



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO (PROGRAD)
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARCELO AUGUSTO DE HOLANDA FREITAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UNIDADES EDUCACIONAIS DO
MUNICÍPIO DE PORTALEGRE/RN**

PAU DOS FERROS

2020

MARCELO AUGUSTO DE HOLANDA FREITAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UNIDADES EDUCACIONAIS DO
MUNICÍPIO DE PORTALEGRE/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado,
a Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina Lopes
de Figueredo.

PAU DOS FERROS

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Sector de Informação e Referência (SIR)

FREITAS, Marcelo Augusto De Holanda.

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM
UNIDADES EDUCACIONAIS DO MUNICÍPIO DE
PORTALEGRE/RN

Marcelo Augusto De Holanda Freitas. 2020.
59 f.: il.

Orientadora: Kytéria Sabina Lopes De
Figueredo.

Monografia (Graduação) - Universidade
Federal Rural Do Semi-Árido, Ciência e
Tecnologia, 2020.

1. Água de chuva. 2. Reutilização de
água. 3. Unidades educacionais. I.
FIGUEREDO, Kytéria Sabina Lopes De, Orient.
II. Título.

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UNIDADES EDUCACIONAIS DO
MUNICÍPIO DE PORTALEGRE/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado,
a Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

DATA DE APROVAÇÃO 07/ 12 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de Figueredo – UFERSA

Presidente

Prof. Dr. Sharon Dantas da Cunha – UFERSA

Examinador

Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos – UFERSA

Examinador

DEDICATÓRIA

Sem a direção dada por Deus, a conclusão deste estudo não seria possível. Por causa disso, dedico esse trabalho de conclusão de curso a Ele. Com muita gratidão no coração.

Dedico este trabalho de pesquisa aos meus pais Aila Maria e Antonio Assis. Os dois maiores incentivadores das realizações dos meus sonhos. Mãe sua grande força foi a mola propulsora que permitiu o meu avanço, mesmo durante os momentos mais difíceis. Agradeço do fundo do meu coração.

Pelo carinho, afeto, dedicação e cuidado durante toda a minha existência, dedico esse trabalho a minha irmã Isabelle Rayane. Com muita gratidão.

Dedico este projeto de pesquisa à minha querida namorada Márcia Beatriz. Sem ela por perto os resultados não seriam os mesmos. Grato pela sua compreensão e ajuda.

Dedico este projeto a todos os professores que me influenciaram na minha trajetória. Em especial à professora Kytéria Figueredo, minha orientadora, cuja dedicação e paciência serviram como pilares de sustentação para a conclusão deste trabalho. Grato por tudo.

Dedico esta monografia a todos os meus amigos de curso, grandes companheiros de jornada. Em especial aos brilhantes amigos que sempre estiveram ao meu lado compartilhando sua experiência de forma construtiva. Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grato aos meus pais Aila Maria e Antonio Assis por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

Agradeço a minha irmã Isabelle Rayane, pela confiança no meu progresso e pelo apoio emocional.

Agradeço à minha namorada Márcia Beatriz que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

Agradeço a minha orientadora a professora doutora Kytéria Sabina Lopes de Figueredo por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa. Sou grato pela confiança depositada na minha proposta de projeto. Pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo. E principalmente pela sua dedicação e paciência durante o projeto. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado deste trabalho.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Agradeço especialmente a secretária de educação e desporto do município de Portalegre-RN Aline Cristina e todas as diretoras das unidades educacionais Lúcia Vaz, Graça Alexandre, Nadja Dias, Veronica Holanda e Renata Freitas. Sem a ajuda e colaboração de vocês não seria possível a realização desse trabalho, por isso deixo aqui meu agradecimento especial.

RESUMO

Em várias regiões do mundo, a atividade de reutilização de água cresce como opção para à escassez e inacessibilidade de recursos hídricos, ainda que seja praticada como instrumento de gestão da qualidade e quantidade da água tanto em lugares secos quanto úmidos. No nordeste brasileiro não tem sido diferente: considerada a região mais vulnerável em termos hídricos, o aproveitamento de água de chuva vem se caracterizando como atividade necessária para conservação deste recurso. Diante dessa problemática, considerou com este estudo a avaliação dos sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva nas unidades de ensino da cidade de Portalegre/RN, com o objetivo de contribuir para o uso racional, eficiente e sanitário e servir de modelo para outras unidades educacionais semelhantes. Para tal fim, foram verificadas, nas unidades de ensino, as tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva utilizadas, considerando o diagnóstico físico, operacional e uso da água de chuva. Foi feito um levantamento de informações para avaliação dos sistemas e em seguida visitas in loco para verificação no mês de novembro de 2020 nas unidades educacionais, Centro de Educação Infantil Portal do Saber (CEMEI), E. M. Alfredo Silvério, E. M. Filomena Sampaio de Souza, E. M. João Antônio de Oliveira e E. M. Manoel Joaquim de Sá. Este trabalho permitiu com base na avaliação dos diversos sistemas pesquisados, apresentar sugestões gerais para desenvolvimento tecnológico de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva das unidades educacionais do município de Portalegre/RN.

PALAVRAS-CHAVE: Água de chuva; Reutilização de água; Unidades educacionais.

ABSTRACT

In several regions of the world, the activity of water reuse grows as an option for the scarcity and inaccessibility of water resources, even though it is practiced as an instrument for managing water quality and quantity in both dry and humid places. In the Northeast of Brazil it has not been different: considered the most vulnerable region in terms of water, the use of rainwater has been characterized as a necessary activity for the conservation of this resource. In view of this problem, this study considered the evaluation of rainwater collection and use systems in teaching units in the city of Portalegre/RN, in order to contribute to the rational, efficient and sanitary use and serve as a model for others. similar educational units. To this end, the rainwater capture and storage technologies used in the teaching units were verified, considering the physical, operational diagnosis and use of rainwater. An information survey was carried out to evaluate the systems and then on-site visits for verification in the month of November 2020 in educational units, Portal do Saber Children's Education Center (CEMEI), E.M. Alfredo Silvério, E.M. Filomena Sampaio de Souza, E.M. João Antônio de Oliveira and E.M. Manoel Joaquim de Sá. This work made it possible, based on the evaluation of the various researched systems, to present general suggestions for the technological development of systems for capturing and using rainwater from educational units in the municipality of Portalegre/RN.

KEYWORDS: Rain water; Water reuse; Educational units.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 A ÁGUA	13
3.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	15
3.3 CICLO DA ÁGUA	16
3.4 ÁGUA DOCE NO BRASIL	16
3.4.1 Ciclo Hidrológico	17
3.5 POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS À ÁGUA	19
3.6 USO IRRACIONAL DA ÁGUA	20
3.7 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA	21
3.8 CHUVAS	22
3.8.1 Formação das chuvas	22
3.8.2 Chuvas frontais ou ciclônicas	22
3.8.3 Chuvas convectivas	23
3.8.4 Chuvas orográficas	23
3.9 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA	23
3.9.1 Captação e cisternas	25
3.9.2 Aproveitamento de águas pluviais	27
3.10 SISTEMA INTEGRADO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	28
3.11 CÓDIGO DAS ÁGUAS	29
3.12 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA	30
3.13 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	31
3.14 COMPONENTES DE UM SISTEMA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	31
3.14.1 Superfície Coletora	31
3.14.2 Calhas	32
3.14.3 Pré-filtragem	32
3.14.4 Eliminação da primeira água da chuva “First Flush”	34
3.14.5 Reservatório	34
3.14.6 Tratamento da água coletada	36
3.14.7 Demanda	37

3. 14. 8 Manutenção	37
4. MATERIAL E MÉTODOS	38
4. 1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
4.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	39
4.3 VISITAS <i>IN LOCO</i> PARA VERIFICAÇÃO DOS SISTEMAS	39
4.4 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5. 1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	42
5.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	44
5.3 VISITAS <i>IN LOCO</i> PARA VERIFICAÇÃO DOS SISTEMAS	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro apresenta condições hídricas desfavoráveis que combinam: evapotranspiração potencial alta durante todo ano, precipitação mal distribuída, sub-solo desfavorável em muitas regiões (água salobra ou formação cristalina) e baixo desenvolvimento econômico social. A água é fator essencial de desenvolvimento rural em regiões de grande variabilidade sazonal desse recurso e em regiões secas como o Nordeste, onde a viabilidade do desenvolvimento econômico depende, muitas vezes, da disponibilidade de água. (TUCCI *et al*, 2000).

