

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS SERTÃO

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

IAGO JOSÉ DE LIMA SILVA

**Análise Quantitativa das Primeiras Águas de Chuva para Fins Não
Potáveis na Cidade de Delmiro Gouveia-AL**

Delmiro Gouveia - AL

2019

IAGO JOSÉ DE LIMA SILVA

**Análise Quantitativa das Primeiras Águas de Chuva para Fins Não
Potáveis na Cidade de Delmiro Gouveia-AL**

Trabalho de Conclusão
apresentando ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal de Alagoas –
UFAL, Campus do Sertão, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da
Silva Pereira

Delmiro Gouveia - AL

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

S586a Silva, Iago José de Lima

Análise quantitativa das primeiras águas de chuva para fins não potáveis na cidade de Delmiro Gouveia - AL / Iago José de Lima Silva. – 2019.

53 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Recursos hídricos. 2. Águas pluviais. 3. Aproveitamento de água. 4. Delmiro Gouveia – Alagoas. 5. Sustentabilidade. I. Título.

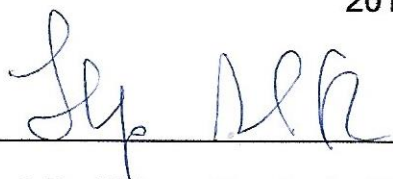
CDU: 628.1(813.5)

Folha de Aprovação

IAGO JOSÉ DE LIMA SILVA

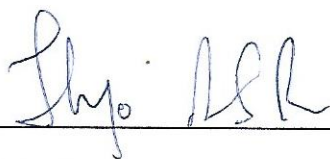
Análise Quantitativa das Primeiras Águas de Chuva para Fins Não Potáveis na Cidade de Delmiro Gouveia-AL

Trabalho de conclusão de curso
submetido a banca examinadora do Curso
de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas – UFAL, Campus do
Sertão e aprovado dia 01 de novembro de
2019.

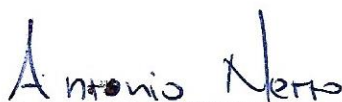


Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL, (Orientador)

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL, (Orientador)



Prof. Dr. Antônio Pedro de Oliveira Netto, UFAL, (Examinador Interno)



Msc. Clênio da Silva Santana (Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

Á Deus.

Aos meus pais e minha irmã.

A minha companheira.

Aos familiares e amigos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, paciência e perseverança para superar os momentos difíceis que ultrapassei nessa jornada em Delmiro Gouveia, para realizar o sonho de ser engenheiro civil.

A minha mãe Cléris por todo o amor que sempre me deu e por ser meu grande exemplo na área acadêmica.

Ao meu pai Ivan por ter me incentivado de todas as formas possíveis e por todo o apoio nos bons e maus momentos.

A minha irmã Iona que depositou toda sua confiança na realização do meu sonho.

A minha companheira Vanessa por todo amor e que durante o tempo de graduação tornou-se minha confidente e conselheira, me ajudando em todos os momentos.

Aos amigos das republicas que passei, em especial as republicas fénix e fraternidade beta, onde pude conviver com os amigos: Ricardo, Welton, Felipe, Randinho, Danilo, Juliano, Dario, Plínio e Diógenes, como também a Fatima, Nené, Poliana, Jaine e Isabel por cuidarem de todos nós nas repúblicas.

Aos amigos de graduação e de centro acadêmico: Ulisses, Joana, Gutierrez, Vitor, Anne, Bela, Joyce, Luana, Igor, Ananda e Giselle.

A todos os mestres que tive na vida, do jardim de infância a monografia.

A todos os funcionários que fazem o Campus Sertão acontecer.

Ao meu orientador, Thiago Alberto por toda paciência e dedicação que se transformaram em ensinamentos ao longo desse trabalho.

A todos os familiares e amigos que torceram por mim e que de alguma forma contribuirão na minha graduação.

RESUMO

Tendo em vista o crescimento populacional desordenado nos centros urbanos que acarreta em consequências negativas, como falta de recursos naturais, a água se torna, cada vez mais, um bem limitado. Faz-se necessário, portanto, estudos que abordem novas técnicas de economia do consumo de água potável visando sua preservação e conservação, desse modo, os sistemas de captação de água pluvial são uma tecnologia barata e sustentável. O presente trabalho avalia a confiabilidade quantitativa do *first flush* de dois milímetros de água da chuva para fins não potáveis na cidade de Delmiro Gouveia, Alagoas. De forma inicial foram analisados dados pluviométricos mensais, anuais e diários como também a correlação entre áreas de telhado usadas como área de captação com demandas referente ao consumo de moradores. Foram divididas em cenários reais e hipotéticos afim de se obter a forma mais precisa a realidade local. Para todos os casos foi realizado cálculo de volume do reservatório através do método da simulação onde se pode chegar a níveis de confiabilidade baseados em falhas. Como resultado pode-se considerar que o volume das primeiras águas da chuva pode ser armazenado em pequenos reservatórios, mesmo com grandes índices de falha, pois podem ser de serventia se atrelados aos sistemas convencionais.

Palavra-chave: consumo de água, aproveitamento de águas pluviais, primeiras águas da chuva, *first flush*, confiabilidade.

ABSTRACT

Given the disorderly population growth in urban centers that has negative consequences such as a lack of natural resources, water is increasingly becoming a limited asset. Therefore, studies addressing new techniques for the economics of drinking water consumption with a view to their preservation and conservation are needed, thus, rainwater harvesting systems are a cheap and sustainable technology. The present paperwork evaluates the quantitative reliability of the first flush of two millimeters of non-potable rainwater in the city of Delmiro Gouveia, Alagoas. Initially, monthly, annual and daily rainfall data were analyzed, as well as the correlation between roof areas used as catchment area with demands related to the consumption of residents. They were divided into real and hypothetical scenarios in order to obtain the most accurate local reality. For all cases, reservoir volume calculation was performed through the simulation method where failure-based reliability levels can be reached. As a result it can be considered that the volume of the first rainwater can be stored in small reservoirs, even with high failure rates, as they can be of use if linked to conventional systems.

Keywords: water consumption; rainwater harvesting; first rainwater; first flush; reliability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Isoietas anuas no Brasil, entre 1961 a 1990.	20
Figura 2. Água retirada e consumida no Brasil em 2017.....	22
Figura 3. Esquema de um sistema de captação de água pluvial.	26
Figura 4. RSPA – Reservatório separador de primeiras águas.....	30
Figura 5. Dispositivo separador de primeiras águas usado no semi-árido	31
Figura 6. Localização da cidade de Delmiro Gouveia no mapa Alagoano.	33
Figura 7. Mapa da região do alto sertão alagoano.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Crescimento populacional estimado (%) entre os anos de 2010 e 2018...	15
Tabela 2. Caracterização de consumo residencial.....	29
Tabela 3. Número de moradores versus Área média disponível de captação	35
Tabela 4. Combinações utilizadas para simulação dos reservatórios	35
Tabela 5. Coeficiente de runoff para cada tipo de telhado	37
Tabela 6. Demanda diária	40
Tabela 7. Resumo dos casos reais	42
Tabela 8. Resumo dos casos hipotéticos	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribuição de água no mundo	18
Gráfico 2. Distribuição de água doce no mundo.....	19
Gráfico 3. Proporção entre área territorial, disponibilidade de água e populações das cinco regiões do Brasil.	20
Gráfico 4. Água retirada para consumo.....	22
Gráfico 5. Distribuição do Consumo em uma residência.....	28
Gráfico 6. Média mensal de precipitação (1989-2018).....	38
Gráfico 7. Precipitação anual	39
Gráfico 8. Média mensal de dias com chuva (2009-2018)	39
Gráfico 9. Média anual de dias com chuva	40
Gráfico 10. Simulação de reservação para área de captação de 64,43 m ²	41
Gráfico 11: Simulação de reservação para área de captação de 64,94 m ²	42
Gráfico 12. Simulação de reservação para a demanda de 2 moradores	43
Gráfico 13. Simulação de reservação para a demanda de 4 moradores	44
Gráfico 14. Simulação de reservação para a demanda de 6 moradores	44
Gráfico 15. Simulação de reservação para a demanda de 8 moradores	45
Gráfico 16. Simulação de reservação para a demanda de 10 moradores	46

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AL	Alagoas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANNEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASA	Articulação Semiárido Brasileiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
m ²	Metros Quadrados
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
PROSAP	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
RSPA	Reservatório Separador de Primeiras Águas
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e Cultura
UNICEF	Fundo das Nações Unidas da Infância

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa.....	16
1.2 Problema de Pesquisa	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo Geral.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 Estrutura do Trabalho.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Disponibilidade Hídrica.....	18
2.2 Consumo de Água.....	21
2.3 Escassez de Água.....	23
2.4 Conservação de Água.....	24
2.5 Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva.....	25
2.6 Uso Imediato de Água de Chuva	27
2.7 Uso Finais de Água em Residências.....	28
2.8 Avaliação do Volume da Água Descartada	29
2.9 Qualidade das Águas Pluviais de <i>FIRST FLUSH</i>	31
3. METODOLOGIA	33
3.1 Área de Estudo	33
3.2 Dados Pluviométricos.....	34
3.3 Área de Captação Relacionada com Número de Moradores	34
3.4 Dados da Demanda	36
3.5 Dimensionamento do Volume dos Reservatórios	36
4. RESULTADOS.....	38
4.1 Dados Pluviométricos.....	38

4.2	Demanda de Consumo dos Vasos Sanitários.....	40
4.3	Dimensionamento do Volume dos Reservatórios	41
4.3.1	Reservatórios para os Casos Reais	41
4.3.2	Reservatórios para os Casos Hipotéticos.....	43
5.	CONCLUSÃO	47
6.	REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos anos podemos ver que apesar da desaceleração do crescimento populacional dos países desenvolvidos, o Brasil tende a crescer até o ano de 2047, onde após essa data sofrerá provavelmente uma diminuição populacional ao passar do tempo. A estimativa de crescimento populacional entre os anos de 2010 a 2018 foi por volta de 9% em nível nacional. Durante o mesmo período estimou-se que Alagoas cresceu 6%, já Delmiro Gouveia durante o mesmo tempo cresceu cerca de 7%, segundo as informações do IBGE (2019) que podem ser vistas na Tabela 1. Esses números servem de alerta para os impactos que o aumento populacional pode causar, dentre eles pode-se destacar a crescente necessidade por recursos que sirvam de fonte para as famílias, como alimentos, energia elétrica e água domiciliar.

Tabela 1. Crescimento populacional estimado (%) entre os anos de 2010 e 2018.

Regiões	População (censo 2010)	População (estimada 2018)	Crescimento populacional estimado (%)
Brasil	190.755.799	208.494.900	9%
Alagoas	3.120.494	3.322.820	6%
Delmiro Gouveia	48.096	51.763	7%

Fonte: Adaptado IBGE (2019)

Segundo a UNESCO (2015) se o consumo de água atual for mantido até 2030 a humanidade sofrerá um déficit de 40% no abastecimento de água, visto que o consumo desse bem aumentou mais que o dobro do crescimento da população mundial, estimando que a demanda evolua cerca de 55% até 2050. Assim, a redução do volume de água disponível para cada habitante, juntamente com a degradação de sua qualidade, são os principais aspectos que configuram o atual quadro de escassez de quantidade e qualidade (FIESP, 2005).

Esses impactos são ainda superiores quando é perceptível que a maioria dessa população não tem acesso a serviços de água encanada nas residências, segundo o relatório de 2017 feito em parceria entre UNICEF e a OMS, estima-se que cerca de três em cada dez pessoas em todo o planeta não possuem acesso a serviços

de abastecimento de água potável em suas residências. Desse modo, é notório que o crescimento populacional constante gera demanda por água, que, por sua vez, já se encontra limitada, seja ela potável ou não.

Logo, é visto a necessidade por estudos que visem a promoção de alternativas que viabilizem a reutilização e a utilização consciente da água, bem como incentivos financeiros através de políticas públicas.

1.1 Justificativa

Dessa maneira, o sistema de aproveitamento de água pluvial pode ser considerado uma alternativa de baixo custo para suprir o problema da escassez de água nas residências. Segundo Coelho *et al.* (2018) o sistema de aproveitamento de água pluvial pode ser dividido em alguns elementos. A área de captação que representa o telhado da edificação, normalmente é de telhas ou lajes e caracteriza a porção de coleta da água da chuva. Essa água coletada irá passar por canaletas e tubulações para ser transportada até os reservatórios. Ao decorrer desse transporte passam por filtros e telas, para reter sedimentos.

