



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

MÁRIO CHEFER SANTANA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM PRÉDIOS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
EM PALMAS – TO**

PALMAS – TO

2019

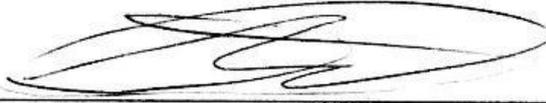
MÁRIO CHEFER SANTANA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM PRÉDIOS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
EM PALMAS – TO**

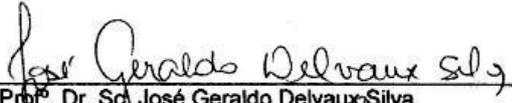
Projeto apresentado como requisito final da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor MSc. Murilo de Pádua Marcolini.

Aprovado em: 22/05/19

BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc. Murilo de Pádua Marcolini
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Dr. Sc. José Geraldo Delvaux Silva
Examinador Externo



Prof. Ms. Sc. Carlos Spartacus Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas

**PALMAS – TO
2019**

RESUMO

A civilização desde os tempos remotos, vem consumindo da natureza a água de forma predatória, para poder abastecer a sua sociedade, porém nos dias atuais é notória que tais bens não são renováveis e que o próprio ser humano poderia estar em risco de vida, se não houvesse uma reconsideração nessa forma de uso desse meio natural, gerando a busca de um caminho do reuso da água da chuva, para que não houvesse desperdício dessa água que cai sobre os nossos telhados.

Alguns tipos de reutilização desse bem tão precioso, abrange as indústrias, irrigações de lavouras, parques, jardins, campos de futebol, sistemas decorativos aquáticos, lavagem de automóveis, uso no sistema de proteção contra incêndios, com o método implantado auxilia a sustentabilidade e a economia de seu uso, e a captação de água é algo que não possui um valor grandioso, que tem grande potencial para economizar e cuidar dos recursos hídricos.

ABSTRACT

Civilization since the earliest times has been consuming predatory water from nature in order to supply its society, but nowadays it is notorious that such goods are not renewable and that the human being himself could be at risk of life, if there was no reconsideration of this form of use of this natural environment, generating the search for a way to reuse the rainwater, so that there would be no waste of that water that falls on our roofs.

Some types of reuse of this precious commodity include industries, irrigation of crops, parks, gardens, soccer fields, aquatic decorative systems, car washing, use in the fire protection system, with the implemented method assists sustainability and and the capture of water is something that does not have a great value, which has great potential to save and take care of water resources.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3. Justificativa	13
1.4 Problema	14
1.5 Hipótese	Erro! Indicador não definido.
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Recursos Hídricos	15
2.2. Escassez dos recursos hídricos	17
2.3. Histórico de aproveitamento de água de chuva no Mundo	18
2.4. Aproveitamento de água de chuva no Brasil	20
2.5. Aproveitamento de águas pluviais no Tocantins	22
2.6. Tipos de reuso	24
2.6.1. Reuso indireto	24
2.6.2. Reuso direto	24
2.6.3. Reuso interna	24
2.6.5. Reuso potável indireto	25
2.7. Normas para aproveitamento de águas das chuvas	25
2.8. Desenvolvimento Sustentável	26
2.9. Vantagens e desvantagens do sistema de reaproveitamento	26
2.9.1. Vantagens	26
2.9.2. Desvantagens	27
2.10. Elementos que formam o sistema	27
2.10.1 Área de captação	28

2.10.2. Calhas e tubulações.....	28
2.10.3. Tratamentos.....	29
2.10.4. Bombas e sistemas pressurizados.....	29
2.10.5. Armazenamentos ou Reservatórios.....	29
2.11. Coeficiente de Runoff.....	30
2.12. Métodos para Dimensionamento de Reservatórios.....	31
2.12.1. Método da simulação de reservatório.....	31
2.12.3. Método prático Alemão.....	33
2.12.4. Método prático Inglês.....	33
2.12.5. Método prático Australiano.....	34
2.12.6. Método de Rippl.....	37
3. METODOLOGIA.....	38
3.1. Objeto de estudo.....	38
3.2. Área de contribuição.....	40
3.3. Perfil pluviométrico de Palmas TO.....	41
3.5. Consumo de água não potável.....	44
3.4. Reservatório de acumulação.....	44
4. Resultados e Discussão.....	48
4.2. Chuva anual.....	48
4.3. Chuva mensal.....	49
4.4. Demanda de água não potável.....	49
4.5. Volume do reservatório.....	50
5. Conclusão.....	52
6. ORÇAMENTO.....	Erro! Indicador não definido.
7. Cronograma.....	Erro! Indicador não definido.
ANEXOS.....	53

REFERENCIAS..... 56

Lista de Figuras

Figura 1 – Usos da água no mundo.....	17
Figura 2 – Ciclo da água.....	18
Figura 3 – Método “121” de captação de chuva.....	21
Figura 4 – Método “121” de captação de chuva imagem parcial.....	21
Figura 5 – Método “caixos” de captação de chuva.....	23
Figura 6 – Método “caixos” de captação de chuva na prática.....	23
Figura 7 – Bacia Araguaia – Tocantins.....	25
Figura 8 – Localização de área estudada.....	40
Figura 9 – Localização de área estudada.....	41
Figura 10 – Projeto arquitetônico 01/02.....	58
Figura 11 – Projeto arquitetônico 02/02.....	59

Lista de Equações

Equação 1: Método da simulação de reservatório	34
Equação 2: Método Azevedo Neto.....	34
Equação 3: Método prático Alemão	35
Equação 4: Método prático Inglês	36
Equação 5: Método prático Australiano.....	37
Equação 6: Volume do Armazenamento	37
Equação 7: Método Rippl	39
Equação 8: Volume da precipitação da chuva	49
Equação 9: Volume por tentativas.....	49
Equação 10: Cálculo de falha	50
Equação 11: Cálculo de confiança	50

Lista de Tabelas

Tabela 1: Coeficiente de Runoff.....	32
Tabela 2: Indice de Pluviometria em milímetros na cidade de Palmas Tocantins.....	44
Tabela 3: Indice de Consumo do Residencial Cidade Jardim	45

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A água é o bem mais preciso que temos na Terra, sendo ela um recurso natural imprescindível para a vida humana, animal e vegetal. Estimasse que a água compõe cerca de 70% do corpo humano, nós a usamos para beber, cozinhar nossa alimentação, higiene pessoal e doméstica, transportar pessoas e mercadorias, piscicultura, irrigação de plantações, produção de energia elétrica, etc. Este recurso tem o poder de mover a economia, criando estabilidade política e social, no presente ocorre uma grande preocupação de consciência da humanidade, para que não haja o uso desnecessário. Este é um recurso que todo ser vivo tem direito de obter, sendo indispensável para a saúde e produtividade. (CARVALHEIRO, 2015)

Segundo a UNESCO (2012) em nosso planeta a água faz parte de 71% de valor, cerca de 97,5% faz parte dos oceanos e geleiras, existindo cloreto de sódio e outros sais minerais, fazendo dela não consumível e inapropriada para outros usos, os outros 2,5% dispõe em rios, lagos, picos de grandes montanhas, aquíferos, encontrando se apenas 0,3% em estado líquido de acesso e para uso. (TOMAZ, 2003 apud LIMA e MACHADO, 2008).

De acordo com as leis mundiais, a água é um bem que todos os habitantes do planeta têm direito e seus recursos hídricos tem uma proporção de múltiplos serviços, normalmente unido ao poder público, no Brasil temos várias bacias hídricas, algumas delas são a do São Francisco, Araguaia, Paraná, Amazonas sendo a maior do mundo e entre outras, no Brasil temos aproximadamente 200 mil micro bacias localizada em 12 regiões hidrográficas, essas bacias e micro bacias não são aproveitadas de forma efetiva de acordo com sua grande capacidade hídrica, havendo a possibilidade de melhor uso das bacias em transporte, piscicultura, irrigações e distribuições para locais menos favorecidos (VILELA, 2014).

No Brasil temos um volume de água tão extenso, que podemos proporcionar por pessoa 19 vezes a mais do índice mínimo que a Organização das Nações Unidas (ONU) estabelece, de um valor de 1700 m³/s por pessoa ao ano. A maior dificuldade é a distribuição correta para todos os habitantes, como exemplo o nordeste, uma região com clima semiárido, de bioma constituído de cerrado e caatinga, tratando-se de biomas que possuem a menor quantidade de água do país.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Verificando a possibilidade de implantação de um sistema de captação de águas pluviais, para fins não potáveis, em um residencial no município de Palmas Tocantins.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificando a intensidade pluviométrica do município de Palmas Tocantins
- Obtendo o consumo mensal do residencial
- Determinando o volume dos reservatórios a ser implantado no projeto
- Analisando a viabilidade econômica da implantação de um sistema de reaproveitamento das águas pluviométricas do residencial

1.3. Justificativa

Embora haja uma grande disponibilidade de água em nosso país, já existe um certo comprometimento de sua qualidade e em diversas regiões em determinada épocas do ano já se registra um racionamento de água. Alguns anos atrás a falta de água era unicamente associada à Região Nordeste, entretanto, esse déficit vem ocorrendo no Sul, Sudeste, com certa frequência. Esse fato vem ocorrendo em da contaminação do lençol freático, devido aos impactos ambientais em via de regra causada pelas ações antrópicas.

Estamos em uma região, em que se registra os mais elevados índices pluviométricos do país, além de grandes Bacias hidrográficas, e estados com baixas densidades demográficas, o que acaba causando uma falsa ideia que este recurso é ilimitado, e assim a grande maioria da população não demonstra interesse em minimizar o consumo, o que certamente causará problemas para as gerações futuras, visto o grande aumento populacional em nosso país.