Em regiões áridas e semiáridas, a água tem se constituído como um fator indispensável no que tange o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. O nordeste do Brasil, regido por elevadas temperaturas e solos áridos, tem se tornado uma das regiões mais vulneráveis em termos de disponibilidade hídrica. Nesse contexto, a escassez de água tem se caracterizado como um dos principais problemas dessa região, sendo capaz de reduzir a biodiversidade local, bem como limitar as necessidades dos que nela vivem. Diante do exposto, uma alternativa apresentada por diversos estudos tem sido a atividade de aproveitamento de água de chuva (OLIVEIRA, 2008; HEIJNEN, 2012; ANDRADE NETO, 2013).

O aproveitamento imediato de água de chuva, praticado em vários países, vem se apresentando atualmente como uma alternativa importante para promover a economia de água e minimizar os problemas de escassez (OLIVEIRA, 2008). Para Andrade Neto (2013), o uso de cisterna para captação de água de chuva apesar de ser antiga, configura-se como uma tecnologia moderna, sustentável, difusa e socialmente justa, quando se agrega novos conceitos, materiais, técnicas construtivas, segurança sanitária e eficácia de aproveitamento. Ademais, a construção de cisternas rurais para guardar água de chuva tem se estabelecido como uma prática natural e intuitiva (CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2010). Contribuindo com essa temática, Heijnen (2012) considera que o estabelecimento de um sistema de captação de água de chuva apesar de ter valor razoável, apresenta baixo custo de manutenção.

No contexto brasileiro, estudos com focos diferentes vêm demonstrando que o aproveitamento de água de chuva tem promovido resultados satisfatórios. Werneck (2006), mensurando a utilização de água em escola de porte médio, verificou que o consumo de água pode ter redução significativa com o uso de água de chuva. Em outro estudo, o aproveitamento de água de chuva tem sido eficiente em termos qualitativos e quantitativos

para irrigação de campo de futebol (OLIVEIRA, 2008), assim como para produção de frutas e hortaliças (BRITO *et al.*, 2010).

A água é um recurso finito e vulnerável. O seu reaproveitamento é primordial para a manutenção da vida e dos ecossistemas terrestres que estão ameaçados. O desperdício e o seu uso inadequado podem causar graves consequências para a humanidade. Apenas 3% de toda água disponível na Terra é própria pra o consumo, e uma menor parte encontra-se em locais de fácil acesso.

A região Nordeste do Brasil passa por um longo período de estiagem devido à escassez de chuvas. Nessa localidade as chuvas se apresentam entre dezembro e junho, podendo chover pouco ou quase nada nos meses seguintes. Uma alternativa eficaz para sobreviver a tanto tempo de seca é a captação da água de chuva. Que pode ser reutilizada para fins não potáveis ou até mesmo passar por tratamento e ser usada para consumo humano.

É de extrema importância analisar todo o sistema de captação, tratamento e armazenamento da água de chuva para que não haja contaminação através da presença de poeira e fuligem sobre a superfície do telhado. O armazenamento de água da chuva coletada por meio das calhas é feito em cisternas. Importante destacar que essas cisternas devem estar cobertas para que não ocorra a proliferação de mosquitos e protegida da incidência direta da luz solar e do calor, assim como de animais que possam entrar na tubulação.

Assim, esse estudo se propõe estimar a captação e o armazenamento de água de chuva em instituições de ensino da rede municipal de Portalegre-RN, a fim de contribuir para compatibilização do uso racional das águas disponíveis, e assim, servir de modelo para outras instituições de ensino.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em unidades educacionais do município de Portalegre – RN, a fim de contribuir para o uso racional, eficiente e sanitário da água de chuva armazenada, e servir de modelo para outras unidades educacionais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um diagnóstico dos aspectos físicos e operacionais dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva;
- Avaliar a importância de utilizar a água de chuva.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente etapa do trabalho tem por objetivo descrever ideias, estudos e processos adotados por autores sobre reaproveitamento da água da chuva para fins potáveis e não potáveis.

3.1 A ÁGUA

A água é um elemento natural renovável presente na terra nos três estados físicos, líquido, sólido e gasoso. Quando se utiliza a água como recurso hídrico, define-se a sua utilização para fins econômicos, portanto nem toda a água presente no universo é considerada um recurso hídrico, pois nem todas possuem viabilidade econômica para se realizar a sua exploração (REBOUÇAS, 2006).

A água é utilizada pela humanidade para diferentes fins, principalmente para o abastecimento humano, mas também tem sua utilidade na irrigação, geração de energia, criação de animais, navegação, atividades de recreação e paisagismo, entre outras (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

A água utilizada para o consumo humano é extraída de rios, lagos, represas e aquíferos subterrâneos. A qualidade dessa água varia de acordo com o local onde ela se encontra. De acordo com a classificação mundial das águas, determina como “água doce” aquele que possui teor de sólidos totais dissolvidos (STD) menor que mil mg/L. Aquelas que possuem STD entre mil e 10 mil mg/L são determinadas “salobras” e as que possuem STD superior à 10 mil mg/L são classificadas com “salgadas” (REBOUÇAS, 2006).

A utilização da água é normalmente classificada por usos consuntivos e usos não consuntivos. No caso de uso consuntivo a qualidade da água é altamente modificada, diminuindo a sua qualidade para outros usuários, já os usos não consuntivos praticamente não alteram a qualidade dessa água, ou os danos causados pelo seu consumo modificam minimamente a qualidade dessa água (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

A hidrosfera representa toda a água presente no mundo, da água presente no planeta estima-se que 97% encontra-se nos oceanos, a outra parte, 1,5% está presente em forma de gelo e neve. A água que está mais facilmente a disposição para consumo humano não chega a 1% do total de água presente no mundo. Ainda assim a América do Sul possui a maior quantidade de água para consumo humano. Na tabela a seguir temos os volumes de água armazenados na Terra (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

Dentre os diferentes usos da água o mais nobre é o abastecimento humano, pois o homem necessita da água para a sua sobrevivência, nas mais variadas atividades do seu cotidiano. A água é utilizada como bebida, preparo dos alimentos, higiene pessoal, lavagem de roupas e utensílios. Em uma residência consome-se em torno de 200 litros de água por pessoa ao dia, e em torno de 80% dessa água retorna ao meio ambiente em forma de esgoto (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

A água também é utilizada em larga escala para o abastecimento industrial, o seu uso vai desde a utilização na fabricação de outros produtos até consumo final, a indústria papelreira é classificada com a que mais utiliza água (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