No Brasil existe a NBR 10844/1989, que descreve procedimentos para a caracterização das instalações prediais de águas pluviais, para garantir o funcionamento de todo o sistema. De forma a contribuir para esse sistema a NBR 15527/2007 visa o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, para uso de várias atividades domésticas até irrigação de plantas.

Assim, aliado as normas e a carência por alternativas sustentáveis para suprir a pobreza de água, foi notado a necessidade da elaboração de um estudo quantitativo sobre as primeiras águas da chuva ou como é conhecida internacionalmente pelo termo *first flush*, visando auxiliar os sistemas convencionais de aproveitamento de água pluvial, com ênfase no reaproveitamento dos dois primeiros milímetros para fins não potáveis na zona rural de Delmiro Gouveia que apesar da localização próxima a bacia do Rio São Francisco, é uma região sertaneja que sofre inúmeras vezes por falta de água.

1.2 Problema de Pesquisa

Diante do que foi apresentado, propõe-se responder ao seguinte problema de pesquisa:

É viável, quantitativamente, utilizar o volume de *first flush* do sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade do uso da água para fins não potáveis, proveniente do aproveitamento de águas pluviais da região do alto sertão alagoano na cidade de Delmiro Gouveia, com ênfase nos dois primeiros milímetros de água.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Calcular demandas hídricas para fins não potáveis em diferentes cenários, associando número de moradores e áreas de telhado;
- Calcular volume de reservatórios de águas pluviais com base nas demandas e no volume de água da chuva referente aos dois primeiros milímetros
- Avaliar a confiabilidade quantitativa do aproveitamento das primeiras águas de chuva.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado em 6 capítulos, o capítulo inicial aborda o direcionamento do estudo através da contextualização e definição do tema, através da introdução, justificativa, problema proposto e objetivos.

No capítulo 2, é exposto uma revisão bibliográfica dos conceitos que cercam o tema abordado, trazendo conteúdos como a disponibilidade hídrica, consumo de água, escassez de água, conservação de água, sistema de aproveitamento de água da chuva, uso imediato de água de chuva, uso finais de água em residências, avaliação do volume de água descartada e qualidade das águas pluviais de *first flush*.

Já o capítulo 3, explana a metodologia utilizada na construção do estudo, onde são abordados área de estudo, dados pluviométricos, área de captação relacionada com número de moradores, dados da demanda e dimensionamento do volume dos reservatórios.

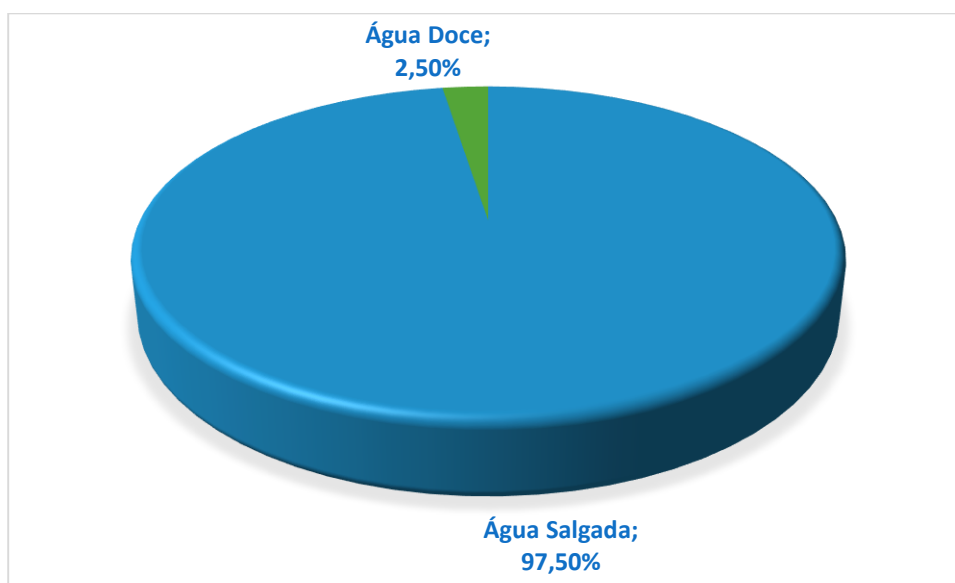
Capítulo 4 apresenta os resultados que foram obtidos através dos itens descritos na metodologia. Seguido do capítulo 5 que explana a conclusão do referente estudo. E por fim o capítulo 6 disponibiliza as referências bibliográficas consultadas

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Disponibilidade Hídrica

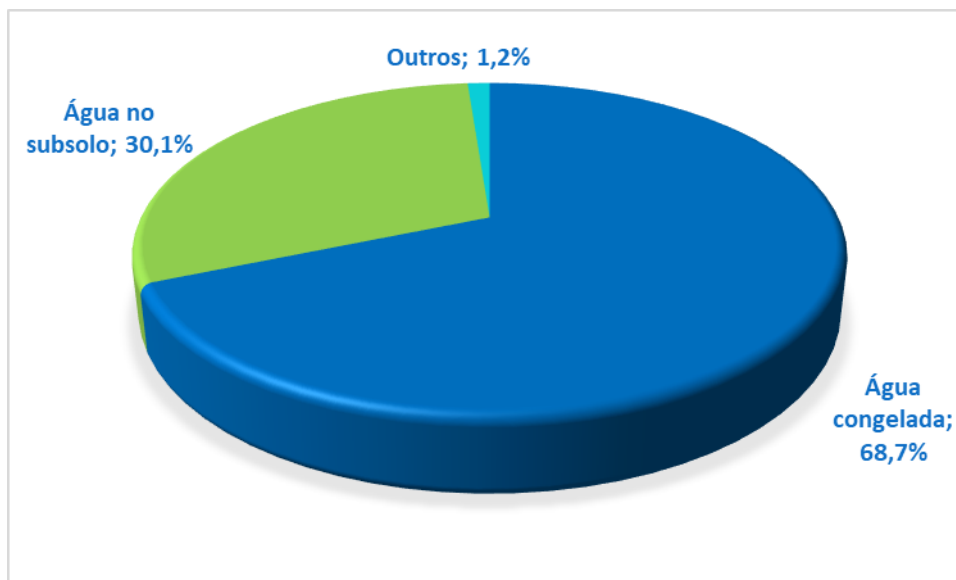
É notório que o volume de água presente no planeta permanece o mesmo ao passar dos tempos, a diferença é a forma física em que se apresenta no ambiente, assim como a variabilidade de sua qualidade. Essas mudanças ocorrem devido o movimento da água no planeta, chamado de ciclo hidrológico, que depende das mudanças de temperatura e da transpiração dos seres vivos, em que água líquida é transformada em vapor e, posteriormente, é precipitada através da ação da gravidade em forma de chuva, neblina ou neve, sendo armazenada no corpos hídricos, lençol freático, calotas polares e geleiras (ANA; ANNEL,2001). Como resultado desse processo a água pode ter sua distribuição encontrada no planeta conforme os gráficos 1 e 2.

Gráfico 1. Distribuição de água no mundo



. Fonte: Adaptado ANA e ANNEL (2001)

Gráfico 2. Distribuição de água doce no mundo

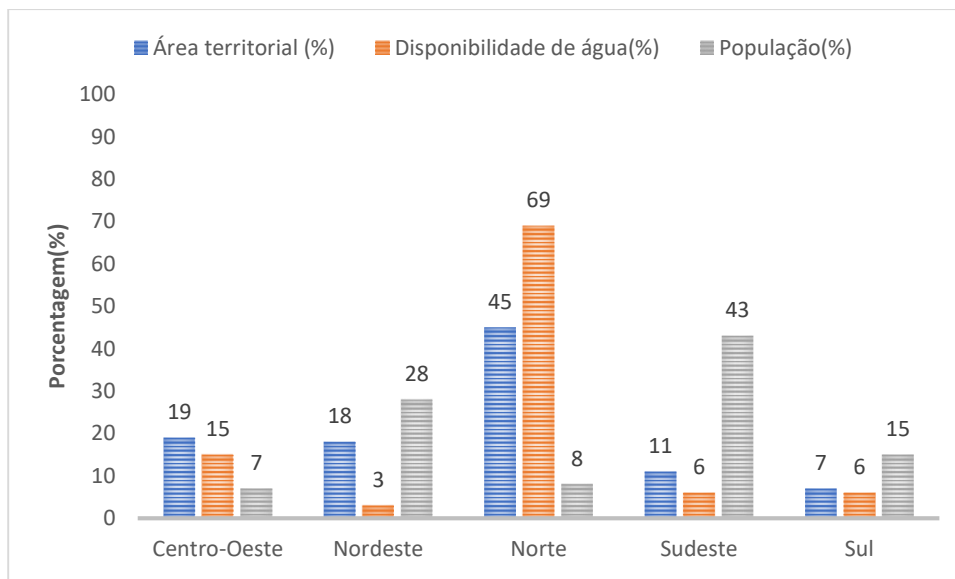


. Fonte: Adaptado ANA e ANNEL (2001)

Como pode ser visto, a água encontra-se em sua maior parte em difícil acesso, principalmente a ideal para consumo humano, mas o Brasil é um país privilegiado no globo, uma vez que possui uma das maiores reservas de água doce no mundo - cerca de 13,8% do escoamento médio superficial está em território nacional, computando uma disponibilidade hídrica per capita de 1.835 m³/hab./ano. Entretanto, devido as dimensões continentais que o país possui algumas regiões ainda sofrem com a falta de água, seja para consumo humano ou para desenvolvimento de atividades econômicas (BRITO et.al, 2007).

Essa má distribuição ocorre devido a relação entre a localização da água com a concentração de pessoas. A região que abrange maior concentração da água é a Amazônica com cerca de 69%, porém possui apenas 8% da população brasileira, com cerca de 45% área territorial; de forma discrepante a região nordeste possui apenas 3% da água, com 28% da população existente e o sudeste tem apenas 6% da água para uma população de 43% do total, indicando que as regiões que possuem grande índice populacional e pouca disponibilidade hídrica estão mais propensas a crises de disponibilidade de água (GHISE, 2006). Podemos ver no Gráfico 3 as proporções de área, população e disponibilidade hídrica de todas as regiões do Brasil.

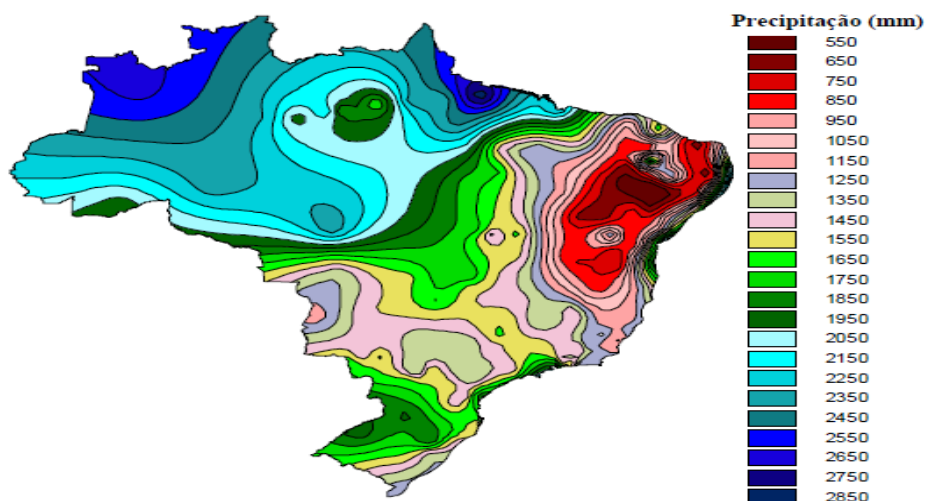
Gráfico 3. Proporção entre área territorial, disponibilidade de água e populações das cinco regiões do Brasil.



Fonte: Adaptado GHISE (2006)

Além dos dados sobre quantidade de água em cada região, é necessário compreender os dados de precipitação, que de certa forma seguem o mesmo panorama de região, segundo o estudo feito pela ANA (2005) e catalogado no caderno de recursos hídricos, o Brasil possui precipitação anual média de 1.797 mm variando muito em seu território, o Nordeste chega a possuir menos de 800 mm na região do semiárido, em quanto na Amazônia é ultrapassado os 2.500mm, podemos ver a grande variação na Figura 1.