Outro agravante que causou diversos impactos ambientais foi o processo de urbanização nos grandes centros, de maneira desorganizada e acelerada. Em decorrência de duas estações do ano bem distinta no Tocantins: um período chuvoso, e outro de seca, faz com que se torne viável a captação dessas águas pluviais e sua utilização para fins não potáveis, visto que cerca de 45% da água consumida diariamente são para fins não potáveis.

Com o aproveitamento das águas da chuva, ocorre uma redução do uso da água tratada, proporcionando uma economia e um aproveitamento sustentável, com este meio as taxas de consumo de água irão reduzir, criando economia financeira e reduzindo o volume de uso, com o decorrer do tempo a quantidade de água limpa, a ser usada sem a necessidade de que seja potável

1.4 Problema

O aumento exponencial da população mundial, acarreta um transtorno de perturbação de nossos recursos naturais, este incômodo se baseia na escassez destes recursos. Com esse crescimento sem uma orientação sustentável, poderá acarretar a poluição dos recursos hídricos, então faz-se necessário a implementação de um processo educativo afim de que a população mundial, use tais recursos de maneira consciente e sustentável, com o intuito de minimizar os futuros possíveis impactos ambientais no planeta.

Há viabilidade econômica em elaborar um sistema de aproveitamento de captação da água da chuva para fins não potáveis no município de Palmas – TO?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Recursos Hídricos

A água é um recurso limitado e preciso, em nosso planeta é composto de aproximadamente 75% de água, de todo esse valor apenas 3% são de água doce, desse valor 80% está localizado em estado inutilizado, congeladas em geleiras ou calotas polares, aquíferos subterrâneos bastante profundo, restando para o uso desimpedido do ser humano um volume de 20% de água doce (Quick, 2008).

Todas as formas de vida necessitam de água para sobreviver, o ser humano como exemplo, tem 70% de sua massa corporal composta por água, demonstrando a grande significância deste recurso natural, ele é um dos mais valiosos, se não o mais valioso de nosso planeta, a água é composta por três estados físicos, sólido, líquido, gasoso, dos alimentos que ingerimos, como a carne, legumes e frutas todos possuem a água em sua composição, ela tem uma grande ordem de serviços, como higiene pessoal, limpeza e manutenção de residências, lavar roupas, consumo próprio, irrigação de plantios, geração de energia elétrica (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005). Na Figura 1, está apresentando os meios de uso da água no mundo.

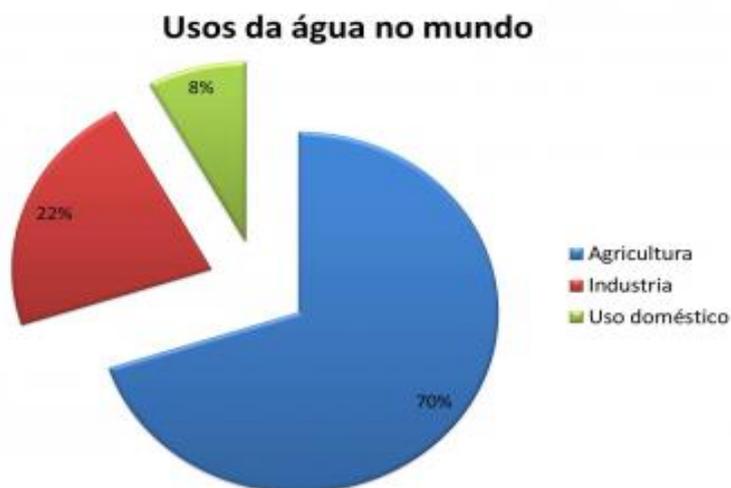


Figura 1: Uso da água no mundo

Fonte: (Observatório das Águas, 2017)

A água possui um ciclo natural, é um fenômeno que ocorre de modo contínuo, a água que se encontra em estado líquido nos oceanos, rios, lagos, na camada superficial do solo e nas plantas muda de estado físico, quando entram em contato com os raios solares, ocorrendo a evaporação e criando nuvens carregadas de água, após é notado o fenômeno de condensação, conhecido como precipitação, que é a queda da água das nuvens em estado de vapor para o estado líquido, caso caia em altos picos ela pode entrar em outro estado de solidificação, sendo o caso da passagem do líquido para o sólido, mas normalmente essa chuva é caída em estado líquido, sobre a camada de superfície terrestre, infiltrando nos lençóis subterrâneos e abastecendo rios, lagos (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005). Na Figura 2 está representando o ciclo da água.

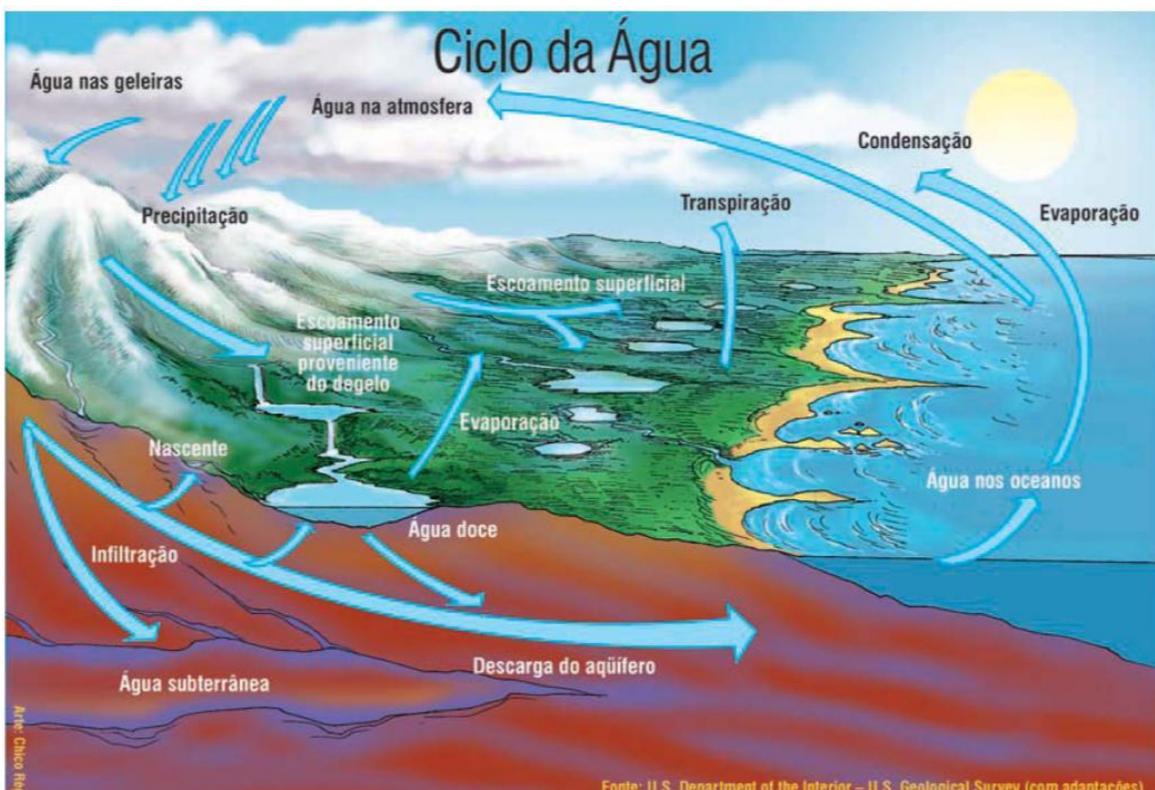


Figura 2: Ciclo da água

Fonte: (Consumo Sustentável, 2005)

2.2. Escassez dos recursos hídricos

De acordo com os fatos já citados, o volume de água na Terra é estável e seu patrimônio hídrico é renovado de acordo com o ciclo hidrológico, só irá ocorrer alguma mudança se o volume de consumo ultrapassar a eficiência de renovação natural dos aquíferos e que eles não sejam poluídos. Há uma estimativa entre os anos de 2011 e 2050 um crescimento de 33% da população, de 7 bilhões para 9,3 bilhões, já a demanda alimentícia aumentará em torno de 60%, podendo criar um tipo de escassez de água ou alimento, há uma projeção desses dados, demonstrando o risco de escassez de água em 2050, sendo 2,3 bilhões de pessoas vivendo em baixas condições hídricas e péssimas distribuições, particularmente no norte e sul da África e Ásia central, um outro relato analisado, demonstra que em meados de 2030 a ausência de água para a população mundial será em torno de 40%, caso não ocorra formas de uso mais limpo e consciente. No cenário que estamos, 663 milhões de pessoas, não possuem alcance a fontes evoluídas de água potável, já outros 1,8 bilhões de pessoas não portam disponibilidade à uma água com mínimos requisitos de consumo (WORLD WATER, 2016).

É notado que em 26 países, dispõe menos de 1000 m³ por habitante/ano (limite de situação de emergência), um dos maiores problemas da água é sua quantidade regular de distribuição, há vários países que possuem bastante recursos hídricos, porem outros necessitam muito de ajuda de seus vizinhos, por possuir um estreito tamanho territorial, totalizam pequenos trechos de extensão hídrica e parte das vezes necessitam de rios que se originizam adiante de suas fronteiras, alguns países como o Egito que depende do Rio Nilo, originário do Sudão, para conservar seu abastecimento; a Síria que necessita do Rio Eufrates que vem da Turquia; a Holanda que herda o Rio Reno, estes países são dependentes de acordos internacionais que notem que é justo repartir a água aos países de jusante, para que hajam seu abastecimento e sua sobrevivência. E como o acompanhamento do uso das águas estão em maior proporção do que seu ciclo de natural e tratamento, ainda mais pelo fato de quase todo o esgoto doméstico urbano sem tratamento

é destinado aos corpos hídricos, isso ocorre pelo fato do esgoto ter um custo de tratamento aos cofres públicos elevado e pouca preferência política e da população e com o passar do tempo essa falta de saneamento básico, a poluição engrandece sobre os perímetros urbanos acarretando em vários fatores como impactos ambientais próximo as áreas urbanas, aumento do custo de revitalização e regeneração dos afluentes, busca de recursos hídricos gradualmente em maiores distâncias, que não foram afetados, aumentando seu custo para atender a demanda de consumo da população (PEREIRA, 2004).