No que diz respeito à agricultura a água é importante, principalmente na irrigação de culturas, utilizada principalmente em regiões áridas, semiáridas ou com uma estação seca prolongada. No Brasil a utilização da irrigação vem aumentando anualmente e as quantidades de água utilizadas variam de acordo com a cultura que se está produzindo (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

Um método não consuntivo de utilização da água é a navegação, onde se utiliza a água como meio de transporte, sem interferir nas suas características. Outro uso não consuntivo da água é a recreação, esse uso é muito comum em rios ou cursos de água onde ela se encontra em boa qualidade (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

Tabela 1 – Distribuição da água na Terra

	Volume (10³ km³)	Percentual da água da Terra (%)	Percentual da água doce da Terra (%)
Oceanos/água salgada	1338000	97	0,00
Gelo permanente	24064	1,7	69
Água subterrânea (doce)	10530	0,76	30
Lagos (água doce)	91	0,007	0,26
Umidade do solo	16,5	0,001	0,05
Água atmosférica	12,9	0,001	0,04
Banhados	11,5	0,0008	0,03
Rios	2,12	0,0002	0,006
Biota	1,12	0,0001	0,003

Fonte: Collischon e Dornelles (2013).

Como escrito anteriormente, a qualidade da água varia de acordo com o meio onde ela se apresenta. O crescimento desordenado do consumo de água no mundo é o principal fator que influi na escassez de água no mundo.

A utilização da água doce para consumo humano é determinada de acordo com os padrões de potabilidade. No Brasil quem determina esses padrões é o Ministério da Saúde, através da Portaria nº 36/90, usa-se como VMP (Valor máximo permissível) o STD de mil mg/L. Esses mesmos valores de VMP são utilizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), United States Environmental Protection Agency (USEPA), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e United States Public Health Service (USPHS) (REBOUÇAS, 2006).

3. 2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é um insumo indispensável à nossa sobrevivência. Possui um valor incomensurável e é de vital importância para as atividades humanas no nosso planeta. A qualidade de vida da população está diretamente ligada a disponibilidade de água.

Vale lembrar que a água é o principal constituinte das células humanas e está presente em todos os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem em nosso corpo. A água permite a regulação da temperatura corporal, é responsável pela eliminação de toxinas (através da urina e do suor) e representa cerca de 95% do plasma sanguíneo que transporta oxigênio e nutrientes até as células. (CAPOBIANCO, 1999).

Sendo a água um dos componentes da biosfera vitais à nossa sobrevivência, torna-se imprescindível tomarmos todos os cuidados para a utilização racional deste elemento, que é um recurso finito e vulnerável, essencial para a sustentação da nossa vida.

A água não é apenas importante, mas indispensável para a vida humana, representando cerca de 60% do peso de um adulto. Nos bebês, a proporção é ainda maior: 70%. Ela é o elemento mais importante do corpo, o principal componente das células e um solvente biológico universal, por isso todas as nossas reações químicas internas dependem dela. A água também é essencial para transportar alimentos, oxigênio e sais minerais, além de estar presente em todas as secreções (como o suor e a lágrima), no plasma sanguíneo, nas articulações, nos sistemas respiratório, digestivo e nervoso, na urina e na pele. Ela é encontrada até mesmo onde pouca gente imagina. Ela é responsável, por exemplo, por 20% dos ossos. Por tudo isso, a gente se ressurte imediatamente da falta dela no organismo. (PINSKY, 2008).

3. 3 CICLO DA ÁGUA

A água encontra-se disponível na natureza em três estados; sólido, líquido e gasoso. Porém, há uma relação de interdependência entre as formas de água disponíveis no planeta.

Os dados geológicos disponíveis indicam que a quantidade total de água da Terra permaneceu praticamente constante durante os últimos milhões de anos. Porém, os volumes estocados em cada um dos grandes reservatórios de água na Terra- oceanos, calotas polares, geleiras, águas subterrâneas, - podem ter variado durante esse tempo, em níveis nunca imaginados. (REBOUÇAS, 2004).

Os fenômenos de evaporação, infiltração, escoamento e as formas de precipitação tornam possíveis a mobilidade da água, sendo que a água que se encontra no lençol freático hoje, amanhã pode estar na atmosfera ou mesmo em uma geleira.

Toda a água do planeta está em constante movimentação, evaporando-se dos oceanos, rios e lagos. Transforma-se em vapor formando assim as nuvens na atmosfera. Quando o vapor condensa, a água volta para a terra em forma de chuva, granizo ou neve. Parte da água que cai sobre a terra se distribui pela superfície, formando lagos, rios e riachos que vão desaguar no mar. Outra parte que cai se infiltra no solo, vai ser absorvida pelas plantas ou vai alimentar os lençóis freáticos que alimentam nascentes e poços. No entanto, boa parte desta água é utilizada pelo homem nas suas explorações econômicas como irrigação ou mesmo em redes de água para o consumo (KITAMURA, 2004).

3. 4 ÁGUA DOCE NO BRASIL

O Brasil é o quinto país no mundo em extensão territorial, com uma área em torno de 8.547.403,5 km², além de ter umas das maiores reservas de água doce, devido a grande quantidade de rios perenes. Com tudo isso o Brasil apresenta uma das maiores descargas de água doce em seus rios, com uma vazão que gira em torno de 117.900 m³/s, além dos 73.100 m³/s da Amazônia internacional, valores que representam 53% da água doce do continente sul-americano e 12% do total mundial. Mas esses números nos levam a uma zona de conforto, fazendo com que se instale uma cultura de abundância, aumentando assim o desperdício e a má conservação dessa água (REBOUÇAS, 2006).

De acordo com estudo realizado pelo IBGE e publicado no ano de 2008, o Brasil possui uma população de aproximadamente 190 milhões de pessoas, em torno de 80% dessa

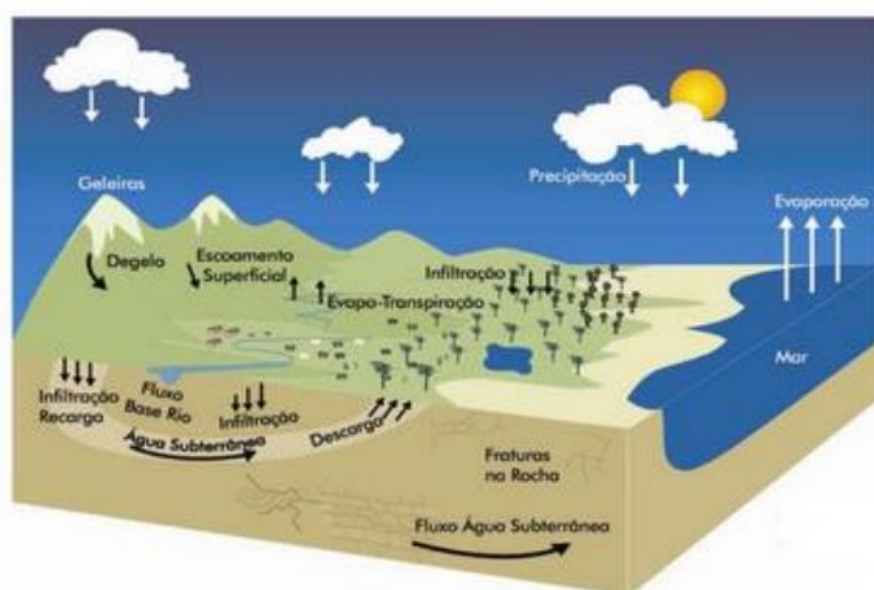
população vive nos grandes centros urbanos, o que dificulta a execução de um sistema de abastecimento de água eficaz, cerca de 10 milhões de habitantes sofre com a carência de um sistema eficaz de abastecimento de água potável (FERREIRA, 2014).