Figura 1. Isoietas anuas no Brasil, entre 1961 a 1990.



Fonte: ANA, Caderno de Recursos Hídricos o Brasil (2005)

Como podemos ver, o Nordeste é a porção do Brasil que mais sofre com a quantidade de água, seja ela através de suas fontes territoriais ou através das precipitações existentes. Esses dados mostram as necessidades que algumas regiões têm de buscar água em diferentes mananciais e localidades devido à grande demanda populacional e ao crescimento urbano, que interferem diretamente no consumo de cada região.

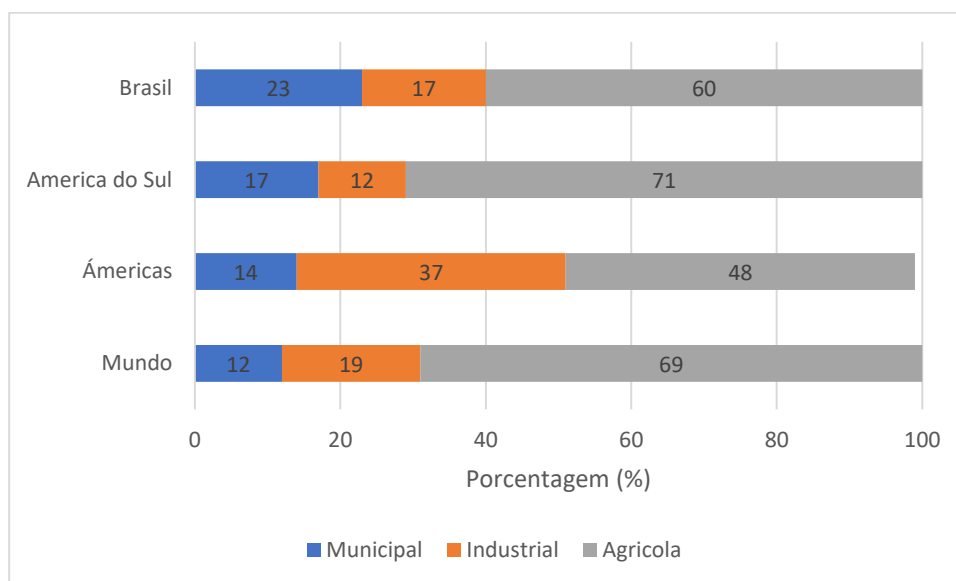
2.2 Consumo de Água

Dada a concentração de água existente no Brasil e no mundo, é necessária a análise do consumo da população de cada região, pois a necessidade por água sofre influência do crescimento populacional e econômico, tornando a demanda crescente com o passar do tempo. Logo a relação entre consumo e disponibilidade de água propõe formas de quantificar, qualificar e prever meios para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos (BARROS; AMIM, 2008).

O consumo é umas das vertentes do uso, exemplificado pela retirada da água e posteriormente sua utilização, não retornando diretamente ao corpo hídrico, podendo ser por evaporação, transpiração, fabricação de produtos, consumo dos seres vivos e de diversas formas. O uso não é necessariamente uma forma consultiva, podendo ser para navegação, pesca, turismo, lazer, não tendo como finalidade afetar a quantidade de água local. Dessa forma no Brasil e no mundo, a principal preocupação é o uso consultivo, caracterizado pelo consumo humano, rural ou urbano, e pelo consumo das atividades econômicas presentes em cada região (ANA, 2019a).

Pode-se notar que a água retirada para consumo no mundo segue um padrão, como mostrado no gráfico 4, que compara a retirada de água para consumo no mundo, na América e no Brasil, respectivamente, em que a maior parte da água é usada na agricultura uma porção é usada nas indústrias e uma pequena parte nos domicílios que pode ser entendido na imagem como municípios, mostrando que o Brasil segue o movimento internacional.

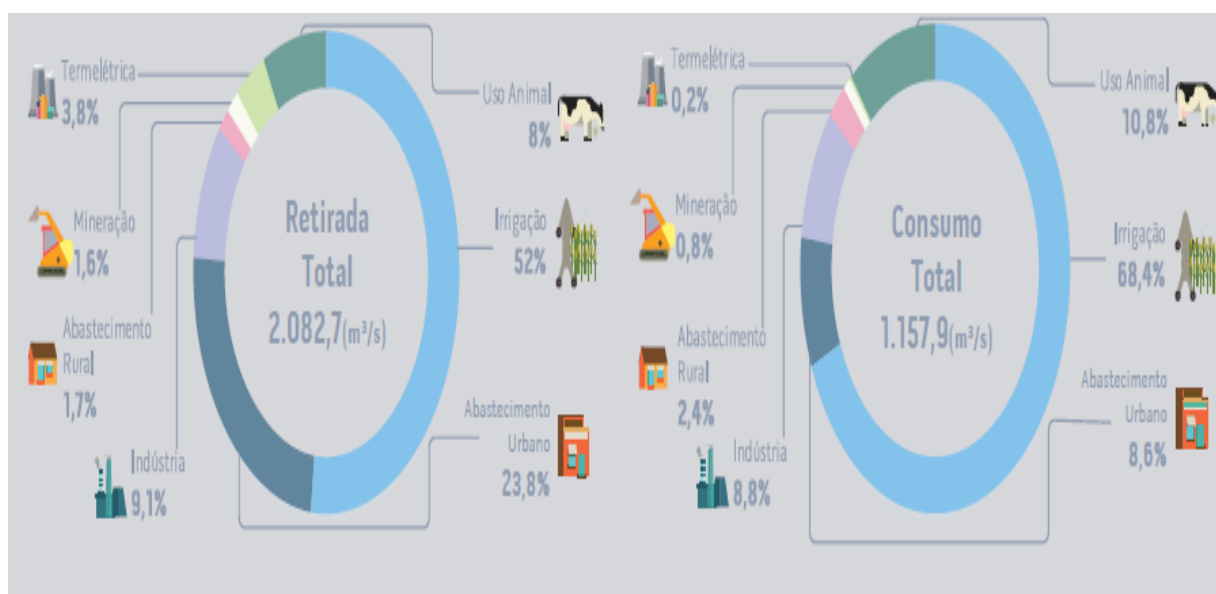
Gráfico 4. Água retirada para consumo.



Fonte: Adaptado FAO (2016)

Do consumo no Brasil, é possível destacar que a demanda humana urbana e rural apresenta menos de um terço do total, já a irrigação possui mais da metade de todo o uso e as demais atividades econômicas compõem o restante, conforme a figura 2, com valores referentes ao ano de 2017. Ainda é possível notar a perda de água da retirada até o consumo, que chega por volta dos 50%.

Figura 2. Água retirada e consumida no Brasil em 2017.



Fonte: ANA (2019b)

Além da divisão de consumo, o sistema de abastecimento atual tem grande perda na sua retirada até o consumo, Cohim e Kipertock (2008) discorrem que a atual estrutura de saneamento é falha e usa grandes quantidades de água e energia, proporcionando consequências severas como a escassez e poluição dos mananciais, acarretando um problema de saúde pública e limita o desenvolvimento da economia e o uso dos recursos naturais.

2.3 Escassez de Água

É necessário entender escassez de água em dois seguimentos, existe a escassez econômica, que é caracterizada pela posse de água na região, mas com pouco ou nenhum investimento em infraestrutura para a captação desse bem, causando uma má distribuição de água aos habitantes dessa região; e a escassez física, que ocorre quando a região tem o recurso hídrico, porém em quantidade insuficiente para atender a população. Estima-se que 25% da população mundial viva em locais que já se encontram em escassez física (CIRILO,2015).

Essa escassez física se dá atualmente através do crescimento urbano desordenado, segundo Tucci (2005), a partir do final do século XX, a população do mundo começou a se concentrar em pequenos espaços, causando grande impacto nos ecossistemas terrestre e aquático, decorrente da falta de controle sobre o espaço urbano e produzindo efeito negativo na infraestrutura de água acarretando problemas como: inundações, falta de abastecimento de água, esgotamento sanitário ruim e coleta inadequada de resíduos sólidos.

Nota-se, que esse processo de urbanização que já ocorreu em países desenvolvidos, não pode ser freado nos países em desenvolvimento como o Brasil, mas ele traz várias consequências hídricas as cidades, visto que após a água ser consumida de fontes visíveis como rios e lagos ela começa a ser retirada dos mananciais subterrâneos existentes, e volta para a natureza na maioria das vezes sem tratamento ou por meio de extravasamento das fossas. Logo os rios que primeiramente foram usados como fonte de abastecimento, já não podem mais ter esse uso, porque se encontram poluídos. De forma paralela a população mais pobre que não tem acesso a água encanada ou não tem condições para paga-la tende a perfurar poços rasos que em sua maioria já estão contaminados pelo esgoto urbano, aumentando os riscos a doenças causadas pela água contaminada (TUCCI,2010).

Nesse sentido, já que as fontes naturais estão sendo ou já foram poluídas o problema se dá em manter as fontes que ainda restam em boas condições para o abastecimento, mas a situação em relação a quantidade de água com qualidade está se agravando. Segundo Hespanhol (2002), a escassez também é um fenômeno existente em regiões com abundância de recursos hídricos que sofrem com as demandas excessivamente elevadas, podendo ser citado o exemplo brasileiro da região metropolitana de São Paulo, que possui a bacia do alto Tietê que comporta uma população superior a 15 milhões de habitantes com um dos maiores centros industriais do mundo, mas que ainda sim precisa de recursos complementares de bacias vizinhas trazendo consequências como racionamento de água, encarecimento do custo da água e problemas políticos institucionais.

De forma a minimizar o problema da escassez hídrica, o mundo está voltado para os modos sustentáveis, como o reuso e aproveitamento de água da chuva que são fontes alternativas incentivadas juntamente com o combate ao desperdício. O aproveitamento de água da chuva tem se destacado bastante por ser uma fonte de água barata podendo ser usada de forma potável ou não a depender do seu tratamento (HAGEMANN, 2009).

2.4 Conservação de Água

Em todo o Brasil vem se disseminando as práticas de reuso e conservação de água, onde o principal pilar é a gestão da demanda, de forma que sejam utilizadas novas fontes de captação de água e que ocorra uma otimização do uso afim de reduzir os volumes de água captada. Desse modo, a demanda deve ser um processo de medição contínua de objetivos de cada setor, assim ocorrerá um controle individualizado de cada demanda visando à eliminação de desperdícios e obtendo a modernização dos processos (FIRJAN, 2015).

Logo, as medidas que visam combater o controle de água podem ser interpretadas em dois segmentos: o uso racional e as fontes alternativas. No que se refere ao uso racional estão inclusas as mudanças de comportamento dos usuários, como conscientização e mudanças de hábitos e soluções de problemas mecânicos, correção de perdas e vazamentos, troca de equipamentos obsoletos, emprego de dispositivos que visem tornar o uso de água mais econômico e a medição individualizada. Por outro lado, no que refere-se às fontes alternativas é possível

destacar o aproveitamento de água da chuva e o reuso das águas servidas (HAFNER, 2007).

De forma complementar Gonçalves (2009) distingue que o uso racional é o meio de buscar o menor consumo possível de água, mantendo a qualidade e quantidade necessárias para as atividades consumidoras, tendo o enfoque principal na demanda, de forma mais ampla a conservação engloba demanda e oferta logo se inclui o uso racional dentro dela, e na mesma se procura uma otimização da demanda juntamente com uma implementação de ofertas alternativas de água, por muitas vezes sendo necessário empregar águas de baixa qualidade para fins também menos nobres.

Em busca de estabelecer uma relação de equilíbrio entre oferta e demanda de água para promover a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, faz-se necessário que novos sistemas e métodos alternativos de água sejam desenvolvidos em relação as necessidades e características de cada região, logo o reuso, reciclagem, gestão da demanda, redução de perdas e minimização da geração de efluentes são de principal importância na gestão dos recursos hídricos e na redução dos poluentes (FIESP, 2005).

