

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE  
CAMPUS AVANÇADO DE NATAL  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL PARA  
FINS NÃO POTÁVEIS NA CIDADE DE NATAL/RN**

**JANIELE ANDRADE BORGES**

**NATAL/RN  
2016**

**JANIELE ANDRADE BORGES**

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL PARA  
USO NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE NATAL/RN**

Monografia apresentada ao Departamento de  
Ciência e Tecnologia como requisito  
obrigatório para a obtenção do título de  
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Ms. Maria Helena de  
Freitas

**NATAL/RN  
2016**

**Catálogo da Publicação na Fonte.  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Borges, Janiele Andrade

Potencial De Captação E Aproveitamento Da Água Pluvial Para Fins Não Potáveis Na Cidade De Natal/RN. / Janiele Andrade Borges – Natal, RN, 2016.

38 f.

Orientador (a): Prof. Ms. Maria Helena de Freitas

Monografia (Bacharelado) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Curso de Ciência e Tecnologia.

1. Escassez de água. 2. Águas pluviais. 3. Captação e aproveitamento. I. Freitas, Maria Helena de. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

UERN/ BC

CDD 627

**JANIELE ANDRADE BORGES**

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL PARA  
FINS NÃO POTÁVEIS NA CIDADE DE NATAL/RN**

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Ms. Maria Helena de Freitas – Orientadora  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

---

Dr. Norberto de Kassio Vieira Monteiro  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

---

Dra. Andréa Jane da Silva  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais, que foram meu alicerce diante das dificuldades aqui enfrentadas e estiveram ao meu lado em todos os momentos, acreditando sempre no meu potencial e fazendo o possível para que esse sonho se tornasse realidade.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde, sabedoria e coragem para enfrentar esse desafio, por sempre me fortalecer perante as dificuldades enfrentadas ao longo dessa jornada.

Aos meus pais, por terem feito o possível para me oferecerem a oportunidade de estudar, por sempre me apoiarem e me ajudarem nos momentos mais difíceis dessa caminhada, acreditando e respeitando minhas decisões e nunca deixando que as dificuldades acabassem com os meus sonhos.

A toda minha família, pelo apoio incondicional e por acreditar no meu potencial, que mesmo longe sempre me ajudaram e torceram pela concretização desse sonho.

Ao meu namorado, Allan Alencar, pela paciência, dedicação e incentivos nos momentos difíceis no decorrer de todo o curso.

A todos os amigos, que acompanharam de perto toda a minha luta diária para não desistir e que me incentivaram e me incentivam até hoje para nunca desistir de alcançar meus objetivos.

Aos meus colegas e amigos da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, pela ajuda nos estudos e todos os momentos juntos, em especial, Andrielison Cleiton, Melissa Brito, Wanderléia Santos e Renata Sthefânia.

À professora Ms. Maria Helena de Freitas, pela paciência na orientação e ajuda que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Ao professor Norberto Monteiro, por aceitar o convite para compor a banca examinadora, e a professora Andréa Jane pela ajuda e incentivo na elaboração desta pesquisa.

A todos os professores, por seus ensinamentos, paciência e confiança no decorrer do Curso. Todos foram muito importantes na minha jornada acadêmica.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigada a todos, este trabalho não seria possível sem a colaboração de vocês!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

## RESUMO

A água é um recurso natural essencial à vida no planeta e está presente em elevadas quantidades no mundo, porém, uma parte mínima é adequada para o consumo humano. Essa pequena parcela disponível está se tornando cada vez mais escassa, devido a fatores diversos, como o crescimento da população, desperdício, poluição e as mudanças climáticas. Além disso, os recursos hídricos são limitados, e atualmente muitos países, inclusive o Brasil, enfrentam problemas com a falta de água potável, por isso se faz necessário buscar novas formas para diminuir a escassez dessa água. O presente estudo tem como objetivo levantar indicadores quanto ao potencial e as técnicas de captação e aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis na cidade de Natal. Para alcançar esse objetivo, foi realizada pesquisa bibliográfica através de um estudo com fins exploratórios selecionando, nas bases de dados de universidades, revistas e programas de pós-graduação, trabalhos acadêmicos, como artigos, dissertações e monografias. Buscou-se compilar trabalhos já realizados sobre a temática aqui explorada, que se configuraram relevantes para esta pesquisa. Depois de selecionados e compilados os estudos, foi feita a análise do material coletado, buscando identificar as técnicas de captação e armazenamento da água pluvial, bem como analisar o potencial para o seu aproveitamento, tendo em vista as condições ambientais da cidade do Natal. Estudos já demonstram que na cidade de Natal, alguns reservatórios se encontram nos limites de suas capacidades de utilização, além da contaminação de nitrato nas águas subterrâneas que é outro problema a ser considerado. Diante disso, é cada vez mais importante buscar novas formas de captar água, e o aproveitamento da água da chuva se torna uma alternativa viável para diminuir os problemas com escassez e principalmente para a economia de água potável. Através de informações ambientais do município de Natal e de estudos já realizados e analisados, verificou-se que existem indicadores positivos para o aproveitamento de água da chuva em função de precipitações médias que ultrapassam 1100 mm/ano e retorno econômico dentro dos modelos estabelecidos nos estudos já realizados.

**PALAVRAS-CHAVE :** Escassez de água. Águas pluviais. Captação e aproveitamento.



## **ABSTRACT**

Water is a natural resource essential to life on the planet and is present in high quantities in the world, however, a small part is suitable for human consumption. This small portion available is becoming increasingly scarce due to several factors, such as population growth, waste, pollution and climate change. In addition, water resources are limited, and currently many countries, including Brazil, have problems with the lack of drinking water, so it is necessary to look for new ways to reduce the shortage of such water. This study aims to raise indicators of the potential and harvesting techniques and use of rainwater for non-potable purposes in Natal. To achieve this goal, bibliographical research was carried through a study with exploratory purposes selecting, in the databases of universities, journals and graduate programs, academic papers, such as articles, dissertations and monographs. He attempted to compile work already done on the subject explored here, which is configured relevant to this research. After selected and compiled studies, the analysis was made of the material collected in order to identify the harvesting techniques and storage of rainwater and to examine the potential for its use, in view of the environmental conditions of the city of Natal. Studies have shown that in the city of Natal, some reservoirs are within the limits of their capacity utilization, as well as nitrate contamination in groundwater that is another issue to be considered. Therefore, it is increasingly important to find new ways to collect water, and the use of rainwater becomes a viable alternative to reduce problems with shortages and especially the economy of drinking water. Through environmental information of Natal and studies conducted and analyzed, it was found that there are positive indicators for rainwater utilization due to average rainfall exceeding 1100 mm / year and economic return within the established models in previous studies.

**KEYWORDS:** Water shortage. rainwater. Collection and use.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS</b> .....	13
2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO E NO BRASIL .....	13
2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	15
2.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	18
2.4 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	21
<b>3 POTENCIAL PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NA CIDADE DE NATAL/RN</b> .....	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA CIDADE DE NATAL .....	27
3.2 DISPONIBILIDADE DA ÁGUA DOS MANANCIAIS E SITUAÇÃO ATUAL DE ABASTECIMENTO NA CIDADE DE NATAL.....	29
3.3 ESTUDOS SOBRE A VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DE NATAL .....	31
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	34
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida do planeta e está presente em elevadas quantidades no mundo, porém, uma parte mínima é adequada para o consumo humano. Essa pequena parcela disponível está se tornando cada vez mais escassa, devido a fatores diversos como, o crescimento da população, desperdício, poluição e mudanças climáticas. Além disso, os recursos hídricos são limitados, e atualmente muitos países enfrentam problemas com a falta de água potável.

Segundo Fernandes, Neto e Mattos (2007, p. 3), “A procura por novas formas de captar água tem se mostrado cada vez mais frequentes devido à grande poluição que o homem vem fazendo às suas reservas de água doce, bem como, a eminência da escassez de água”. Esses autores ressaltam a importância de buscar formas alternativas para captar água e o aproveitamento da água da chuva se torna uma alternativa interessante do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, por ser uma fonte limpa e de baixo custo quando comparada a outros meios de captação.

De acordo com Martins (2013, p. 15), “O Brasil é conhecido como um país que possui um grande potencial hídrico, tendo posse de um quinto de toda a reserva global, mas apesar de usufruir dessa grande disponibilidade hídrica, algumas regiões estão passando por um stress hídrico”. Isto se explica principalmente porque no Brasil “a distribuição territorial desse recurso natural se dá de forma bastante desigual, onde a característica principal é a concentração da água doce em zonas com menor concentração populacional”. (MACHADO, 2013, p. 13).