A maior parte da água doce está disponível nas áreas rurais, contudo nos últimos anos o que se percebe é uma grande quantidade de pessoas que vivem em áreas rurais migrando para os grandes centros. Com essa migração tem se um aumento significativo na quantidade de esgoto gerado, conseqüentemente tem se uma elevação na taxa de contaminação dos rios que circulam essas cidades e servem de manancial para a extração de água para o consumo da população, gerando custos cada vez mais elevados para o tratamento adequado dessa água (REBOUÇAS, 2006).

3. 4. 1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico, como podemos ver na figura 1, é o principal conceito da hidrologia, conhecido também como ciclo das águas. A energia solar faz o aquecimento do solo, do ar e da água superficial, com esse aquecimento tem-se a evaporação e evapotranspiração das partículas de água, assim formam-se as nuvens, que por sua vez retornam essa água ao solo em forma de precipitação. A maior quantidade de água evapora dos oceanos, rios e lagos. A água oriunda da precipitação das nuvens retorna a superfície da terra, onde é infiltrada no solo e escoada pela superfície até retornar aos cursos de água. A água infiltrada no solo é conduzida até os aquíferos e forma um fluxo de água subterrânea. Considerando-se uma escala global o ciclo hidrológico é fechado, mas pode sofrer alterações em determinadas regiões (MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, 2015).

Figura 1 – Ilustração do ciclo hidrológico



Fonte: Ministério do meio ambiente (2015).

A água sofre diferentes alterações em suas características ao longo do ciclo hidrológico, a água salgada presente nos oceanos quando evaporada é transformada em água doce, através do processo da evaporação, a água quando precipitada entra em contato com o solo através da infiltração carregando consigo alguns minerais presentes nesse solo, principalmente sais, que são transportados até os cursos de água (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

O ciclo hidrológico gira em torno de 577000 km³/ano, essa é a quantidade de água que chega até os continentes e oceanos em forma chuva. Na tabela a seguir tem se uma estimativa dos fluxos de água anuais do ciclo hidrológico global.

Tabela 2 – Estimativa dos fluxos de água anuais do ciclo hidrológico global (valores em km³/ano)

Processo	Oceanos	Continentes
Precipitação	458000	119000
Evaporação	505000	72000
Fluxo dos continentes para os oceanos por via superficial (rios)	44700	
Fluxo dos continentes para os oceanos por via subterrânea	2200	

Fonte: Collischonn e Dornelles (2013).

3. 5 POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS À ÁGUA

O uso da água sempre foi feito de maneira desordenada, como se fosse um recurso inesgotável. A partir da década de 70, as populações começaram a perceber que estavam errados em relação a este recurso e que precisavam se mobilizar a fim de minimizar o problema, pois com a falta deste recurso, a população poderia perecer.

A história do Brasil está ligada à água. Primeiramente, os rios serviram de caminho e integração entre as regiões que estavam sendo desbravadas. A política agrícola adotada no país também visa o uso da água. A construção de usinas hidrelétricas também muda a dinâmica dos rios.

Um dia internacional para celebrar a água foi recomendado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED). A Assembleia das Nações Unidas respondeu ao apelo designando o dia 22 de março de 1993 como o primeiro Dia Mundial da Água. Cada ano, o Dia Mundial da Água destaca um aspecto específico da água doce (UNESCO, 1992).

O ano de 2013 foi proclamado pela ONU como o Ano Internacional de Cooperação Água (ONU Resolução da Assembleia Geral 65/154).

De acordo com o documento Principais Conferências Internacionais sobre o Meio Ambiente e Documentos Resultantes foram realizadas várias conferências sobre a água, que a seguir serão relacionadas.

Em 1934, o país edita o Código das Águas, que vem como disciplinador do seu uso e dispõe sobre sua classificação e utilização, destacando a preocupação com a qualidade e valor econômico.

Em nível internacional, concomitante as atividades nacionais, os outros países também começam a articular ações a fim de garantir atitudes mais conscientes referentes ao uso da água.

- Em 1972, foi realizada em Estocolmo, a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, onde foi discutida a questão ambiental.
- Em 1973, o Brasil cria a SEMA, secretaria do Meio Ambiente e em seguida, os Estados e Municípios iniciam articulações para a criação de conselhos estaduais e municipais priorizando a questão ambiental.
- Em 1977, aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre Água, em Mar Del Plata, Argentina, que previa um plano de ação para a um novo modelo de gestão da

água. Cada vez mais são encontrados vínculos, em todo o mundo, entre a política de água e a ética.

Com a Constituição de 88, a participação da sociedade civil na gestão dos recursos naturais e, especialmente na gestão das águas, passa a ser um preceito fundamental que deve nortear todas as políticas públicas para o setor.

Em 1992, foi realizada a ECO-92, no Rio de Janeiro, promovida pela UNCED (United Nations Conference on Environment and Development). Nesta reunião, foi elaborada a Agenda 21, que passou a ser opção de referência na implantação de programas e políticas de preservação do meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

Na atualidade, podemos perceber que algumas ações já estão acontecendo no que se refere aos cuidados com a água, ações de muita importância e que, por mais que não sejam suficientes podem ter o engajamento de várias pessoas e surtir como efeito positivo ao planeta.

O Relatório Brundtland, também chamado de Nosso Futuro Comum (Comissão Mundial sobre o Desenvolvimento e o Meio Ambiente, 1987), Cuidando da Terra (Relatório de 1991 da União Conservacionista Mundial, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e do Fundo Mundial para a Natureza) e a Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e o Meio Ambiente (Rio de Janeiro, 1992) marcaram uma mudança importante na forma como pensamos sobre a água e os ecossistemas. Um princípio fundamental que emergiu dessa mudança foi o de que a vida das pessoas e o meio ambiente estão profundamente interligados, e que os processos ecológicos mantêm o planeta capacitado a sustentar a vida, proporcionando-nos alimento, ar para respirar, remédios e boa parte do que chamamos de “qualidade de vida” (SELBORNE, 2001).

3. 6 USO IRRACIONAL DA ÁGUA

O consumo da água vem aumentando para suprir a população, pois, esta vem aumentando significativamente e precisa desse recurso para sua sobrevivência. Todas as atividades humanas dependem basicamente da água e percebe-se que este recurso tão abundante na natureza vem sendo degradado devido às más ações humanas e a outros fatores de ordem natural.

Infelizmente nem todas as pessoas têm acesso à água potável. Segundo estimativas da ONU, citado em Guia do Consumo Consciente, até 2015, pelo menos 11% da população mundial, o equivalente a 783 milhões de pessoas, continuarão carentes de água potável, O que

muitas vezes é ocasionada não pela limitação de água doce disponível, mas pelo mau uso que é feito dela.

A água, o símbolo comum da humanidade, respeitada e valorizada em todas as religiões e culturas, tornou-se também um símbolo da equidade social, pois a crise da água é sobretudo de distribuição, conhecimento e recursos, e não de escassez absoluta. Assim, a maior parte das decisões relativas aos recursos hídricos implicam problemas de acesso e privação (SELBORNE, 2001).

A ONU também prevê que em 2050 mais de 45% da população mundial não poderá contar com a porção mínima individual de água necessária para necessidades básicas (JACOBI, 1999).