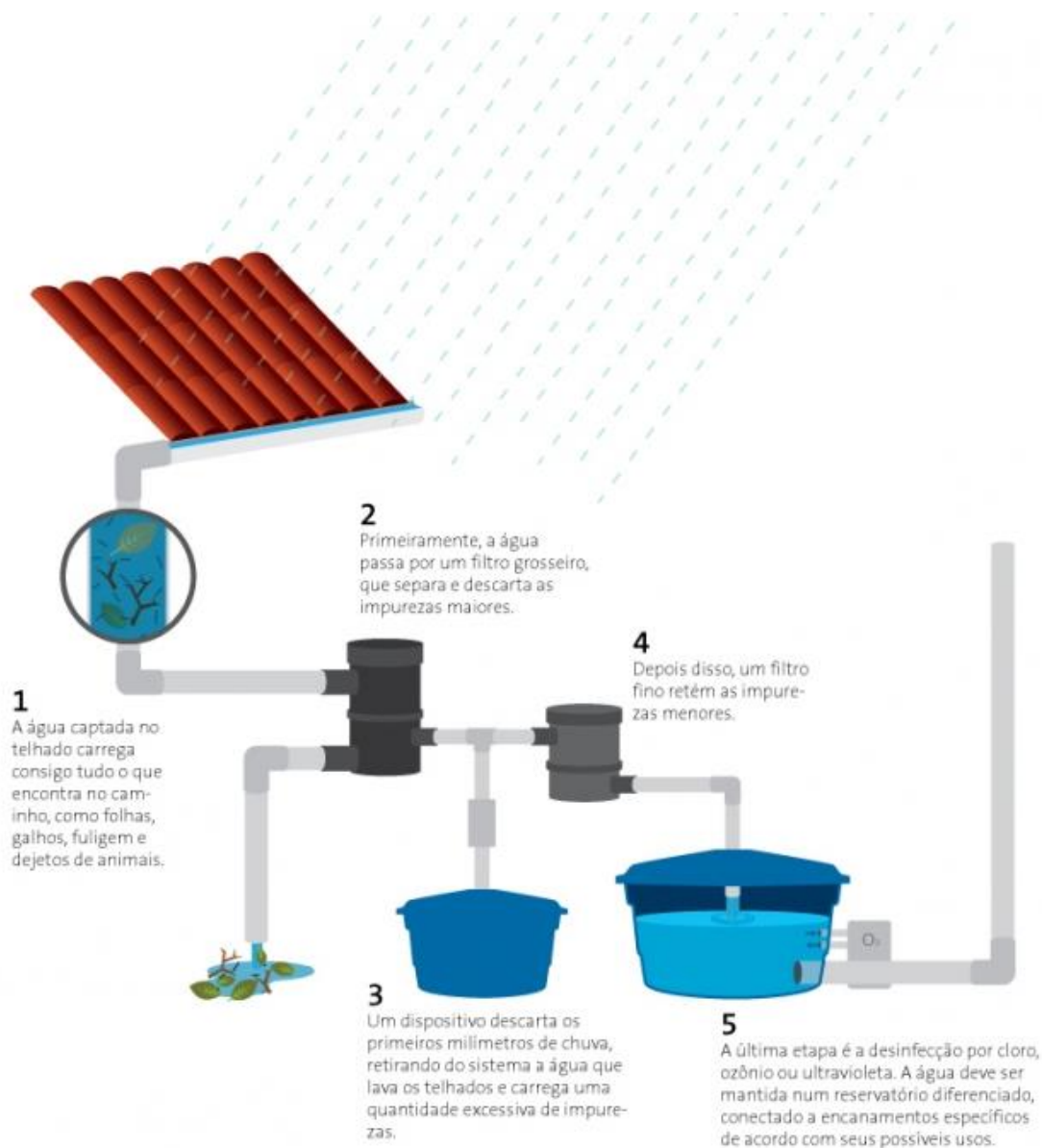
2.5 Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva

Hagenann (2009) destaca que existem inúmeros sistemas de aproveitamento de água da chuva, que partem dos mais simples, até os mais ousados, mas todos devem seguir a norma existente NBR 15527/07- Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, e que também atendam aos requisitos das normas NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais – Procedimento e da NBR 5626/98 – Instalação Predial de Água Fria.

Segundo May (2004) os sistemas de aproveitamento de água da chuva para o consumo não potável, representam uma alternativa não convencional, sendo praticados em países como Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Japão. Já no Brasil o sistema é comumente usado em cidades do Nordeste. O uso da água da chuva tem consequências positivas na diminuição do consumo de água potável, refletindo de forma favorável no valor da conta, todo o processo de coleta tem que ser feito em áreas impermeáveis como telhados de residências. O processo de condução é feito por calhas e condutores que levam a água coletada até reservatórios, que,

posteriormente, pode ser usada para consumos não potáveis. A figura 3 mostra um sistema de aproveitamento de água da chuva.

Figura 3. Esquema de um sistema de captação de água pluvial.



Fonte: IPT (2015).

Nota-se que o uso da água da chuva diminui consideravelmente o uso da água potável, porque a água pluvial é usada para meios menos nobres. Nesse sentido, ABNT (2007) mostra que a água coletada da chuva pode ser utilizada para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

2.6 Uso Imediato de Água de Chuva

Segundo Andrade Neto (2013) a prática de utilizar cisternas para armazenamento da água captada da chuva é milenar e perceptível em inúmeras partes do globo, no Brasil esse sistema de captação doméstico ocorre há séculos, entretanto, a captação imediata de água da chuva em território urbano para incontáveis fins é deficitária. Em cidades brasileiras de médio e grande porte não ocorre o aproveitamento do potencial da água da atmosférica, que pode ser considerado um manancial de boa qualidade, mas a comunidade internacional está impulsionando a captação imediata de águas pluviais durante as precipitações e antes que sejam poluídas ou contaminadas, e posteriormente armazenadas em tanques para diversos fins.

Desse modo, o uso imediato de água de chuva visa amenizar o déficit de água de boa qualidade em todo o globo. No Brasil há uma forte disseminação dessa técnica em meio rural, por conta das políticas das últimas décadas e pelo baixo custo de implementação, tendo como componente mais caro o reservatório que deve seguir os métodos de dimensionamento da norma vigente (SOUSA *et al.*, 2016).

No país existe o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas), que está vigente desde de 2003, que já construiu mais de 600 mil cisternas em todo o semiárido brasileiro tendo como principal objetivo promover a disseminação da água para consumo humano e a produção de alimentos por meio de tecnólogas simples e de baixo custo (ASA BRASIL, 2019).

Levando proposta de aproveitamento pluvial para as cidades, é possível notar que em meio urbano existem áreas com alta densidade de tráfego e grandes indústrias poluidoras que levam metais pesados como chumbo ou outras substâncias químicas para os sistemas de captação de uso imediato, podendo contaminar a água da chuva. No entanto, esse limite de contaminação se restringe a pequenas áreas urbanas ou zonas industriais de grande poluição, e até nesses locais a água da chuva em sua maioria apresenta uma boa qualidade química. Os requisitos necessários são inteiramente ligados ao uso dessa água captada, como sua alternativa mais usual é a não potável, ela pode ser usada em diversas formas, para várias condições em diferentes graus de qualidade (ANDRADE NETO, 2013).

2.7 Uso Finais de Água em Residências

O consumo de água em residências segue por uma análise que depende fundamentalmente da caracterização do uso final de água, mas o consumo sofre influência direta de inúmeros aspectos, relacionados ao sistema de captação, as tecnologias empregadas e os equipamentos utilizados, como também os fatores sociais e econômicos que estão ligados ao padrão de vida e cultura da população (MARINOSKI *et al.*, 2014).

Estudo feitos em parceria com a UFES, UFSC E UFBA, determinam o consumo de pontos específicos de residências, onde foram colocados hidrômetros em diferentes localidades de uma casa, podendo observar que o maior consumo ocorreu no tanque e máquina de lavar com cerca de 35% do total, seguidos pelo lavatório e chuveiro, ambos com 29% do consumo da residência. O vaso sanitário conseguiu representar 21% do consumo, a menor parcela se deu na pia da cozinha com 15%. Essa disposição pode ser vista no gráfico a seguir (PROSAP ,2009).

Gráfico 5. Distribuição do Consumo em uma residência



Fonte: PROSAP (2009)

Ainda segundo o estudo, dada essa distribuição de consumo, a residência ainda possuía sistema de captação de água de chuva, que conseguia suprir em aproximadamente 40% do consumo dos pontos estudados (PROSAP, 2009).

Após análises feitas por Barreto (2008), também foi quantificado o consumo diário em diferentes pontos de residências, onde se pode identificar que o chuveiro foi predominante com 13,9% do consumo total da casa, seguido pela torneira da pia com 12%, a máquina de lavar vem logo atrás com 9,2%, acompanhando do tanquinho que

chega até 9,2%, a torneira que mais consome é a com saída para máquina de lavar com 8,3%, a caixa acoplada chega até 5,5%, a torneira do tanque cerca de 5,4%, seguida da torneira de lavatório com 5,2%. Outros equipamentos que não foram medidos separadamente chegam a 30,6%, detalhando o consumo residencial de água na zona oeste da cidade de São Paulo.

Na cidade de Simões Filho - Bahia – Brasil em um condomínio de baixa renda, conseguiu-se quantificar também através de hidrômetros em pontos de consumo, os dados referentes aos equipamentos mostrados na tabela 2 (COHIM *et al.*, 2009).

Tabela 2. Caracterização de consumo residencial

Uso	Consumo (l/hab.dia)
Lavanderia	14,59
Cozinha	24,98
Lavatório	8,65
Vaso sanitário	19,83
Chuveiro	18,25

Fonte: Adaptado de COHIM *et al.* (2009)

2.8 Avaliação do Volume da Água Descartada

A NBR -15527,2007 descreve todas as partes de um sistema de aproveitamento de água da chuva, como também ressalta que é preciso instalar um dispositivo de descarte de água de escoamento inicial, considerada a água da primeira chuva. A norma recomenda que esse dispositivo seja automático e dimensionado pelo projetista, mas na falta de dados recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Segundo Coelho *et al.* (2018) é necessário efetuar o dimensionamento do reservatório de primeiras águas (RSPA) a partir de uma vazão de projeto e deve ser calculado pelo método racional, elaborando posteriormente sua geometria, para ser testado sua eficiência. Esse reservatório pode ser visto na figura 4, onde após cheio a água é descartada.

Figura 4. RSPA – Reservatório separador de primeiras águas.



Fonte: COELHO, *et al.* (2018)

A utilização dessa técnica é necessária pois existem componentes na atmosfera ou no telhado que podem degradar o sistema de captação como também é necessário analisar o volume de água descartado em relação ao tempo de estiagem. Verifica-se que em períodos prolongados de estiagem, as águas das primeiras chuvas apresentam parâmetros de má qualidade bem elevados, devido as impurezas contidas no telhado, e verifica-se que há uma necessidade de separação entre as águas de primeiras chuvas e as águas comumente reservadas, para proporcionar uma melhor qualidade as que passam dos dois primeiros mililitros (ROCHA *et al.*, 2011).

Segundo Rodrigues *et al.* (2007) para residências com área de captação de água da chuva por volta dos 50 m² podem ser utilizadas bombonas (ver figura 5) com capacidade de 100 litros, como dispositivo de descarte das primeiras águas, principalmente no semiárido onde não é comum nenhum processo de desinfecção da água. Logo o dispositivo torna-se um minimizador de possíveis contaminações da água por sujeiras e microrganismos patogênicos acumulados nos telhados durante o período de estiagem.

Figura 5. Dispositivo separador de primeiras águas usado no semi-árido



Fonte: RODRIGUES et, al. (2007)

Por conta da sua baixa qualidade e por conter alguns sedimentos presentes nos telhados, nos sistemas convencionais o volume referente as primeiras águas da chuva é descartado, mas ele pode representar grande serventia, sendo usado para fins não nobres, após a retirada dos sedimentos e/ou tratamento simples, ele pode ser usado para vasos sanitários, limpeza de calçadas e pequenas hortas.

2.9 Qualidade das Águas Pluviais de *FIRST FLUSH*

Após o período de estiagem, que pode variar entre longo e curto, o primeiro fluxo de água escoado na superfície de captação apresenta, em sua maioria, alta concentração de poluentes quando comparado aos fluxos posteriores, fenômeno comumente conhecido como *first-flush*, essa água vem acompanhada de poeira, folhas e detritos, que são arrastados do telhado juntamente de poluentes tóxicos dispersos na atmosfera. (SILVA, 2014).