Além disso, problemas relacionados com a diminuição das chuvas, com a redução do nível das reservas de água e com desperdício, têm causado preocupação e incitado ao racionamento e à busca por novas alternativas para enfrentar a escassez da água. A cidade de Natal também enfrenta grandes problemas com abastecimento de água e a falta de saneamento básico, o que vem afetando significativamente a qualidade da água e provocando grande impacto sobre a população e sobre o sistema produtivo (MEDEIROS, 2001). Fato agravante decorrente desta situação é a elevação nos níveis de nitrato em aquíferos de águas subterrâneas na cidade de Natal, que causa a inviabilidade para o consumo em alguns pontos da cidade (ALVES, 2009).

É de grande importância fazer uso do aproveitamento da água da chuva para economizar a água potável, principalmente por ser uma alternativa significativamente

vantajosa para os usos considerados não potáveis. “Dessa forma, o seu aproveitamento contribui para a diminuição do volume consumido de água tratada, o que acarreta economia no sistema de tratamento e na conta de água do usuário” (HAGEMANN, 2009, p. 14). Além disso, o aproveitamento da água pluvial reduz os riscos de enchentes em locais cujos solos são altamente impermeabilizados. (FERNANDES; NETO; MATTOS, 2007).

Desse modo, não há dúvidas sobre a importância do uso da água pluvial, seja para fins domésticos, comerciais, industriais ou agrícolas, pois representa uma economia dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que previne enchentes e outros problemas decorrentes do escoamento de águas pluviais, principalmente no contexto urbano. No entanto, faz-se necessários estudos que possam avaliar os fatores determinantes para a viabilidade e adequação de sistemas em função das características, ambientais, sociais e técnicas para a implantação de projetos.

Diante das condições climáticas do estado do Rio Grande do Norte onde se convive constantemente com baixos e irregulares índices pluviométricos já é uma realidade o aproveitamento de água de chuva em sistemas domésticos e agrícolas em áreas rurais, representando hoje uma alternativa que tem contribuído, pelo menos, para a melhoria das condições de vida da população (ALVES, 2010). No entanto, embora seja uma realidade em outros contextos do Brasil, o aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas na cidade de Natal parece algo ainda pouco debatido, o que mostra a importância de identificarmos se já se dispõe de estudos suficientes que forneçam informações válidas para a determinação de indicadores quanto à viabilidade técnica e econômica para as condições de nossa cidade.

Tendo em vista o contexto problemático supramencionado, decidiu-se realizar este estudo que tem por objetivo levantar, por meio de pesquisa bibliográfica, indicadores quanto ao potencial e as técnicas de captação e aproveitamento da água pluvial na cidade de Natal para fins não potáveis. Para alcançar esse objetivo, foi realizada pesquisa bibliográfica, entendida com base em Lakatos e Marconi (2003, p. 158) como:

Um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema. O estudo da literatura pertinente pode ajudar a planificação do trabalho, evitar publicações e certos erros, e representa uma fonte indispensável de informações, podendo até orientar as indagações.

A princípio foi feito um estudo preliminar bibliográfico selecionando os materiais relevantes, como, artigos acadêmicos, livros, dissertações e monografias, acerca do tema abordado na pesquisa. Com as fontes bibliográficas selecionadas, foi feita uma compilação do

material coletado relacionado aos objetivos específicos da pesquisa, no sentido de identificar as técnicas mais utilizadas para a captação e armazenamento da água pluvial, bem como, analisar o potencial para o aproveitamento da água da chuva nas condições ambientais na cidade de Natal.

Depois dessas etapas de seleção, compilação e análise dos materiais bibliográficos, passou-se a elaboração da monografia, feita mediante o conhecimento adquirido nas leituras e interpretações dos materiais analisados.

Portanto, a presente pesquisa busca, por meio de estudos técnicos e científicos produzidos e disponíveis, informações que contribuam na determinação de indicadores e parâmetros que sirvam de subsídios na determinação para estudos de viabilidade de implantação de técnicas de aproveitamento da água pluvial, bem como analisar seu potencial na cidade de Natal. Ao mesmo tempo, este estudo poderá gerar contribuições teóricas para estudos futuros relacionados a essa temática, através da sistematização de um marco referencial na área.

Este trabalho é composto por quatro seções. Na primeira seção, é apresentada a introdução em que se faz uma breve contextualização sobre o assunto estudado e apresenta os objetivos, justificativa e metodologia empregada na pesquisa.

Na segunda seção, serão apresentadas algumas informações concernentes à disponibilidade de recursos hídricos no mundo e no Brasil, bem como, os países que são tidos como referência quando se fala em captação e aproveitamento da água da chuva. Além disso, será brevemente apresentada a legislação que regulamenta sobre o aproveitamento da água pluvial em vigor no Brasil e os principais componentes dos sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva.

Na terceira seção, será feita uma análise acerca do potencial e das técnicas de captação e aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis na cidade de Natal. Para tal análise, serão levadas em consideração as condições ambientais da cidade e como se encontram as reservas de água de modo a verificar se é viável fazer uso do aproveitamento da água da chuva nas condições ambientais de Natal.

Na última seção, serão apresentadas as considerações finais do estudo, bem como sugestões para trabalhos futuros e dificuldades enfrentadas na elaboração da pesquisa.

## 2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO E NO BRASIL

A água é um elemento relativamente abundante no planeta e sua abundância, muitas vezes, leva a uma falsa idealização de que este é um recurso inesgotável. “No mundo, 97,5% da água é salgada. A água doce somente corresponde aos 2,5% restantes. Porém, 68,9% da água doce estão congeladas nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas” (OLIVEIRA 2008, p. 17). “No entanto, menos de 1% da água dos continentes está diretamente acessível ao uso humano, o que corresponde a 0,007% do total de água na terra. Além disso, grande parte da água disponível em fontes superficiais encontra-se com sua qualidade deteriorada” (HAGEMANN, 2009, p.17). Desses 0,007% das águas disponíveis, 70% são usadas na agricultura, 22% na indústria e 8% são para uso doméstico (LIMA, 2011).

Figura 1 - Disponibilidade de água existente no mundo.



Fonte: PENA (2016)

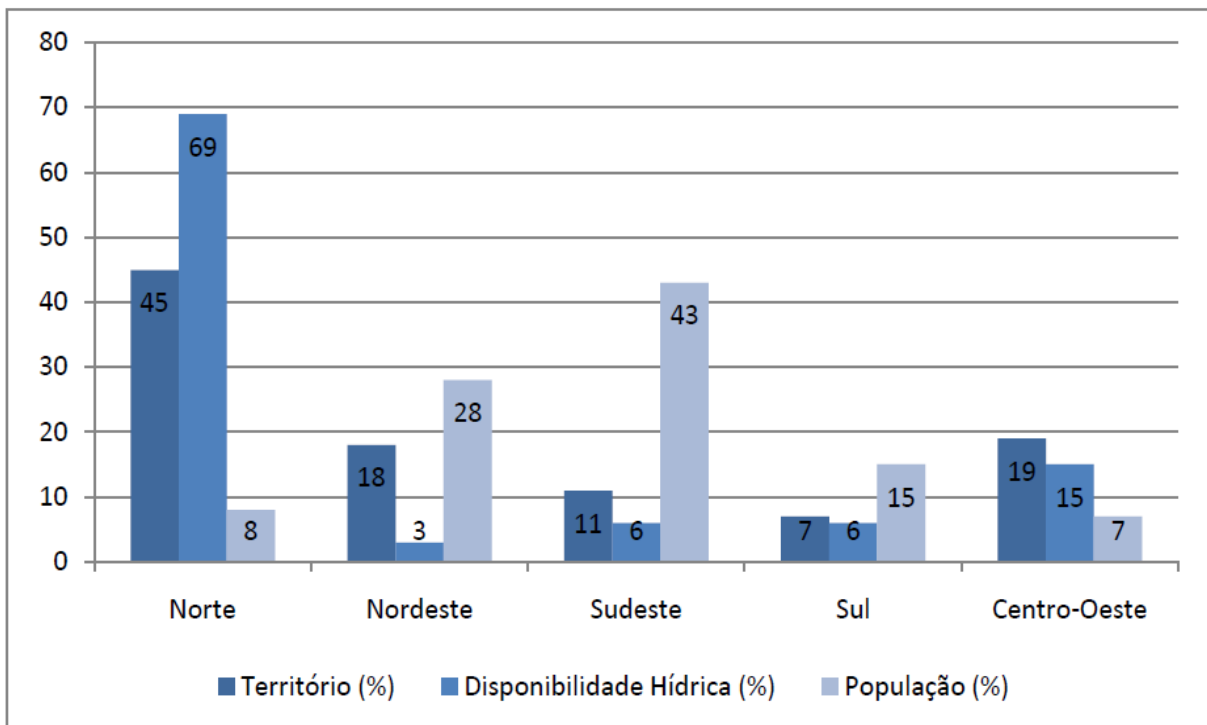
Apesar de a água ser encontrada em grande quantidade no planeta, vários países enfrentam problemas com a falta da mesma. Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU) *apud* Lima (2011), atualmente, 20% da população mundial não tem acesso à água potável, pois o consumo de água no último século tem aumentado duas vezes a mais que a taxa de crescimento da população e a previsão para o ano de 2025 é que dois terços da população mundial irão enfrentar dificuldades com relação à disponibilidade de água.

