



FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NAUHÉLIO PEREIRA CAMPOS

**A VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
RESIDÊNCIAS, ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO ÂMBITO DE UM
PROJETO RESIDENCIAL EM GOIANÉSIA**

PUBLICAÇÃO Nº: 18

**GOIANÉSIA / GO
2017**

NAUHÉLIO PEREIRA CAMPOS

**A VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
RESIDÊNCIAS, ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO ÂMBITO DE UM
PROJETO RESIDENCIAL EM GOIANÉSIA**

PUBLICAÇÃO Nº: 18

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE
EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**

ORIENTADOR: ROBSON DE OLIVEIRA FELIX

**GOIANÉSIA / GO
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

CAMPOS, NAUHÉLIO PEREIRA

A Viabilidade e Sustentabilidade no Aproveitamento de Águas Pluviais em Residências, Elaboração de um Sistema de Reutilização de Água Pluvial no Âmbito de um Projeto Residencial em Goianésia.

54 P, 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|----------------|--------------------------|
| 1. Introdução | 2. Revisão Bibliográfica |
| 3. Metodologia | 4. Projeto |
| I. ENC/FACEG | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CAMPOS, N. P. A Viabilidade e Sustentabilidade no Aproveitamento de Águas Pluviais em Residências, Elaboração de um Sistema de Reutilização de Água Pluvial no Âmbito de um Projeto Residencial em Goianésia. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 54p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Nauhélio Pereira Campos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

A Viabilidade e Sustentabilidade no Aproveitamento de Águas Pluviais em Residências, Elaboração de um Sistema de Reutilização de Água Pluvial no Âmbito de um Projeto Residencial em Goianésia.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

NAUHÉLIO PEREIRA CAMPOS

E-mail: eng.nauhelio@gmail.com

NAUHÉLIO PEREIRA CAMPOS

**A VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
RESIDÊNCIAS, ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO ÂMBITO DE UM
PROJETO RESIDENCIAL EM GOIANÉSIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL.**

APROVADO POR:

**ORIENTADOR: ROBSON DE OLIVEIRA FELIX, (Me, FACEG)
(ORIENTADOR)**

**WELINTON ROSA DA SILVA, (Esp, FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, (Ma, FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

GOIANÉSIA/GO, 05 de DEZEMBRO de 2017.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente acima de tudo quero agradecer à 'Deus' e em seguida a todos aqueles que de alguma forma contribuíram diretamente e indiretamente para que esse trabalho se tornasse possível e não estão citados aqui.

Agradeço muito aos meus pais, avós, irmãos, tios, primos e minha namorada que me acompanham na manutenção deste curso, me incentivando, passando muita força positiva, tendo paciência e compreensão para que momentos difíceis fossem superados e o objetivo de conclusão do curso alcançado.

Agradeço em especial ao meu orientador Robson, que aceitou e se dispôs a esse processo de condução, mesmo sabendo e conhecendo todas as dificuldades a se enfrentar pela frente, e mesmo diante dessas dificuldades e alguns obstáculos me deu respaldo e me apoiou ajudando para a finalização deste trabalho, que ele e sua família sejam sempre muito abençoados.

Agradeço a todos os meus colegas de turma, em especial ao grupo ESTUDOS FACEG, composto pelos acadêmicos Eric Jhonson, Luís Paulo, Murilo Igor, Paulo Cotrim e Rodrigo Carlos que tornou essa trajetória menos exaustiva, serão amigos que levarei para toda vida.

Agradeço também a essa instituição e a todos os educadores que aceitaram e abraçaram essa missão de passar adiante seus conhecimentos e a todos os outros colaboradores que contribuem e tornam esse curso possível, o meu muito obrigado.

RESUMO

Visando e dando ênfase em temas como economia, sustentabilidade, escassez, preservação, conservação e uso de recursos naturais disponíveis, este projeto tem o intuito de contribuir para a preservação e incentivar o uso dos recursos hídricos inicialmente municipais e regionais e consequentemente nacionais e mundiais. Como sabemos e vimos diariamente em canais de comunicação como na televisão, jornais e até mesmo no nosso dia a dia, uma problemática cada vez maior que é a redução ao acesso a água gerando uma escassez da mesma e de recursos hídricos. Existe muita água sim, porém pouca quantidade em condições adequadas de uso e qualidade, além de um difícil acesso desses recursos. É nesta ênfase que se direciona esse projeto, que sugere aproveitar a água da chuva para o uso de atividades de consumo não potável substituindo assim, em uma boa parte, o uso da água tratada tarifada, consumo esse que equivale a quase metade do uso total de água numa residência. Mas esse sistema infelizmente não é de grande conhecimento da maioria da população brasileira e sendo assim, não se tornando usual na maioria das nossas residências, devido à falta de informação, divulgação, exemplos de eficiência, incentivo, orientação, entre outros. Uma boa melhora nesse aspecto pode ser feita através de uma ampla conscientização quanto a soluções naturais e viabilidades econômicas junto com o benefício próprio, defendida por normas regulamentadoras, tornando interessantemente viável e com possibilidade de uso quase que obrigatório de um sistema de aproveitamento de água pluvial. Todavia esse trabalho tem a intenção de colaborar para o acúmulo de conhecimentos e informações disponíveis sobre o tema abordado, além de propor a elaboração desse sistema para uma residência da região, acompanhado de uma análise da compensação do uso de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, adotando em princípio, de pesquisas dos indicadores pluviométricos da cidade de Goianésia-Goias, sendo esses adquiridos através do (INMET) Instituto Nacional de Meteorologia. Esse trabalho busca estimar os impactos tanto no contexto de viabilidade econômica quanto de sustentabilidade, sempre visando o nosso bem mais precioso, a água.

Palavras-chave: Aproveitamento; Água de chuva; Água pluvial; Economia; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Aiming and giving emphasis to topics such as economics, sustainability, scarcity, preservation, conservation and use of available natural resources, this project aims to contribute to the preservation and encourage the use of water resources initially municipal and regional and consequently national and worldwide. As we know and see every day in communication channels such as television, newspapers and even in our daily life, an increasing problem is the reduction of access to water, generating a shortage of water and water resources. There is a lot of water, but little quantity under proper conditions of use and quality, and difficult access to these resources. It is in this emphasis that this project is directed, which suggests taking advantage of rainwater for the use of non-potable consumption activities, thus replacing, in a good part, the use of treated water, which consumes almost half of the total use of water in a residence. But this system is unfortunately not very well known by most of the Brazilian population and is thus not becoming the norm in most of our residences, due to lack of information, dissemination, examples of efficiency, incentive, orientation, among others. A good improvement in this aspect can be made through a wide awareness of natural solutions and economic feasibility along with the own benefit, defended by regulatory standards, making it practically feasible and with the possibility of almost mandatory use of a rainwater harvesting system . However, this work intends to contribute to the accumulation of available knowledge and information on the subject addressed, besides proposing the elaboration of this system for a residence of the region, accompanied by an analysis of the compensation of the use of a rainwater harvesting system , adopting in principle, surveys of the rainfall indicators of the city of Goianésia-Goiás, these being acquired through the (INMET) National Institute of Meteorology. This work seeks to estimate the impacts both in the context of economic viability and sustainability, always targeting our most precious, water.

Keywords: Utilization; Rain water; Rainwater; Economy; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Volume total de água no mundo.....	15
Figura 2- Volume total de água doce no mundo	16
Figura 3- Distribuição de água doce no Brasil	17
Figura 4- Balanço de água.....	18
Figura 5- Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva em Residência	19
Figura 6- Alguns modelos de calhas	20
Figura 7- Filtro separador de sólidos	20
Figura 8– Detalhamento interno do filtro de separação de sólidos	21
Figura 9– Sifão Ladrão.....	21
Figura 10– Freio d’água.....	22
Figura 11– Conjunto flutuante de sucção: bóia – mangueira.....	22
Figura 12- Reservatório para água pluvial (subsolo).....	23
Figura 13 – Reservatório tanque de fibra de vidro cilíndrico de eixo vertical auto-sustentável (no solo).....	24
Figura 14- Reservatório superior (elevado).....	24
Figura 15- Limpeza automática, perda de 20%	25
Figura 16- Boia eletrônica de nível.....	26
Figura 17– Reservatório de água com equipamentos de captação de águas pluviais.....	26
Figura 18– Bomba de sucção usada para bombear água aos reservatórios.....	27
Figura 19- Sistema de fluxo total.....	30
Figura 20- Média do consumo diário de água por pessoa no Brasil.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Precipitação média anual de Goianésia 2011 a 2016	32
Tabela 2- Precipitação média mensal de Goianésia 2011 a 2016.....	32
Tabela 3- Consumo per capta de água em Goianésia de 2010 a 2013.....	33
Tabela 4- Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em l/min)	36
Tabela 5- Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular	36
Tabela 6- Média mensal de captação de água pluvial aproveitável.....	40
Tabela 7- Gasto anual de água tratada (litros).....	43
Tabela 8- Valores estimados de gastos com água tratada durante o período de um ano em (R\$)	44
Tabela 9- Volume total de água tratada que pode ser substituído (L/ANO).....	44
Tabela 10- Valor a ser economizado por ano com a captação da água de chuva, levando em consideração o potencial aproveitável de captação da residência (R\$)	45
Tabela 11- Valor a ser economizado por ano com o sistema de captação de água de chuva, levando em consideração o volume máximo de água tratada que pode ser substituído por água de chuva (R\$).....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Áreas e taxas da obra.....	31
Quadro 2- Coeficientes de rugosidade	35
Quadro 2- Coeficientes de rugosidade	35
Quadro 4- Sugestão de frequência de manutenção.....	38
Quadro 5- Tarifa de água na cidade de Goianésia	42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