Em regiões urbanizadas ou peri-urbanas os volumes iniciais de descarte ou *first flush* são de extrema importância para a remoção de poluentes existentes nos telhados, essa afirmação pode ser comprovada através de estudo feito por Ohnuma Junior et al. (2014), na cidade do Rio de Janeiro em dois bairros distintos, em que foi possível analisar a qualidade da água das primeiras chuvas considerando o momento

inicial de 0,5 mm, chegando à conclusão que o bairro mais urbanizado apresentou maior concentração de poluentes.

A variação da qualidade da água pode ser analisada através de três diferentes itens: turbidez, condutividade e pH. Esses parâmetros podem ser relacionados com inúmeras variáveis físico-químicas encontradas na água. Através deles foram feitas análises na cidade de Natal-RN, em três diferentes pontos, considerando o *first flush* de 5 mm de chuva constaram que as reduções da porcentagem de impurezas ocorreram de forma principal no 1° e 2° mm, conseguindo uma estabilização após o 5° mm, com exceção da área menos urbanizada que apresentou redução brusca já no 1° mm (MELO, 2007).

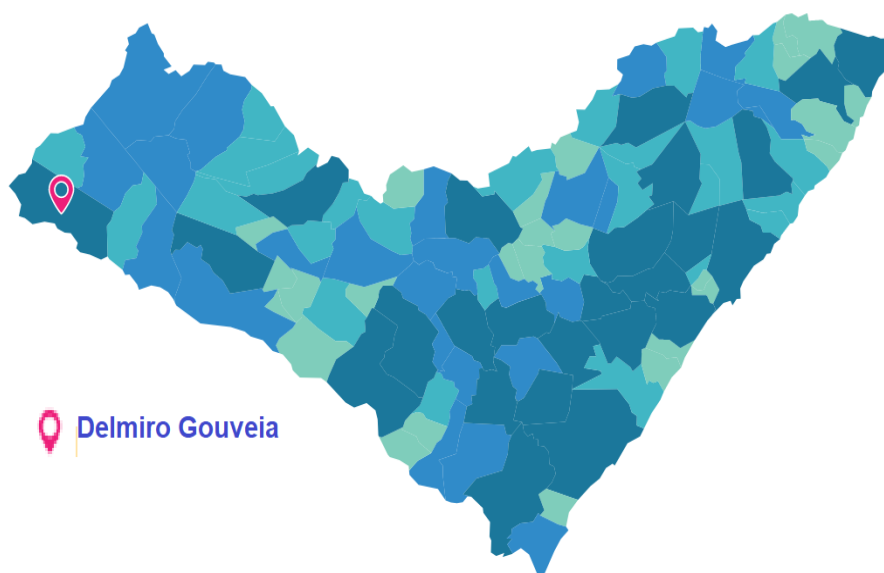
Teixeira *et al.* (2015) mostrou, através de abordagem feita em Sorocaba-SP, com enfoque na análise das bactérias e dos microrganismos em três diferentes pontos do sistema domiciliar de aproveitamento de água de chuva, que no reservatório *first flush* o aspecto da água é de maior turbidez e alto índice de organismos heterotróficos se comparado ao reservatório de armazenamento e o ponto de consumo. Desse modo, é notório que no sistema de aproveitamento pluvial existem vários níveis de qualidade de água, a depender de onde ela se encontre.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

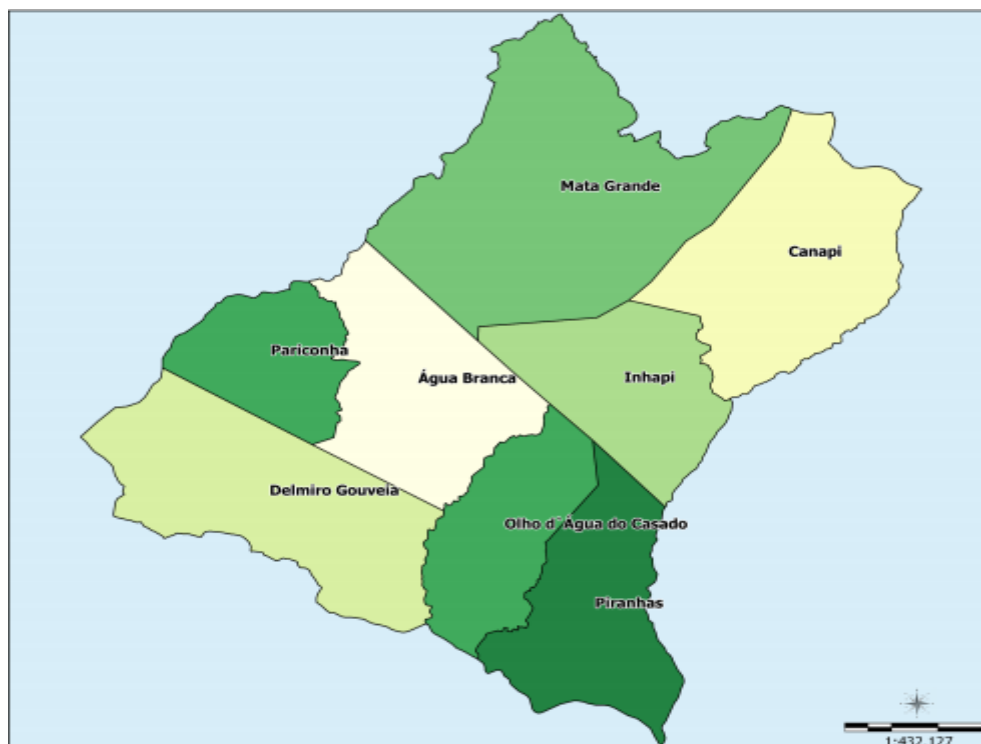
Delmiro Gouveia está localizado no extremo oeste do estado de Alagoas, no alto sertão alagoano, conforme a figura 6 e 7, possuindo os confrontos de fronteiras com as cidades do mesmo estado de Água Branca, Olho D'Água do Casado e Pariconha, e ainda com os estados vizinhos da Bahia, Sergipe e Pernambuco. Possuindo área territorial de 626,960 km², dispoendo de uma população de 48.096 pessoas de acordo com o censo de 2010, e uma população estimada de 52.016 pessoas para o ano de 2019 (IBGE,2019).

Figura 6. Localização da cidade de Delmiro Gouveia no mapa Alagoano.



Fonte: IBGE (2019)

Figura 7. Mapa da região do alto sertão alagoano.



Fonte: SIT (2015)

3.2 Dados Pluviométricos

Todos os dados sobre precipitação foram obtidos através do sistema *hidroweb*, fornecido pela ANA. Foi encontrado uma série histórica entre os períodos de 01/01/1989 a 31/12/2018, perfazendo 30 anos, para a retirada dos dados diários de chuva foi estabelecido um período de 10 anos de 01/01/2009 a 31/12/2018 sem falhas, o que permitiu observar uma amostragem mais atual de chuva com uma boa caracterização da variabilidade pluviométrica, todos os dados referentes a estação pluviométrica de Delmiro Gouveia, código 00937013.

3.3 Área de Captação Relacionada com Número de Moradores

Foi considerado o estudo feito por Oliveira (2017) na zona rural de Delmiro Gouveia, que após realizar análise da relação área do telhado com a distribuição de moradores por residência, constatou que a área média máxima não ultrapassa 65m² e a área média mínima chega até 52m² diminuindo a medida que a quantidade de moradores aumenta, como podemos ver na tabela 3.

Tabela 3. Número de moradores versus Área média disponível de captação

Número de moradores	Área média de cobertura (m ²)
Até 3	64,94
De 4 a 5	64,43
De 6 a 8	51,27
Acima de 9	52,23

Fonte: OLIVEIRA (2017)

Ainda segundo o estudo de Oliveira (2017) de forma complementar irão ser analisados moradores a diferentes áreas de telhado que teoricamente supririam as demandas de consumo, apesar de que no estudo feito a área decresce em quanto a quantidade de moradores cresce, foram utilizadas áreas de captação maiores respeitando a maior área de telhado residencial encontrada de 120m², visando aumentar a eficiência dos reservatórios, conforme a tabela 4.

Tabela 4. Combinações utilizadas para simulação dos reservatórios

Número de moradores	Área de telhado (m ²)
2	40
	50
	60
4	70
	80
	90
6	90
	100
	120
8	100
	120
10	100
	120

Fonte: OLIVEIRA (2017)

Logo, serão utilizadas para cálculos as combinações reais e as propostas por Oliveira (2017), visando representar de forma mais significativa a realidade da região.

3.4 Dados da Demanda

A demanda escolhida foi a referente aos vasos sanitários das residências devido à baixa qualidade da água referente aos dois primeiros milímetros. Seguindo os estudos de Cohim *et al.* (2009) foi determinado que essa demanda seria de 19,83 l/hab.dia.

3.5 Dimensionamento do Volume dos Reservatórios

O cálculo para os dimensionamentos dos reservatórios foi feito através da consideração dos dois primeiros milímetros ou menos de cada chuva diária. Como não existe na norma dimensionamento específico para essa situação, foi seguido o método da simulação que é utilizado para reservatórios de aproveitamento de água da chuva convencionais, onde a evaporação não é levada em consideração (NBR 15527,2007).

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (\text{Equação 01})$$

$$Q_{(t)} = C * P_{(t)} * A \quad (\text{Equação 02})$$

$$P_{(t)} \leq 2mm \quad (\text{Equação 03})$$

Onde: $0 \leq s_{(t)} \leq V$

- $S_{(t)}$: volume de água no reservatório no tempo t, em m³;
- $Q_{(t)}$: volume de chuva no tempo t, em m³;
- $S_{(t-1)}$: volume de água no reservatório no tempo t-1, em m³;
- $D_{(t)}$: demanda no tempo t, em m³;
- C: coeficiente de escoamento superficial;
- $P_{(t)}$: precipitação diária, em mm, seguindo as condições que se a precipitação diária for zero, $P_{(t)} = 0$, se for maior que 2, $P_{(t)} = 2$, se for menor que 2, $P_{(t)} < 2$;
- A : área de captação de água pluvial, em m²;
- V: volume do reservatório fixado, em m³;

O coeficiente C, foi escolhido como 0,9 por conta que na região a telha mais usada é a cerâmica, conforme o Tabela 5 que apresenta os valores mais comumente adotados.

Tabela 5. Coeficiente de runoff para cada tipo de telhado

Material do telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,95
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: TOMAZ (2007)

A solução de todas as simulações se deu através de planilha eletrônica para cada caso simulado, nela foram inseridos os dados referentes as equações 1, 2 e a premissa dos dois primeiros milímetros ou menos das primeiras chuvas da equação 3.

Para seguir a metodologia desse reservatório é necessário considerar a hipótese de que o reservatório deve estar cheio da contagem “t”, além disso serão considerados os dados da série escolhida como representativos para as condições posteriores. Desse modo, quando $s_{(t)} < 0$, será considerado que o sistema falhou no dia analisado.

A falha considerada foi calculada através da expressão:

$$Falha(\%) = \frac{\sum F * 100}{\sum D} \quad (Equação 04)$$

Onde:

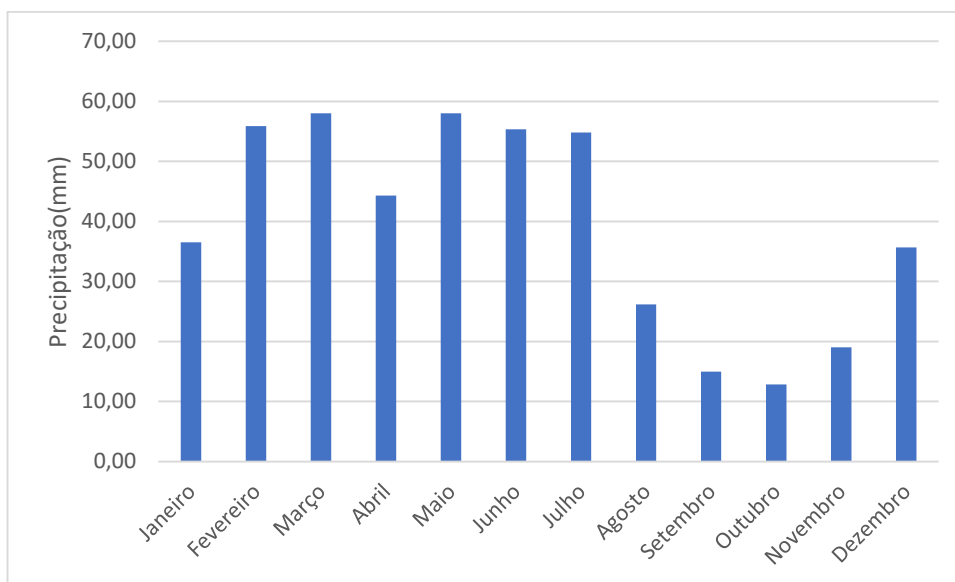
- *Falha*: porcentagem de falhas no sistema;
- $\sum F$: somatório dos dias que o sistema falhou;
- $\sum D$: somatório de dias da série histórica que foram coletados os dados;

4. RESULTADOS

4.1 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos referentes a estação 00937013 de Delmiro Gouveia, representando o período de 1 de janeiro de 1989 a 31 de dezembro de 2018, perfazendo uma média anual da série de 471,46 mm, esse valor pode ser constatado porque nos meses de março, maio, junho e julho apresentam as maiores médias de precipitação, e nos meses de agosto, setembro e outubro ocorrem as menores médias, balanceando a média anual (ver gráfico 6).