“A preocupação com a água não se resume a problemas em sua quantidade limitada, mas também a sua má distribuição ao redor do mundo. Países como o Canadá possuem mais que o necessário de água, enquanto no oriente médio praticamente não existe” LIMA (2005 *apud* LIMA 2011). Pensando nisto, o aproveitamento da água pluvial que já é utilizado em muitas regiões do mundo, pode se tornar uma alternativa viável para minimizar o sério problema com a falta de água que muitos países enfrentam.

Como já foi descrito anteriormente, o Brasil é considerado um país extremamente rico em água doce, e possui uma disponibilidade hídrica estimada em 34.000 m<sup>3</sup>/hab/ano (LIMA, 2011). No entanto, apesar do Brasil ser um país privilegiado, possuindo 14% da água disponível no planeta, a sua disponibilidade não é distribuída uniformemente, pois as regiões que tem maior população são justamente as que possuem menor disponibilidade hídrica, em contrapartida, onde há maior disponibilidade de água estão às regiões com menor índice populacional (MARINOSKI, 2007).

As variações na distribuição de água doce nas diferentes regiões brasileiras e sua relação com a taxa populacional aparece de forma evidente na Figura 2, indicando que temos dificuldades para garantir a demanda por recursos hídricos em algumas regiões, mesmo com ampla disponibilidade hídrica nacional.

Figura 2 - Distribuição da água doce existente no Brasil.



Fonte: GHISI, 2006 *apud* CORDOVA, 2009.

Como podemos ver na Figura 2, a região Norte possui a maior disponibilidade hídrica do país, com 69% e uma população de apenas 8%. Já a região Sudeste possui a maior população com 43% e apenas 6% de disponibilidade hídrica. Outro exemplo que pode ser citado é a região nordeste, que possui a menor disponibilidade hídrica, apenas 3% e a segunda maior população do país, com um total de 28%.

## 2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

“A captação e o aproveitamento das águas pluviais caracterizam-se por ser um processo milenar, adotado por civilizações como Astecas, Maias e Incas”. (GUIMARÃES et al, 2015, p. 03). Segundo Alves (2010), alguns dos registros mais antigos de reservatórios de água data 3600 a.C, em Israel, onde encontra-se a fortaleza de Masada, que possui capacidade de 40 milhões de litros, dispostos em 10 reservatórios, além da Pedra Moabita, um dos registros mais antigos do mundo referente ao aproveitamento da água da chuva, encontrada no Oriente Médio, em 850 a. C. “Nela, o rei Mesha dos Moabitas, sugere que seja feita um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva” (TOMAZ, 2011, p. 20).



Nosé (2008, p.6) afirma que “em diversas partes do mundo, a coleta e aproveitamento de água de chuva tem sido uma técnica muito popular, especialmente em regiões áridas e semi-áridas que constituem aproximadamente 30% da superfície da terra”. O aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis já vem sendo desenvolvido por vários países, entre eles, o Japão e Alemanha. Além desses países, outros como, Estados Unidos, Austrália e Singapura também desempenham projetos para fazer uso desse aproveitamento (TOMAZ, 2003).

“Portanto é cada vez mais importante procurar sistemas que permitam uma utilização mais eficiente da água, sendo a utilização de sistemas de aproveitamento de água das chuvas um dos principais” (ALVES, 2010, p.13). Por ser uma alternativa simples e barata, a captação e aproveitamento da água da chuva está cada vez mais sendo utilizado, principalmente no nordeste do Brasil, por ser uma região com baixo índice pluviométrica. Além do mais, o aproveitamento da água da chuva torna-se viável também em regiões onde possui alto índice pluviométrico, sendo uma alternativa para diminuição de enchentes e inundações nos grandes centros urbanos.

Como visto nos relatos expostos acima, o aproveitamento da água da chuva já vem sendo usado desde a antiguidade. Porém, com o desenvolvimento da humanidade e o surgimento de novas tecnologias, o aproveitamento da água pluvial tornou-se cada vez menos usual. Contudo, hoje, esse aproveitamento voltou a ganhar significativa importância, em consequência da escassez da água, que está se tornando cada vez mais insuficiente para atender a demanda da população (ALVES, 2010).

De acordo com Alves (2010), na Alemanha tem-se como exemplo o aproveitamento da água da chuva no centro comercial Alexa, que pertence ao grupo Sonae Sierra, e também a clínica Bad Hersfeld, situada em Hussen.

No caso do centro comercial, neste é feita a recolha da água pluvial para utilização nos sistemas de refrigeração e combate a incêndio. Já na clínica a água das chuvas que é recolhida, é utilizada na descarga dos autoclismos e no sistema de refrigeração das máquinas, reaproveitando o calor. Neste caso é estimado que se poupe cerca de 6180 m<sup>3</sup> de água potável anualmente (ALVES, 2010, p. 14).

O Japão é um dos países que mais utiliza sistemas de aproveitamento de água da chuva, é também exemplo quando se refere a tecnologias de aproveitamento da água pluvial. O governo japonês “oferece em 16 cidades ajuda financeira para quem queira construir na sua

residência um sistema de reservatório de água de chuva e ou sistemas de valas para infiltração da água da chuva” (CARDOSO, 2013, p. 24).

Reis e Silva (2014, p. 5) cita que “em Tóquio, a coleta de água da chuva é bastante intensa, pois os reservatórios de abastecimento convencionais ficam distantes da capital japonesa”.

Um bom exemplo do aproveitamento da água da chuva na cidade é o Estádio Tokyo Dome, que foi construído para a Copa do mundo de 2002 e possui um ousado e criativo projeto arquitetônico que prevê a captação da água pluvial. Sua cobertura funciona como uma lona gigante, feita de plástico ultra resistente que pode ser inflada a qualquer momento para colher a água da chuva, proporcionando uma área de captação de cerca de 16.000 m<sup>2</sup>. A água captada é armazenada em uma cisterna no subsolo, onde é tratada e utilizada no sistema de combate a incêndios e ainda responde por um terço do consumo total de água do estádio (SILVEIRA, 2008, *apud* REIS E SILVA, 2014, p.5).

Segundo Tomaz (2011), na cidade de Sumida que fica na área metropolitana de Tóquio no Japão, a precipitação média anual de 1400 mm e o aproveitamento da chuva é feito devido a segurança no abastecimento de água em caso de emergência.

“Em parte do deserto de Karoo, na África do Sul, onde as fontes de água subterrânea estão a grandes profundidades e muitas vezes são de má qualidade, o aproveitamento das águas pluviais torna-se a solução mais adequada como fonte complementar de suprimento de água” (HAGEMANN, 2009, p. 23).

Segundo Hagemann (2009, p. 23), em Moçambique, “a água superficial é relativamente escassa e mal distribuída. Nesse país a captação de águas pluviais é uma técnica tradicional que ainda é largamente utilizada, principalmente nas províncias centrais de clima mais árido”.

De acordo com Alves (2010), na Austrália o aproveitamento da água da chuva já é feito há muitos anos, pois o país passa por longos períodos de secas e a também uma grande procura por água. Na Austrália tem-se, por exemplo, “o complexo de 1.300 apartamentos Star City, localizado em Seoul, pode armazenar 3.000 m<sup>3</sup> de água em 3 tanques separados sendo que uma parte da água é utilizada em sanitas e jardins e outra é guardada para situações de emergência” (ALVES, 2010, p.14).

“O primeiro relato no Brasil, de sistema de aproveitamento de água de chuva, foi o sistema construído pelo exército norte-americano na Ilha de Fernando de Noronha, em 1943, que funciona até hoje para o abastecimento da população” (MELO, 2007, p.16). Porém, no Brasil, o aproveitamento da água pluvial não é tão incentivado como em outros países, embora, existem algumas regiões que fazem uso da captação e aproveitamento da água da

chuva. “No estádio João Havelange, no Rio de Janeiro e no aeroporto Santos Dumont faz-se aproveitamento da água da chuva. O estádio possui uma capacidade média de 953 m<sup>3</sup> de água da chuva por mês e o aeroporto uma reserva média de 1085 m<sup>3</sup> por mês” (ALVES, 2010, p. 14).

Segundo Alves (2010), na cidade de Guarulhos, no estado de São Paulo, o aproveitamento da água da chuva é utilizado em algumas indústrias. Na cidade, tem-se como exemplo, uma indústria de tingimento de tecidos, onde é feita a captação da água da chuva através de um telhado de 1.500 m<sup>2</sup> e armazenada em reservatório subterrâneo de 370 m<sup>3</sup>.

Além disso, na cidade de Blumenau, no estado de Santa Catarina, “foi instalado um sistema de aproveitamento de água pluvial em um hotel com 569,50 m<sup>2</sup> de área de cobertura (área de captação). O volume do reservatório utilizado é de 16.000 litros, estimando-se a economia anual de água potável em torno de 684.000 litros” (ALVES, 2010, p. 14).