2.3. Histórico de aproveitamento de água de chuva no Mundo

O reuso da água pluvial é composta desde a antiguidade. Um dos primeiros registros obtidos sobre esse fato, foi na pedra Mohabita, na data de 830aC, na ancestral região de Moab, próxima a Israel. Na cidade de Tomar em Portugal, há uma Fortaleza dos Templários em 1160 dC, esteve abastecida pela água da chuva, descobriram o retorno desse investimento era bastante rápido (TOMAZ, 2009).

Muitos locais do mundo contem regiões semiáridas e nestes o desenvolvimento populacional, lança uma enorme influência para o abastecimento de água para o consumo humano, entre os animais e a agricultura. Uma nova geração de sistemas de captação de água surgiria nas terras desconhecidas, como exemplo no Planalto de Loess no Norte e Nordeste da China, onde havia um baixo índice pluviométrico e seus lençóis subterrâneos eram insuficientes, com esse fato as pessoas foram inovando novas técnicas de aproveitamento de água da chuva, sendo que a agricultura depende principalmente da chuva como recurso de água, o governo de Gansu iniciou o uso de um projeto de captação de água de chuva chamado de “121”, houve uma contribuição a cada família a construir uma área de coleta das águas pluviais, dois tanques de reservatório de água, e um terreno para o plantio comercial, este projeto resolveu o a dificuldade de aproximadamente 1,3 milhões de pessoas (260 mil famílias) e cerca de 1,18 milhões de animais (GNADLINGER, 2000). Na Figura 3 e 4 demonstram como eram este método.

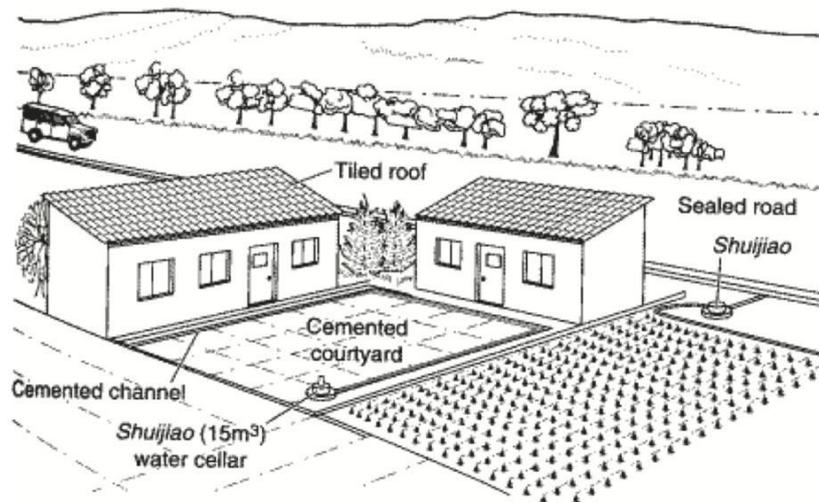


Figura 3: Método de captação de chuva

Fonte: (GNADLINGER, 2000) Método “121” de captação de chuva



Figura 4: Método de captação de chuva

Fonte: (GNADLINGER, 2000) Método “121” de captação de chuva imagem parcial.

O país do México é repleto de costumes antigos e tecnologias tradicionais de colheita da água de chuva, usado dos costumes Aztecas e Mayas. Logo ao sul da cidade de Oxkutzcab ao pé do Monte Puuc é notório ver as realizações dos Mayas. No século X havia uma agricultura direcionada na colheita de água de chuva, as encostas e as água potável era fornecida por cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros para o abastecimento, estas cisternas eram chamadas Chultuns (GNADLINGER, 2000).

2.4. Aproveitamento de água de chuva no Brasil

A grande parte de acesso hídrico do Brasil é localizado em bacias hidrográficas. Possui uma das maiores do mundo que é a Bacia do Amazonas, e outras de suas mais importantes bacias hidrográficas são as do Araguaia – Tocantins, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, Atlântico Sul e Sudeste, do Paraná e Paraguai. No Brasil há um acesso hídrico em cerca de 35.732 m³/ habitante / ano, assim ele é classificado um país de grande riqueza em água, ainda possui o fato que ele é o país que contém uma grande capacidade de água doce em relação ao resto do globo, chegando a um total de 12% (MARINOSKI, 2007).

De acordo com a evolução foram encontrados novos meios de tecnologia e captação de água da chuva, foram feitos tanques escavados manualmente sobre as rochas, onde com o decorrer da queda d'água, fossem acumuladas como cisternas, essas áreas normalmente são em regiões Semiárida, esse método era chamado de “caixos”, um meio bastante tradicional para a obtenção de águas pluviais, normalmente é empregado para o consumo dos animais, como exemplo caprinos e bovinos (DEVES, 2008). Ilustração do método de “caixos” na Figura 5 e 6.

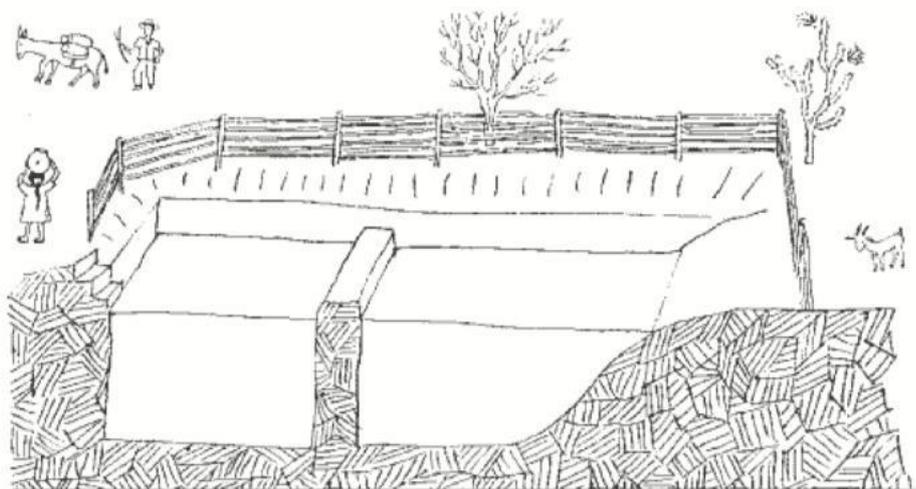


Figura 5: Método de captação de chuva

Fonte: (GNADLINGER, 2000) Método “caixos” de captação de chuva



Figura 6: Método de captação de chuva na prática

Fonte: (GNADLINGER, 2000) Método “caixos” de captação de chuva na prática

Em dezembro de 2005 o Governo do Rio Grande do Sul relatou que uma das estiagens mais severas atingiu seu Estado, assim em 2006 foi criado o

Programa Estadual de Captação e Manejo de Água da Chuva (PECMAC), com o objetivo voltado para prevenir possíveis futuras estiagens no Estado. Com danos de aproximadamente 66,7% em média por safra, houve o projeto de implantação para mais de 300 poços artesianos, sendo medidas baratas e eficientes, para prevenção de perdas. Esta estiagem também proporcionou situação de emergência em aproximadamente 90% dos municípios do Estado, mais de 450 municípios, para prevenir futuros acontecimentos, este programa projetou utilizar o lote de cada habitante e certas localidades próximas as áreas habitadas como micro barragens, cada lote prevê um projeto com função aproveitamento de água da chuva, implantando a construção de calhas nos telhados de cada construção com intuito de recepcionar toda a água de chuva, aproveitando toda a área de cobertura da edificação, com seguimento a um filtro e aos tubos e conexões direcionando está água para uma cisterna com intuito de armazenamento dessa água. Proporcionando uma redução do impacto de possíveis futuras estiagens, afastando os problemas de abastecimento da população e agropecuária (DEVES, 2008).

2.5. Aproveitamento de águas pluviais no Tocantins

De acordo com VILELA, 2014, o Tocantins possui uma grande bacia hídrica chamada Araguaia – Tocantins, numa área de aproximadamente 767.000 km², distribuída principalmente dos Rios Araguaia e Tocantins, a vegetação do cerrado cobre 76% da bacia, os outros 24% tem sobre ela a vegetação da floresta amazônica, o maior trecho é do Rio Tocantins com aproximadamente 2.500km, nascendo no Escudo Brasileiro e tem seu percurso em sentido norte até se desaguar ao Delta do Amazonas, na baía de Marajó, nas localidades de Belém – PA. As principais características climatológicas da região são:

- Precipitação média anual se situa em cerca de 1.600 mm;
- Período chuvoso é de outubro a abril, com maio sendo o mês de transição para o período seco que vai de junho a setembro.