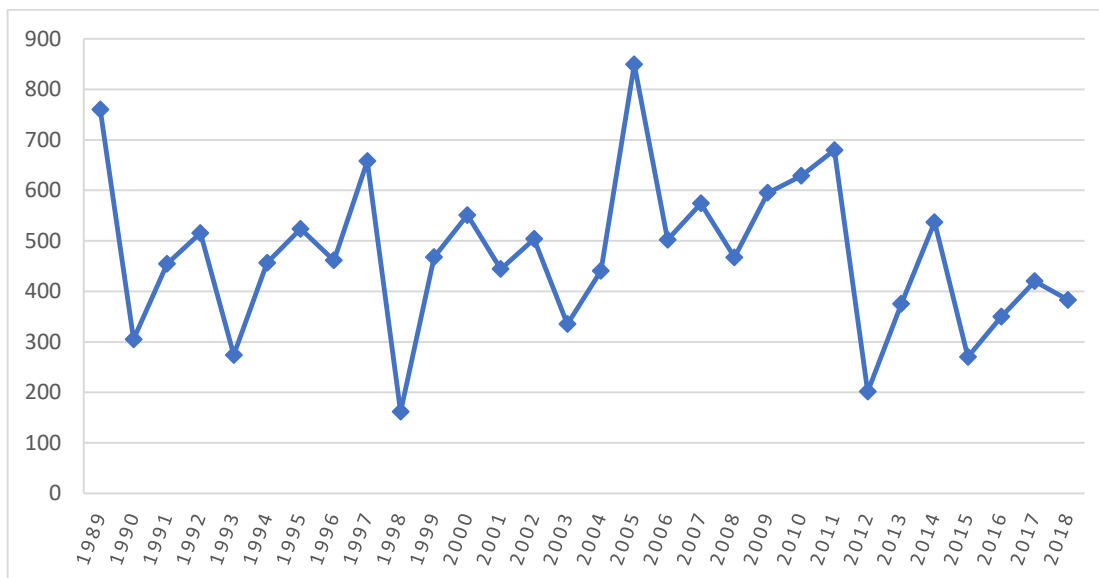
Gráfico 6. Média mensal de precipitação (1989-2018)



Fonte: Adaptado de ANA (2019)

Os valores totais de cada ano para essa série histórica (ver gráfico 7) apresentam em sua maioria valores abaixo da média anual obtida, destacando-se negativamente os anos de 1990, 1993, 1998, 2003, 2012 e 2015, de forma contrária os anos que tiveram um alto valor de chuva foram 1989, 1997, 2005 e 2010, com destaque maior para 2005 que conseguiu ultrapassar os 800 mm, em contrapartida do ano de 1998 teve somente 161,3mm chegando a ser o mais escasso de chuva, onde certamente a região passou por grande dificuldade hídrica.

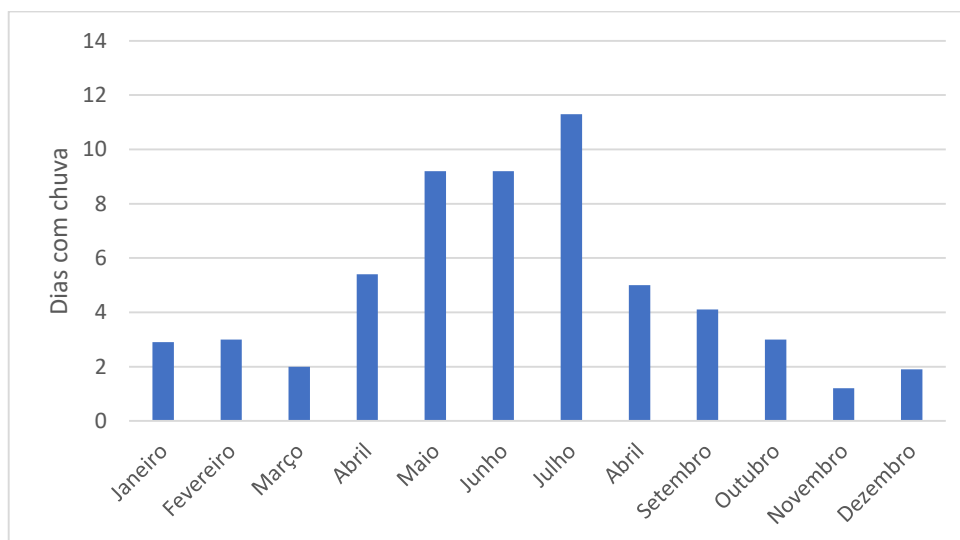
Gráfico 7. Precipitação anual



Fonte: Adaptado de ANA (2019)

Após análise desse período de 30 anos, procurou-se estreitar mais essa série histórica, analisando o período de 01 janeiro de 2009 até 31 de dezembro de 2018, onde pode constatar que o índice de chuva diária segue os meses onde ocorre um grande nível de precipitação (ver gráfico 8) e a média mensal é de quase 05 dias de chuva por mês, com destaque para os meses de maio, junho e julho que superaram os 10 dias, mas também existem meses onde a chuva foi muita intensa e ocorre em poucos dias como fevereiro, março e dezembro.

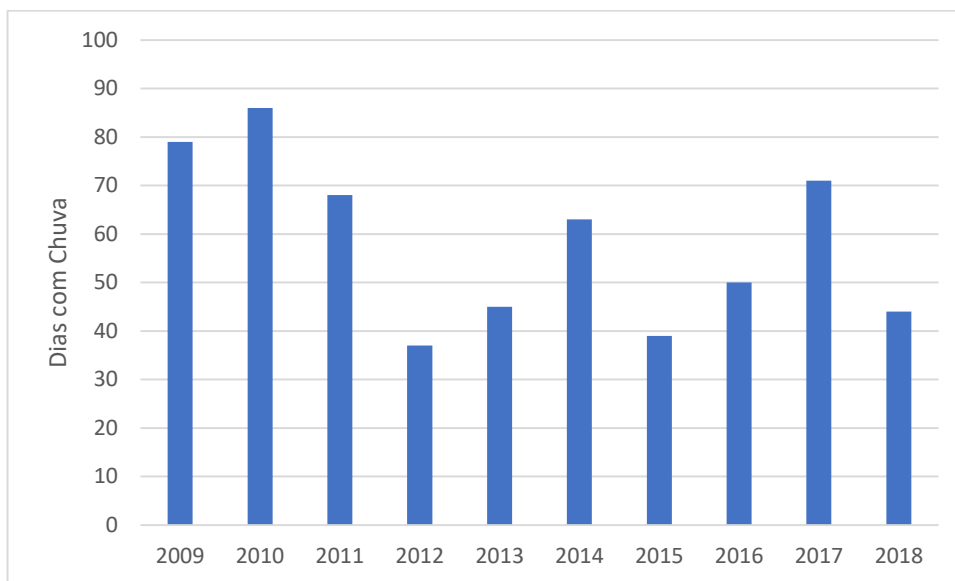
Gráfico 8. Média mensal de dias com chuva (2009-2018)



Fonte: Autor (2019)

Os anos apresentaram média de 60 dias de chuva, com destaque positivo para 2010 que foi o único a superar a marca dos 80 dias, chegando até 86 dias, e o ano que menos obteve-se dias com chuva foi 2012 com apenas 37 dias (ver gráfico 9), esses dados também comprovaram que nos anos onde ocorreram maiores índices pluviométricos, foram os que tiveram mais dias de chuva.

Gráfico 9. Média anual de dias com chuva



Fonte: Autor (2019)

4.2 Demanda de Consumo dos Vasos Sanitários

Com base no valor encontrado por Cohim *et al.* (2009) de 19,83 l/hab.dia foi feita a correlação com o número de moradores expostos por Oliveira (2017). Os valores obtidos seguem na tabela abaixo.

Tabela 6. Demanda diária

Número de moradores	Consumo (Litros)
1	19,83
2	39,66
3	59,49
4	79,32
5	99,15
6	118,98
7	138,81
8	158,64
9	178,47
10	198,30

Fonte: Autor (2019)

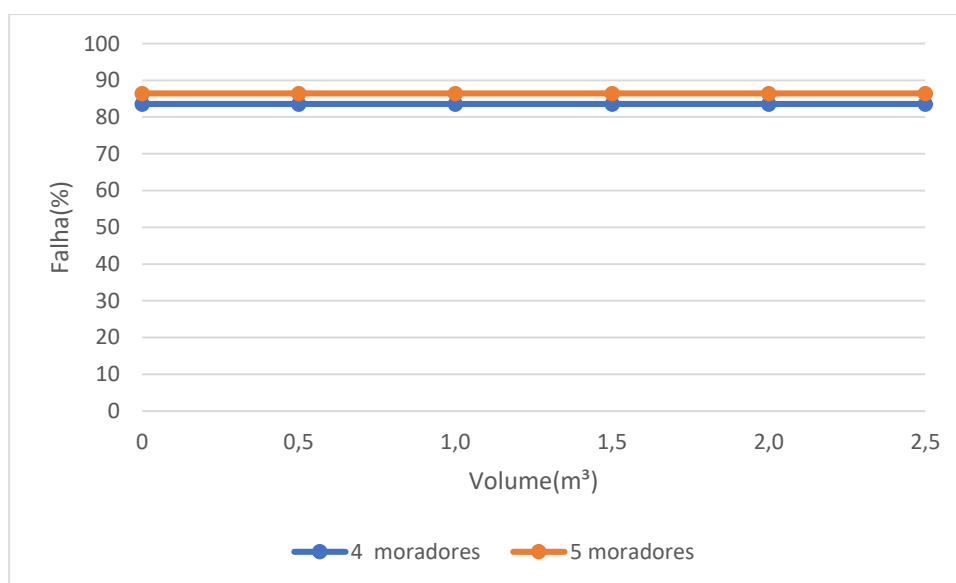
4.3 Dimensionamento do Volume dos Reservatórios

Foram feitas simulações em duas etapas, analisando a distribuição de moradores com as médias reais dos telhados, e analisando possíveis áreas de captação correlacionados com possíveis moradores.

4.3.1 Reservatórios para os Casos Reais

Para a área de captação de 51,27 m² foram aplicadas as demandas de 06, 07 e 08 moradores e para área de captação de 52,23 m² foram aplicadas o consumo de 09 e 10 moradores. Em ambos os casos não foi possível obter nenhum nível positivo, porque apresentaram falha de 100%, devido à alta demanda e a baixa área de captação. Já na área de captação de 64,43 m² onde foram aplicadas as demandas de 04 e 05 moradores, obteve-se uma diminuição nas falhas, chegando a 86,42% com o consumo de 05 pessoas e a 83,54% com o consumo de 04 indivíduos, mas ainda não foi possível obter volume de reservatório, visto que as falhas se caracterizam de forma linear em todos os volumes possíveis (ver gráfico 10).