O aproveitamento da água da chuva no Brasil tem sido praticado em especial na região nordeste, devido à falta de água nos açudes, lagoas e rios, além da salinidade das águas subterrâneas. A escassez hídrica faz com que boa parte da população nordestina utilize a água da chuva para suprir as necessidades de uso doméstico e as atividades na agricultura (ALVES, 2010). “Com o aumento da ocorrência de secas prolongadas no Nordeste, torna-se necessário cada vez mais a utilização de variadas fontes de água para promover o equilíbrio entre a demanda e a oferta de água para o abastecimento”. (ANDRADE, 2014, p. 1).

Segundo Martins (2013), existe alguns programas de incentivo ao aproveitamento da água da chuva, principalmente no nordeste brasileiro, dentre eles, o projeto "Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)" criado pela Articulação para o Semiárido (ASA) em 2001, com o objetivo de construir um milhão de reservatórios na região nordeste beneficiando mais de cinco milhões de pessoas, sendo reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU).

### 2.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

“Em 1997 no Brasil, foi criada a Lei nº 9.433/1997 também conhecida como “Lei das Águas” elaborada pela Agência Nacional de Águas, onde foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)”. (MARTINS, 2013, p. 34). Ainda de acordo com o mesmo autor, segundo a Lei das Águas:

A água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. O instrumento legal prevê, ainda, que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. A lei também prevê que em situações de escassez, o uso prioritário da água é para o consumo humano e para a dessedentação de animais. (MARTINS, 2013, p. 34).

De acordo com Lage (2010, p. 41), “a utilização da água pluvial, para fins não potáveis, tem sido ainda impulsionada em todo o mundo em razão da crescente dificuldade de atendimento a uma demanda cada vez maior de água para o abastecimento público e da escassez”. Pensando nisto, vários estados e municípios brasileiros elaboraram documentos reguladores que incentivam o aproveitamento da água da chuva.

A Lei Estadual nº 12.526 de 2 de janeiro de 2007 do estado de São Paulo determina normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais, onde torna “obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>” (LAGE, 2010, p.38).

“A Lei Estadual nº 4.393/2004 do Estado do Rio de Janeiro determina a instalação de caixa coletora de água da chuva nos empreendimentos residenciais com mais de 50 famílias e nos comerciais com mais de 50 m<sup>2</sup>” (CARDOSO, 2009 *apud* MARTINS, 2013, p.35). O autor cita, ainda, que é importante que o reservatório de água pluvial não seja o mesmo que o utilizado para a água potável e recomenda que a água captada da chuva seja usada para lavagem de automóveis, limpeza de banheiros e rega de jardins.

Lage (2010, p. 39) cita a Lei Estadual nº 5.722/2006 do Estado de Santa Catarina que “torna obrigatório aos edifícios com número igual ou superior a três pavimentos e área superior a 600 m<sup>2</sup> a instalarem sistemas de captação, tratamento e aproveitamento de água pluvial”.

A Lei Municipal nº 10.785 de 18 de setembro de 2003 de Curitiba, segundo a qual foi criado o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, que tem entre suas metas “promover a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas de água nas novas edificações. Essa lei cita a captação, armazenamento e utilização da água da chuva como uma fonte alternativa de água, para usos em atividades que não requeiram água tratada”. (HAGEMANN, 2009, p. 44).

Em Recife, foi aprovada a Lei Municipal nº 17081/2005, por meio da qual foi criado o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, que tem como objetivo “instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas

para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água” (RECIFE, 2005).

“Na cidade de São Paulo também é obrigatório o uso de reservatórios para a armazenagem de águas pluviais em edificações onde a área impermeabilizada seja superior a 500 m<sup>2</sup> de acordo com a Lei Municipal nº 13.276 de 04 de janeiro de 2002” (MARTINS 2013, p. 35).

Vale ressaltar que não foram encontradas leis mais atualizadas no Brasil sobre o uso do aproveitamento da água da chuva. A seguir será apresentada um quadro com resumo das leis brasileiras citadas neste trabalho.

Quadro 1: Resumo de algumas legislações brasileiras

<b>Número da Lei</b>	<b>Abrangência</b>	<b>Objetivo</b>	
Lei nº 13.276/2002	Cidade de São Paulo	Obriga o uso de reservatório para armazenar as águas da chuva em edificações superiores a 500 m <sup>2</sup> .	MARTINS (2013)
Lei nº 10.785/2003	Curitiba - PR	Criação do Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, com o intuito de promover a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas de água nas novas edificações.	HAGEMANN (2009)
Lei nº 4.393/2004	Estado do Rio de Janeiro	Determina a instalação de caixa coletora de água da chuva em empreendimentos residenciais com mais de 50 famílias e comerciais acima de 50 m <sup>2</sup> .	MARTINS (2013)
Lei nº 17081/2005	Recife - PE	Institui medidas que induzam à conservação, uso racional de água, bem como a conscientização sobre a importância de conservação da água.	RECIFE (2005)
Lei nº 12.526/2007	Estado de São Paulo	Determina normas para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais.	LAGE (2010)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o Município de Natal, não foi encontrada lei específica para determinar o aproveitamento da água da chuva em empreendimentos. A única lei encontrada sobre a utilização da água pluvial é a de N° 6502, de 20 de novembro de 2014, onde “fica a prefeitura do município do Natal autorizada a utilizar águas pluviais das lagoas de captação da cidade do Natal para fins de regar as gramas e plantas dos canteiros da cidade das vias públicas”. (NATAL, 2014).

## 2.4 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Segundo Lage (2010), os sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva já são utilizados há vários anos em algumas localidades brasileiras, porém, somente em setembro de 2007, entrou em vigor a norma da NBR 15.527/2007, que trata sobre o aproveitamento de água pluvial de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Esta Norma tem como objetivo fornecer diretrizes para o aproveitamento de águas pluviais no uso não potável em edificações. Ela aborda as condições gerais sobre: concepção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatórios de descarte (reservatório utilizado para coletar a água de escoamento inicial) e reservatório de águas pluviais (reservatório utilizado para a acumulação das águas pluviais), instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema (LAGE, 2010, p.42).

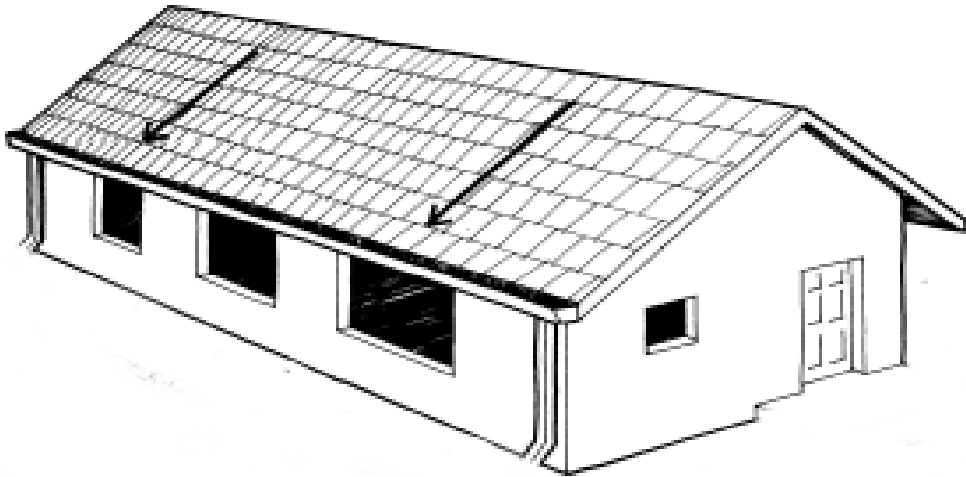
Os sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva de modo geral são compostos por uma área de captação, calhas e condutores, grades ou filtros, e um reservatório para armazenamento da água. “No entanto, por certo, existe uma direta relação de interdependência e adequabilidade tecnológica entre o elemento para captação e os outros componentes do sistema” (MANO, 2004, p. 52).

De acordo com Lopes (2012, p. 22):

A área de captação é considerada um dos principais componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais, visto que a partir dela é determinada a quantidade de chuva captada e aproveitada numa edificação, além de ser o primeiro elemento com o qual a precipitação entrará em contato, estando vulnerável à poluição de diversas origens. Como poluentes atmosféricos, folhas, galhos, excrementos de pequenos animais, entre outros poluentes.