A Figura 7 representa a Bacia Araguaia – Tocantins

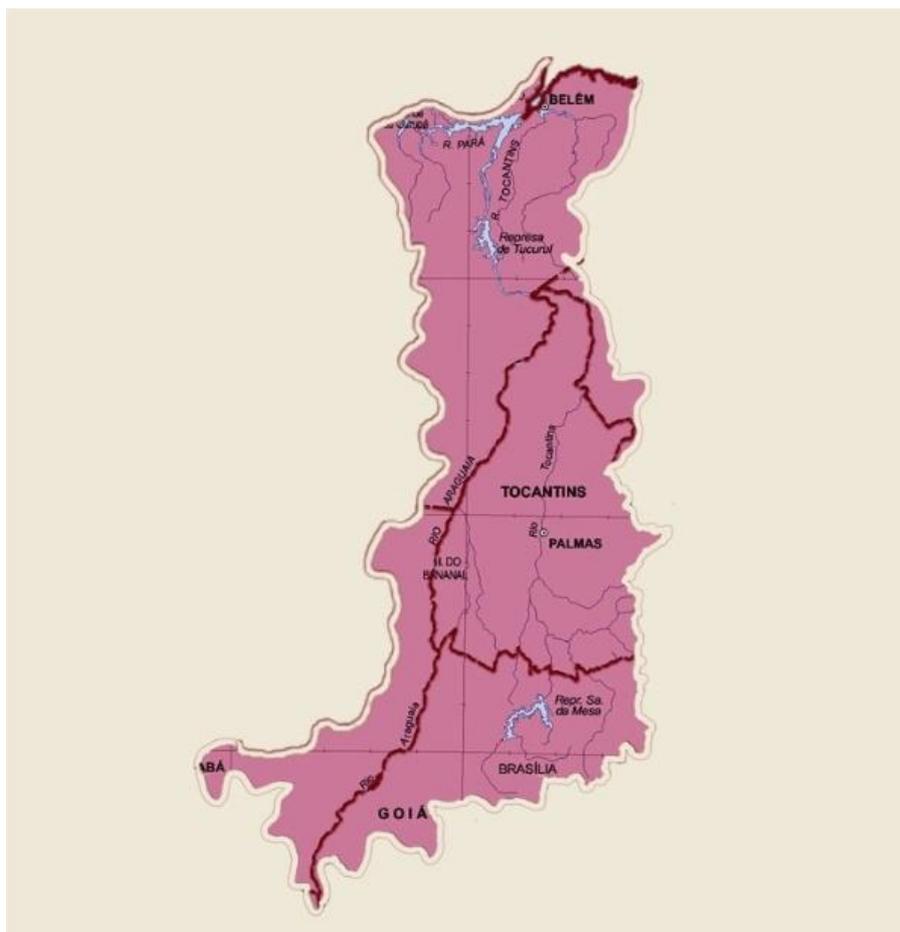


Figura 7: Bacia do Araguaia

Fonte: (Pesquisa Escolar, 2013)

Como o Estado do Tocantins é uma região bastante privilegiada por suas bacias, estando localizado entre duas das maiores bacias do país a Araguaia – Tocantins, sua distribuição de chuva é bastante desigual, levando em consideração uma nomenclatura regional, sendo chamado de “período chuvoso” a parte do ano de Outubro à Abril e “período de seca” a parte do ano de Junho a Setembro, fazendo que no “período de seca” a população e a agricultura reduzam seu consumo de água, uma das maiores dificuldades nesse período de estiagem é a redução de fertilidade da terra direcionada para a produção de alimentos, normalmente solucionado com métodos de irrigações, porem criando um alto custo de consumo, (VILELA, 2014).

Apesar de haver bastante recuso hídrico, esse período de estiagem é bastante severo com o Estado, pelo fato de não haver iniciativas governamentais e ensino educativo a população de redução de consumo e aproveitamento de água de chuva, há localidades bem restringidas que usam os métodos de aproveitamento de água pluvial. Na área da agricultura, bastantes regiões do Estado tem o costume de construir barragens e represas, para a contenção de água, contendo uma parte armazenada do “período de chuva” para se poder auxiliar a sustentar o consumo perante o “período de seca” (VILELA, 2014).

2.6. Tipos de reuso

A organização mundial de saúde relata que a reutilização da água pode ser determinada por classes, sujeita-se ao modo de necessidade de utilização, de acordo com (MORUZZI, 2008):

2.6.1. Reuso indireto

Este método é aplicado quando a água, pode haver um ou mais usos podendo ser de indústria ou doméstica e após lançado sobre um corpo hídrico seja subterrâneo ou superficial, sua capacidade de autopurificação fica ligado diretamente sobre a diminuição da quantidade orgânica desse rejeito, que após será usado a vazante de onde foi descartado.

2.6.2. Reuso direto

É quando a utilização dos esgotos tratados da agricultura, indústria, realimentar os aquíferos e os consumos potáveis. A característica do rejeito terá que acatar os requisitos determinados pelo pretendente, então necessitará ser testado a tratamentos únicos e isolados em estações repletas de tecnologia para estes testes.

2.6.3. Reuso interna

Ocorre quando a água tem intuito de diminuir os gastos de consumo, assim como para controlar a poluição, certamente a água usada em um sistema determinado na qual simplesmente é a resposta, através de uma

origem externa, depois que está for perdida pelo período de sua utilização nos sistemas operacionais.

2.6.4. Reuso potável direto

É uma atividade exclusivamente executada quando o esgoto bruto é coletado e lançado a revigoramentos evoluídos, que depois de conseguir alcançar o nível de qualidade mínima, é redistribuído para todos os habitantes que utilizam a rede de abastecimento público. Um processo de altos custos para o Brasil pelo seu elevado volume hídrica acessível e ao grande custo de execução deste sistema.

2.6.5. Reuso potável indireto

Essa conjuntura de que o esgoto tratado é disparado nos corpos d'água superficiais ou subterrâneas, sendo que as mesmas irão solver os poluentes e carga orgânica do mesmo, terá retirado amostras da jusante em estações de revitalização de água com forma de receber tratamento e conseqüentemente, tornar-se disponibilizado à população como água potável.

2.7. Normas para aproveitamento de águas das chuvas

Mesmo com esse sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais ser empregado a muito tempo no Brasil, normalmente não há ciência das normas técnicas adequadas para o uso desse sistema, o principal motivo para não coexistir é por causa do acompanhamento das normas apropriadas para a inserção do sistema de coleta de água da chuva dos edifícios está diretamente relacionado à falta de informações analisadas (MAY, 2004).

De acordo com MAY (2004, pg52). "O Código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342 de 27/9/78) diz o seguinte: Artigo 12 – Não será permitida: III – a interconexão de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que contenham água proveniente de outras fontes de abastecimento. Artigo 19 – É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgotos."

2.8. Desenvolvimento Sustentável

O desenvolvimento sustentável foi começado a ter importância quando em 1992 no Rio de Janeiro na época Eco – 92, ou nos dias atuais Rio – 92, foi aceito um programa de compromisso chamada Agenda 21, que caracteriza o “desenvolvimento sustentável” um novo método para todo o globo iniciar avanços de melhoria as circunstâncias de vida da geração atual, diminuindo os impactos para as gerações futuras. Por ser uma medida que abrange vários pontos, qualquer maneira de redução dos impactos ambientais ao planeta, já demonstra muita contribuição para o planeta, quando se fala em aproveitamento de água da chuva, para fins não potáveis, demonstra um aspecto de interesse em reduzir o consumo de água potável, assim gerando menos transformação de uma água límpida e pura em resíduos de esgoto. Assim como na Rio – 92 relata qualquer tipo de redução de impacto ambiental ao planeta, já é de grande importância para conservação do planeta, demonstrando um método sustentável (CARVALHEIRO, 2015).

2.9. Vantagens e desvantagens do sistema de reaproveitamento

2.9.1. Vantagens

O uso da água das chuvas traz algumas vantagens (SIMONI, 2004, apud LIMA e MACHADO, 2008):

- Parte de sua estrutura é aproveitada, pela já existente (telhados, lajes, rampas);
- Pequena ação contra o meio ambiente;
- Complementa o sistema convencional;
- Operação e manutenção são de baixo custo financeiro;
- Sua manutenção é simples;
- A qualidade da água possui muitos fins, sem necessidade de tratamento;
- Auxilia em certas situações como reserva de emergência ou necessidade de cessar o abastecimento público;
- As tecnologias para esse tipo de sistema, são baratas e de fácil acesso;

O uso da água das chuvas traz algumas vantagens (AQUASTOCK, 2005, apud, SILVEIRA, 2008):

- Ocorre uma queda no consumo de água da rede pública e o custo do fornecimento;
- Gera um grande auxílio para controlar as enchentes, armazenando um certo volume que teria que ser drenado ou escoado para algum rio, seguindo seu curso d'água;
- Proporciona uma direção mais distinta da água onde não há necessidade de ser potável como em descargas, jardins, lavagem de pisos;
- Consciência ecológica e financeira, por não proporcionar gastos desnecessários de um bem natural, onde por vez tem abundância nos telhados;
- Na maioria dos telhados não há grandes investimentos, nem grandes mobilizações, para executar um projeto de reuso da água pluvial e seu retorno de custo acontece com um período de dois a três anos;

2.9.2. Desvantagens

Simoni, 2004, apud Lima e Machado (2008), relatam alguns tipos de desvantagens que pode ocorrer nesse sistema:

- Primeiros custos são médios;
- Não há interesses políticos públicos;
- Sua qualidade pode frágil;
- Tem custo alto quando comparado a outras fontes de acesso a água;
- Seu fornecimento é restringido (é determinado de acordo com a quantidade de precipitação da região):

2.10. Elementos que formam o sistema

Estes sistemas de aproveitamento de água em residenciais podem variar de acordo com suas especificações, podendo ser formada de forma mais complexa ou de forma mais simplificada. Entre esses modelos temos o sistema

mais comum, sendo composto sucintamente por elementos de coleta superficial, sendo eles a área de captação (telhado), as calhas e tubos para condução e o reservatório de acumulação. Outros itens secundários podem ser implantados no sistema como exemplo o first-flush, que tem sua função de separar as primeiras precipitações das águas das posteriores, que normalmente estão sujas, devido ao tempo sem ocorrência de chuva, as câmeras de sedimentação e equipamentos de filtro, tem como base remover as sujeiras e contaminantes que possa estar em direção ao armazenamento no reservatório.