Embora todos precisemos de água, isso não nos dá o direito de acesso a toda a água que quisermos utilizar. É preciso que a sociedade comece garantindo em primeiro lugar uma priorização adequada do acesso à água, que permita atender as necessidades essenciais da humanidade, assim como dos nossos ecossistemas (SELBORNE, 2001).

Segundo Rebouças (1999), o aumento do consumo, níveis de poluição crescentes e falta de gerenciamento dos recursos hídricos contribuem para aumentar a escassez de água em várias partes do mundo.

3. 7 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA

Atualmente vários países enfrentam o problema da escassez da água, em decorrência do desenvolvimento desordenado das cidades, da poluição dos recursos hídricos, do crescimento populacional e industrial, que geram um aumento na demanda pela água, provocando uma redução na disponibilidade desse recurso (BONA, 2014).

Segundo Tucci et al. (2001) os recursos hídricos superficiais disponíveis no Brasil representam 50% dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais; entretanto, em virtude da grande dimensão do país e da grande variabilidade climática existente, a distribuição dos recursos hídricos é bastante desigual, sendo 71% da disponibilidade hídrica encontrada na Amazônia, que é habitada por menos de 5% da população brasileira. Consequentemente, apenas 29% dos recursos hídricos estão disponíveis em uma região habitada por 95% da população brasileira.

O aspecto importante acerca dos recursos hídricos que é a desigualdade com que ele se distribui nas regiões do mundo, e que no Brasil a desigualdade na distribuição desse recurso é bastante acentuada, consequentemente provoca inúmeros conflitos pelo seu uso.

A cerca dos problemas que envolviam os recursos hídricos, em específico a partir da década de 70 foram evidenciados por Tucci et al. (2001), os quais descrevem que as ocorrências de conflitos de uso da água geraram as primeiras discussões nos meios acadêmicos e técnico-profissionais sobre o tema. Os conflitos envolviam não só setores usuários distintos, como também os interesses de unidades político-administrativas distintas (Estados e Municípios).

Diante dos conflitos observados a cerca da utilização dos recursos hídricos, alternativas vêm sendo criadas a fim de amenizá-los. Tais alternativas abordam os usos alternativos, como por exemplo, o aproveitamento da água da chuva em residências. Além das residências, outros segmentos da sociedade também começam a olhar com interesse para o aproveitamento da água da chuva. Indústrias, instituições e até mesmo estabelecimentos comerciais. Um exemplo são os lava jatos abastecidos com a água da chuva visando tanto o retorno da economia de água potável quanto o retorno publicitário, se intitulando como indústrias e estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG, 2003 apud BONA, 2014).

3. 8 CHUVAS

3. 8. 1 Formação das chuvas

A água presente na atmosfera em sua maior parte encontra-se na forma de vapor, e essa quantidade aumenta conforme a elevação da temperatura do ar. Para a formação das nuvens de chuva tem se um movimento ascendente de uma massa de ar úmido, conforme diminui a temperatura do ar criam-se pequenas partículas de água que vão dar origem as gotas de chuva, também há momentos em que essas partículas de água poderão se transformar em gelo. Essas partículas de água crescem até o momento em que começam a precipitar sobre a superfície da terra, em forma de chuva (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

3. 8. 2 Chuvas frontais ou ciclônicas

Essas chuvas ocorrem quando se tem o encontro de duas grandes massas de ar, com temperatura e umidade distintas. Essas chuvas geralmente ocorrem em grandes extensões e são de longa duração, mas muitas vezes tem uma intensidade mais baixa e podem permanecer em determinada região por vários dias. Ocorrem quando se tem o contendo frontal de duas

massas de ar, onde a de ar mais quente sobe e atinge temperaturas inferiores, resultando na condensação do ar. (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

3. 8. 3 Chuvas convectivas

Ocorrem quando as massas de ar presentes na superfície da Terra ou de Oceanos sofrem um aumento de temperatura, fazendo com que essa massa de ar suba até a atmosfera e condense em contato com temperaturas mais baixas. As nuvens geradas por esse processo têm uma caracterização vertical, gerando chuvas de grande intensidade e normalmente em menores tempos de duração. No Brasil ocorrem principalmente em regiões tropicais e são responsáveis por inundações, normalmente onde se tem bacias de menores proporções (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

3. 8. 4 Chuvas orográficas

Ocorrem em regiões onde se tem a presença de relevos acentuados, principalmente junto de cordilheiras, que dificultam a passagem desse ar. Essas massas de ar quando atingem esses obstáculos são forçadas a subir rente a cordilheira, e quando alcançam a sua superfície encontram o ar mais gelado, que faz a condensação desse ar. Normalmente nessas regiões tem se chuvas com grande frequência. No Brasil observa-se a formação dessas chuvas principalmente na Serra do Mar (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

3. 9 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Cada vez mais se fala na utilização correta da água, evitando danos ao meio ambiente e sua proteção. A utilização da água da chuva para fins não-potáveis é um fator muito importante a se levar em consideração. Países industrializados como Japão e Alemanha utilizam esse método em larga escala, realizando altos investimentos em sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, principalmente em descargas de bacias sanitárias (TOMAZ, 2003).

No Brasil, os sistemas de otimização do uso da água são pouco difundidos, tem se poucas edificações com sistemas de racionalização do consumo de água. O reuso de águas ou a utilização da água da chuva, que está sendo exposta nesse trabalho, vem de encontro a essa ideia de uso racional na água, utilizando águas de menor qualidade para fins menos nobres, no

caso de descargas sanitárias em banheiros. Com esse sistema alivia-se o consumo de água de recursos hídricos, que estão cada vez mais defasados (OLIVEIRA, 2007).

Os sistemas de utilização de água da chuva podem ser introduzidos com facilidade nas instalações hidráulicas de um prédio, pois trata-se de uma estrutura relativamente simples. Com a utilização desse sistema pode-se ter uma redução significativa no consumo de água potável. Quando o projeto está localizado em regiões com grande intensidade de chuvas, esse processo se torna ainda mais favorável (OLIVEIRA, 2007).

O surgimento de novas fontes de água e o desenvolvimento de novas tecnologias para tratar e armazenar esse recurso têm sido fundamentais para atender à crescente demanda de água pública em todo o mundo (LI; BOYLE; REYNOLDS, 2010). Investigando essa temática, observa-se que uma forma bem prática e já atuante em diversos países tem sido o armazenamento de água de chuva (ANDRADE NETO, 2013), haja vista que essa atividade tem colaborado para a economia dos recursos hídricos e para a prevenção da escassez de água potável nos sistemas de distribuição municipais (BEZERRA et al., 2010).

A busca por alternativas para tornar possível a vida e a produção no Semiárido brasileiro passa, necessariamente, pelo aproveitamento das poucas e mal distribuídas chuvas que caem na região. Para coletá-las, uma das mais difundidas tecnologias é a cisterna, que armazena a água captada através dos telhados das casas para ser utilizada ao longo do ano (EMBRAPA, 2015).

A água pluvial captada tem sido considerada uma fonte renovável e limpa, sendo ideal tanto para o uso doméstico quanto para atividades relacionadas com a paisagem. Na verdade, os sistemas de captação de água têm fornecido soluções flexíveis, e que podem ativamente atender às necessidades das pequenas e grandes localidades, em um processo continuado, e desenvolvido ao longo do tempo (ABDULLA; AL-SHAREEF, 2009).