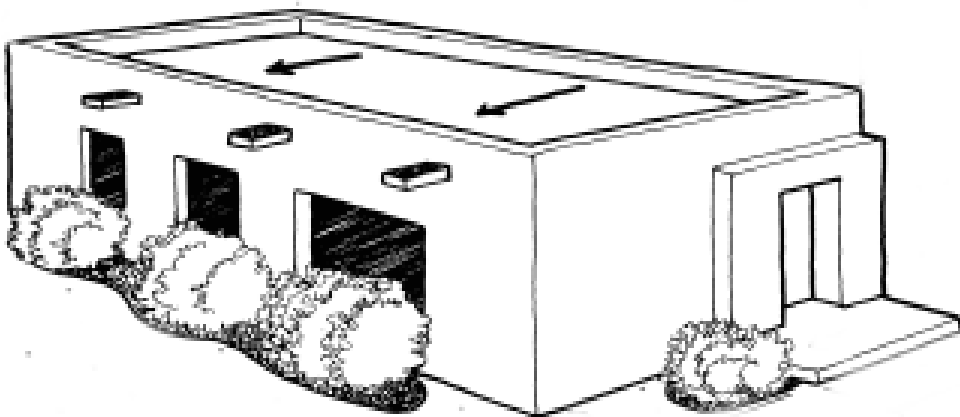
Além disso, a área utilizada para coletar as águas pluviais pode ser o telhado inclinado, pouco inclinado ou plano (Tomaz 2003).

Figura 3 - Área de telhado inclinado



Fonte: WATERFALL, 2016 (adaptado).

Figura 4 - Área de cobertura plana



Fonte: WATERFALL, 2016.

Bertolo (2006), salienta que se deve limpar os telhados pelo menos duas vezes ao ano, principalmente no período em que as chuvas são reduzidas, além disso, as árvores que estiverem próximas aos telhados devem ser podadas para que seja reduzido a quantidade de folhas, e também impossibilitar o acesso de animais ao telhado, os quais podem conduzir o aumento de deposição de detritos.

Além dos telhados, outro elemento fundamental que compõe os sistemas de captação são as calhas e condutores. Segundo Lopes (2012), as calhas e condutores são de grande importância para que o sistema tenha um bom funcionamento, pois são responsáveis pelo

transporte da água desde o ponto de coleta até o local de armazenamento. O material dessas calhas e condutores pode ser de PVC, alumínio, chapas galvanizadas, entre outros, além de serem resistentes a corrosão e lisa, devem também ter longa durabilidade (Tomaz, 2003).

Outro elemento constituinte do sistema de captação são as grades ou filtros. Os filtros “têm como função remover a maior quantidade possível de sedimentos e detritos de pequenas dimensões da água antes do seu armazenamento, evitando as condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos ou algas” (ALVES, 2010, p.22).

As grades ou filtros são de grande importância para os sistemas de captação da água, os mesmos devem ser limpos com frequência para ter um bom funcionamento e evitar que os materiais grosseiros, como folhas, galhos e pequenos animais se acumulem no filtro e bloqueie o fluxo de água que vai passar para o reservatório, pois, além de comprometer a qualidade da água, esses detritos podem ainda danificar o sistema de captação. (HAGEMANN, 2009).

Após passar pelo filtro, a água captada vai para o reservatório. “O reservatório de armazenamento tem a função de reter e acumular a água captada pelo telhado, que é conduzida pelo sistema através da calha para filtragem e armazenada em cisternas ou caixas d’água, ficando armazenada ao abrigo da luz e do calor” (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014, p. 9).

Este item do sistema de captação e aproveitamento da água pluvial é referenciado por Bertolo (2006, p. 48), como sendo o item que possui o custo mais elevado do sistema:

Enquanto que o telhado é um custo assumido na maior parte dos projetos, o reservatório representa o investimento mais significativo no sistema de recolha de água da chuva. De forma a maximizar a eficiência do sistema, o seu plano de construção deverá refletir decisões acerca da sua melhor localização, da sua capacidade e da seleção do material.

Segundo Hagemann (2009), o reservatório de aproveitamento da água da chuva pode estar apoiado sobre o solo ou enterrado, além disso, os materiais mais utilizados para a construção do reservatório são: concreto, alvenaria, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno.

Dentre as determinações técnicas a serem adotadas faz-se necessário buscar sistemas que atentem para a dimensão da área de captação e reservatórios que tenham viabilidade técnica e econômica, otimizando a uso de recursos locais a serem empregados principalmente na construção de reservatórios que garantam um retorno econômico de médio e curto prazo.

Vale salientar que todos os componentes dos sistemas de captação da água da chuva devem atender as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT - NBR



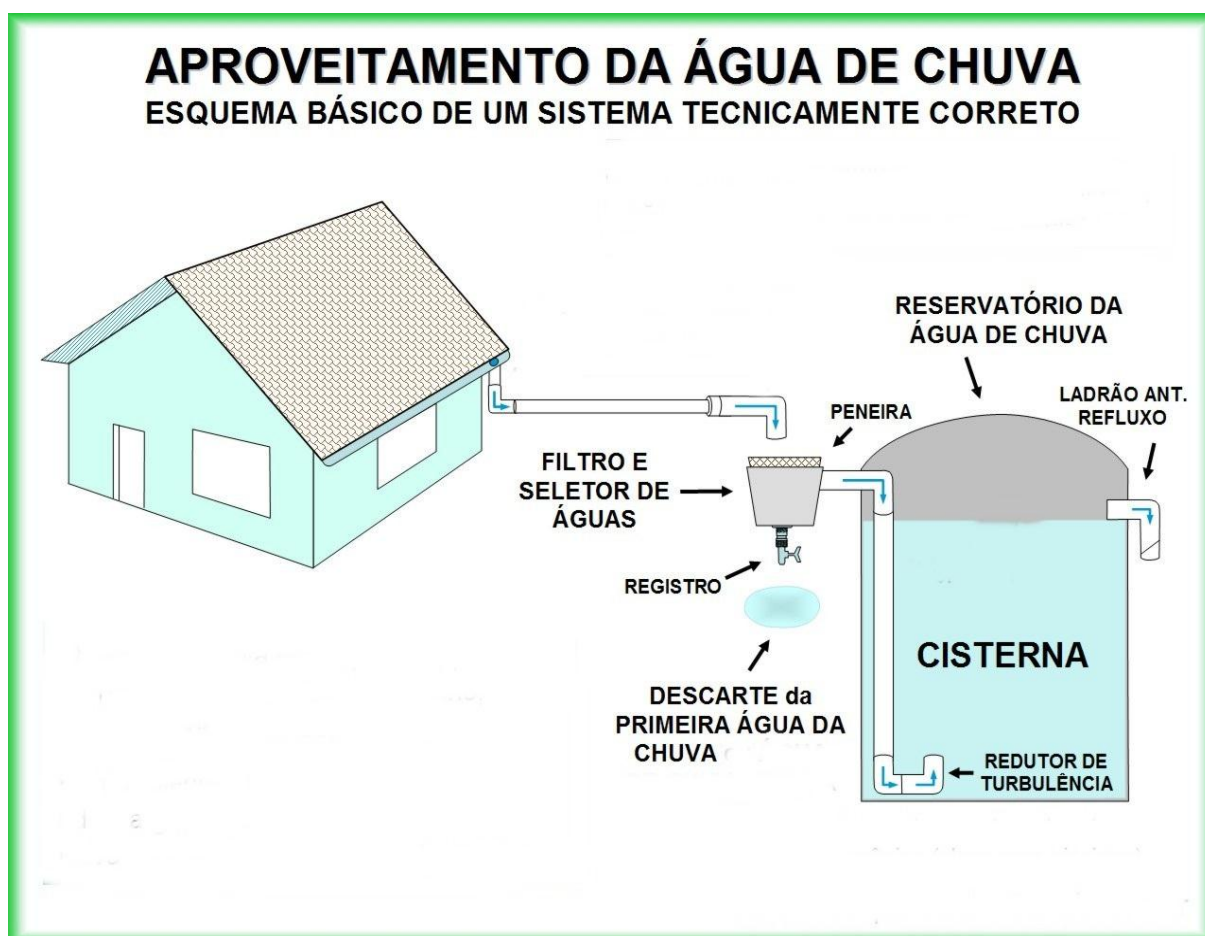
15527/2007) citada por Lage (2010), que dispõe sobre o aproveitamento de água pluvial de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Reis e Silva (2014) salientam que a viabilidade para implantar um sistema de aproveitamento da água da chuva depende de vários fatores, tais como, precipitação, área de captação e demanda de água. “Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas” (REIS E SILVA, 2014, p.11).

Os sistemas de captação de água da chuva podem ser desde os mais simples até os mais sofisticados ou complexos. Porém, neste estudo será mostrado apenas o esquema de um sistema simples.

A Figura 5, apresenta um esquema simplificado de um sistema de aproveitamento da água da chuva, desde a coleta até o seu armazenamento.