A	Área
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
C	Coefficiente de escoamento superficial da cobertura ou coeficiente de runoff
CA	Consumo medio per capta de água
Hab	Habitantes
I	Intensidade pluviométrica
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
L	Litros
m ³	Metro cúbico
m ²	Metro quadrado
mm	Milímetros
n	Coefficiente de rugosidade de Manning
P	Precipitação pluviométrica
p	Perímetro molhado
Pasub	Porcentagem da água potável que poderá ser substituída por água de chuva
Q	Vazão de pico
R	Raio hidráulico
R\$	Reais
RS	Volume de água do reservatorio superior
S	Declividade da calha
SANEAGO	Companhia Saneamento de Goiás S.A
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
T	Número de meses de pouca chuva ou seca
uH	Unidade de Hazen
uT	Unidade de turbidez
V	Volume de água de chuva captado aproveitável
Vcap	Volume de água de chuva captada bruta
η	Fator de captação
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	15
2.2	A FALTA DE ÁGUA NO BRASIL	16
2.3	APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL E SUA IMPORTÂNCIA	17
2.4	SISTEMA DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	18
2.4.1	Calhas e Condutores	19
2.4.2	Filtro Separador de Sólidos	20
2.4.3	Sifão Ladrão	21
2.4.4	Freio de Água	22
2.4.5	Conjunto Flutuante de Sucção	22
2.4.6	Reservatórios	23
2.5	VANTAGENS E DESVANTAGENS	27
3	METODOLOGIA	29
4	PROJETO	30
4.1	ARQUITETURA DA RESIDÊNCIA	31
4.2	PRECIPITAÇÃO EM GOIANÉSIA	32
4.3	CONSUMO DE ÁGUA EM GOIANÉSIA	32
4.4	USO GERAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIA	33
4.5	CALHAS E CONDUTORES	34
4.5.1	Vazão da Calha	34
4.5.2	Dimensionamento da Calha	35
4.5.3	Condutores Horizontais	35
4.5.4	Condutor Vertical	36
4.6	INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA	37
4.7	QUALIDADE DA ÁGUA	37

4.8 BOMBEAMENTO.....	38
4.9 MANUTENÇÃO.....	38
4.10 ÁGUA CAPTADA E ÁGUA APROVEITÁVEL DA CHUVA.....	38
4.11 RESERVATÓRIO DO PROJETO.....	40
4.11.1 Dimensionamento do Reservatório	41
4.12 TARIFAS DE ÁGUA EM GOIANÉSIA	42
4.13 LEVANTAMENTO DO CONSUMO ANUAL DE ÁGUA TRATADA EM GOIANÉSIA.....	43
4.14 LEVANTAMENTO DA MÉDIA ANUAL DE GASTOS COM ÁGUA TRATADA	43
4.15 VOLUME TOTAL DE ÁGUA TRATADA QUE PODERÁ SER SUBSTITUÍDO..	44
4.16 ECONOMIA DE GASTOS COM ÁGUA TRATADA	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE A — PLANTA BAIXA.....	51
APÊNDICE B — PLANTA DE COBERTURA	52

INTRODUÇÃO

No mundo inteiro, há preocupações quanto ao reaproveitamento e a economia de soluções naturais, destaca-se principalmente o mais precioso dos recursos, a água. Pois ela é insubstituível e indispensável em nossa vida, sem contar que é um importante fator de produção em qualquer área e em qualquer atividade.

Segundo Ghisi (2006), há uma distribuição desigual, com muita água em lugares poucos populosos e escassez de água em lugares com população elevada.

No Brasil, conforme Machado (2003), de acordo com dados da Agência Nacional de Águas (2002), a água é distribuída em nosso território na seguinte ordem, 68,5% se encontra concentradas na região Norte, mais propriamente dito, na bacia amazônica, porém tal região apresenta apenas 8% da população do Brasil. Já no Sudeste, que tem a maior concentração populacional, caracterizada por cerca de 43% da população brasileira, possui apenas 6% de toda a água. Prossegue o autor dizendo que a região Nordeste abriga 28,91% da população e dispõe apenas de 3,3% de água.

Além disso, o desperdício de água potável, resultante do mau uso dos aparelhos sanitários, bem como vazamentos nas instalações, tem contribuído para maior consumo deste recurso.

Está evidente que o nosso país, apesar da grande quantidade de água potável existente em seus domínios, apresenta carência na oferta desse elemento nos grandes centros urbanos brasileiros, ou seja, algumas de suas principais cidades enfrentam uma de suas piores crises de abastecimento. Diante deste cenário, é preciso conscientizar as pessoas que o uso sustentável da água é uma das bases para o desenvolvimento humano. A preservação dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade é de suma importância hoje e também para as futuras gerações. Desta forma, percebe-se a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Uma alternativa que visa suprir a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil. A água da chuva coletada pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e de automóveis. Através de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos (MARINOSKI, 2007, p. 12-13).

O desenvolvimento de um processo de captação e utilização de água pluvial não é tão simples, devido alguns motivos como: à ausência de conhecimento do sistema, falta de divulgação do conhecimento no meio técnico e na sociedade, o contato da chuva com inúmeros poluentes como, telhado, calhas, tubulações e cisterna, e por último o preço de implementação (CAMPOS & EHRNANDES & AMORIM, 2003).

1.1 JUSTIFICATIVA

Visto as vantagens que pode ser proporcionada pela reutilização da água pluvial e a enorme seriedade que deve ser tratado à questão da escassez da mesma, pois além de ser insubstituível e indispensável, ela encontra-se cada vez mais escasso com o passar do tempo, por causa de fatores referentes à qualidade e ao acesso desses recursos, isso tudo faz com que o estudo e domínio de um sistema de reaproveitamento de água da chuva seja fundamental, tanto na visão de sustentabilidade, viabilidade e caráter econômico.

Precisa-se cada vez mais conscientizar e adotar projetos com ideais que buscam suprir essa problemática em questão e esse sistema é uma opção a se considerar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Disseminar o estudo da elaboração de um sistema de reutilização de água pluvial, e com isso desenvolver informações e conhecimentos no campo, tendo em vista economia financeira, economia desse recurso, viabilidade e sustentabilidade, aperfeiçoando assim esse uso, aumentando essa prática, estimulando assim a população através dos conhecimentos adquiridos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudo sobre o tema abordado por meio de pesquisas bibliográficas correlacionadas as devidas normas cabíveis.
- Entender as concepções de um dimensionamento de um projeto de reutilização de água de chuva.
- Indicar uma alternativa de economia na conta da água, seguida de sustentabilidade.
- Incentivar o aproveitamento de água da chuva.
- Mostrar a necessidade desse sistema.
- Transmitir uma visão futura de uma necessidade cada dia mais próxima.

1.3 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O Capítulo 1 trata-se desse atual capítulo, onde apresenta uma introdução sobre o assunto, um apontamento da justificativa pela qual foi escolhido o tema e os objetivos gerais e específicos deste projeto.

O capítulo 2 apresentará os referenciais teóricos, base para a construção deste trabalho, de modo a respaldar os aspectos necessários a serem ponderados na elaboração do projeto.

No Capítulo 3 é exibida a metodologia que foi usada para atingir a elaboração do projeto.

Capítulo 4 aborda elaboração do sistema junto com as devidas normas, onde são mostrados o projeto, a arquitetura da residência, o dimensionamento do reservatório, precipitações local, tarifas de fornecimento, estimativa do consumo e captação de água e consequentemente a economia de gastos.

Capítulo 5 trata-se das considerações finais sobre o projeto, onde é indicada de maneira conclusiva a sustentabilidade e viabilidade desse sistema.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

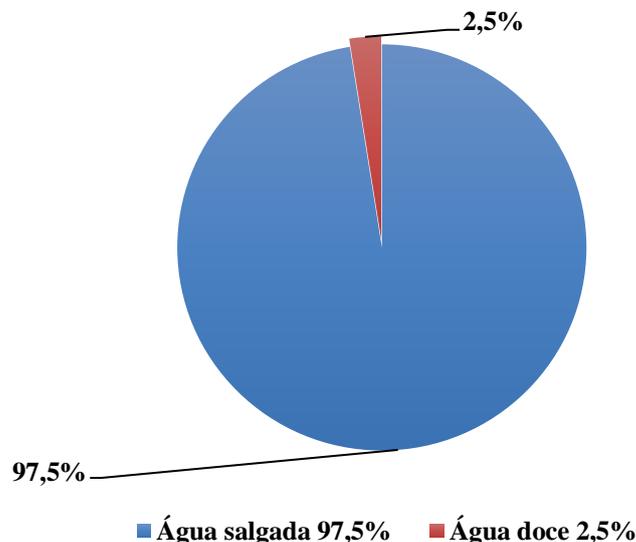
A água é essencial e insubstituível em nossas vidas e para sobrevivência dos seres vivos, podendo ser, ainda hoje, abundante em alguns lugares, enquanto que escasso em diversos outros.

Conforme Vasconcelos (2007), uma forma de minimizar o consumo exorbitante de água é através do aproveitamento da água, principalmente de chuvas, resultando na diminuição da água consumida pelo fornecimento das companhias de saneamento, no gasto com o uso de água tratada e na diminuição de enchentes onde há riscos.

Apesar de uma parte da população duvidar, esse bem precioso é um recurso esgotável e a sociedade atual está passando por um constante crescimento populacional, que influencia diretamente no aumento da poluição e da economia, ocasionando assim uma crise na demanda de abastecimento e na qualidade de água potável, pois grande parte da água doce está poluída ou ameaçada pela poluição. Nas grandes cidades, uma boa parte da contaminação da água é causada pelo despejo indevido de esgoto, monóxido de carbono, produtos derivados de petróleo e bactérias (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2015).

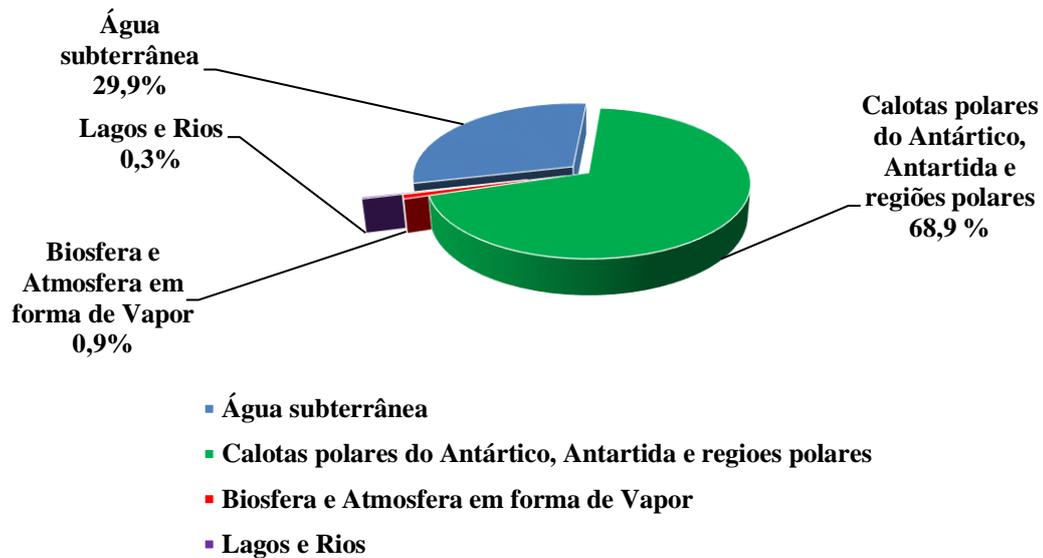
A figura 1 mostra o total de água no mundo, distribuída entre água salgada e doce, enquanto que a figura 2 demonstra a distribuição da água doce no mundo.

