPP, R. F., MUNARIM, U., GHISI, E., **comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**, apresentado em pdf, disponível:<<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/20413/14567>> acessado em outubro 2019

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.

SOUSA, Rafaela; SARDINHA, Vanessa (Org.). **Água. 2019**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. 2009. 13p. São Paulo, SP.

UNEP – United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook 3: WERNECK, G. A. M.; BASTOS, L. E. G. A. **Água da Chuva Como Fonte de Recursos Hídricos** para as Escolas de Barra do Piraí e os Reflexos para o Sistema Municipal de Abastecimento. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, Rio de Janeiro 2006.


FELDMAN, Daniel; QUINONES, Ivan. SustentAqui. 2015. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/10-escolas-sustentaveis/>>. Acesso em: 10 out. 2019

OLI, Oliveira e Irmão. **Sistemas de aproveitamento de águas pluviais.** 2012. Disponível em: <<http://www.oliveirairmao.com/>>, acessado em maio de 2020.

MARINOSKI, Ana Kelly et al. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS - SC.** 2007. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TRAVALON, Wilson. **RESERVATÓRIOS METÁLICOS.** [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <<https://www.fazforte.com.br/caixa-dagua-tipo-taca.php>>. em: 15 jun. 2020

8 ANEXO

		BRK AMBIENTAL Conta Mensal de Serviços de água e/ou Esgoto C.N.P.J.: 25.089.509/0001-83 Home Page: www.brkambiental.com.br/tocantins QUADRA 312 SUL AV LO 05 S/N - CENTRO - TO - CEP 77021-200 Ligação Gratuita: 0800-6440-195		
COD 36425-8	REFERÊNCIA Janeiro/2019	VENCIMENTO 27/01/2019	HIDRÔMETRO A12S302793	TOTAL A PAGAR
IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE				
Rota: 2176-202-0-2080-0				
Nome: ESC. EST. OSCAR SARDINHA				
Endereço do imóvel: AV. INDUSTRIAL, 0 CENTRO - ST. VILA MARIA, MIRACEMA DO TOCANTINS - TO				
Rota de entrega: 2176-202-0-2080-0				
Endereço de entrega: AV. INDUSTRIAL, 0 CENTRO - ST. VILA MARIA, MIRACEMA DO TOCANTINS - TO - CEP 77650-000				
IDENTIFICAÇÃO DO FATURAMENTO				
DATA EMISSÃO 12/05/2020	PREVISÃO PRÓXIMA LEITURA 18/02/2019	CONDIÇÃO DE LEITURA LEITURA NORMAL	DATA LEITURA ANTERIOR 20/12/2018	LEITURA ANTERIOR 3403
DATA LEITURA ATUAL 19/01/2019	LEITURA ATUAL 3415	CONSUMO MEDIDO 12	CONSUMO FATURADO 15	DIAS CONSUMO 30
CONSUMO MÉDIO 51	CONSUMO RESIDUAL 0	CATEGORIA 1PUB		
ESPECIFICAÇÃO			VALOR	ISSQN
FORNECIMENTO AGUA			115,58	0,00
2ª Via				
ULTIMOS CONSUMOS DES/2018 - 42m3 NOV/2018 - 42m3 OUT/2018 - 54m3 SET/2018 - 66m3 AGO/2018 - 38m3 JUL/2018 - 38m3 FAIXAS DE CONSUMO CONSUMO (m3) TAR. AGUA de 0,0 a 15,0 15,0 7,7054				
MESES EM ATRASO			TOTAL A PAGAR	
Existe(m) debito(s) anterior(es) - Ref. 09/19				
Vai Aprox dos Tributos R\$10.69 (9.25%) conforme Lei 12.741/12.				
AUTENTICAÇÃO MECÂNICA			SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO CLIENTE	
AUTENTICAÇÃO MECÂNICA			0800 771 0001	
AUTENTICAÇÃO MECÂNICA			