Figura 5 – Esquema simplificado de um sistema de captação da água da chuva



Esse sistema simplificado de aproveitamento da água da chuva, consiste na captação da água pluvial através do telhado, onde, essa água que escoar do telhado é transportada pelas calhas e condutores e segue para o recipiente de alto limpeza. Esse recipiente possui uma peneira que serve para barrar as sujeiras maiores que ficam aglomeradas no telhado, como galhos, folhas e pequenos insetos. Além da peneira, o recipiente de alto limpeza possui também um registro que serve para descartar os primeiros milímetros da água da chuva. Segundo Andrade Neto (2013), é importante que os primeiros milímetros da água da chuva sejam descartados, pois essa água é de mal qualidade e a mesma carrega muitas impurezas. Depois de algum tempo de chuva, esse recipiente vai estar cheio e vai começar a transbordar a água da chuva para dentro da cisterna através do tubo lateral para ser armazenada para fins que não necessitem tratamento, tais como, rega de jardins, lavagem de veículos, pátios e descarga de sanitários.

A técnica de captação e armazenamento de água da chuva é utilizada principalmente em cisternas, em especial nas zonas rurais do nordeste brasileiro para consumo humano, como fonte de suprimento de água. “Essa tecnologia é bastante simples, fácil de executar, de baixo custo, não requer mão de obra especializada e é facilmente assimilada pelos próprios membros da família beneficiada”. (GUILHERME, 2006, p. 16). A cisterna que tem se mostrado mais eficiente para armazenar a água da chuva é a de argamassa de cimento reforçada com arame e tela, pois esse tipo de cisterna raramente apresenta algum tipo de vazamento e possui maior viabilidade econômica. Além disso, “a escolha desse tipo de cisterna a ser implantada leva em consideração alguns critérios, tais como: durabilidade, segurança e baixo custo” (GUILHERME, 2006, p. 18).

A Figura 6 apresenta a construção de uma cisterna doméstica rural de argamassa de cimento com arame e tela, e a Figura 7 mostra a estrutura da cisterna doméstica pronta.

Figura 6: Construção da cisterna



Fonte: SCHISTEK (2005)

Figura 7: Estrutura final da cisterna



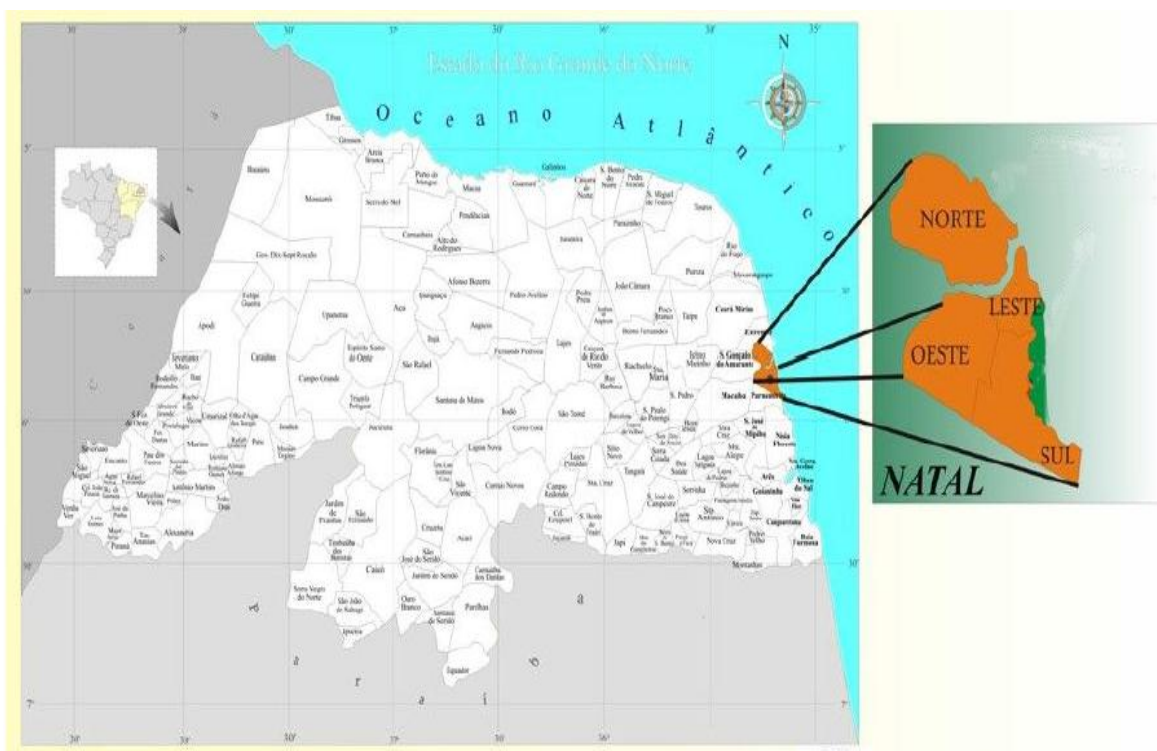
Fonte: SCHISTEK (2005)

### 3 POTENCIAL PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NA CIDADE DE NATAL/RN

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA CIDADE DE NATAL

A área de estudo compreende a cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, situada na região nordeste do Brasil, como mostra a Figura 8. Está incluída na Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte, mais precisamente entre as latitudes  $5^{\circ} 43' S$  e entre as longitudes  $35^{\circ} 09' W$  e  $35^{\circ} 17'$  e possui altitudes médias de quarenta metros acima do nível do mar (Alves, 2009).

Figura 8: Localização da cidade de Natal/RN



Fonte: ALVES (2009) (adaptado)

A cidade é dividida em quatro zonas que são zona Norte, Leste, Oeste e Sul. Apresenta uma população de 803.739 habitantes e uma área territorial de 167,263 km<sup>2</sup>, além de uma densidade demográfica de 4.805,24 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

Segundo Alves (2009), a temperatura média anual é de 25,4 °C, com uma temperatura máxima em torno de 30,3 °C e uma temperatura mínima de 24,1 °C, além de uma amplitude térmica de 6,2 °C. Ainda de acordo com o autor, a insolação média anual na cidade de Natal é de 2.986 horas e a umidade relativa anual do ar é de 77%, os meses mais úmidos na cidade se estende de fevereiro a agosto e de setembro a janeiro tem-se os meses menos úmidos.

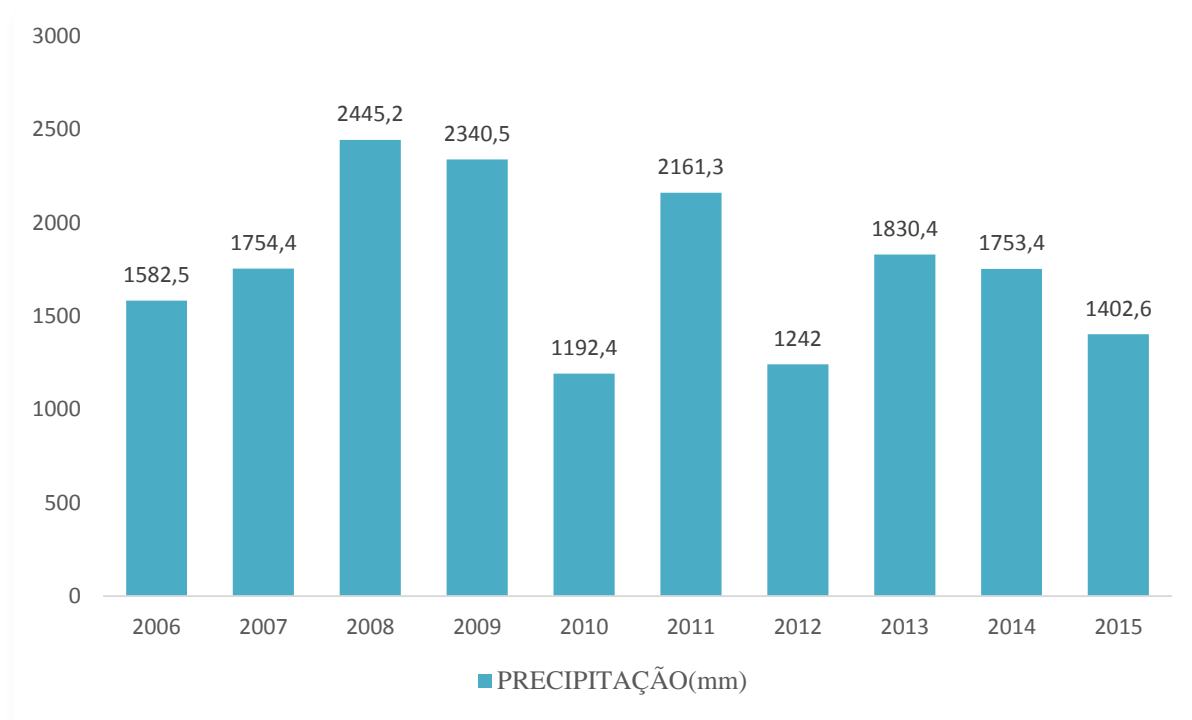
“A vegetação na cidade de Natal está associada às feições morfológicas da região, compreendidos por campos dunares, mangues e praias, fazendo assim parte do domínio da Mata Atlântica” (Alves, 2009, p.19). O mesmo autor referencia ainda que a cidade associa-se aos ecossistemas manguezal e formação vegetal tabuleiro litorâneo, assemelhando-se ao cerrado brasileiro.