2.10.1 Área de captação

A água que será armazenada é captada, tem como padrão o telhado das residências e edifícios, se por acaso os fins de uso e se não for necessário seu tratamento, poderá utilizar superfícies impermeabilizadas comumente como estacionamentos, pátios e calçadas (MAY, 2004).

O resultado dessa captação desenvolve diretamente a quantidade de precipitação que possui na região, em contrapartida o material que será usado para esse feito, influenciará diretamente na função em que a água será usada e no seu extravio por evaporação e absorção, sendo notado que os telhados possuem maior emprego para a captação devido a sua área e devido a água possuir uma melhor pureza que o mesmo proporciona (COHIM et. al.2007).

2.10.2. Calhas e tubulações

Cada um tem sua função, as calhas têm como objetivo de recolher toda a água da chuva que foi escoada sobre a área de captação, e direciona-la para os condutores verticais, que irá determinar para onde essa água será destinada, comumente indo para a parte inferior das construções (FRANCESCHINI, 2009).

Com finalidade de transportar toda a água da chuva captada, esses elementos podem ser encontrados em vários tipos de materiais, normalmente sendo usado o PVC e metálicos (alumínio e aço galvanizado). Neste tipo de sistema toda a tubulação de captação de água da chuva deverá conter

coloração diferente da tubulação de água pluvial potável e deve conter alguma informação por escrito determinando sua fonte, para que não haja algum tipo de acaso e misturar a água potável com a água da chuva (COHIM et. al 2007).

2.10.3. Tratamentos

O método de tratamento das águas pluviais irá ocorrer de acordo com a qualidade da água armazenada e a necessidade de do seu uso, já os grandes poluentes, galhos, folhas e outros tipos de impurezas são maiores nas primeiras precipitações, devido esse fato não é recomendado usufruir desses primeiros milímetros (COHIM et. al. 2007).

Essas primeiras chuvas ao cair pela atmosfera e escoar perante a ao sistema de reaproveitamento (coberturas ou superfícies impermeabilizadas) fazem uma lavagem das mesmas, assim possuindo uma água mais poluída (USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES, 2006, apud FRANCESCHINI, 2009).

2.10.4. Bombas e sistemas pressurizados

Normalmente esse tipo de sistema é usado quando ocorre um desnível de cota nos pontos de distribuição e armazenamento principal, mas é importante destacar que se o reservatório principal, for em cotas superiores aos pontos finais de saída, ocorrerá uma maior eficiência energética, devido a economia e a não necessidade de pontos elétricos caso ocorra uma queda de energia, assim podendo usar o sistema de reaproveitamento da água da chuva sem precisar se preocupar com esse possível problema (COHIM, et, al, 2007).

2.10.5. Armazenamentos ou Reservatórios

De acordo com o estudo feito, o reservatório é o elemento mais importante desse sistema de reaproveitamento das precipitações, devido a planta de projeto, ao cálculo e dimensionamento do mesmo, sendo assim o mais complexo e o que deve ter maior cautela em de todos os itens. A capacidade da cisterna tem quem possuir um volume ideal, no caso este volume deve possuir capacidade essencial em consideração os tempos de

chuvas e estiagem da região em que se encontra o residencial. Essa variável é a que deve se possuir maior cautela no momento de dimensionar seu projeto, por que devido aos períodos existentes na localidade, que são os períodos de seca é de chuva abundante, deve se possuir atenção para não ocorrer o transbordamento ou ao esgotamento da cisterna, criando assim danos a todo sistema e inviabilizando-o, tanto economicamente quanto ambiental (BUENO et. al, 2012).

Os tipos de armazenamentos são inúmeros podendo ser feitos de vários tipos de materiais, como alvenaria estrutural, caixa d'água de polietileno, caixas de fibra de cimento. Elas podem ser executadas apoiadas, elevadas ou até mesmo no subsolo. Sendo importante notar os aspectos da região, para ocorrer a viabilização dos materiais e maior economia assim podendo determinar o tipo de reservatório e o local a ser executado (COHIM et. al, 2012).

2.11. Coeficiente de Runoff

Para ser utilizado este coeficiente, devemos notar que cada material tem seu percentual de absorção, portanto com esta informação sabemos que nem toda precipitação da chuva que ocorre é cem por cento escoada, para o seu reuso. É usado a letra C para o coeficiente de Runoff (Oliveira, 2008).

TABELA 01: COEFICIENTE DE RUNOFF

MATERIAIS	COEFICIENTE DE RUNOFF
Telhas cerâmicas	0,8 à 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 à 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 à 0,9
Cimento de amianto	0,8 à 0,9
Plástico, pvc	0,9 à 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2003 apud SAUTCHÚK, 2004)

2.12. Métodos para Dimensionamento de Reservatórios

Com finalidade de encontrar o volume do reservatório destinado ao armazenamento da precipitação da água, possuindo como direcionamento no uso em residencial, temos o acesso metodológico de cálculo na NBR 15527/2007 (ABNT, 2007).

O tanque, é o elemento que acumulo a água recolhida, pelo sistema de captação e a partir desses métodos acabam demonstrando resultado final com uma grande semelhança, alguns desses conceitos possuem essa diferença no volume de total de captação, alterando significativamente o custo final do projeto, demonstrando sua viabilidade ou inviabilidade.

De acordo com a NBR 1557/2007 (ABNT, 2007), os próximos métodos a serem citados foram empregados para o dimensionamento do volume, para assim determinar o mais viável no armazenamento de águas pluviais para o uso em residenciais simuladas por este estudo:

- Método da Simulação de Reservatório ou Método do Balanço Hídrico Seriado;
- Método Azevedo Neto;
- Método Prático Alemão;
- Método Prático Inglês;
- Método Prático Australiano.
- Método de Rippl.

2.12.1. Método da simulação de reservatório

Neste método é executado uma relação de massa pela contabilização de entradas e saídas de água do reservatório. Sem levar em consideração a evaporação d'água da chuva, após introduz a equação de continuidade a um reservatório finito, em um mês específico. Na equação 01 é demonstrada a aplicação desse método, devendo ser considerar que o reservatório esteja

completo no início da contagem do tempo “t”, contudo os dados históricos auxiliando para condições futuras:

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

[Equação 01]

Sendo:

$Q(t) = C \times \text{água da chuva}(t) \times \text{área de captação}$, demonstrando que $0 \leq S(t) \leq V$

$Q(t)$ = quantidade de chuva no tempo ‘t’;

$S(t)$ = quantidade de água do armazenamento no tempo ‘t’;

$S(t-1)$ = quantidade de água do armazenamento no tempo ‘t - 1’;

$D(t)$ = uso ou consumo no tempo ‘t’;

V = Quantidade do reservatório fixado, em volume;

C = Coeficiente de escoamento superficial.

2.12.2. Método Azevedo Neto

O meio de estudo do Azevedo Neto, usa uma série de precipitações de forma anual, fazendo uma relação sobre a quantidade de chuva durante o período de “seca” e o de “chuva”. Sendo estabelecido um volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada pelas áreas de captação e o número de meses com pouca chuva ou período de seca. Nesse método é indicado o volume total a ser aproveitado do total de capacidade do reservatório, conforme equação 02:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

[Equação 02]

Sendo que:

P = Precipitação média anual (mm);

N = Quantidade de meses de pouca chuva ou seca;

A = Área de coleta em projeção (m²)

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

2.12.3. Método prático Alemão

Este método tem finalidade de obter o volume do armazenamento através de um meio de forma prática que também é muito simples. Podendo ser usado a partir de séries mas deve ser feito de forma anualizada. Que assim ele obtém o depósito com menor valor entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável, de acordo com a equação 03. Dessa forma só é permitido se for analisado apenas a área de captação. Este possui uma similaridade em partes com o método empírico inglês, mas neste caso é comparado o volume de chuva aproveitável com a demanda anual.

$$V_{\text{adotado}} = \min(V;D) * 0,06$$

[Equação 03]

Sendo:

V = Quantidade do volume que pode ser aproveitado de precipitação da água anual, apresentado em litros (L);

D = demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V_{adot} = volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

2.12.4. Método prático Inglês

De modo bem similar ao de Azevedo neto e o Prático Alemão, o método Prático Inglês, sua base de dimensionamento é composta apenas series anuais, sendo empregado a precipitação média de chuva anual e com a área de captação da residência, portanto ocorre o desprezo das demais variáveis como a necessidade de água no residencial, independente do volume obtido. É

notório que a metodologia é muito fácil de ser feita, ela considera o volume da água do armazenamento um valor de apenas 5% do valor total da água coletada do valor da captação, para determinar o valor do volume de água do reservatório desde método é a partir da equação 04.

$$V = 0,05 * P * A$$

[Equação 04]

Assim:

P = significa o montante de precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A = Dado da área que ocorre a coleta em projeção, determinado em metros quadrados (m²)

V = Dado da quantidade de água aproveitável e a quantidade de água do armazenamento, expresso em litros (L).

2.12.5. Método prático Australiano

O decorrer desse método é necessário um sequencial histórico mensal das precipitações, contraposto aos métodos Inglês, Alemão e Azevedo Neto. Este por sua vez determina resultados mais nítidos e mais analisados, de acordo com a relação das variáveis envolvidas, sendo uma delas o valor total de precipitação do mês em correlação da demanda de consumo que também deve ser mensalmente analisado, para obter um melhor resultado do volume do reservatório. Assim também obtendo pela área de captação o volume de água e este volume final, deve ser obtido através de tentativas.