Figura 1- Volume total de água no mundo



Fonte: TOMAZ, 2003.

Figura 2- Volume total de água doce no mundo



Fonte: TOMAZ, 2003.

1.2 A FALTA DE ÁGUA NO BRASIL

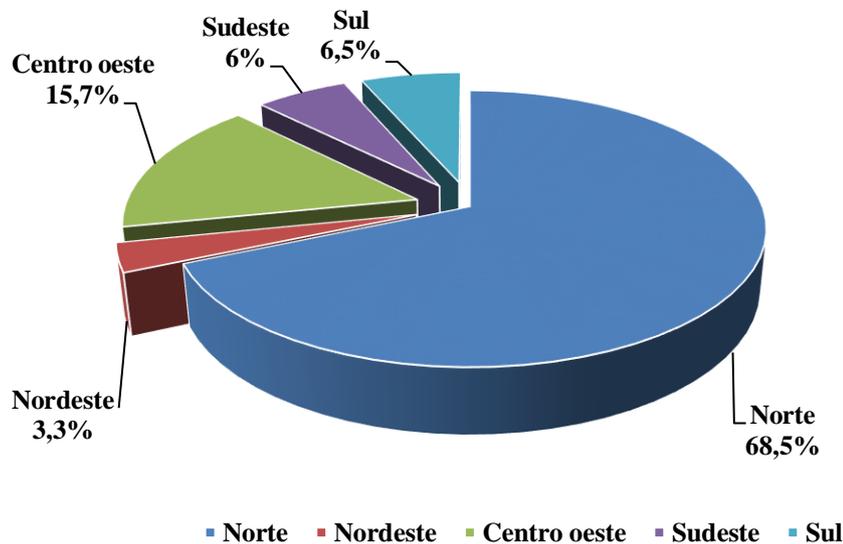
O Brasil é a maior potência hídrica do mundo, possuindo 12% da água doce do planeta, porém a distribuição desta abundância é desigual, pois quase 69% da água doce do Brasil estão concentradas na Região Hidrográfica da Amazônia, onde se encontra somente 8% da população; já na região sudeste tem só 6 % dessa água e consta com 43% da população do Brasil. Através dos dados apresentados, nota-se que existe muita água onde há baixa concentração de pessoas e pouca água potável nos lugares mais povoados, o que acaba provocando a escassez (GHISI, 2006).

As chuvas diminuem cada vez mais e isso contribui para a crise no fornecimento de água, mas têm outros fatores que também afetam, tais como o crescimento populacional, o pouco aproveitamento e desperdício das águas residuais (esgoto e processos industriais) a poluição dos rios, a devastação das florestas e a demanda desenfreada (GHISI, 2006).

A escassez de água no Brasil, além de afetar o fornecimento de água tratada, também afeta indústrias e a agricultura (os principais consumidores), que são os setores que mais sofrem com essas dificuldades, o que pode causar impactos na economia, e o pior é que a maior parte das indústrias do país estão localizadas justamente na região Sudeste. Outro fator é a questão de que o principal modal energético do país é o hidrelétrico, que possui como ponto negativo justamente a dependência em relação à disponibilidade, de tal forma que uma seca extrema

pode levar o Brasil a um racionamento de energia, como já aconteceu (PENA, 2015). A figura 3 mostra a desigualdade da distribuição de água no Brasil.

Figura 3- Distribuição de água doce no Brasil



Fonte: TOMAZ, 2003.

1.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL E SUA IMPORTÂNCIA

Desde meados dos anos 90 já acontecem experiências de aproveitamento da água da chuva em nosso país, sendo que a região do Nordeste é um grande exemplo, pois a falta de água e as secas levam grande parte dos nordestinos a aderir à água que vem da chuva como forma alternativa de uso para as necessidades domésticas e na agricultura (CARVALHO, 2010).

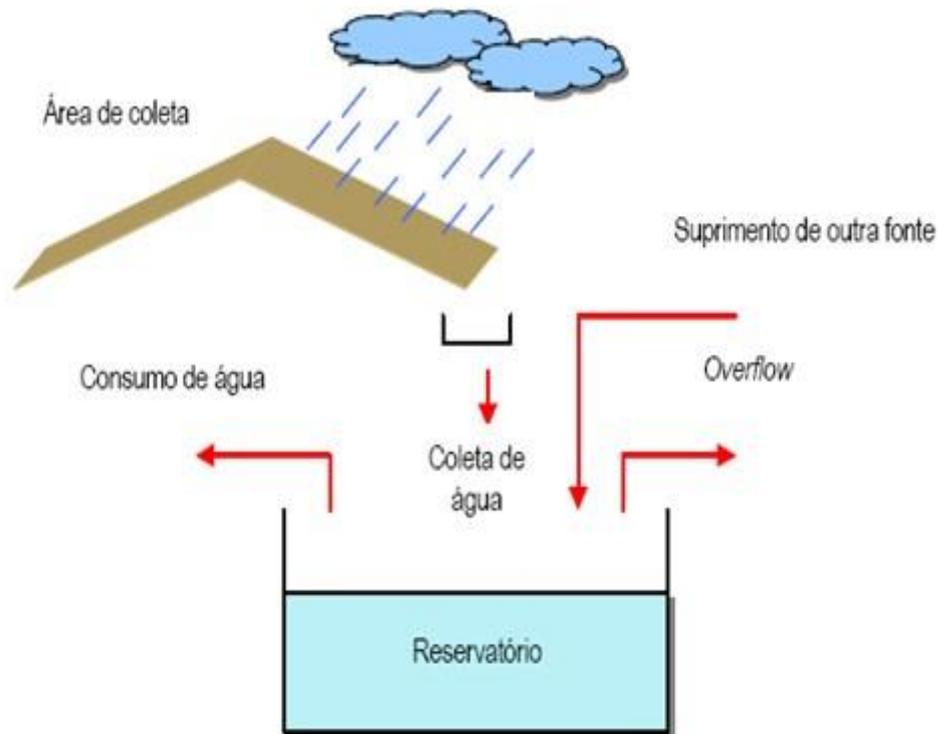
Uma das opções de combater a diminuição da disponibilidade de água tratada é aproveitar a água das chuvas, porém muitas das vezes ela acaba sendo desperdiçada. Um bom número de pessoas até buscam aderir a essa alternativa, porém há uma falta enorme de conhecimento, e o uso indevido desse recurso pode acabar por prejudicar a saúde, como por exemplo, o uso de água das chuvas sem tratamento para uso potável. O principal objetivo do uso da água proveniente das precipitações é para uso não potável, tais como irrigação, lavagem de calçadas, pisos, carros, roupas, descargas sanitárias, entre outros (SANTOS, 2017).

Uma forma mais eficiente de aproveitar essas águas é a criação de reservatórios para a sua captação, permitindo assim a utilização em grande escala. Os nordestinos usufruem muito dessa técnica, além de usarem como água não potável, ela também é usada para consumo, após

passar por tratamentos adequados, mas tudo isso não é uma tarefa simples, pois a poluição das grandes cidades pode afetar e prejudicar o consumo da água (SANTOS, 2017).

A figura 4 demonstra um balanço de água.

Figura 4- Balanço de água



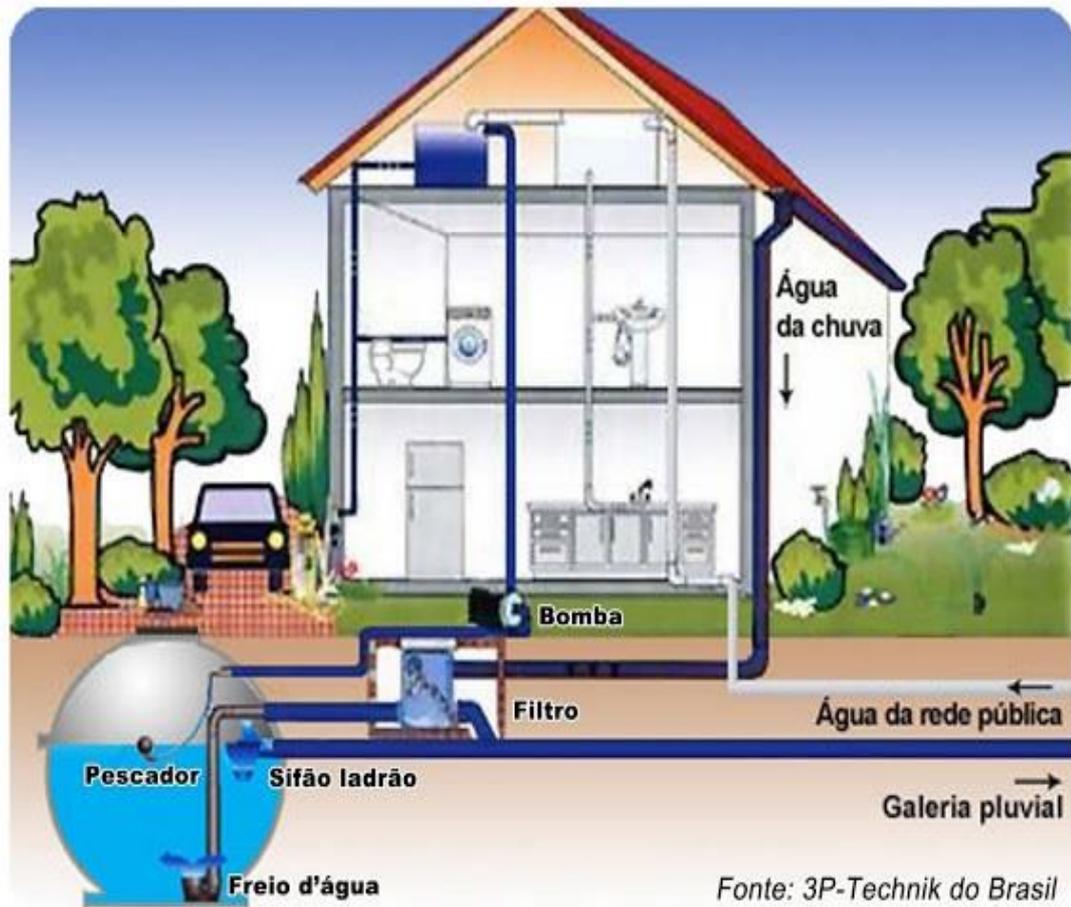
Fonte: TOMAZ, 2007.