De acordo com Medeiros (2001, p.13), a cidade de Natal apresentar um alto grau de heterogeneidade espacial e temporal do seu regime pluviométrico, ocasionando com isso anos com excesso de precipitação, contrastando com anos de elevado déficit pluviométricos, o clima da cidade é classificado com As' que é caracterizado como tropical chuvoso quente e úmido, com verão seco e inverno intenso.

A precipitação média anual registrada no município de Natal no período de 2006 – 2015 foi de 1770,47 mm. Neste período, a menor precipitação anual ocorreu no ano de 2010, quando foram registrados apenas 1192,4 mm, enquanto que a maior precipitação se deu no ano de 2008, com valores de 2.445,2 mm. A estação chuvosa compreende os meses de março a agosto e de setembro a dezembro tem-se os meses com menor índice pluviométrico.

A Figura 9 apresenta a precipitação anual dos últimos 10 anos na cidade de Natal, de acordo com dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

Figura 9: Precipitação anual no período de 2006 – 2015 em Natal



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2 DISPONIBILIDADE DA ÁGUA DOS MANANCIAIS E SITUAÇÃO ATUAL DE ABASTECIMENTO NA CIDADE DE NATAL

O município de Natal apresentou nos últimos anos uma crescente expansão urbana e consequentemente deficiências na infraestrutura da cidade, atrelado ao descaso em relação ao meio físico, proporcionando o aparecimento de graves problemas associado ao meio ambiente e às condições de vida populacional, principalmente a população mais carente. (MEDEIROS, 2001). “Isto se reflete na poluição dos recursos hídricos superficiais que drenam o território municipal, tais como rios, riachos e lagoas, bem como, manancial subterrâneo de grande potencial hídrico, utilizados para o abastecimento de água de mais de 60% da população de Natal” (PMN/RN, 2015).

De acordo com plano municipal de saneamento básico do município de Natal, os mananciais superficiais atualmente disponíveis na região metropolitana de Natal, utilizados como fonte de água para consumo humano são: o rio Pitimbu, a lagoa do Jiqui e a lagoa do Extremoz. Ainda conforme o plano municipal de saneamento básico do município de Natal, os mananciais superficiais encontram-se atualmente nos limites de suas capacidades de

utilização, sendo necessário prever em curto prazo a possibilidade de novos mananciais. (PMN/RN, 2015).

Já nos mananciais subterrâneos, o grande desafio que a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) enfrenta, é com os constantes aumentos de contaminação por nitrato em poços, principalmente no abastecimento da zona Norte de Natal. Porém, a zona Sul também enfrenta esse problema de contaminação por nitrato, fazendo com que a água fique imprópria para consumo (PMN/RN, 2015).

Segundo informações da CAERN (2014) *apud* (PMN/RN, 2015), existe um total de 206 poços. Destes, 153 estão na Zona Sul e 53 na Zona Norte, porém:

Em decorrência dos níveis elevados de nitrato, com valores acima do permitido pelo Ministério da Saúde, que é de 10mg/l, 50 poços localizados na Zona Sul estão desativados, o que equivale a 35,85% dos poços daquela região, e dos 53 localizados na Zona Norte, 19 estão desativados, sendo, 10 por contaminação de nitrato e os demais por problemas operacionais.

No material analisado referente ao Plano municipal de saneamento básico do município de Natal, são referenciados os sistemas de abastecimentos Natal Norte e Sul, segmentados pelo Rio Potengi, indicando a disponibilidade hídrica atual e as demandas dos respectivos sistemas (tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Disponibilidade hídrica atual e demandas projetadas no Sistema Natal Norte

Ano	Disponibilidade (m <sup>3</sup> /s)			Demanda média (m <sup>3</sup> /s)	Balanço (m <sup>3</sup> /s)
	Superficial	Subterrânea	Total	Total	
2010	0,60	0,55	1,15	1,01	0,14
2015	0,60	0,55	1,15	0,83	0,32
2020	0,60	0,55	1,15	0,86	0,29
2030	0,60	0,55	1,15	1,09	0,06

Fonte: PDAAN, 2010 *apud* PMN/RN (2015).

Tabela 2: Disponibilidade Hídrica Atual e Demandas Projetadas no Sistema Natal Sul

Ano	Disponibilidade (m <sup>3</sup> /s)			Demanda (m <sup>3</sup> /s)	Balanço (m <sup>3</sup> /s)
	Superficial	Subterrânea	Total	Total	
2010	0,60	2,40	3,00	1,68	1,32
2015	0,60	2,40	3,00	1,68	1,32
2020	0,60	2,40	3,00	1,75	1,25
2030	0,60	2,40	3,00	1,94	1,06

Fonte: PDAAN, 2010 *apud* PMN/RN (2015).

Considerando a demanda crescente por água potável, principalmente no Sistema Natal Sul, que atualmente apresenta cerca de 80% da disponibilidade hídrica total proveniente de águas subterrâneas nos mostra um cenário preocupante, pois mais da metade da produção é originada por poços em área urbanizada que estão sujeitos a processos de contaminação. (PMN/RN, 2015).

Diante disto, pode-se perceber que o desafio atual dos gestores na cidade de Natal é manter a qualidade da água, tanto superficial quanto subterrânea, em padrões aceitáveis para consumo humano, pois os recursos hídricos na cidade estão situados em zonas consideradas de alta vulnerabilidade à contaminação. Com isso, faz-se necessário buscar novas formas de captação e aproveitamento da água, pois quando se utiliza uma água que não demande um elevado grau de tratamento para usos como lavagens de pisos, calçadas, carros e descarga de banheiros, gera grande economia de água potável, essencial ao abastecimento humano.

### 3.3 ESTUDOS SOBRE A VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DE NATAL

Alguns estudos vêm sendo feitos na cidade de Natal para determinar a viabilidade econômica do uso da água da chuva pelo Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (LARHISA), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, e pelo



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN campus Natal-Central.

Estudos realizados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN campus Natal-Central indicaram que o aproveitamento de águas pluviais é viável principalmente em edificações de grande porte, tal como escolas, em razão dos seus benefícios, como a redução da sobrecarga na rede pública e a diminuição dos riscos de alagamentos e processos erosivos (OLIVEIRA; MAIA; COSTA, 2015). Além disso, os autores salientam que:

A instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuvas se mostrou economicamente viável quando comparado com o custo de obtenção de água através do sistema de abastecimento público da CAERN que gira em torno de 6 mil reais por mês. Apesar de necessário um investimento inicial para retorno a médio prazo, pode-se adotar este tipo de sistema, visto que assume um papel importante no desenvolvimento econômico e social do ser humano. (OLIVEIRA; MAIA; COSTA; 2015, p.4).

Do mesmo modo, estudos realizados pelo Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (LARHISA), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, a fim de analisar a viabilidade econômica relativa à implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, onde foi realizado um estudo descritivo do sistema instalado em um dos prédios da Universidade do Rio grande do Norte – UFRN.

O estudo permitiu, por meio de ferramentas da matemática financeira, avaliar que existe viabilidade econômica para implantação de um sistema de aproveitamento da água da pluvial comparado aos custos pagos pela água proveniente do sistema público de distribuição de águas e esgotos - CAERN, além dos benefícios sociais, decorrentes da diminuição de enchentes e inundações (FERNANDES; NETO; MATTOS 2007).

Embora saibamos que a viabilidade econômica para a implantação de sistemas de aproveitamento de água depende de vários fatores, Reis e Silva (2014) salientam que a precipitação, área de captação e demanda de água representam os elementos determinantes, não esquecendo, porém que, ao projetar um determinado sistema devam ser também consideradas as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Belo e Nascimento (2010) ressaltam que o valor real de retorno financeiro, a partir do investimento, será obtido após a realização de cálculo do potencial de águas pluviais, a estimativa do consumo de água, a análise de viabilidade do sistema de captação e economia obtida decorrente do aproveitamento de água da chuva e o cálculo dos custos com o consumo

de água no empreendimento. Desse modo, determinantes locais são necessários para estimar a viabilidade econômica, considerando também o tempo de retorno do investimento. Para Pêgo e Erthal Júnior (2012) o projeto só será viável se o retorno do investimento se der num prazo máximo de 20 anos.

No presente trabalho foi apresentado o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, considerado hoje uma alternativa técnica viável em muitas condições ambientais seja em atividades diárias e na economia na conta de água e, ao mesmo tempo, importante para o combate da escassez de água e inundações nas cidades.

Desse modo, diante do atual quadro de disponibilidade hídrica do município de Natal e do crescimento populacional da cidade e região metropolitana a gestão dos recursos hídricos e a contensão dos processos de poluição e contaminação dos mananciais e aquíferos subterrâneos devem ser consideradas como temas essenciais para que haja seguridade na manutenção do ciclo hidrológico local. Com uma precipitação média por volta de 1100 mm/ano na cidade de Natal, uma demanda crescente por água potável e fortes indícios de contaminação ambiental dos corpos hídricos, são indicativos suficientes para o incentivo ao aproveitamento de águas pluviais. Cabe, no entanto, avançar em estudos e legislações que possam estabelecer padrões técnicos adequados à condição ambiental e social do município, gerando alternativas para minimizar os uso excessivo e desperdício dos recursos hídricos locais.