A água de chuva tem sido aproveitada para diversas utilidades, apresentando-se como uma alternativa benéfica para minimizar a escassez de água. Para utilização agrícola, a água pode ser armazenada no subsolo por meio de sistemas naturais, protegendo-a da evaporação. Por outro lado, para utilização doméstica, a água da chuva precisa ter maiores cuidados, uma vez que sua qualidade pode ser afetada pela atuação de bactérias e substâncias perigosas (HELMREICH; HORN, 2009).

Ademais, considerações importantes ainda precisam ser esclarecidas e compreendidas acerca do aproveitamento de água de chuva. A água captada não deve simplesmente ser considerada pura e segura para consumo, fazendo-se necessário a implementação de algum método adequado de proteção sanitária e de tratamento. Durante o período de coleta, a água

da chuva pode carrear contaminantes tais como poeiras e gases da atmosfera, sendo também afetada por contaminantes do telhado a partir do qual são coletadas e de recipientes e/ou reservatórios de armazenamento (LUBITZ, 2009).

Para uma melhor contextualização e entendimento sobre o aproveitamento de água de chuva, desmembrou-se esta seção em subseções, apresentadas a seguir, com o intuito de facilitar a compreensão acerca dos seus aspectos físico, econômico, prático, sanitário e educativo.

3. 9. 1 Captação e cisternas

Um aspecto físico do sistema de armazenamento de água, além do próprio reservatório ou simplesmente cisterna, é a área de captação, que são normalmente os telhados das casas ou indústrias. Vários materiais podem compor a área de captação, são exemplos: telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, telhas de concreto armado, telhas de plástico, telhado plano revestido com asfalto, além de outros (TOMAZ, 2005).

Embora tenha sido verificado um extenso trabalho sobre o custeio dos tanques de armazenamento de água, é necessário estudos sobre o seu dimensionamento e projeto. Nesse sentido, é preciso que sejam considerados: o tamanho e o desenho do tanque de armazenamento de água; e orientações sobre a operação e manutenção dos sistemas de armazenamento de água de chuva, que precisa ser desenvolvido e divulgado para as comunidades beneficiadas. Entretanto, apenas uma abordagem integrada do sistema de armazenamento de água provavelmente vai garantir o seu sucesso (KAHINDA; TAIGBENU; BOROTO, 2007).

Um sistema de captação, filtragem, armazenamento e distribuição da água da chuva é composto das seguintes partes: superfície de captação - telhados, pátios e outras áreas impermeáveis, que podem ser utilizados como superfície de captação. A área de captação está diretamente relacionada ao potencial de água da chuva possível de ser aproveitada e, por sua vez, o material da qual é formada influenciará na qualidade da água captada e nas perdas por evaporação e absorção. Os telhados são mais utilizados para captação devido à melhor qualidade da água que este fornece (THOMAS, 2001).

O processo de construção da cisterna consiste nas seguintes etapas: escolha, preparação do terreno e escavação do buraco; confecção das placas para paredes e cobertura das cisternas; nivelamento do contra piso e levantamento das paredes; reboco interno da

cisterna e colocação da cobertura; e a construção das calhas e colocação dos canos. Esse tipo de cisterna (placas de cimento pré-moldadas) está sendo difundida na região semiárida, sendo aproveitados os telhados das casas como área de captação (MATIAS, 2001).

Essas cisternas de placas apresentam boa capacidade de armazenar a água da chuva escoada no telhado, além de demonstrar um baixo custo e uma maior durabilidade, em relação aos outros modelos convencionais (de tijolos, por exemplo). Por tanto, elas representam uma alternativa tecnológica adaptada à essa região e à realidade dos pequenos agricultores (MATIAS, 2001).

Deve-se ter precauções com a utilização de tanques de armazenamento, a fim de promover um armazenamento adequado, minimizando possíveis contaminação humana, animal ou de outro elemento contaminante. É preciso que os tanques tenham tampas, que sejam bem encaixadas, impedindo o crescimento de algas e reprodução de mosquitos. Reservatórios descobertos não garante qualidade à água (HELMREICH; HORN, 2009).

A NBR 15527, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2007, apresenta em seu anexo seis métodos para o dimensionamento do volume do reservatório de armazenamento da água de chuva: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano (BRASIL, 2007).

O reservatório deve ser dimensionado de forma bastante cautelosa, haja vista que o reservatório representa o item mais dispendioso do sistema de captação de água de chuva. Seu custo pode representar entre 50% e 85% do valor total de todo o sistema. Dessa forma, esses fatores refletem diretamente na viabilidade financeira e no sucesso do sistema (THOMAS, 2001).

A utilização de um sistema de captação de água de chuva deve ser baseada em análise da demanda a que será destinada, dos possíveis riscos sanitários, da adequação dos sistemas prediais e do correto dimensionamento do reservatório, para se evitar a implantação de projetos inadequados, que comprometam os aspectos positivos dessa fonte alternativa de água (COHIM et al., 2007).

Do ponto de vista técnico e econômico, a seleção de modelos de reservatórios é uma tarefa bastante criteriosa. Nesse sentido, padronizar um único modelo e tamanho de reservatório não é uma atitude prudente, uma vez que há diferenças entre as características de cada localidade, onde se pretende implantar o sistema de armazenamento. Portanto, faz-se necessário destacar que o sucesso de um sistema de captação de água de chuva deve ser

medido não apenas pelo seu impacto imediato, mas, também, pela capacidade de construir e manter o sistema acessível em longo prazo (THOMAS, 2001).

3. 9. 2 Aproveitamento de águas pluviais

Nos últimos anos, o aumento da demanda por água, normalmente ocasionado pelo crescimento populacional acentuado e desordenado nos centros urbanos e pelo aumento do consumo por habitante, tem imposto a adoção de programas para conservar a água (MAY, 2004; TUCCI, 2008). Entre os componentes dos programas de conservação de água, figura-se o de substituição das fontes, que consiste basicamente em utilizar novas fontes de recursos hídricos em substituição às existentes (IPARDES, 2001). O aproveitamento de água pluvial precipitada nas residências do meio urbano se enquadra nessa categoria. Essa tecnologia vem crescendo e dando ênfase à conservação da água. Além de proporcionar economia de água, o aproveitamento da água pluvial em residências pode reduzir as despesas com água potável e contribuir para a diminuição do pico de inundações, quando aplicada em larga escala, de forma planejada e em uma bacia hidrográfica (TOMAZ, 2003).

Nos centros urbanos, a água de chuva pode ser normalmente aproveitada em atividades que não precisam de água potável, como na descarga de bacias sanitárias, na irrigação de jardins e na limpeza de pisos, equipamentos e carros. A necessidade do tratamento depende da qualidade da água de chuva armazenada, bem como da finalidade a que se destina. A água captada também pode ser aproveitada para fins potáveis em regiões onde se justifica essa necessidade (BEZERRA et al., 2010), como é o caso de regiões semiáridas. Helmreich e Horn (2009) consideram que a água armazenada também pode ser utilizada para fins domésticos, rega de áreas verdes e atividades produtivas de pequeno porte.

As características físico-químicas e microbiológicas da água de chuva podem depender da qualidade do ar. Isso implica dizer que poluentes atmosféricos (partículas, microrganismos, metais pesados e/ou substâncias orgânicas) dispersos se aderem a umidade presente no ar, e cai junto com a chuva, atingindo as zonas urbanas e rurais. De maneira comparativa, a água da chuva que nas zonas rurais é mais propensa a ter uma melhor qualidade quando comparada a uma região urbana, haja vista que a região rural estar situada longe de poluições atmosféricas e industriais (HELMREICH; HORN, 2009).