Gráfico 10. Simulação de reservação para área de captação de 64,43 m²

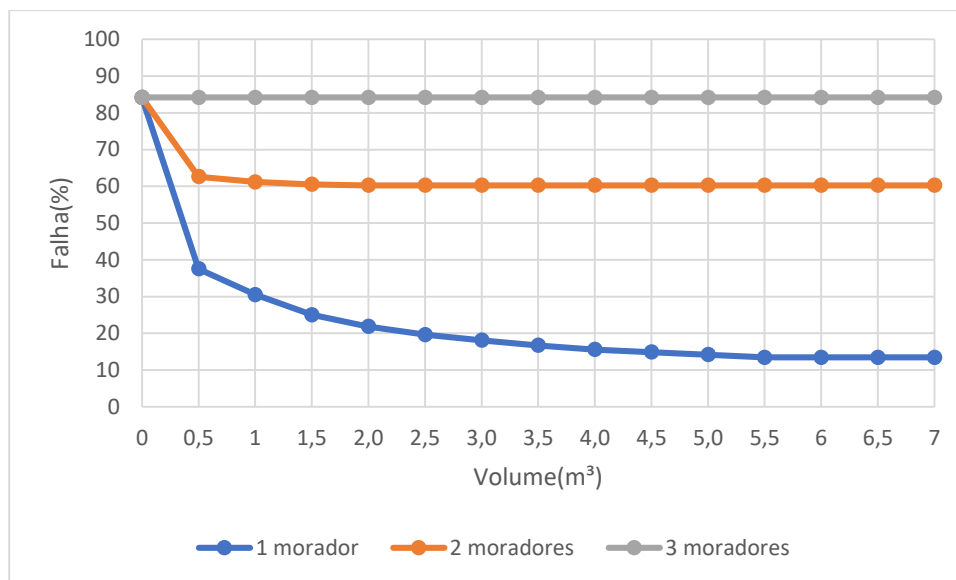


Fonte: Autor (2019)

Para a maior área média real que é de 64,94 m² foram aplicados consumos de 01, 02 e 03 moradores, obtendo resultados mais satisfatórios, para a de manda de 03 moradores se obteve uma falha de 84,17% não obtendo volume do reservatório, seguindo para a demanda de 02 moradores a falha chegou a 60,27% para um reservatório de 2,0 m³ e como esperado para a demanda de 01 morador a falha

chegou a 13,41%, resultado muito satisfatório, para um volume de reservação de 6,0 m³ (ver gráfico 11).

Gráfico 11: Simulação de reservação para área de captação de 64,94 m²



Fonte: Autor (2019)

Nesse sentido, após análise de todos os casos reais pode ser notado que só foi possível encontrar volume para dois casos e que o índice de falhas se mostrou alto, devido à configuração de alta demanda e baixa área de captação seguida de poucos dias de chuva ocorridos na região em apenas um caso foi possível chegar a uma falha próximo aos 10%, conforme podemos ver na tabela de resumo abaixo.

Tabela 7. Resumo dos casos reais

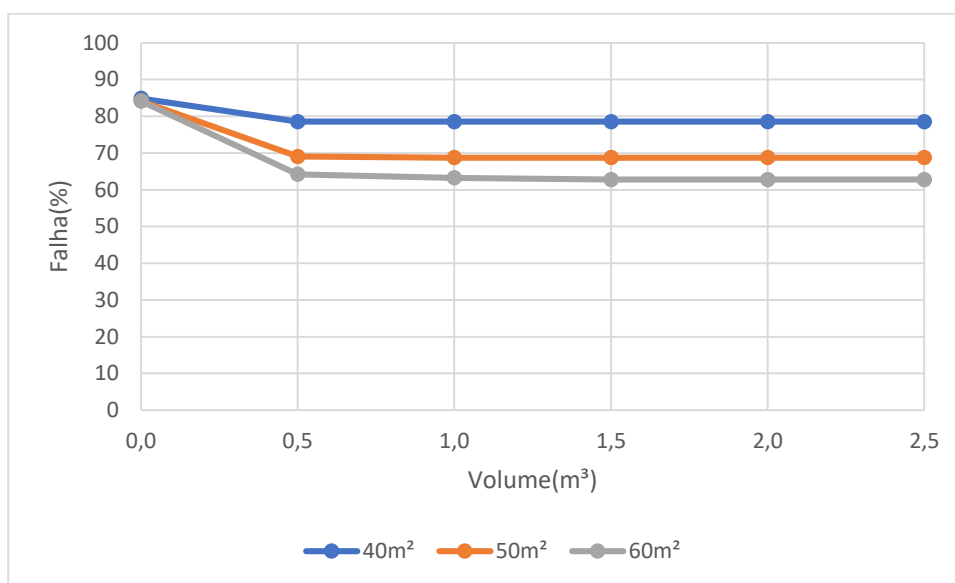
Área de Captação (m²)	Demanda (nº moradores)	Volume (m³)	Falha (%)
64,94	1	6	13,41
	2	2	60,27
	3	—	84,17
64,43	4	—	83,54
	5	—	86,42
51,27	6	—	100
	7	—	100
	8	—	100
52,23	9	—	100
	10	—	100

Fonte: Autor (2019)

4.3.2 Reservatórios para os Casos Hipotéticos

Nessa etapa foi fixada a demanda, tendo como variável as áreas de captação, então para a demanda de 02 moradores foi relacionado os telhados de 40, 50 e 60 m² (conforme o gráfico 12), no telhado de 40 m² chegou-se a uma falha de 78,53% para um reservatório de 0,5 m³, para o telhado de 50 m² foi possível chegar a um volume de reservação de 1,0 m³ com falha de 68,76% e como previsto o resultado mais satisfatório foi para o maior telhado de 60 m² com falha de 62,79% e reservatório de 1,5 m³.

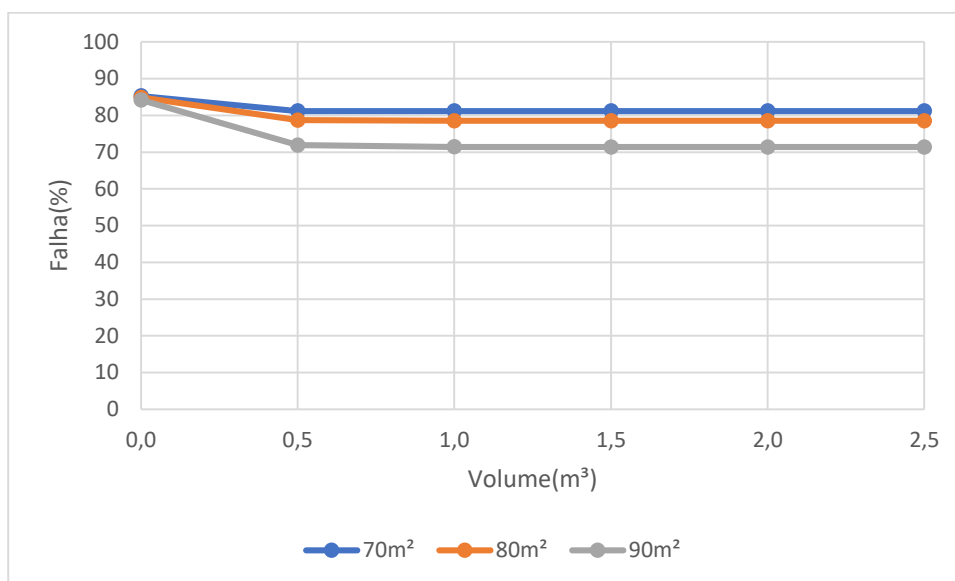
Gráfico 12. Simulação de reservação para a demanda de 2 moradores



Fonte: Autor (2019)

Para a demanda de 04 moradores foi relacionado os telhados de 70, 80 e 90 m² (conforme o gráfico 13), onde foi possível obter uma falha de 81,19% com um reservatório de 0,5 m³ para a área de 70 m², com a área de 80 m² a falha diminui e chegou a 78,53% com reservação de 1,0 m³ e para a última área que foi de 90 m² chegou-se a uma falha de 71,36 m³ e reservatório de 1,5 m³.

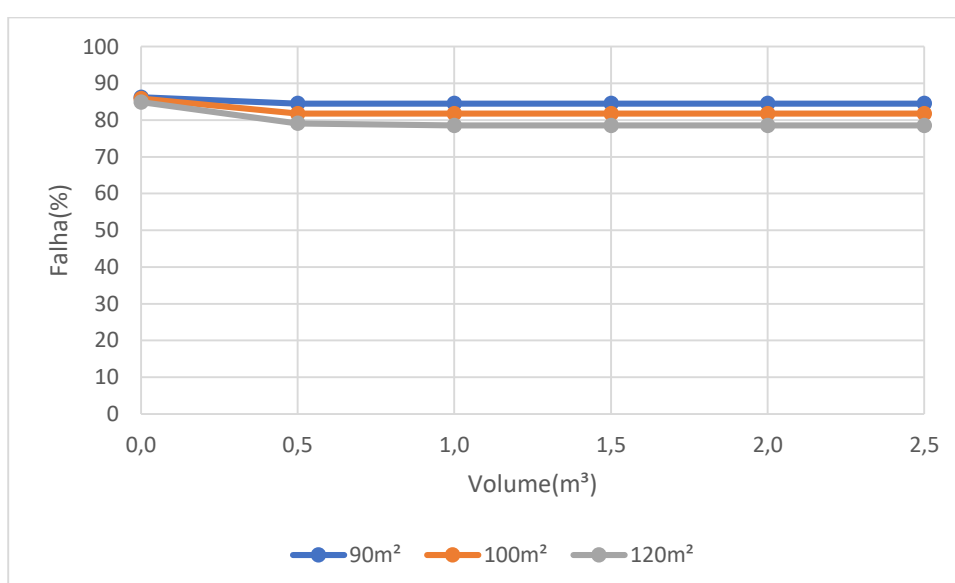
Gráfico 13. Simulação de reservação para a demanda de 4 moradores



Fonte: Autor (2019)

Após análise da demanda de 6 moradores relacionados com as áreas de captação de 90, 100 e 120 m² (ver gráfico 14), foi possível identificar que para o telhado de 90 m² a falha chegou a 84,47% para um reservatório de 0,5 m³, seguindo para o telhado de 100 m² a falha diminuiu para 81,74% continuando com o reservatório de 0,5 m³ e para o ultimo telhado de 120 m² foi possível obter um reservatório de 1,0 m³ com falha de 78,53%.

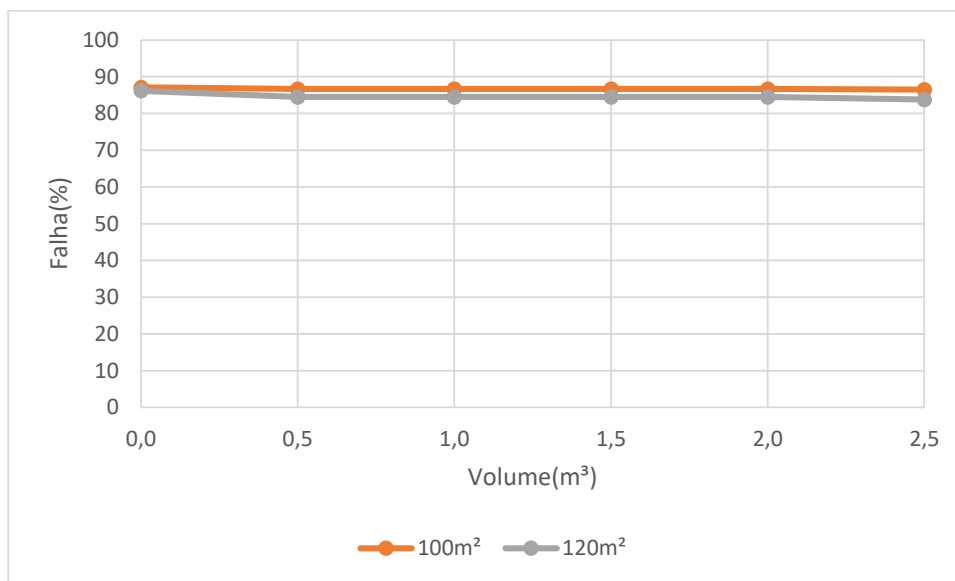
Gráfico 14. Simulação de reservação para a demanda de 6 moradores



Fonte: Autor (2019)

Seguindo para a demanda de 08 moradores, foram comparadas as áreas de captação de 100 e 120 m² (ver gráfico 15), para o telhado de 100 m² foi possível chegar a uma falha de 86,66% obtendo um reservatório de 0,5 m³ e para o telhado de 120 m² a falha não variou muito, chegando a 84,47% e com mesmo volume de reservação de 0,5 m³.