Para que haja um critério, mas produtivo, é recomendado que faça uma comprovação que estes dados estão nítidos para o valor exigido pelos meses, para que haja um atendimento desse volume necessário. A quantidade de precipitação da água usado nesse método pode ser encontrado através da equação 05.

$$Q = A * C * (P - I)$$

[Equação 05]

Assim:

C = Coeficiente numérico de escoamento superficial, normalmente é usado o valor de 0,80;

P = Dado numérico da precipitação média mensal;

I = Perda de água que escoo sobre as superfícies e desvio do volume por evaporação, normalmente 2mm;

A = Área de captação;

Q = Produto do volume da chuva mensalmente;

O meio de calcular este volume do armazenamento é feito a partir de várias tentativas pela equação 06, quando ocorrer de encontrar valores apurados e de segurança do volume do reservatório.

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

[Equação 06]

Assim:

Q(t) = Dado mensal do volume obtido pela chuva no mês “t”;

V(t) = Dados da água do volume que armazenou no reservatório no final do mês “t”;

V(t-1) = Dado referente a quantidade de água que o tanque possui no início do mês “t”;

D(t) = Consumo mensal

Observação: No primeiro mês, deve-se considerar que o armazenamento esteja vazio;

No momento em que $[V(t-1) + Q(t) - D] < 0$, o valor $V(t) = 0$;

A quantidade de volume do armazenamento que será determinado será nomeado com "T".

$$C = 1 - (Nr / N)$$

Ou

$$C = 1 - Pr$$

Assim:

Pr = Probabilidade de ocorrer uma falha;

Nr = Número total de meses em que o armazenamento não conseguiu satisfazer o consumo, quando $V(t)$ for igual a 0 (zero);

N = Dado numérico de meses que foram considerados, normalmente os 12 meses do ano;

C = Confiabilidade

De acordo com a norma NBR 15527 / 2007 (ABNT, 2007) é recomendado que de tais dados obtidos, a confiabilidade desse método esteja entre os valores de 90% e 99%.

2.12.6. Método de Rippl

De acordo com os estudos este é o mais usado, por demonstrar uma grande vantagem por ser bem maleável em comparação dos valores obtidos de início para ser calculado. Como demonstração, pode ser usado a demanda constante ou a variável, a precipitação de água mensal ou diária, precisando somente que ter ciência sobre a existência dos dados pluviométricos (SANTOS et. al, 2007).

Segundo Ghisi, (2013) este meio de estudo, tem a finalidade de calcular a quantidade do volume do reservatório, para que possa assegurar uma vazão constante perante ao período mais crucial de estiagem analisado. Sendo notado com a equação 07.

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

[Equação 07]

Assim:

$Q(t) = C \times \text{a pluviometria (t)} \times \text{área de captação}$

Apenas para valores em que $S(t) > 0$, deverá: $SV = \sum S(t)$

$Q(t) = C \times \text{água da chuva(t)} \times \text{área de captação}$, demonstrando que $0 \leq S(t) \leq V$

$Q(t)$ = quantidade de chuva no tempo 't';

$S(t)$ = quantidade de água do armazenamento no tempo 't';

$D(t)$ = uso ou consumo no tempo 't';

V = Quantidade do reservatório fixado, em volume;

C = Coeficiente de escoamento superficial.

3. METODOLOGIA

3.1. Objeto de estudo

Este é um projeto que obteve uma projeção sobre um conjunto residencial com 100 apartamentos, no Condomínio Cidade Jardim, na 706 sul no município de Palmas – TO de acordo com a Figura 8.



Figura 8: Localização estudada

Fonte: (Autor, 2018)

Em maior precisão da localização do Residencial Cidade Jardim dos Blocos A e B, está nas coordenadas de latitude $-10^{\circ} 22' 80,11''$ longitude $-48^{\circ} 32'34,79''$ da quadra 706 sul, alameda 02, lote 02, no município de Palmas – TO, de acordo com a Figura 9.



Figura 9: Localização estudada

Fonte: (Autor, 2019)

Nesse estudo temos 2 modelos do projetos arquitetônicos do Residencial Cidade Jardim para melhor noção da construção nos anexos 10 e 11.

Esta pesquisa visou em proporcionar resultados em prol da sustentabilidade e economia de água potável no condomínio citado.

Após realizado uma revisão bibliográfica sobre a evolução do sistema de utilização das águas pluviais e formas de aproveitamento, através de pesquisas em sites que tratam do assunto, monografias, artigos.

3.2. Área de contribuição

De acordo com o projeto arquitetônico 01, tem se a planta de cobertura demonstrando a área total de cobertura de cada bloco, sendo eles blocos espelhados, de cada um com uma área de captação de 218,45 m², somando os dois blocos uma área total de 436,90 m².

Nesse estudo a precipitação da água que por sua vez serão direcionadas para usos de fins não potáveis do condomínio, será captada pela cobertura de cada edifício, por uma telha de fibrocimento com inclinação de 10%, este escoamento será direcionada para uma calha central metálica, que percorrerá pela sarjeta em direção a tubulação que leva até ao armazenamento, lembrando que as primeiras águas serão filtradas por peneiras na boca do tubo de decida.

O recolhimento dessas águas foi focado nas coberturas existentes no residencial, desconsiderando as áreas de infiltração como as calçadas, piso das garagens e jardins, devido ao fato dessas áreas poderem haver contaminações de resíduos do dia a dia pela circulação frequente dos moradores com carros e a pé.

Está água captada pelas calhas terá um novo destino, tendo significado que essa será direcionada para um reservatório, após o armazenamento, ela será missão de suprir lugares que não haja necessidades de uso de água potável, como jardins, piscina, lavagens de pisos, lavagens de carros e outros destinos similares.

Neste estudo, somente a área da cobertura dos dois edifícios foram considerados como espaço de captação, para a coleta da precipitação da

chuva, devido ao fato da altura dos edifícios, o acesso é muito mais difícil até para pássaros, portanto a probabilidade de ocorrer detritos e impurezas é bem menor que as demais possíveis áreas de captação do residencial, devido essas áreas serem locais de circulação de carros e pessoas, possíveis resíduos de árvores como folhas e galhos e também animais como pássaros e pets, ressaltando que o condomínio possui uma política que aceita animais de estimação.

Para que esse cálculo fosse executado, houve uma necessidade de embasamento da norma ABNT NBR 10844/1989, devido ao critério adotado sobre esta área de cobertura das edificações, levando em consideração a inclinação dos telhados.

3.3. Perfil pluviométrico de Palmas TO

Como é notado nessa região, há um estudo pela INMET de que há duas fases de precipitações a ser considerados, a nomenclatura regional dessas fases são “época de chuvas” e “época de seca”. Por esse fato foi necessário obter o melhor método de cálculo de reservatório de acumulação, assim criando uma redução de consumo de água potável na “época das chuvas” e um volume armazenado de água para o período da “época de seca”.

A obtenção dos índices pluviométricos do estado do Tocantins determinará a variação de “volume de água de chuva”, foram obtidos no BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET), onde são coletados dados dos índices dos últimos 15 anos, para que assim aumente o nível de confiabilidade dessa pesquisa, assim temos a tabela 02, para a demonstração desses dados pluviométricos (FONTANELA, 2010).

Para fazer os cálculos será necessário ter uma média anual de precipitações, voltado a obter resultados mais concretos sobre a pluviometria da região, diminuindo as variáveis e possíveis erros de cálculo, será analisado uma conjuntura da demanda mensal de consumo do residencial, para equacionar o volume do reservatório. Haverá uma relação da água coletada pela água captada, e o volume final será determinado através de tentativas,

como ensaio crítico desse volume, o método sugere a análise dos valores de confiança com a quantidade de meses em que houve o atendimento desse volume para o consumo médio. (FONTANELA, 2010).

TABELA 02: ÍNDICE DE PLUVIOMETRIA EM MILIMETROS NA CIDADE DE PALMAS TOCANTINS

Município de Palmas	Cordenadas Geográficas												
	Latitude	Longitude	Altura do mar										
	10° 22' 80,11" S	48°32'34,79" W	280,0 metros										
ANO	ALTURAS PLUVIOMETRICAS (mm)												TOTAL ANUAL
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
2019	205,0	280,0	280,0	225,0	-	-	-	-	-	-	-	-	990,00
2018	280,0	345,0	190,0	250,0	5,0	0,0	0,0	5,0	20,0	200,0	410,0	235,0	1940,00
2017	425,0	290,0	215,0	165,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	200,0	340,0	1670,00
2016	430,0	5,0	180,0	80,0	5,0	15,0	0,0	0,0	85,0	45,0	185,0	255,0	1285,00
2015	150,0	200,0	140,0	305,0	80,0	0,0	0,0	0,0	85,0	140,0	105,0	145,0	1350,00
2014	290,0	270,0	360,0	175,0	50,0	0,0	0,0	0,0	80,0	150,0	140,0	245,0	1760,00
2013	290,0	195,0	370,0	105,0	30,0	30,0	0,0	5,0	15,0	110,0	285,0	435,0	1870,00
2012	375,0	250,0	120,0	85,0	60,0	10,0	0,0	0,0	0,0	35,0	330,0	225,0	1490,00
2011	355,0	325,0	350,0	220,0	10,0	0,0	5,0	0,0	0,0	225,0	215,0	300,0	2005,00
2010	440,0	205,0	460,0	85,0	25,0	5,0	0,0	0,0	20,0	225,0	195,0	165,0	1825,00
2009	155,0	350,0	165,0	135,0	280,0	40,0	0,0	5,0	75,0	215,0	165,0	315,0	1900,00
2008	290,0	265,0	295,0	240,0	35,0	0,0	0,0	0,0	15,0	100,0	300,0	170,0	1710,00
2007	365,0	585,0	215,0	80,0	35,0	0,0	0,0	0,0	55,0	80,0	200,0	125,0	1740,00
2006	175,0	315,0	400,0	400,0	155,0	0,0	0,0	0,0	5,0	200,0	130,0	225,0	2005,00
2005	265,0	260,0	275,0	180,0	45,0	0,0	0,0	0,0	80,0	110,0	240,0	335,0	1790,00
2004	490,0	205,0	300,0	245,0	5,0	30,0	0,0	0,0	40,0	160,0	170,0	250,0	1895,00
MÉDIA MENSAL	332,00	289,67	287,67	198,33	55,67	8,67	0,33	1,00	38,33	134,33	218,00	251,00	1815,00
MÉDIA ANUAL												151,25	

FONTE: (INMET, 2019)

3.4. Consumo mensal de água no residencial

Para realizar uma média de consumo de alta confiança, foi solicitado ao síndico, o máximo de faturas de consumo da água potável no residencial, com um histórico mais detalhado de suas faturas de água, para o cálculo o consumo do Residencial Cidade Jardim. Após recorrer ao consumo geral do condomínio de 5 anos, demonstrando o histórico desde de o primeiro consumo nesse condomínio, ele possui dois registros que fazem o abastecimento, caracterizando o uso dos blocos e as demandas de áreas comum de consumo, de acordo com os pontos de utilização da água em estudo, assim de acordo com a tabela 02.