Na literatura, encontram-se diversos tipos de dispositivos para proteção sanitária de cisternas, os quais incluem: grades ou peneiras autolimpantes; um arsenal de filtros telados ou com centrifugação; filtros de areia externos ou internos; e dispositivos diversos, mas de difícil

aplicabilidade, ou muito sofisticados, com sensores de qualidade da água e comandos eletrônicos e eletromecânicos para desvio das primeiras águas (ANDRADE NETO, 2013).

Do mesmo modo, faz-se preciso pensar que seguridade sanitária de cisternas também está ligada com a educação e conscientização dos usuários. Nesse contexto, Baguma et al. (2010) verificaram que um dos maiores problemas encontrados nos sistemas de armazenamento de água de chuva é a falta de consciência sobre a necessidade de cuidar de calhas em residências rurais, as quais são responsáveis pelo transporte da água até os reservatórios. Esses autores acrescentam também que a construção de sarjeta adequada e a gestão da qualidade da água de chuva, o tratamento e diferença entre os usos da água não podem ser subestimada. Assim, a água necessita de um tratamento adicional antes de ser utilizada em ambiente doméstico.

Essa questão realça a necessidade de educar o público-alvo sobre as formas de prevenção acerca dos riscos para a saúde e as implicações sociais decorrentes do aproveitamento de águas pluviais. Nessa perspectiva, destaca-se também que se as famílias rurais têm acesso a informações adequadas sobre a manutenção das cisternas, elas garantem a qualidade da água da chuva (BAGUMA et al., 2010). E dessa forma, elas também podem contribuir para o funcionamento do sistema integrado de armazenamento de água de chuva.

3. 10 SISTEMA INTEGRADO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O sistema de armazenamento de água de chuva para que atinja a sustentabilidade é preciso que haja uma colaboração entre o governo, o setor privado (ONGs e cientistas) e as famílias rurais, mas também é necessária uma abordagem de sistema integrado, valendo-se da quantidade e qualidade da água fornecida, bem como dos custos associados à implantação. Em outras palavras, um sistema de armazenamento de água pode ser considerado sustentável quando abrange além dos atributos físicos (pluviosidade, localização e características) de captação e dos atributos socioeconômicos, a qualidade da água da chuva e das fontes de água alternativas (KAHINDA; TAIGBENU; BOROTO, 2007).

Com o aumento de planejamento, conscientização pública e educação, os sistemas de captação de água da chuva se apresentam como importantes ferramentas no edifício verde e do desenvolvimento sustentável, tendo em vista que promovem a redução da demanda sobre abastecimento de água municipal e os impactos negativos associados com escoamento de águas pluviais urbanas (JONES; HUNT, 2010).

Nessa perspectiva, o aproveitamento de águas pluviais não surge apenas como uma alternativa para aumentar o abastecimento, mas também se configura como uma ferramenta capaz de envolver a sociedade na gestão desse recurso. Portanto, os incentivos e apoios governamentais são mecanismos essenciais para incentivar a captação de chuva de chuva (ABDULLA; AL-SHAREEF, 2009), sendo as unidades educacionais agregadoras de valores nesse sentido.

3. 11 CÓDIGO DAS ÁGUAS

Para se especificar águas pluviais leva-se em consideração o decreto 24.643/1934 do código de águas.

Artigo 102 – Consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas.

Artigo 103 – As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo ele dispor delas à vontade, salvo existindo direito em contrário.

Parágrafo único: ao dono do prédio, porém não é permitido:

I. Desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos;

II. Desviar essas águas do seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

Artigo 104 – Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas às regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas.

Artigo 106 – É imprescritível o direito de uso das águas.

Artigo 107 – São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum.

Artigo 108 – A todos é lícito apanhar estas águas.

Parágrafo único: não se poderão, porém, construir nesses lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas sem licença da administração.

3. 12 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

De acordo com a ABNT, NBR 15527, 2007, a qualidade da água da chuva para aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis deve respeitar os parâmetros apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para uso menos restritivos
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 5,0 uT
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	< 15 uH ^c
		pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

^b uT é a unidade de turbidez.

^c uH é a unidade Hazen.

Fonte: ABNT, NBR 15527 (2007).

A desinfecção é realizada de acordo com o critério do projetista, pode-se utilizar derivados de cloro, raios ultravioletas, ozônio, entre outros. Em situações em que se torna necessário um residual desinfetante, utiliza-se derivados de clorado (ABNT, NBR 15527, 2007).

3. 13 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

De acordo com Cohim, Garcia e Kiperstok (2008), a captação direta de águas pluviais nas edificações pode ser considerada como uma fonte alternativa, reduzindo a demanda dos sistemas públicos de abastecimento.

A utilização das águas pluviais é uma ação de responsabilidade internacional, visto o desenvolvimento sustentável das cidades, preconizado na Agenda do Século 21 (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

Além, de leis e regulamentos, fomentando ou até obrigando a adoção de medidas capazes de levar à otimização na utilização dos recursos hídricos, a conservação da água depende, sobretudo de mais que campanhas de conscientização, de ações educativas junto à comunidade, esclarecendo sobre as maneiras de evitar o desperdício, as formas de economizar e as fontes alternativas para a captação de água, bem como a diferenciação dos usos da mesma, ou seja: para algumas atividades não há necessidade de utilização de água tratada (SENRA, 2006).

Essas ações alternativas precisam ser garantidas urgentemente a fim de preservarmos este recurso que é o principal agente de sobrevivência da humanidade.

3. 14 COMPONENTES DE UM SISTEMA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para a implantação de um sistema de utilização da água da chuva é necessário que se tenha uma série de elementos que irão constituir esse sistema, como a captação, transporte, tratamento, armazenamento e a utilização requerida para o sistema. Na figura 2, tem a ilustração de um sistema predial de utilização da água da chuva (OLIVEIRA, 2007).

3. 14. 1 Superfície Coletora

As superfícies comumente escolhidas como coletoras são os telhados ou superfícies localizadas no solo. Influências causadas pelo índice pluviométrico e sua distribuição no tempo, somam-se à área destinada à captação, que quanto maior, mais chuva é capaz de coletar. É necessário que esta superfície esteja disponível, protegida, se encontre a céu aberto e seja impermeabilizada.

Na escolha do telhado adequado, cuidados referentes ao material de que são feitos e de possíveis revestimentos aplicados a sua estrutura devem ser tomados. Os telhados devem ser

feitos de materiais atóxicos, evitando a contaminação da água com substâncias tóxicas. Devem ser também não porosos, a fim de evitar a perda de água por evaporação e a retenção de partículas oriundas de deposição atmosférica. Os telhados metálicos, apesar de serem considerados adequados por não reter a água em sua textura lisa, podem se desgastar e gerar resíduos na água como contaminantes. Os telhados de concreto e cerâmica, apesar de atóxicos, são porosos. Seu uso é considerado adequado, mas recomenda-se se possível o revestimento com pintura não tóxica que elimine sua porosidade e reduza as perdas de água e absorção de poluentes.

3. 14. 2 Calhas

Os materiais das calhas podem ser chapas galvanizadas, ligas de alumínio e plásticos. É importante que o dimensionamento e a instalação de calhas e condutores verticais sejam feitos com atenção para que não ocorra um subdimensionamento do sistema e, conseqüentemente, uma redução significativa na eficiência de coleta. As calhas e condutores verticais deverão obedecer às normas brasileiras de instalações prediais de águas pluviais, NBR 10.844 de dezembro de 1989 da ABNT.