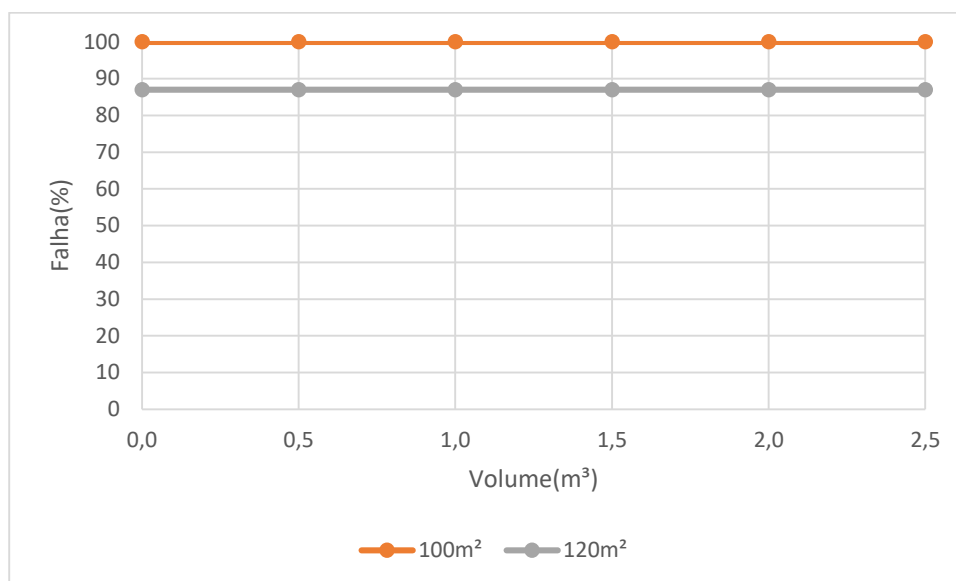
Gráfico 15. Simulação de reservação para a demanda de 8 moradores



Fonte: Autor (2019)

A demanda de 10 moradores também foi relacionada com os telhados de 100 e 120 m² (ver gráfico 16), em ambos os casos não foi possível atingir um volume de reservatório, devido a linearidade da falha, que para a área de 100 m² foi de 100% e para a área de 120 m² foi de 86,99%.

Gráfico 16. Simulação de reservação para a demanda de 10 moradores



Fonte: Autor (2019)

Os casos hipotéticos apresentaram em sua maioria volume de reservação, que somente não foi encontrado em dois casos, mas as falhas se apresentaram superiores a 60% e inferiores a 90% em sua grande maioria, conforme podemos ver na tabela seguinte.

Tabela 8. Resumo dos casos hipotéticos

Demanda (nº moradores)	Área de Captação (m²)	Volume (m³)	Falha (%)
2	40	0,5	78,53
	50	1,0	68,76
	60	1,5	62,79
4	70	0,5	81,19
	80	1,0	78,53
	90	1,5	71,36
6	90	0,5	84,47
	100	0,5	81,74
	120	1,0	78,53
8	100	0,5	86,66
	120	0,5	84,47
10	100	—	100
	120	—	86,99

Fonte: Autor (2019)

5. CONCLUSÃO

Após análise dos resultados obtidos, é perceptível que não foi possível chegar a um resultado técnico comumente desejável, visto que as falhas foram superiores a 10% devido a demanda ser muito superior a água captada, mas esses parâmetros de falhas são utilizados para o aproveitamento de toda água da chuva e o estudo traz uma nova proposta em aproveitamento da água que comumente é jogada fora nos sistemas convencionais.

Desse modo, a análise quantitativa se mostrou eficaz em mostrar que o volume de água desperdiçado que pode ser aproveitado de forma paralela a um sistema de aproveitamento de água pluvial é bastante relevante e deve ser amplamente discutido, afim de ser uma solução nova para evitar o desperdício de água potável para fins não potáveis (vasos sanitários), tornando-se uma solução viável do ponto de vista sustentável.

Visto que na região urbana de Delmiro Gouveia é comum o uso de caixas d'água de 0,5 m³ e 1 m³ nas residências familiares e o estudo conseguiu obter volumes de reservação iguais ou superiores a esses, chegando até 6 m³ no melhor caso, resultados melhores não foram possíveis devido ao limite da área de captação das residências da região e o baixo índice pluviométrico que é caracterizado por uma grande variabilidade de precipitações se comparado a outras regiões do país. Outro fator preponderante foram os dias de chuva que se apresentaram em pequena quantidade, interferindo diretamente na coleta das primeiras águas da chuva, ressaltando a importância do trabalho como melhoria da gestão hídrica de um território afetado pela falta de água.

Os estudos quantitativos em relação as primeiras águas ou *first flush* são escassos o que representou certa dificuldade para o presente trabalho, é sugestivo trabalhos futuros em regiões com regime pluviométrico diferente, aumento na quantidade do *first flush* além de análise sobre impacto econômico da instalação desse sistema complementar no sistema convencional, bem como na viabilidade do tratamento a ser realizado.

6. REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT 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.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação Predial de Água Fria**, Rio de Janeiro, 1998.

ANA-Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>. Acesso em: 10 ago.2019a.

ANA- **Agência Nacional de Águas**. Caderno de Recursos Hídricos. Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil. 2005.134 p.

ANA - **AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS**. Conjuntura dos Recursos Hídrico no Brasil. Brasília: Agência Nacional de águas, 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/ana-lanca-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-2018>. Acesso em: 13 ago. 2019b.

ANA-**AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E ANEL-AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA**- Introdução ao Gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, Brasília, 2001. 2ª Ed. Disponível em :< <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/introduc3a7c3a3o-ao-gerenciamento-de-recursos-hc3addricos.pdf> >. Acessado em: 12 de ago. 2019.

ANDRADE NETO, C.O. **Aproveitamento Imediato da água de chuva**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologia Ambientais (GESTA), [S. l.], ano 2013, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2013.

ASA BRASIL. Disponível em : <https://www.asabrasil.org.br/>. Acesso em: 23 de set.2019.

BARRETO, D. Progama de Mestrado em Habilitação Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Perfil do consumo residencial e uso finais da água**, São Paulo, 2008.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIM, Mário M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, SP, Brasil, 1 abr. 2008. Disponível em: <https://rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/116/106>. Acesso em: 13 ago. 2019.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima; SILVA, Aderaldo de Souza; PORTO, Everaldo Rocha. **Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos**. Embrapa Semiárido, [S. l.], 23 nov. 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36533/1/OPB1514.pdf>. > Acesso em: 13 ago. 2019.

CIRILO, J. A. **Crise hídrica: desafios e superação**. Revista USP, n. 106, p. 45-58, 2 set. 2015.

COELHO, L.M.G; MARCELINO, G.V; AMARAL, E.L.S; EVANGELISTA, L.A; COSTA, V.J.A. **Avaliação Experimental da Eficiência na Retenção de Sedimentos Sólidos, em um Reservatório Separador de Primeiras Águas da Chuva**. 11º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Águas de chuva, João Pessoa, Paraíba, 2018.

COHIM, E; GARCIA, A; KIPERSTOK, A; DIAS, M. C. **Consumo de água em residências de baixa renda – estudo de caso**. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Pernambuco. ABES. 2009.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. (2008) **Racionalização e reuso de água intradomiciliar. Produção limpa e eco-saneamento**. In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia. Salvador.

FAO-Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Extracción de agua por sectores**. AQUASTAT, [S. l.], 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_esp.pdf. >. Acesso em: 13 ago. 2019.

FIESP-Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e Reuso de Água em Edificações**. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 17 de set. 2019.

FIRJAN- Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Manual de Conservação e reuso de água da Indústria**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://sindusconpetropolis.com.br/publicacao/manual-de-conservacao-e-reuso-de-agua-na-industria/>>. Acesso em: 18 set. 2019.

GHISE, E. **Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. Building and Environment**, v.41, n. 1, p. 1544-1550, 2006.

GONÇALVES, O. M. **Estratégias para a redução do impacto da demanda de água nas cidades e edifícios**. In: II Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável, 2009, São Paulo. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/sbcs09/palestras/omarracine.pdf>>. Acesso em: 18 de set. 2019.

HAFNER, A. V. **Conservação e Reuso de Água em Edificações- experiências nacionais e internacionais**. 2007. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da Qualidade da Água da Chuva e da Viabilidade de Sua Captação e Uso**. 2009. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS, Brasil, 2009.

HESPAHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Revista Brasileira de Recurso Hídricos. Porto Alegre, RS, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 16 de setembro de 2019.

IPT- Instituto de Pesquisa Tecnologia. **Manual Emergencial de água da chuva**. 2015. Disponível em: <http://www.ipt.br/manual_aguadechuva>. Acesso em: 18 set. 2019.

MARINOSKI, D.L; GHISI, E; GÓMEZ, A.L. **Aproveitamento de Água Pluvial e Dimensionamento de Reservatório para Fins Não Potáveis: Estudo de Caso em um Conjunto Residencial Localizado em Florianópolis-SC**. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2014.

MAY, S. **Estudo de Viabilidade do Aproveitamento de água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

MELO, L.R.C. **Variação da Qualidade da Água de Chuva no Início da Precipitação**. 2007.110p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRG, RN), Natal, RN, Brasil, 2007.

OHNUMA JUNIOR, A.A; SILVA, L.P; PICCOLI.R; PEIXE.C. *et al.* **Qualidade Das Águas Pluviais de FIRST FLUSH**. Grupo de Estudos de Hidrologia e Planejamento de Recursos Hídricos. X Encontro Nacional de Águas. 2014. São Paulo Disponível em: http://eventos.abrh.org.br/xenau/apresentacoes/6/17_09_18h48_alfredo_akira.pdf. Acesso em: 10 de out. de 2019.

OLIVEIRA, D. H. S. **Avaliação dos Diferentes Métodos de Dimensionamento de Cisternas Aplicado ao Regime Pluviométrico do Município de Delmiro Gouveia-AL**. 2017.63p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL, AL), Delmiro Gouveia, Alagoas, Brasil, 2017.

PROSAP. **Uso Racional de água e Energia. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Brasil, p. 1-354, 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em: set. 2019.

ROCHA, B.C.C.M; REIS, R.P.A; ARAÚJO, J.V.G. **Avaliação do Volume Necessário de Descarte de Água de Chuva Escuada Sobre Coberturas de Diferentes Materiais**. REEC- Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Brasil, v. 2, p. 51-58, 2011. Disponível em:<http://revistas.ufg.br/index.php/reec/index>. Acesso em: 16 ago. 2019.

RODRIGUES, H.K; SANTOS, L.A; BARCELOS, H.P; PÁDUA, C, L. 6 ° Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Água de Chuva: Pesquisas, Políticas e Desenvolvimento Sustentável. **Dispositivo Automático de Descarte da Primeira Água de chuva**, Belo Horizonte, 2007.

SILVA, D.F.R. **Aproveitamento de Água de Chuva Através de um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável**. 2014. 110 p. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Engenharia Civi) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SIT- Sistema de Informações Territoriais. **Perfil Territorial do Alto sertão – AL**, 2015. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_040_Do%20Alto%20%20Sert%C3%83%C2%A3o%20-%20AL.pdf> Acesso em: set. 2019.

SOUSA, A.B; ANDRANDE NETO, C.O; MAIA, A.G. **Análise Crítica de Métodos de Dimensionamento de Cisterna**. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belém - PA - Brasil, ano 2016, p. 1-6, 2016.

TEXEIRA, Á.D.S; PULZ; E. SILVA, B.C.R; IRAZUSTA, S.P; TEIXEIRA; E.P. **Avaliação da Qualidade de Água de Chuva para Aproveitamento Doméstico**. X Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza. Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perceptivas, São Paulo, 2015. Disponível em: http://www.portal.cps.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/010-workshop-2015/workshop/trabalhos/Sistemas_Produtivos/Meio_Amb_Saude_Ocup_Desenv_Sust/Avaliacao_da_qualidade_Agua_chuva.pdf. Acesso em: 12 out. 2019.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis. **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, [s. l.], ed. 6, 2007.

TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas: Saneamento para todos**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2019.

TUCCI, C.E.M. **Urbanização de Recursos Hídricos**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/86927-Urbanizacao-e-recursos-hidricos.html>>. Acesso em: 15 set. 2019.

UNICEF E OMS. **Progresso n Drinking Water, Sanitation and Hygiene**. 2017 Disponível em: <https://www.unicef.org/publications/index_96611.html>. Acesso em: 16 set. 2019.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas Sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2015: Água para um Mundo Sustentável**, 2015. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/environment/wwdr/>>. Acesso em: 10 out.2019.