TABELA 03: ÍNDICE DE CONSUMO DO RESIDENCIAL CIDADE JARDIM

RESIDENCIAL CIDADE JARDIM						
706 SUL ALAMEDA 02, LOTE 02						
BRK AMBIENTAL DO TOCANTINS						
CONSUMO (M ³)	2019	2018	2017	2016	2015	MÉDIA DE CONSUMO (M ³) POR MÊS
Janeiro	101	67	105	151	50	94,8
Fevereiro	43	95	109	92	45	76,8
Março	41	98	103	111	39	78,4
Abril	0	59	88	111	22	56
Maio	0	109	125	98	19	70,2
Junho	0	101	136	118	23	75,6
Julho	0	128	89	167	21	81
Agosto	0	81	122	167	22	78,4
Setembro	0	104	23	180	20	65,4
Outubro	0	0	0	0	0	0
Novembro	0	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	0	0	0	0
MÉDIA ANUAL	61,66667	44,31579	47,36842	62,89474	13,73684	
MÉDIA TOTAL						45,99649123

FONTE: (BRK AMBIENTAL, 2019)

O grupo BRK AMBIENTAL, relatou que não possuía os históricos referentes aos meses de Outubro, Novembro e Dezembro, por motivos não conhecidos, também é possível notar a aleatoriedade dos dados, essa falta de padrão é ocorrido pela piscina do prédio, que quando muito suja é esvaziada para limpar com mais cuidado suas impurezas; a grande mobilização dos moradores, significando que a rotação de pessoas que moram nesse condomínio é alta; e devido a ensinamentos sobre a brigada de incêndio, praticamente esvaziando o reservatório para ensino dos moradores.

Então este estudo do consumo da média total, foi calculado a partir da média de consumo anual, sendo os valores medidos em metros cúbicos pela a quantidade de meses medidos, a partir desse valor obtido de todas as medias anuais, podemos retirar uma média total, que é a relação da somatória da média de consumo de todos os anos pelo total de anos, assim chegamos a um valor de 45,996 metros cúbicos ou 45.996 litros por mês.

3.5. Consumo de água não potável

Pelos estudos científicos da OLI (2012), uma residência tem uma média de consumo distribuindo-a em 29% em bacia sanitária, 6% em jardim, 15% máquina de lavar, 28% chuveiro, 4% higiene pessoal, 8% lavagens de pisos entre outros. Porém o estudo previsto está voltado na área comum do prédio, sendo o jardim, a lavagem do pátio dos carros e da piscina.

3.4. Reservatório de acumulação

A implantação do sistema de coleta de águas pluviais corresponde à uma característica simples, ela é representada por calhas, tubos e conexões localizados nas coberturas estudadas, porém a cobertura dos blocos irão encaminhar a lamina de água da chuva da cobertura para o reservatório em taça, para encher haverá uma tubulação à cobertura do edifício, lançando a água para o reservatório, juntamente foi dimensionado os guias, as calhas, tubos e conexões, para a condução terá a necessidade de passar por um filtro que terá como função de rejeitar as primeiras águas das chuvas, de acordo com o estudo essas primeiras águas deve acontecer por volta do mês de

setembro, que possivelmente estarão contaminadas e impuras por materiais que acumularão com o passar do tempo (CHIAVEGATTI, 2013).

É notório que nessa região a chuva tem maior ocorrência em 7 a 8 meses, já os demais meses entra em forma de um regime hídrico, tendo poucos registros de precipitação da chuva. Todos esses fatos, servem para serem considerados no estudo em questão, a partir desses fatos o método mais indicado para que este sistema funcione, seja o Método Prático Australiano.

A determinação do custo de implantação foi considerada a construção de reservatório em Taça, isolado do reservatório de água potável. Para isso será necessário construir uma rede de alimentação de água das chuvas separadamente à rede de alimentação de água potável, onde o meio a ser implantado terá de atender as posições citadas em suas circunstâncias ao longo do projeto em estudo, todo o custo de instalação do sistema.

Para fazer a medição dessas áreas de influência será calculado embasado nas plantas de coberturas existentes no residencial, e declividade dos telhados, levando-se em considerações os critérios adotados pela ABNT NBR 10844/1989.

Após obtido os históricos de precipitação mensal da região e os históricos de consumo geral do condomínio, é feito um balanço entre os dados obtidos entre as variáveis usadas. Este estudo entre a chuva total do mês relacionado a demanda mensal do condomínio, são usadas para equacionar o melhor volume do reservatório. Por sua vez temos uma correção do volume de água coletado pela área de captação, e esse volume final é definido através de tentativas. Assim temos uma análise mais crítica dessa quantia necessária, o método também recomenda que haja uma conferência dos valores de confiança para a quantidade de meses em que for necessário o consumo desse volume. (FONTANELA, 2010).

O volume da precipitação da chuva é obtido através da equação 08.

$$Q_c = (A \times C \times (P \text{ milímetros} - I_p) / 1000$$

[Equação 08]

Assim:

C = O coeficiente de escoamento superficial;

P milímetros = A precipitação da água média mensal (milímetros);

I_p = Interceptação entre a água que escoa no sistema e o desvio ocorrido por evaporação;

Q_c = Volume produzido pela chuva mensalmente (m^3);

Este volume é calculado a partir de tentativas, até ser usado um valor otimizado de confiança.

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

[Equação 09]

Assim:

$Q(t)$ = O volume pela chuva no mês "t" (m^3);

$V(t)$ = Volume que será armazenado no final do mês "t" (m^3);

$V(t-1)$ = Volume existente no armazenamento no início do mês "t" (m^3);

$D(t)$ = Quantidade de consumo mensal (m^3);

Obs: No primeiro mês deve ser considerado o reservatório como vazio.

Quando $[V(t-1) + Q(t) - D(t)] < 0$, significa que o valor $V(t) = 0$. O reservatório será T, em metros cúbicos.

O cálculo de falha está expresso na equação 10.

$$Pr = Nr / N$$

[Equação 10]

Assim:

Pr = Falha;

Nr = Número total de meses em que o armazenamento não conseguiu atingir o consumo do condomínio, sendo quando $V(t) = 0$;

N = Número mensal considerado, geralmente 12 meses.

$$\text{Confiança} = 1 - Pr$$

[Equação 11]

É recomendado que este valor de confiança esteja dentro de 90% à 99%.

4. Resultados e Discussão

4.1. Área de captação

O cálculo feito da área de captação, buscou toda a área de cobertura dos dois edifícios e considerou a inclinação dos telhados, considerando os critérios da ABNT NBR 10844/1989, desconsiderando a inclinação da chuva.

Cada bloco estudado teve uma área de captação no valor de 218,45 m², somando os dois blocos uma área total de 436,90 m², sendo estudado somente a área de cobertura dos edifícios, no caso o bloco “A” e “B”, as demais áreas como piso e cobertura das garagens foram desconsideradas, devido a maior quantidade de impurezas nesses locais, sendo que há circulação de carros, pessoas e animais, também possuindo árvores de pequeno porte.

4.2. Chuva anual

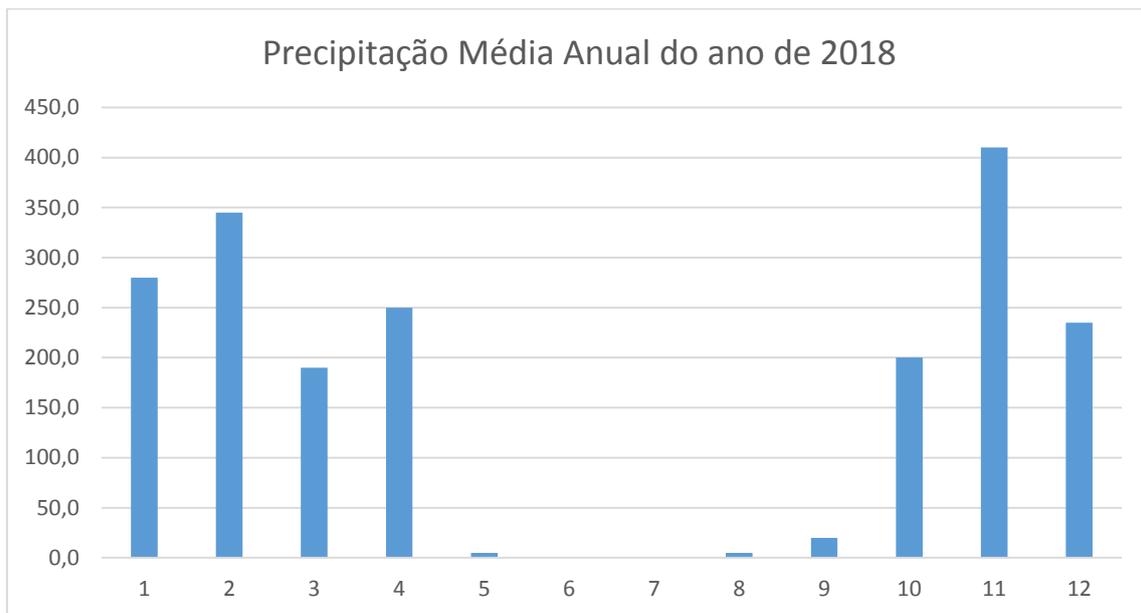
De acordo com a tabela 02 demonstra o índice pluviométrico de 15 anos da região, e nela também tem o dado obtido da média anual desse período, no valor de 1815,0 milímetros, esse estudo foi encontrado a partir dos dados do IMET, que são os dados históricos da região de Palmas Tocantins, obtidos pela estação (OMM: 83033). Por mais que esse valor seja um valor significativo em milímetros, esta região tem um déficit de distribuição de chuva perante o ano. Assim normalmente nos meses de Maio a Setembro, ocorre um deficiência hídrica nessa localização.