1.4 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Um dos sistemas mais convencionais de aproveitamento das águas pluviais baseia-se em captar a água da chuva que cai sobre os telhados, e através das calhas essa água é conduzida até onde será armazenada, usando-se condutores; nesse caminho passa-se por equipamentos como filtros de descarte de impurezas, que após essa etapa, é guardada em reservatório. Um sistema de moto-bomba é utilizado para elevar a água a outro reservatório (esse elevado), onde as tubulações irão distribuí-la para o consumo que não seja potável (CARVALHO, 2010).

A Figura 5 mostra um sistema de aproveitamento de água de chuva em residências.

Figura 5- Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva em Residência



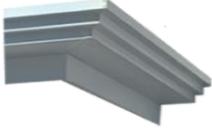
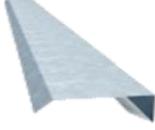
Fonte: OLIVEIRA, 2010

1.4.1 Calhas e Condutores

As calhas são responsáveis para que as águas distribuídas pelo telhado sejam captadas e conduzidas aos condutores verticais e assim ao reservatório. O dimensionamento deve ser feito considerando o volume de água que será captado pelo telhado e a sua inclinação até o condutor vertical. Segundo a norma regulamentadora ABNT NBR 10844 (1989) a declividade mínima para as calhas deve ser de 0,5%.

A figura 6 mostra alguns modelos de calhas.

Figura 6- Alguns modelos de calhas

CALHAS DE BEIRAL (PINGADEIRA)		RUFOS PARA COBERTURAS	
CALHAS COXO		RUFOS PARA DIVISAS	
CALHAS ÁGUA FURTADA		RUFOS PARA MUROS	
CONDUTORES			

Fonte: <http://possetem.com.br/empresa/central-calhas> (2017).

Os equipamentos que atendem as exigências da norma NBR15527/07: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, são: filtro Separador, sifão ladrão, freio de água, conjunto flutuante de sucção, reservatórios.

1.4.2 Filtro Separador de Sólidos

A figura 7 mostra um filtro separador de sólidos.

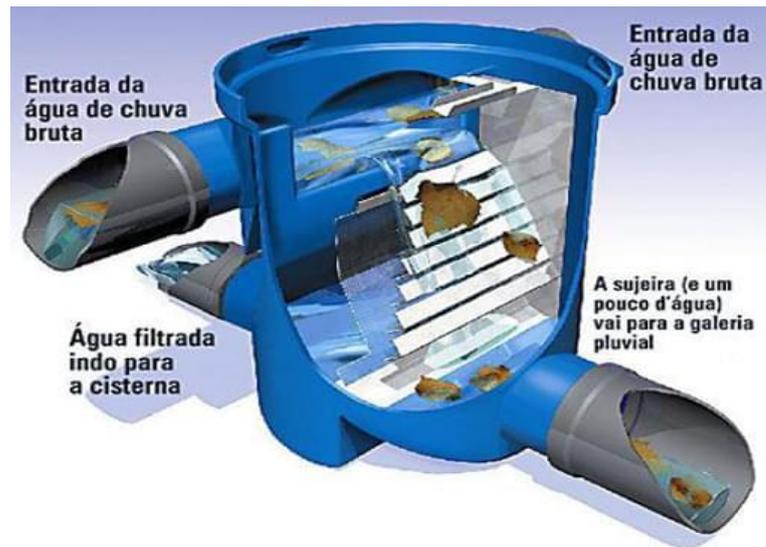
Figura 7- Filtro separador de sólidos



Fonte: OLIVEIRA, 2010.

No filtro de separação, é coletada a água da chuva bruta e filtrada diretamente para o reservatório, enquanto que a sujeira é despejada para a galeria pluvial. Este componente é apoiado sobre o suporte metálico ou enterrado (nesse caso, o filtro é colocado em uma caixa de alvenaria com tampa metálica ou de concreto). É constituído por várias conexões (luvas) de PVC, na dimensão de 100 mm e tem simples manutenção, conforme ilustra a figura 8.

Figura 8– Detalhamento interno do filtro de separação de sólidos



Fonte: OLIVEIRA, 2010.

1.4.3 Sifão Ladrão

O sifão ladrão possui saída de Ø 100 mm e com um formato sifonado ele impede que roedores e insetos entrem para o reservatório. Outra função do sifão ladrão é controlar o nível de água, o que tem por finalidade impedir que o reservatório transborde (CARVALHO, 2010). A figura 9 demonstra tal sifão.

Figura 9– Sifão Ladrão



Fonte: OLIVEIRA, 2010

1.4.4 Freio de Água

O freio de água faz com que a velocidade de entrada da água filtrada seja reduzida, sendo usualmente conectado ao filtro e encontra-se no fundo do primeiro reservatório, tendo a forma apresentado na figura 10 (CARVALHO, 2010).

Figura 10– Freio d'água



Fonte: OLIVEIRA, 2010

1.4.5 Conjunto Flutuante de Sucção

Formado por bóia-mangueira, o conjunto flutuante de sucção fica dentro do reservatório, fazendo a captação da água que está próxima a superfície, encaminhando para a bomba que por sua vez, direciona a água para um segundo reservatório, este elevado e apropriado exclusivamente para receber a água pluvial (CARVALHO, 2010).

Figura 11– Conjunto flutuante de sucção: bóia – mangueira



Fonte: OLIVEIRA, 2010

1.4.6 Reservatórios

O reservatório é um componente muito importante, tendo como base para seu dimensionamento, despesas, gastos de implantação, consumo de água e sua demanda, áreas em que a água será captada, pluviometria e competência requerida para o sistema. A forma como a chuva é distribuída durante o ano também é de grande importância (MARINOSKI, 2007, p. 36).

O dimensionamento deve ser feito de maneira correta para que o sistema não seja inviável. O armazenamento dessa água poderá ser feito para suprir e atender as necessidades para períodos curtos, médios ou longos de estiagem, dependendo dos resultados nos cálculos e das condições locais (MAY et al., 2004).

O reservatório da água de chuva pode ser elevado, no subsolo, ou sobre o solo. O elevado não precisa de bombeamento da água para o abastecimento da residência, porém precisa de uma estrutura para sustentação. Os sobre ou enterrado no solo não necessita dessa estrutura, porém o abastecimento necessita de bombeamento da água (MANO, 2004).

Para evitar que pássaros, insetos e outros animais contaminem a água, o reservatório elevado tem que ficar fechado e ter uma limpeza cotidiana. A tubulação que servirá de saída de água para o consumo tem que estar 10 cm acima da base do reservatório. Fazer uso de uma tubulação de cor diferente separando água pluvial de potável é uma boa ideia (SIMIONI et al. 2004).

Figuras 12,13 e 14 mostram reservatórios (subsolo, no solo e elevado).

Figura 12- Reservatório para água pluvial (subsolo)



Fonte: Acqualimp, (2017).

Figura 13 – Reservatório tanque de fibra de vidro cilíndrico de eixo vertical auto-sustentável (no solo)



Fonte: CARVALHO, 2010

Figura 14- Reservatório superior (elevado)

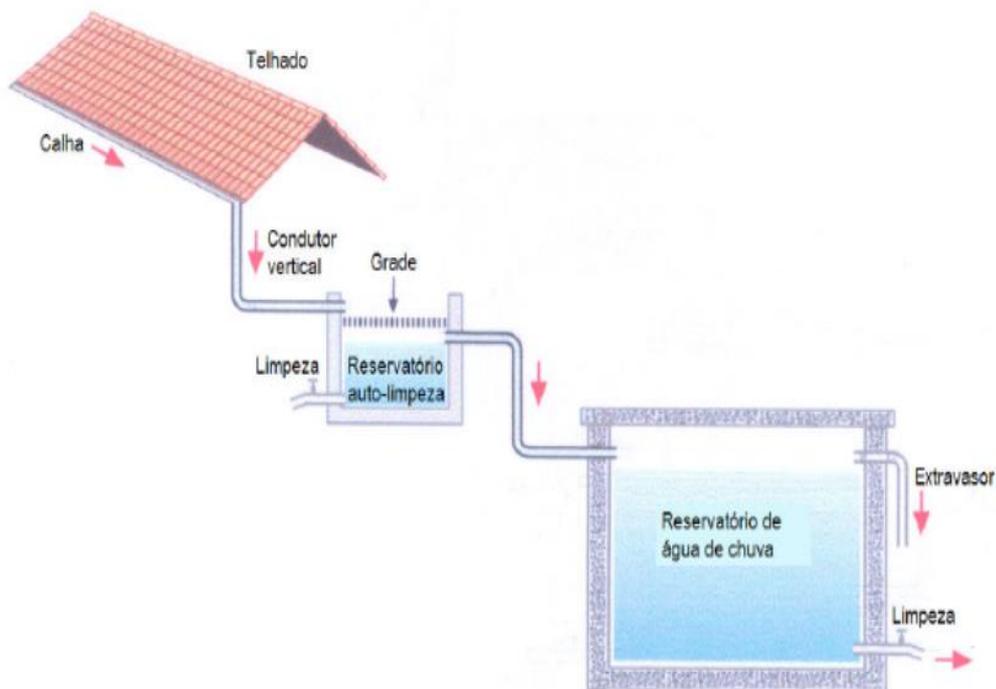


Fonte: Acqualimp, (2017).

A área de captação da chuva, a pluviometria do local e o coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff) são os fatores que servirão de base para o cálculo do quantitativo de água de chuva que será armazenada. A água de chuva que pode ser reaproveitada e a quantidade de água precipitada não são o mesmo, sendo que o fator que indicará porcentagem de água de chuva que será armazenada será o coeficiente de escoamento superficial, considerando a água que será perdida com a limpeza do telhado, evaporação e outros fatores (TOMAZ, 2003).

A figura 15 exemplifica essa questão da limpeza.

Figura 15- Limpeza automática, perda de 20%



Fonte: Acqualimp, (2017).

Os materiais geralmente usados para construção dos reservatórios destinados a armazenar a água pluvial são concreto, madeira, fibra de vidro, aço inoxidável e polietileno. Para se escolher o melhor material, deve-se analisar qual será a destinação desta água armazenada, além de outros critérios como a resistência, a segurança e o custo.

Quando há o uso de cisternas para a armazenagem, a mesma deve ter um poço de visita, com circulação de ar, aparelho para limpeza e um canal de descarga. É recomendado o uso de boias eletrônicas, pois assim o sistema será automatizado. Outra necessidade é a existência de uma bomba de pressurização para a alimentação do reservatório superior, separada da água armazenada para que não haja contaminação (MARINOSKI, 2007).