Diante deste cenário torna-se fundamental aperfeiçoar não só o gerenciamento dos recursos hídricos nas bacias e aquíferos locais, como também buscar tecnologias que visem a conservação da água, bem como incentivos para a adoção de sistemas alternativos para uso, reuso e aproveitamento de água da chuva perante a sociedade com iniciativa como dedução de IPTU, revisão das tarifas de águas e esgotos hoje estabelecidas, buscando reduzir a tarifação, principalmente de esgotos que hoje é de 80% do valor água e esgoto coletado.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da iminência de escassez de água de boa qualidade que muitos países enfrentam hoje, pode-se verificar que o aproveitamento de águas pluviais é uma alternativa que se mostra bastante interessante do ponto de vista do desenvolvimento sustentável para fazer a economia de água potável, principalmente em regiões onde se tem grande déficit hídrico, como o semiárido brasileiro, além de outras regiões que convivem com constantes secas.

Além disso, regiões onde se tem grande índice pluviométrico também podem fazer uso do aproveitamento da água da chuva, pois diminui os riscos de enchentes e inundações nos grandes centros urbanos e a água que antes não tinha utilização nenhuma e escoava para as ruas, agora pode ser captada, armazenada e utilizada para fins não potáveis, como descarga de sanitários, rega de jardins, lavagens de carro, calçadas e pisos.

Percebe-se que, no Brasil, o aproveitamento da água pluvial ainda é pouco disseminado, o que talvez seja reflexo da alta disponibilidade de recursos hídricos e de pouco incentivo através de políticas públicas em criar regulamentação que incentive o uso do aproveitamento da água da chuva.

Este estudo mostrou que a cidade de Natal tem potencial para fazer uso do aproveitamento da água da chuva, visto que, a precipitação da cidade é considerada boa, acima de 1100 mm/ano. Pode-se perceber também que na cidade de Natal, alguns reservatórios se encontram nos limites de suas capacidades de utilização, além da contaminação de nitrato nas águas subterrâneas que é outro problema a ser considerado. Diante disso, é cada vez mais importante buscar novas formas de captar água, e o aproveitamento da água da chuva se torna uma alternativa viável para diminuir os problemas com escassez e principalmente economizar a água potável.

Sugere-se que outros estudos sejam realizados sobre a temática aqui abordada, principalmente que versem sobre a viabilidade de implantação de sistemas simples, como também sistemas mais complexos no contexto ambiental da cidade de Natal, visto que, a maior dificuldade enfrentada para esta pesquisa foi a falta de estudos referentes ao aproveitamento da água da chuva na cidade de Natal.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. E. L. **Monitoramento da qualidade das águas de chuvas conforme a atuação dos sistemas sinóticos na cidade de Natal/RN**. 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2009.

ALVES, R. V. R. **Uso eficiente da água em edifícios: Tecnologia, certificação, incentivos econômicos**. 2010. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto/Portugal, 2010.

ANDRADE, L. R. **A influência do regime pluviométrico no desempenho de sistemas de aproveitamento de água de chuva**. 2014. 33 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ANDRADE NETO, C. O. de. **Aproveitamento imediato da água de chuva**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v.1, n.1, p. 073-086, 2013 – ISSN: 2317-563X.

BELO, J. de S.; NASCIMENTO, T. L. dos S. **Aproveitamento a água de chuva para fins não potáveis no Condomínio Vista Santana – Um estudo de caso**. 2010. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá. 2010.

BERTOLO, E. de J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 2006. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental (tratamento de água e águas residuais), Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

CARDOSO, C. E. N. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. 2013. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

CORDOVA, M. M. **Aperfeiçoamento do programa computacional netuno: Análise econômica**. 2009. 85 f. Relatório de Iniciação científica, departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal d Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

EMPARN. **Acumulado de chuva 2006-2015**. Disponível em: <<http://189.124.135.176/monitoramento/monitoramento.php>>. Acesso em: 10 de maio 2016.

FERNANDES, D. R. M.; NETO. V. B. de M.; MATTOS. K. M. da C. **Viabilidade econômica do uso da água da chuva: Um estudo de caso da implantação de cisternas na UFRN/RN**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu/PR, 2007.

GUILHERME, L. de B. **Aproveitamento das águas de chuva da cidade de Natal para fins potáveis**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

GUIMARÃES, et al. **Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis**. Enciclopédia Biosfera, centro científico conhecer, Goiânia, v.11, n.21, 2015.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009.

IBGE 2010. Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240810&search=rio-grand-e-do-norte|natal> . Acesso em: 16 de abril 2016.

LAGE, E. S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte**: potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica. 2010. 181 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, F. A. de. **Sistema automatizado para o aproveitamento de água cinza e azul, com controle de PH utilizando lógica fuzzy**. 2011, 58f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2011.

LOPES, G. B. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia**. 2012. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2012.

MACHADO, R. P. **Análise da viabilidade Ambiental e Econômica da Implantação de Dispositivos de Aproveitamento de Águas Pluviais**: Estudo de Caso: Região estendida da Bacia do Córrego Santa Terezinha (São Bernardo do Campo/SP). 2013. 124 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental e Urbana, Universidade Federal do ABC, Santos - SP, 2013.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino**: estudo de caso em Florianópolis - SC. 2007. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARTINS, B. de M. **Aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis em Brasília - DF**: Aspectos Políticos e ambientais. 2013. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão Ambiental, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina - DF, 2013.

MANO, R. S. **A captação residencial de água da chuva para fins não potável em Porto Alegre**: Aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MEDEIROS, T. H. de L. **Evolução Geomorfológica, (des)caracterização e formas de uso das lagoas da cidade do Natal-RN.** 2001. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2001.

MELO, L. R. da C. **Variação da qualidade da água de chuva no início da precipitação.** 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

NATAL. **Lei nº 6502/2014.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rn/n/natal/lei-ordinaria/2014/651/6502/lei-ordinaria-n-6502-2014-fica-a-prefeitura-do-municipio-do-natal-a-utorizada-a-utilizar-o-uso-das-aguas-pluviais-das-lagoas-de-captacao-da-cidade-do-natal-para-fins-de-regar-as-gramas-e-plantas-dos-canteiros-da-cidade-do-natal-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 18 de abr. 2016.

NOSÉ, D. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em condomínios residenciais.** 2008. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, A. T. de F.; MAIA, Y. M.; COSTA, L. F. da. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de águas pluviais no IFRN Campus Natal-Central.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. Fortaleza/CE, 2015.

OLIVEIRA, T. D. de; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. **Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura.** Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto - GEDECON – IV Fórum de Sustentabilidade. Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ. v. 2, n. 2, 2014.

OLIVEIRA, M. H. C. de. **Aproveitamento da água de chuva.** 2014. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ensino de Ciência, Programa de Pós-Graduação a Distância (EaD) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

OLIVEIRA, N. N. de. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos.** 2008. 80 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Guarulhos, Guarulhos, 2008.

PENA, R. F. A. **Distribuição da água pelo mundo.** Disponível em: <<http://alunosonline.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-pelo-mundo.html>>. Acesso em: 16 de maio 2016.

PÊGO, C. S.; ERTHAL JÚNIOR, M. Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. **Perspectivas Online: Ciências Exatas e Engenharia.** Campos dos Goytacazes, 2 (3), 41-53, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/EE/article/viewFile/135/83>>. Acesso em: 16 de maio 2016.

PMN/RN. **Plano municipal de saneamento básico do município de Natal/RN.** Natal/RN, abril, 2015. Disponível em: <<http://www.natal.rn.gov.br>> Acesso em: 25 abril 2016.

RECIFE. **Lei nº 17081/2005**. Cria no município do Recife o programa de conservação e uso racional da água nas edificações. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/2005/1709/17081/lei-ordinaria-n-17081-2005-cria-no-municipio-do-recife-o-programa-de-conservacao-e-uso-razional-da-agua-nas-edificacoes?q=Lei%20no%2017081>>. Acesso em: 10 de abr. 2016.

REIS E SILVA, D. F. e. **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. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SCHISTEK, H. **Uma nova tecnologia de construção de cisternas usando como estrutura básicas tela galvanizada de alambrado**. In: 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI. 2005.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. **Projeto experimental de aproveitamento de água da chuva com a tecnologia da minicisterna para residência urbana**: Manual de construção e instalação. Versão 1.2 (dez 2014). Disponível em <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>> Acesso em: 03 de maio 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegue editora, 2ª ed. 2003.

TOMAZ, P. Conceito de aproveitamento de água de chuva. IN: TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2011.

WATERFALL, P. H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use**. University of Arizona Cooperative. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>>. Acesso em 19 de mar. 2016.