—

Digite a equação aqui.

4.3. Chuva mensal

De acordo com o gráfico 01, é demonstrado ao lado esquerdo os milímetros de precipitação de chuva e a baixo os meses em questão.



FONTE: (INMET, 2019)

Esta nítido no gráfico em questão a grande diferença da pluviometria da região nos meses de Maio à Setembro, sendo distribuídas de forma não uniforme perante ao ano, determinando como a regionalidade nomeia esses dados, período da “seca” e das “chuvas”.

4.4. Demanda de água não potável

Este estudo foi obtido uma média de consumo de água geral do residencial de 45,99 metros cúbicos, já o consumo de água não potável de acordo com OLI (2012), que cerca de 14% do consumo geral mensal de um residencial é para jardins e calçadas, e de acordo com a metragem cubica da piscina que é de 65,8 metros cúbicos, de acordo com as vezes que a piscina é

limpada de acordo com o síndico foi considerado um total de 16% do consumo geral, totalizando um percentual de 30% de água não potável, referindo-se 13,797 metros cúbicos mensais.

4.5. Volume do reservatório

Para obtermos esse valor, foi usado o Método Prático Australiano, que envolve os dados da média de chuva mensal, demanda média mensal e a área de captação.

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 (m ³)	Volume no fim do mês (m ³)
Janeiro	332,00	94,8	436,90	115,34	0	20,54
Fevereiro	289,67	76,8	436,90	100,54	44,28	68,03
Março	287,67	78,4	436,90	99,84	89,47	110,92
Abril	198,33	56	436,90	68,62	123,54	136,16
Mai	55,67	70,2	436,90	18,75	84,72	33,28
Junho	8,67	75,6	436,90	2,33	0	-73,26
Julho	0,33	81	436,90	-0,58	0	-81,58
Agosto	1,00	78,4	436,90	-0,34	0	-78,74
Setembro	38,33	65,4	436,90	12,69	0	-52,70
Outubro	134,33	-	436,90	46,25	-	-
Novembro	218,00	-	436,90	75,49	-	-
Dezembro	251,00	-	436,90	87,03	-	-

Para que possamos obter o volume de água do reservatório pelo método prático australiano, necessita-se a aplicação das equações a seguir. O volume de chuva para o mês de janeiro é obtido pela seguinte Equação 08:

$$Q_c = (A \times C \times (P \text{ milímetros} - I_p)) / 1000$$

$$Q_t(\text{mês de janeiro}) = (436,90 \times 0,8 \times (332,00 - 2)) / 1000$$

$$Q_t(\text{mês de janeiro}) = \mathbf{115,34 \text{ m}^3}$$

Essa metodologia se repete nos demais meses do ano.

Para alcançar o volume de água que está no reservatório no fim do mês “t” deve ser calculado pela equação 09;

$$V_t (\text{mês de janeiro}) = V(t-1) + Q(t) - D(t)$$

$$V_t (\text{mês de janeiro}) = 0 + 115,34 - 94,8$$

$$V_t (\text{mês de janeiro}) = 20,54 \text{ m}^3$$

Deve se considerar o primeiro mês com a cisterna vazia.

Para saber se existe a falha, usa a equação 09;

$$Pr = N_r / N$$

$$Pr = 4 / 9$$

$$Pr = 0,44 \text{ de falhas}$$

Para calcular a confiança é necessário usar a equação 10;

$$\text{Confiança} = 1 - Pr$$

$$\text{Confiança} = 1 - 0,44$$

$$\text{Confiança} = 0,56 \text{ ou } 56\%$$

O volume de reserva de água pluvial do condomínio, foi estimado em 130 metros cúbicos, com uma confiança de 56% bem a baixo dos padrões do método prático australiano que é de 90% à 99%. Desta forma o sistema iria abastecer somente 56% da demanda do condomínio, necessitando que nos meses de “seca” o uso alternativo de rede de abastecimento público do Estado do Tocantins.

Dentre os demais sistemas citados, todos tem o intuito de reaproveitamento pluviométrico regional, na rede nos pontos de água não potável, sendo eles obtendo resultados bem similares.

5. Conclusão

Com a execução desse estudo podemos notar que existe alguns pontos a ser considerado, mesmo que esse sistema aparente ser algo simples, é uma metodologia que busca atos sustentáveis para os recursos hídricos do planeta.

E com decorrer do estudo, foi visível que possui vários métodos para esse sistema, como os métodos da Simulação de Reservatório, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês, Prático Australiano e Rippl, existem outros métodos de formas oriundas, porém esses outros não atendem a precipitação da região. Para que ocorra a execução desse método é necessário determinarmos certos dados inconstantes, sendo eles a área de captação que contribui com o sistema, a pluviometria em milímetros da região e o consumo existente.

Com uma índice de pluviometria da região elevado como foi encontrado, podemos achar que um sistema de armazenamento de água da chuva, seja algo em grande potencial para ampliar o armazenamento de água, no condomínio, porém por sem um uso de água não potável e sendo aproximadamente 30% do consumo total do residencial, acaba criando circunstâncias que inviabilizam o sistema, como a não distribuição da precipitação da chuva anual, criando uma discordância no momento de abastecimento do residencial, portanto fica uma grande lacuna, por mais que o sistema tenha intuito ótimo para a sustentabilidade ele acaba sendo inviável por causa das chuvas irregulares.

Outro ponto a ser notado é que como as chuvas são bem intensas nessa região, a retenção da precipitação das chuvas, acabam auxiliando no momento de escoamento de água pelas vias e drenagens públicas, fazendo com que toda água que precipita, não seja totalmente enviada para as vias e as drenagens.

É nítido que o sistema em potencial para implantação no condomínio não iria ser viável, por apresentar somente 56% de índice de confiança, sendo um dado necessário de 90% à 99%, portanto seria um custo inviável para o

residencial, já que o sistema a ser implantado era principalmente em prol da economia do condomínio.

ANEXOS

REFERENCIAS

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

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.

CARVALHEIRO, José da Rocha. **Água e saúde: bens públicos da humanidade**, 2015. Estudo Avançado Vol. 29. no 84, São Paulo – SP.

CHIAVEGATTI, CAIO CESAR. **Reuso de água, benefícios para o meio ambiente e para o empreendedor**, 2013. 90 pg. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Francisco, USF, SP.

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

DEVES, O. D. **Utilização da água: um estudo do potencial de captação de água das chuvas e a importância das políticas públicas e da educação ambiental**. In: IV Encontro Nacional da Anppas. 2008. 18p. Brasília, DF.

FIGUEIREDO, Daniela Maimoni, **O uso sustentável da água**, 10/07/2017, Artigos – Observatório das águas.

FONTANELA, Leonardo. **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.

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 outubro 2013.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais.** In: Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm/>>

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC,** 2007. 118pg, Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis – SC.

MAY, S., Dissertação de Mestrado. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações,** Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2004.

MORUZZI, Rodrigo Braga. **Reuso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios.** OLAM – Ciência & Tecnologia. Ano VIII. Volume 8. Nº3. P. 271. Rio Claro. São Paulo. 2008. Disponível em Acesso em: 02 set. 2013.

OLI. Oliveira e Irmão. **Sistemas de aproveitamento de águas pluviais.** 2012. Disponível em: <<http://www.oliveirairmao.com/>>, acessado em abril de 2014.

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

PESQUISA ESCOLAR. **Os rios que compõem a Bacia do Tocantins-Araguaia: Bacias Hidrográficas.** 2013. Disponível em: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/os-rios-que-compoem-a-bacia-do-tocantins-araguaia-bacias-hidrograficas.htm/>>

QUICK, Bruna, da Silveira. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais,** 2008. 44pg. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia, UFMG, MG.

SANTOS, C. A. G., MAGNO, K., PALMEIRA, M., DANTAS, R., BRAGA, I. Y. L. G., **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. 2007. 8p. Projeto de extensão – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.

SOUZA, Pedro Henrique A. I. de. **Apresentação dos cálculos para seleção de bomba para sistema de reaproveitamento de água de poços artesianos**, 2014. 76pg. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

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

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 4**. Paris, França. 2012. Disponível em: Acesso em: 18 jun. 2012.

CopySpider

Ferramentas Ajuda

Arquivo URL Iniciar Parar **Limpar** Opções Scholar

E-mail mariochefer@gmail.com Modo de pesquisa Buscar em arquivos da internet

Nome do arquivo de entrada	Relatório	Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
C:\Users\Mario\Google Drive\Mário - DOC\Curso ENGENHARI...	Analisar	00:06:08	100%	2,14%	Ok		✖

APOIA.se

Torne-se um Apoiador e tenha acesso a licenças exclusivas com todos os recursos do **CopySpider**.

Versão: 1.4.2