Bóia eletrônica ilustrada na figura 16.

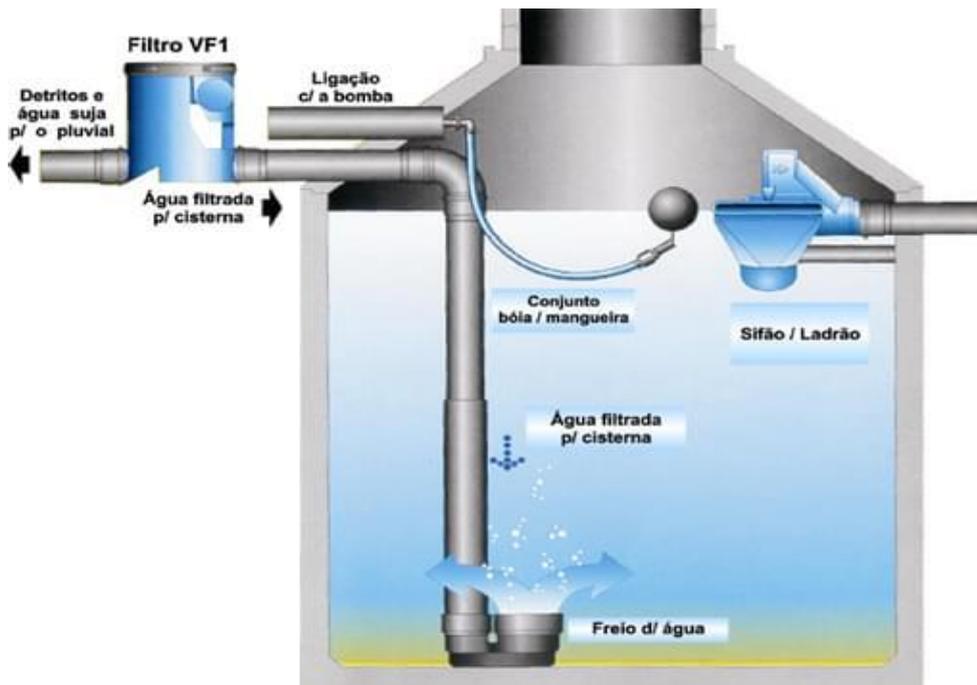
Figura 16- Boia eletrônica de nível



Fonte: <http://www.sabereletrica.com.br/chave-boia> (2017)

Equipamentos citados estão apresentados em conjunto na figura 17.

Figura 17- Reservatório de água com equipamentos de captação de águas pluviais



Fonte: www.aecweb.com.br (2017).

Figura 18– Bomba de sucção usada para bombear água aos reservatórios



Fonte: <http://www.fazfacil.com.br> (2017).

No caso de condomínios ou em instalações industriais e comerciais, existe a necessidade dos equipamentos citados, porém capacitados para captar uma maior quantidade de água e com sistema de bombeamento caso exista necessidade conduzir a água para um nível mais elevado (CARVALHO, 2010, p. 34).

1.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

O reaproveitamento de água é muito importante no âmbito ambiental, porém vale ressaltar as vantagens e desvantagens que o sistema de captação e armazenamento dessa água de chuva gera para o mundo da engenharia.

Vantagens:

- Uso de estruturas já existentes (Telhados, lajes, estacionamentos, entre outros).
- Poucos danos ao meio ambiente comparando com tecnologias usadas no tratamento de água.
- Água relativamente limpa.
- Em casos de emergência haverá água.

- Carga de drenagens e enchentes são reduzidas; diminuição no consumo de água tratada.
- Boa qualidade para muitos objetivos.
- Os próprios usuários podem fazer manutenção, operação e gerenciamento do sistema.
- Propriedades físicas e químicas normalmente superiores à água subterrânea que corre risco de ter sido contaminada.

Desvantagens:

- Não ter reconhecimento como uma opção de abastecimento de água pelo setor público.
- O espaço físico ocupado.
- Variação da intensidade pluviométrica.
- Não normalização e informações no código de obras.
- Pode haver risco para crianças se não projetado adequadamente.
- Com a grande utilização da água dessa fonte pode acontecer o aumento nas tarifas de água tratada (GHISI, 2010).

METODOLOGIA

O tema em estudo trata-se de uma busca de conhecimento, benefícios e soluções para suprir e minimizar o sério problema de falta de água, baseado num sistema de aproveitamento de águas pluviais em residências, seus componentes e suas devidas normas.

O conjunto das técnicas, concepções e diretrizes para criação e dimensionamento desse sistema são regulamentados pela norma brasileira, NBR 15527/07 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.

A elaboração de um projeto desse sistema deve contar com as especificações, pesquisa, análise, cálculos, dimensionamento, desenho de projeto arquitetônico com sua devida área de construção logo de cobertura a que será atribuído o sistema, mas também, além disso, devem conter o levantamento de índices, dados, médias de pluviometria local e consumo per capita de água, tudo isso através de fontes confiáveis de credibilidade. Sendo assim desta forma poderá oferecer viabilidade e sustentabilidade. Apresentando diversas vantagens tais como o uso de estruturas já existentes (Telhados, lajes, estacionamentos, entre outros), em casos de emergência haverá água, diminuição no consumo de água tratada, boa qualidade de uso para muitos objetivos, entre outras.

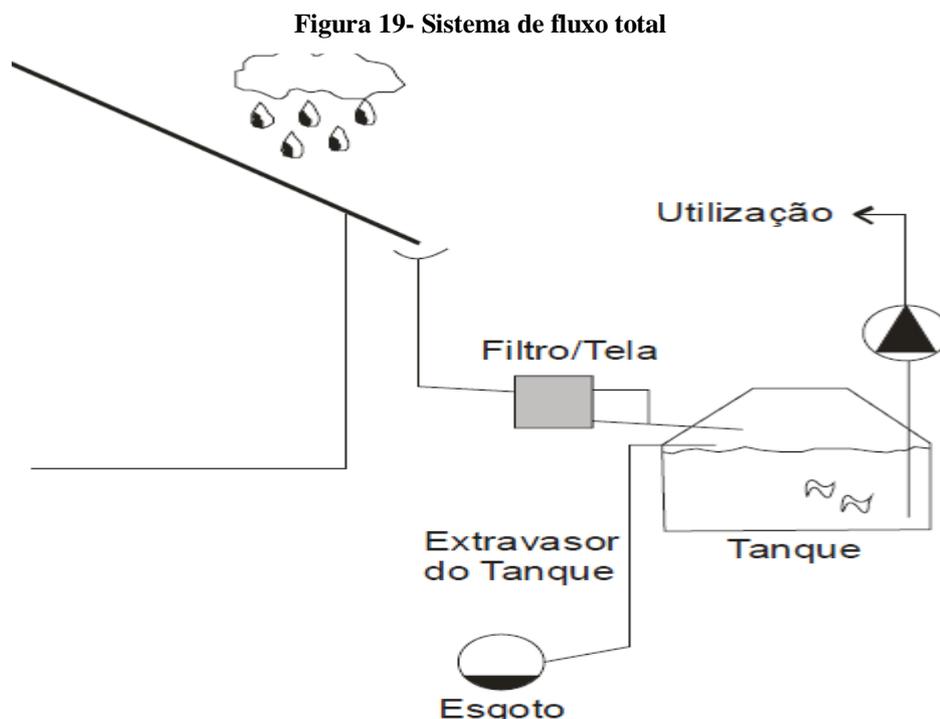
Atualmente seu uso e conhecimento não são de grande costume e escala populacional como deveria ser devido a desprovimento de informação e estudo, conscientização e falta de divulgação.

PROJETO

Este projeto tem como objetivo projetar um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência da cidade de Goainésia-GO e através de cálculos, dimensionamentos e levantamentos de índices demonstrar a economia, vantagens e viabilidades desse sistema para essa determinada região.

A norma regulamentadora é a NBR 15527, intitulada Água de chuva – aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos, contendo em seu anexo seis métodos para o dimensionamento do volume de água do reservatório de armazenamento de água de chuva, sendo eles: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Conforme essa norma é de livre decisão de projetista a escolha do método, desde que esse atenda os critérios técnicos, econômicos e ambientais.

O sistema empregado será o de fluxo total, que conforme já detalhado antes, baseia-se na condução de toda água captada até o reservatório. A água que vem das calhas, chega a tubulação, passa por um filtro, chegando assim ao reservatório, e com instalação de um extravasor, o possível volume excedente vai direto para coleta de esgoto pluvial, conforme exemplificado pela figura 19.



Fonte: Herrmann e Schmida, 1999.

1.1 ARQUITETURA DA RESIDÊNCIA

A edificação para qual foi elaborado este projeto, trata-se de um projeto residencial para a cidade de Goianésia, Goiás. A residência foi projetada para residir seis moradores, a mesma conta com um lote de 360,00 m², sendo destes 211,22 m² de área construída, 148,78 m² de área de permeabilidade, contabilizando assim uma taxa de ocupação de 58,67% e a taxa de permeabilidade 41,33.

O quadro 01 ilustra as áreas e taxas da obra com as devidas informações e dados.

Quadro 1- Áreas e taxas da obra

ÁREAS (M ²)		TAXAS (%)	
Área do terreno	360,00 m ²	Ocupação	58,67%
Área construída	211,22 m ²	Permeabilidade	41,33%
Área de permeabilidade	148,78 m ²		

Fonte: Próprio autor, 2017.

O projeto arquitetônico detalhado da residência, contendo a planta baixa e a planta de cobertura encontra se nos APÊNDICES A e B deste trabalho.

1.2 PRECIPITAÇÃO EM GOIANÉSIA

A precipitação do local é um índice determinante para o sistema, principalmente para dimensionamento do reservatório, pois as chuvas influenciam diretamente nesse projeto.

A tabela 1 demonstra as precipitações médias anuais na cidade de Goianésia no período de 2011 a 2016.

Tabela 1- Precipitação média anual de Goianésia 2011 a 2016

ANO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MM/ANO	1278	877	1613	952	1097	1110

Fonte: INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, 2016.

Conforme esse dados, pode-se obter uma precipitação média anual para cidade de Goianésia de 1157,5 mm/ano.

A tabela 2 apresenta as médias mensais de chuvas para a cidade de Goianésia no período de 2011 a 2016.

Tabela 2- Precipitação média mensal de Goianésia 2011 a 2016

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MM/MÊS	232,2	109,5	135,5	61,5	26,3	3,17	0,33	1,5	31	103,5	256,7	193,3

Fonte: INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, 2016.

Nota-se uma situação preocupante de uma queda drástica da chuva na região, compreendida em um período de 6 meses, na faixa de abril e setembro, o que pode ser alarmante no dimensionamento do reservatório, pois pode afetar na oferta de água desse sistema.

1.3 CONSUMO DE ÁGUA EM GOIANÉSIA

A tabela 3 mostra o consumo per capita (l/hab.dia) de água potável na cidade de Goianésia durante período de 2010 a 2013.

Tabela 3- Consumo per capita de água em Goianésia de 2010 a 2013

ANO	2010	2011	2012	2013
L/HAB.DIA	132	125,4	126,4	124

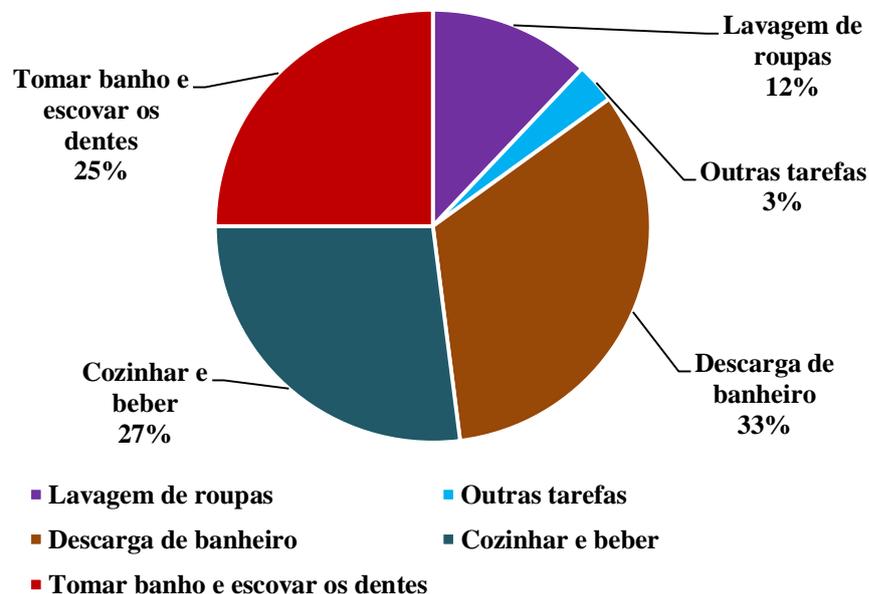
Fonte: SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2014.

De acordo com os dados da tabela 3, o consumo médio per capita de água potável em Goianésia é de aproximadamente 126,95 litros/hab.dia, sendo de grande importância tal informação, pois demonstra o perfil que tem o usuário do sistema a ser dimensionado.

1.4 USO GERAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIA

Obter os dados de uso de água para cada fim na residência é de grande importância, pois servirá para o cálculo do reservatório e representará a parte de consumo dos habitantes da residência que terá que ser armazenada.

A figura 20 mostra o consumo per capita de água diário no Brasil.

Figura 20- Média do consumo diário de água por pessoa no Brasil

Fonte: Revista O Globo, (2004).

Baseado nesses dados, pode-se contabilizar o percentual de água potável no consumo diário da população, que são destinados à cozinhar, beber, tomar banho e escovar os dentes,

representando um total de 52%, que corresponde exatamente àquela parte que deve ser fornecida pela água tratada.

O restante das atividades compreende um total de 48%, no qual pode-se utilizar a água não potável, desde que a mesma seja corretamente filtrada pelo filtro separador de sólidos (O GLOBO, 2016).

1.5 CALHAS E CONDUTORES

As calhas e condutores horizontais e verticais muitas das vezes já existem na obra a ser implantado o sistema, principalmente o caso das calhas, onde ambos têm que atender a ABNT NBR 10844/ 89 quanto ao dimensionamento, que é ponto fundamental em vazões de pico para certo período de retorno selecionado (TOMAZ, 2007).

1.5.1 Vazão da Calha

De acordo com a ABNT NBR 10844/ 89, a vazão na calha é dada pela equação (1).

$$Q = I \times A / 60 \quad (1)$$

Sendo:

Q= vazão de pico (litros/min)

I= intensidade pluviométrica (mm/h)

A= área de contribuição (m²)

O valor da intensidade pluviométrica usada frequentemente para pré-dimensionamento é de 150 mm/h (cento e cinquenta milímetros por hora).

Com base nessas informações e em dados já adquiridos anteriormente, pode-se calcular qual a vazão que as calhas devem suportar.

$$Q = 150 \times 211,22 / 60 = 528,05 \text{ l/min.}$$

A calha terá uma vazão de aproximadamente 528,05 l/min (quinhentos e vinte oito litros por minutos).

1.5.2 Dimensionamento da Calha

Para o dimensionamento da calha, usa-se a forma de Manning, apresentada pela equação (2): (TOMAZ, 2007).

$$Q = 60000 \cdot \frac{A}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2)$$

Onde:

Q= vazão de pico (L/min)

A= área da seção molhada (m²)

n= coeficiente de rugosidade de Manning. Para concreto n=0,013 e para plástico n=0,011.

R= raio hidráulico (A/p)

p= perímetro molhado (m)

S= declividade da calha (m/m)

Para obtenção dos cálculos deve-se saber a declividade, altura e largura das calhas a serem usadas.

O quadro 2 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Quadro 2- Coeficientes de rugosidade

MATERIAL	COEFICIENTE (N)
Plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre, latão	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: TOMAZ, 2009

1.5.3 Condutores Horizontais

Esses condutores são calculados para lâmina de 2/3 do diâmetro, no caso 0,67 diâmetro.

Podendo ser dimensionados conforme a tabela 4 da ABNT NBR 10.844/89, o diâmetro é definido a partir da rugosidade, da declividade adotada e da vazão necessária.

Tabela 4- Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em l/min)

DIÂMETRO (MM)	N= 0,011				N= 0,012				N= 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	242	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT NBR 10844/89.

1.5.4 Conductor Vertical

O modo de dimensionar esses condutores é pela área máxima do telhado em função do diâmetro, a tabela 5 mostra isso.

Tabela 5- Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular

DIÂMETRO DO CONDUTOR VERTICAL (MM)	ÁREA MÁXIMA DE TELHADO (M ²)
50	13,6
75	42,0
100	91,0
150	275,0

Fonte: TOMAZ, 2007.

1.6 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

As instalações prediais hidráulicas de água fria devem atender a norma ABNT NBR 5626/98. O correto é que as tubulações e outros itens devem ser visivelmente distinguidas das tubulações de água potável. Para isso pode se utilizar cores diferentes.

Os sistemas de distribuições das águas devem ser distintos, ficando um sistema independente para água potável, e outro para água não potável, impedindo a conexão cruzada e correspondendo corretamente a norma ABNT NBR 5626/98.

O ideal é que se tenham dois reservatórios, ficando um para água potável e outra para água não potável, esse que se destinará ao uso da água da chuva.

1.7 QUALIDADE DA ÁGUA

O projetista terá a opção sobre os termos de condição das águas pluviais não potáveis no ponto de uso, podendo ser determinado cloração ou não, podendo também fazer uso do quadro para monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva, ilustrada no quadro 3.

Quadro 3- Parâmetros de qualidade de água para uso não potável

PARÂMETRO	ANALISE	VALOR
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT para uso menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
Deve ter ajuste de pH para redes de distribuição, caso Necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: TOMAZ, 2007.

1.8 BOMBEAMENTO

O bombeamento tem que atender a norma ABNT NBR 12214/92, sempre que for necessário o seu uso, sempre observando as indicações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas e escolha do aglomerado motor bomba.

1.9 MANUTENÇÃO

Aconselha-se efetivar a manutenção em todo o sistema conforme o quadro 4.

Quadro 4- Sugestão de frequência de manutenção no sistema

COMPONENTE	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte do escoamento inicial automático	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 ou 3 vezes por ano
Desinfecção com derivado clorado	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: TOMAZ, 2007.

1.10 ÁGUA CAPTADA E ÁGUA APROVEITÁVEL DA CHUVA

O volume de captação da água da chuva será dado pela equação (3):

$$V_{\text{cap}} = P \times A \quad (3)$$

Onde:

V_{cap} = é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva captada bruta.

P = é a precipitação pluviométrica da localidade média anual, mensal ou diária (mm = litros/m²);

A = é a área de coleta (m²).

Sendo assim com base nos dados:

$$V_{\text{cap}} = 1157,95 \times 211,22 = 244582,2 \text{ l/ano}$$

O volume de água bruta captada anualmente pelo telhado será de aproximadamente 244582,2 l (duzentos e quarenta e quatro mil quinhentos e oitenta e dois litros por ano).

Para se saber o volume de água da chuva que terá real proveito, deve-se ter como consideração as perdas que ocorrem no processo de captação e reserva dessa água, tais como evaporação, quantidade de água que deverá ser descartado no começo de cada precipitação para ocorrer a retirada de resíduos sólidos e matérias orgânicas, dentre outros fatores; isso tudo reduz o volume de água aproveitável da chuva, chamado de *First Flush*. O volume de água pluvial captado que será aproveitado é calculado pela equação (4) (ABNT, 2007) a seguir:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação} \quad (4)$$

Onde:

V = é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva captado aproveitável;

P = é a precipitação pluviométrica da localidade média anual, mensal ou diária (mm = litros/m²);

A = é a área de coleta (m²);

C = é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura ou coeficiente de runoff, geralmente usado 0,95; (TOMAZ, 2009)

η fator de captação = eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte do *first flush*. (ABNT, 2007)

Segundo Tomaz (2009), o valor a ser adotar pela multiplicação do coeficiente de escoamento superficial (C), pelo fator de captação (η) para telhas metálica é de 0,80.

Sendo assim com base nos dados:

$$V = 1157,95 \times 211,22 \times 0,8 = 195665,76 \text{ l/an}$$

O volume de água captada aproveitável anualmente será de aproximadamente 195665,76 l/an (cento e noventa e cinco mil seiscentos e sessenta e cinco litros por ano).

Usando a mesma equação e com as médias pluviométricas mensais da tabela 2 pode-se calcular a média mensal de captação de água pluvial aproveitável, conforme ilustra a tabela 6.

Tabela 6- Média mensal de captação de água pluvial aproveitável

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MM/MÊS	39,24	18,50	22,90	10,40	4,44	0,35	0,06	0,25	5,23	17,48	43,38	32,66

Fonte: Própro autor, 2017

Como já visto anteriormente a média de consumo de água é de aproximadamente 126,95 l/hab.dia, logo 3808,5 l/hab.mês, para essa residência com 6 moradores 22851 litros de água consumida por mês, levando em conta que 48% dessa água pode ser substituída por água de chuva temos uma demanda mensal de 10968,48 l para uso não potável, sendo assim conforme a tabela acima somente o volume de captação dos meses de abril até setembro não são suficientes para suprir a demanda de água não potável destes mesmos meses, mas isso não será problema já que a captação dos meses que antecedem é capaz de suprir com sobra e assim complementarem a demanda desses seis meses de pouca ou nenhuma chuva.

1.11 RESERVATÓRIO DO PROJETO

A água da chuva deve ser armazenada em reservatórios que garantam um padrão de qualidade, evitem possíveis problemas de contaminação e estanqueidade. Podendo ser construídos com vários tipos de materiais tais como aço, concreto, fibra de vidro, polietileno, madeira, dependendo dos custos, uso e capacidade (FERREIRA, 2005).

Conforme a norma ABNT NBR 5626/98, esses reservatórios tem que ser limpos e desinfetados com solução de derivado clorado, ao menos uma vez por ano, e a água guardada tem que ser tampada de forma que não entre em contato direto à luz solar e calor, devendo também se protegida contra contato com animais que possam entrar no reservatório pela tubulação de saída (TOMAZ, 2007).

O reservatório será dimensionado dependendo primeiramente da quantidade de água potável que será substituída por água da chuva, além da precipitação pluviométrica local, a área de captação, o número de moradores da residência e demandas de água potável e pluvial (GHISI, 2006b), junto com coeficientes de perdas que consideram o desperdício no descarte para limpeza, filtragem e captação.

1.11.1 Dimensionamento do Reservatório

Para calcular o dimensionamento do reservatório de água de chuva, foi usado o método Azevedo Neto da NBR 15527/07, onde é empregada a equação (5) para o dimensionamento do reservatório do sistema para aproveitamento e armazenamento da água da chuva para fins não potáveis (ABNT, 2007).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (5)$$

Onde:

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

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

A = é a área de captação, em metros quadrados (m²);

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

Com base na precipitação média mensal em Goianésia de 2001 a 2016, o período de poucas chuvas ou seca (T) é de 6 meses. Sendo assim com base nos dados e cálculos:

$$V = 0,042 \times 1157,5 \times 211,22 \times 6 = 61610,76 \text{ litros (61,61 m}^3\text{)}$$

Utilizando o método de dimensionamento de Azevedo, o volume de água do reservatório será de aproximadamente 61610,76 l (sessenta e um mil seiscentos e dez litros de água).

Considerando os dados de uso de água potável, a água a ser substituída será nas descargas de banheiro (33%), lavagem de roupas (12%) e outros (3%), totalizando um valor de 48% correspondente a água potável a ser substituída pela água da chuva.

Para o cálculo do reservatório superior adota-se a equação (6), apresentada por Heberon et al (2009):

$$RS = NM \times CA \times P_{\text{asub}} \quad (6)$$

Onde:

RS = volume de água do reservatório superior para uso de um dia em litros (L)

NM = número de moradores na residência

CA = consumo médio per capita de água na cidade de Goianésia em litros/hab/dia.

P_{asub} = porcentagem da água potável que poderá ser substituída por água de chuva.

Sendo assim:

$$RS = 6 \times 126,95 \times 0,48 = 365,62 \text{ l}$$

O reservatório superior devera ter capacidade aproximada de 366l (trezentos e sessenta e seis litros de água).

1.12 TARIFAS DE ÁGUA EM GOIANÉSIA

O quadro 5 mostra o valor da tarifa do metro cúbico de água tratada em uma residência normal na cidade de Goianésia.

Quadro 5- Tarifa de água na cidade de Goianésia

CATEGORIA	FAIXAS DE CONSUMO (M ³ /MÊS)	TARIFAS DE ÁGUA (R\$/M ³)	TARIFAS DE ESGOTO (R\$/M ³)
Residência normal	1 – 10	4,06	4,06
	11 – 15	4,59	4,59
	16 – 20	5,25	5,25
	21 – 25	5,96	5,96
	26 – 30	6,74	6,74
	31 – 40	7,68	7,68
	41 – 50	8,68	8,68
	+ 50	9,90	9,90

Fonte: Companhia Saneamento de Goiás S.A. – Saneago, 2017.

1.13 LEVANTAMENTO DO CONSUMO ANUAL DE ÁGUA TRATADA EM GOIANÉSIA

Sabendo-se que a média do consumo diário de água em uma residência em Goianésia é de aproximadamente 126,95 litros/hab./dia e que possui 6 moradores na mesma consumindo assim um total de 761,7 litros de água tratada por dia, tendo assim uma demanda de água tratada mensal de 22851 litros e uma demanda de água anual tratada de 274212 litros, sendo assim a demanda anual de consumo de água tratada gasta na residencia é resultado da multiplicação da média do consumo diário de água tratada em litros, pelo número de moradores na casa e pelo número de dias no ano, conforme ilustra a tabela 7.

Tabela 7- Gasto anual de água tratada (litros)

MEDIA CONSUMO DE ÁGUA EM GOIANÉSIA (L/HAB. DIA)	NÚMEROS DE MORADORES	DIAS DO ANO	GASTO ANUAL DE ÁGUA TRATADA (LITROS)
126,95	6	360	274212

Fonte: Autor, 2017.

1.14 LEVANTAMENTO DA MÉDIA ANUAL DE GASTOS COM ÁGUA TRATADA

Tendo em mãos os valores do volume da água e da taxa de esgoto, repassados pela Companhia Saneamento de Goiás S.A. – Saneago 2017, descobrimos o valor do consumo de água tratada.

Então, o valor de gastos de água tratada nessa residencia é resultado da multiplicação da demanda de consumo anual de água tratada, em metros cúbicos (m³), pelo valor cobrado pela SANEAGO do metro cúbico de água fornecida e da taxa de esgoto (que se encontra entre 21 e 25 metros cúbicos de consumo por mês), onde o valor do m³ da água tratada é de R\$ 5,96 (cinco reais e noventa e seis centavos). O valor do m³ da coleta, afastamento e tratamento de esgoto cobrado é também de mesmo valor da água tratada, onde foi obtida uma despesa anual no valor de R\$ 3268,58 (tres mil duzentos e sessenta e oito reais e cinquenta e oito centavos) por ano com o consumo de água tratada, conforme mostra a tabela 8.

Tabela 8- Valores estimados de gastos com água tratada durante o período de um ano em (R\$)

GASTO ANUAL DE ÁGUA TRATADA (M ³)	VALOR DA TARIFA (R\$/M ³)	VALOR DA TAXA DE AFASTAMENTO/COLETA/TRATAMENTO DE ESGOTO (R\$/M ³)	VALOR TOTAL/ANO (R\$)
274,21	5,96	5,96	3268,58

Fonte: Companhia Saneamento de Goiás S.A. – Saneago, 2017.

1.15 VOLUME TOTAL DE ÁGUA TRATADA QUE PODERÁ SER SUBSTITUÍDO

Já que 48% da água tratada dessa residência pode ser substituído pela água da chuva e o consumo na residência é de aproximadamente 761,7 litros por dia, logo 274212 litros por ano como já foi mostrado anteriormente, então temos uma economia de aproximadamente 365,62 litros no uso de água tratada por dia, totalizando 10968,48 litros por mês e 131621,76 litros por ano, valor esse que se refere a quantidade de água que poderá ser economizado (substituído) no consumo de água tratada. Para se chegar a esse valor foi multiplicado o consumo de água tratado pela porcentagem de água que pode ser aproveitável para uso não potável, como mostra na tabela 9.

Tabela 9- Volume total de água tratada que pode ser substituído (L/ANO)

GASTO ANUAL DE ÁGUA TRATADA (LITROS)	PORCENTAGEM DE ÁGUA PARA USO NÃO POTÁVEL (%)	TOTAL DE ÁGUA TRATADA QUE PODE SER SUBSTITUÍDO (L/ANO)
274212	48	131621,76

Fonte: Próprio autor, 2017.

Percebe-se que a quantidade de água aproveitável possível de ser captada nessa residência, que é de aproximadamente 195665,76 litros por ano, será capaz de suprir 100%, da água tratada empregada nas atividades não potáveis, isso está ligado diretamente a média pluviométrica local e também do tamanho da área de captação (telhado).

1.16 ECONOMIA DE GASTOS COM ÁGUA TRATADA

Considerando o gasto médio que se tem na residência em questão de água tratada por mês, que se encontra entre 21 e 25 m³ a tarifa de água e de esgoto que se aplica a esse consumo é de R\$ 5,96/M³ (cinco reais e noventa e seis centavos por metros cubico de água tratada consumida) conforme já visto no quadro 5.

Com base nos resultados anteriores, tendo em mão os valores do m³ da água e da taxa de esgoto, repassados pela Companhia Saneamento de Goiás S.A. – Saneago 2017, é possível saber o valor em reais que se obtém de economia por ano, no gasto de água tratada, aproveitando-se da água da chuva captada, conforme se apresenta na tabela 10.

Tabela 10- Valor a ser economizado por ano com a captação da água de chuva, levando em consideração o potencial aproveitável de captação da residência (R\$)

VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA CAPTADO APROVEITÁVEL POR ANO (M ³)	VALOR DA TARIFA (R\$/M ³)	VALOR DA TAXA DE AFASTAMENTO/COLETA/TRATAMENTO DE ESGOTO (R\$/M ³)	ECONOMIA/ANO (R\$)
195,67	5,96	5,96	2332,39

Fonte: Companhia Saneamento de Goiás S.A. – Saneago, 2017.

Sendo assim, ao se utilizar o total de água captada de 195,67 metros cúbicos (m³) por ano, nota-se que o sistema poderá beneficiar uma economia aproximada de 71% (setenta e um por cento) sobre o total consumido no ano, reduzindo o gasto no consumo de água tratada no período de um ano de 3268,58 (três mil duzentos e sessenta e oito reais e cinquenta e oito centavos) para R\$ 936,20 (novecentos e trinta e seis reais e vinte centavos) por ano.

Porém a porcentagem máxima que pode ser aplicado à água tratada empregada nas atividades não potáveis e substituída pelo uso de água de chuva é de 48% (quarenta e oito por cento) que se refere a 131621,76 litros ou 131,62 metros cúbicos por ano, como já visto antes aqui, então levando isso em conta a economia que o sistema poderá fornecer é aproximadamente de R\$ 1568,90 (mil quinhentos e sessenta e oito reais e noventa centavos), tal valor é encontrado através da multiplicação do volume máximo de água tratada que pode ser substituído por água captada da chuva pelo valor da tarifa de água e de esgoto que é R\$ 5,96 (cinco reais e noventa e sei centavos) para ambas, como mostra a tabela 11.

Tabela 11- Valor a ser economizado por ano com o sistema de captação de água de chuva, levando em consideração o volume máximo de água tratada que pode ser substituído por água de chuva (R\$)

VOLUME MÁXIMO DE ÁGUA TRATADA QUE PODE SER SUBSTITUÍDO POR ÁGUA DE CHUVA (M ³)	VALOR DA TARIFA (R\$/M ³)	VALOR DA TAXA DE AFASTAMENTO/COLETA / TRATAMENTO DE ESGOTO (R\$/M ³)	ECONOMIA/ANO (R\$)
131,62	5,96	5,96	1568,91

Fonte: Companhia Saneamento de Goiás S.A. – Saneago, 2017.

Tal economia faz com que o gasto anual com água tratada desta residência diminua de aproximadamente 3268,58 (três mil duzentos e sessenta e oito reais e cinquenta e oito centavos) para aproximadamente R\$ 1699,67 (mil seiscentos e noventa e nove reais e sessenta e sete centavos) por ano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão do reaproveitamento da água está na própria importância de sustentabilidade dos recursos naturais. Tendo base os estudos efetuados, pesquisas e referenciais bibliográficos sobre o sistema de aproveitamento da água pluvial, têm em vista a necessidade da água.

Em presença de tal importância no decorrer deste trabalho, encontramos a problemática da escassez, que piora cada vez mais com o passar do tempo, necessitando o estudo, elaboração e desenvolvimento de novos recursos e técnicas de modo a minimizar o consumo de água tratada, em busca de tornar mínimo o problema descrito.

Diante disso se tem a ideia da elaboração do sistema de reaproveitamento de águas pluviais, com objetivo de proporcionar algumas mudanças satisfatórias em relação ao uso de água tratada. Essa água é usada em muitas finalidades que pode ser substituída pela água da chuva, como descargas de banheiros, lavagem de roupas entre outros, objetivando assim direcionar o uso da água tratada para outros fins, gerando sustentabilidade e economia com a diminuição no consumo de água potável.

Em cima de resultados obtidos com os devidos cálculos e pesquisas bibliográficas, esse sistema fornece uma economia de aproximadamente 48% (quarenta e oito por cento) no consumo de água tratada, e a aplicação do sistema de captação para essa residência permitiria uma estimativa de economia no consumo anual de água tratada de aproximadamente 131.621 litros (cento e trinta e um mil seiscientos e vinte e um litros), assim a água tratada fornecida deixaria de ser utilizada quase que pela metade, já que a captação do sistema é suficiente para suprir toda a necessidade no uso de atividades não potáveis a que se refere anteriormente. Isso se tem com base em levantamentos de índices pluviométricos médios anuais e em consumo médio per capita de água na cidade de Goianésia-GO, no qual esses dados analisados demonstram grande importância numa implantação desse sistema de captação.

Sendo assim o atual estudo demonstra que o aproveitamento da água da chuva proporciona preservação de recursos hídricos, economia no consumo de água potável, além logicamente, de benefícios sociais e ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. In: MACHADO, C. J. S. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: limites, Alternativas e Desafios**. Revista Ambiente & Sociedade – Vol. VI nº. 2 jul. /dez. 2003.

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

_____ **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

_____ **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

_____ **NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

CAMPOS, M. A. S.; EHRNANDES, A. T.; AMORIM, S. V. de. **Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto**. Departamento de Eng. Civil da UFSCar. São Carlos-SP: 2003.

CARVALHO R. De S. **POTENCIAL ECONÔMICO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA A REGIÃO URBANA DE LONDRINA**, 2010.

FERREIRA, D.F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis-SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

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.

GHISI, E. **Aproveitamento e uso racional de água e tratamento de efluentes: especialização em arquitetura sustentável e bioclimática**, abril de 2010 à out de 2011. 17 f. 2010. Notas de Aula. Mimeografado.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilisation in germany: efficiency dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. UrbanWater, 1999.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: 25 out. 2017.

MACHADO, C. J. S. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: limites, Alternativas e Desafios.** *Revista Ambiente & Sociedade* – Vol. VI nº. 2 jul./dez. 2003.

MANO, R. S. **Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

MARINOSKI, A. K. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS – SC.** TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO apresentada a UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL. 2007

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais....CD Rom, 2004.

HEBERSON, A. S.; MARCÓRIO, I. A.; RIBEIRO, R. Z. **ESTUDO DE METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.** PROJETO FINAL APRESENTADO À ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ENGENHEIRO CIVIL. 2009.

O GLOBO. **Distribuição do consumo diário de água por pessoa no Brasil.** Disponível em: <oglobo.globo.com>. Acesso em: 07 jun. 2016.

OLIVEIRA, Marta. **Aproveitamento de água pluvial (das chuvas).** 2010. Disponível em: <http://construindosustentavel.blogspot.com.br/2010/04/aproveitamento-de-agua-pluvial-das.html>. Acesso em 21 de junho de 2017.

OLIVEIRA T. D.; CHRISTMANN S. S. ; PIEREZAN J. B. **APROVEITAMENTO, CAPTAÇÃO E (RE) USO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA ARQUITETURA,** 2015. Disponível em < file:///C:/Users/Eric%20Jhonson/Downloads/1933-5738-1-PB%20(1).pdf >. Acesso em 20 de maio de 2017

PENA, Rodolfo F. Alves. **Escassez de água no Brasil;** *Brasil Escola.* Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/escassez-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em 20 de maio de 2017.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Aproveitamento da água das chuvas;** *Brasil Escola.* Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/biologia/aproveitamento-agua-das-chuvas.htm>>. Acesso em 20 de maio de 2017.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. **Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso.** CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais.... CD Rom, 2004.

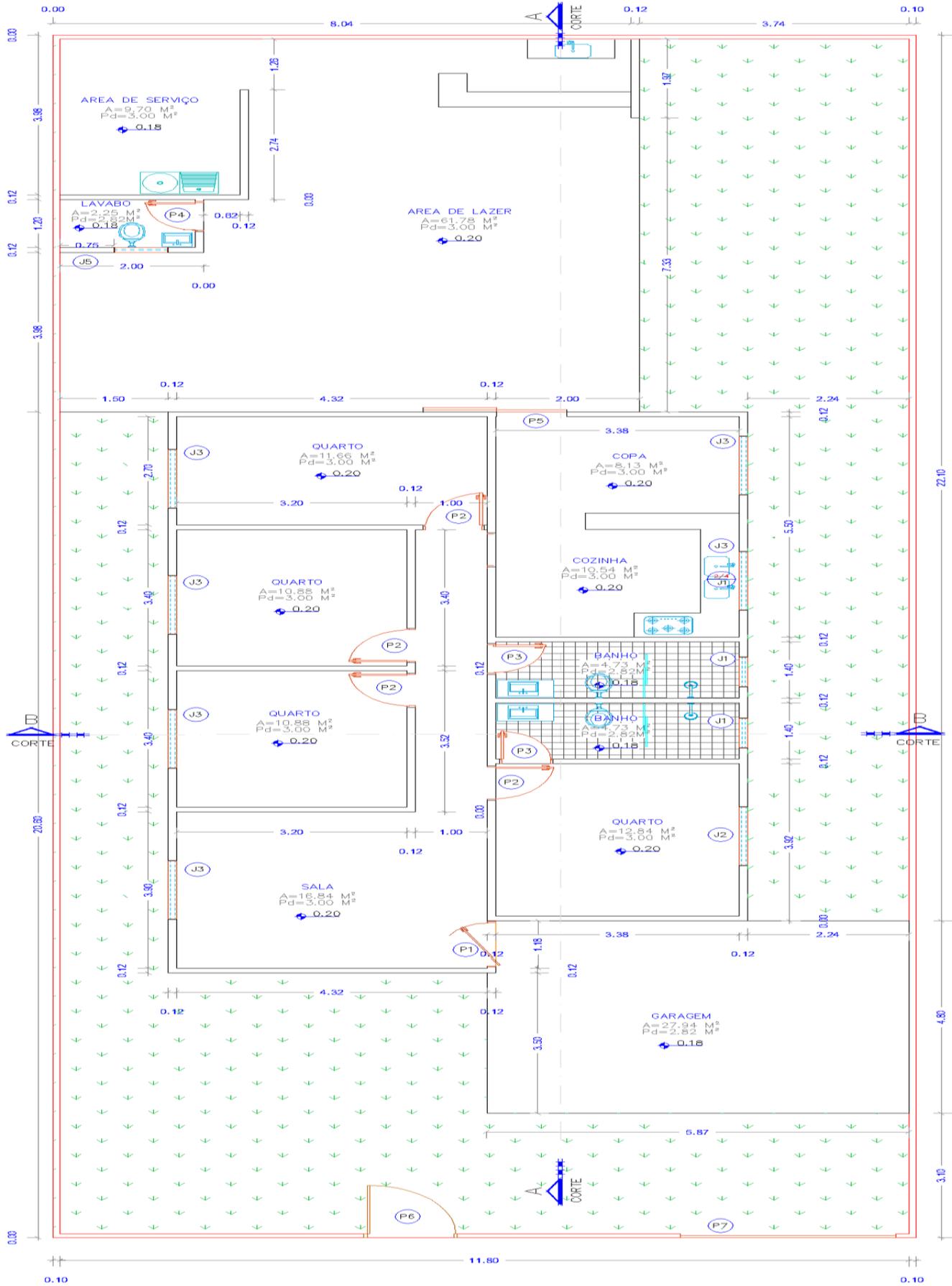
TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis.** 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis – Diretrizes básicas para um projeto.** Belo Horizonte - MG, 2007. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em 30 de out. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não Potáveis.** Navegar Editora, São Paulo, 2003.

VASCONCELOS, Leonardo F.; FERREIRA, Osmar M. **Captação de água de chuva para o uso domiciliar: estudo de caso, 2007.** Disponível em <<http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/CAPTA%C3%87%C3%83O%20DE%20C3%81GUA%20DE%20CHUVA%20PARA%20USO%20DOMICILIA R.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2017.

APÊNDICE A — PLANTA BAIXA



APÊNDICE B — PLANTA DE COBERTURA