Sempre que possível às calhas de platibanda e de beiral devem ser fixadas na extremidade da cobertura. Essas calhas devem ser colocadas de forma que a declividade seja uniforme e adotando como valor mínimo uma declividade de 0,5%. Há a necessidade de se instalar extravasadores quando não são aceitáveis transbordos nas calhas, para que essa água seja descarregada em local adequado. (ABNT, NBR 10.844, 1989).

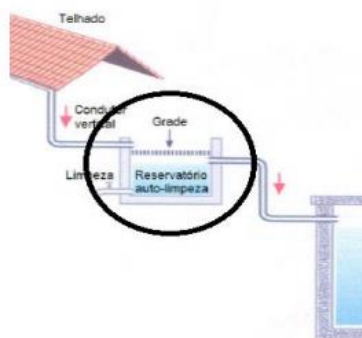
3. 14. 3 Pré-filtragem

Ao se fazer o recolhimento da água da chuva pelas calhas, faz se necessário a instalação de um filtro de descida, esse filtro tem por finalidade reter os materiais grosseiros presentes no telhado e nas calhas, para que estes não sejam transportados pela água para o sistema de captação.

Vários podem ser os modelos de filtros, os filtros podem ser instalados diretamente na tubulação de queda das calhas ou através de uma caixa coletora, a água recolhida da chuva escorre por meio da tubulação das calhas e entra na caixa coletora, na superfície da caixa tem se a presença da uma tela fina ou de qualquer outro material filtrante capaz de reter os materiais indesejados, como folhas de árvores, principalmente.

As peneiras não têm capacidade para reter micróbios e contaminantes químicos, por isso é necessário que se faça uma limpeza periódica desse material, Tomaz (2003) recomenda que se utilize peneiras de tela com diâmetro nominal entre 0,20mm a 1mm.

Figura 2 – Exemplo de filtro de peneira em caixa coletora de água



Fonte: Tomaz (2003)

Além dos filtros de peneira pode se adquirir comercialmente filtros mais simples, os chamados separadores de folhas, esses filtros têm por finalidade reter esses materiais transportados pelos tubos de descida das calhas, servindo como um pré-filtro para materiais filtrantes mais finos. Tem-se a presença da uma grade em forma de rampa que fará com que esses materiais sejam extraídos, sem a necessidade de limpeza frequentes do sistema (3P TECHNIK, 2012).

Figura 3 – Exemplo de filtro separador de folhas



Fonte: Catálogo 3P Technik (2012)

Os telhados das edificações durante os períodos secos acumulam sujeira como sedimentos, folhas, galhos e fezes de animais. A entrada destes poluentes no sistema deve ser

evitada com a instalação de telas ou filtros que impeçam sua passagem. Em geral são dispositivos simples que devem ser instalados na calha ou no tubo de descida de forma que seja possível sua limpeza. Para retirar folhas utilizam-se telas de ¼ polegadas ao longo do comprimento da calha. Uma peneira feita com material não corrosivo e abertura de 6 mm a 13 mm é capaz de impedir a entrada de folhas e outros materiais. Para mosquitos a abertura deve ser de no máximo 0,315 mm.

Os filtros podem ser do tipo caseiro, mas o mais prático e confiável é usar filtros comerciais. Outros dispositivos simples que podem ser instalados no tubo de descida são cestos ou um pedaço de tecido de nylon colocado na boca do tubo.

A manutenção do dispositivo, com a retirada das folhas e sedimentos que se acumularem no sistema é importante de ser garantida. É recomendado que a limpeza da peneira seja feita frequentemente.

3. 14. 4 Eliminação da primeira água da chuva “First Flush”

É importante que se faça a eliminação da primeira água da chuva, pois se tem a presença de poeira e fuligem sobre a superfície do telhado, contaminando a água da chuva. Essa sujeira é transportada pela primeira água da chuva, que fará a “limpeza” do telhado. Essa eliminação pode ser feita manualmente ou através de sistemas automatizados (JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011).

De acordo com Tomaz (2003) a eliminação da primeira água da chuva é denominada “First Flush”. Esse processo não é obrigatório de acordo com a norma brasileira, mas é de extrema importância para que se tenha um controle eficaz da qualidade da água da chuva utilizada. Trata-se da eliminação dos primeiros 2 mm de chuva, esse volume representa geralmente em torno dos primeiros 5 a 10 minutos de precipitação.

3. 14. 5 Reservatório

O armazenamento de água da chuva coletada por meio das calhas é feito em cisternas, ou reservatórios construídos normalmente de PVC, fibra de vidro, ferrocimento ou alvenaria. Importante destacar que essas cisternas devem estar cobertas e abrigadas da incidência da luz solar. A forma mais adequada seria o sistema de cisternas subterrâneas, pois assim estará abrigada da luz solar, além de manter a água em uma temperatura mais baixa, reduzindo assim a proliferação de bactérias (FERREIRA, 2014).

A água da chuva quando entra no reservatório está com muita velocidade, devido a diferença de nível entre o sistema de coleta e armazenagem, para que se evite a agitação da água dentro do reservatório faz-se a instalação de um freio da água. Além de desacelerar a água, essa peça otimiza a oxigenação da água da chuva com a que está presente no interior da cisterna, evitando que se tenha a suspensão de partículas de sujeira presentes no fundo do tanque (DUDZEVICH, 2009).

De acordo com ABNT NBR 15527 (2007) os reservatórios utilizados devem conter em seu projeto extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. É importante que se evite o agitação dessa água captada dentro do reservatório, a fim de não permitir que possíveis materiais flutuantes entrem junto na rede de distribuição, para tal recomenda-se que a captação da água seja à 15 cm da superfície da lâmina de água.

Na realização de um projeto de reservatório deve-se considerar o seu volume útil, o volume útil é um coeficiente aplicado ao volume final e utilizado para minimizar os efeitos causados pelas variações de consumo. Assim aplica-se o fator 1,2 ao volume calculado (ABNT, NBR 12217, 1994).

A água da chuva que não for utilizada deve ser encaminhada às galerias de águas pluviais, ou também pode ser lançada ao solo se não carregar agentes contaminantes ao lençol freático. A água da chuva reservada para utilização deve estar protegida da incidência direta da luz solar e do calor, assim como de animais que possam entrar na tubulação (ABNT, NBR 15527, 2007).

Para uma melhor captação da água presente na cisterna utiliza-se um filtro flutuante, esse filtro tem por finalidade recolher a água de maior qualidade, não capturando a água da superfície nem a do fundo do tanque, essas águas podem possuir alguns resquícios de sujeira que não foram eliminadas pelas filtrações anteriores (DUDZEVICH, 2009).

O reservatório deve ter a capacidade de receber água potável do sistema público de abastecimento, para que em caso de períodos secos, quando a água captada da chuva não possui capacidade de manter a demanda do prédio o abastecimento das bacias sanitárias não seja prejudicado (FDE, 2015).

Vários podem ser os modelos de reservatórios utilizados para o armazenamento da água da chuva, os modelos variam de acordo com a escolha do projetista, conforme o local de instalação e vontade do cliente, no mercado tem-se vários modelos e tamanhos, os principais utilizados são os de polietileno e fibra de vidro. Esses podem estar sobre a superfície do solo ou enterrados.

No local de implantação do reservatório, é preciso evitar locais próximos a árvores e arbustos, de forma a evitar o contato de suas raízes com as paredes da cisterna. A cisterna também deve manter uma distância mínima entre 10 e 15 metros de locais como currais, fossas, latrinas e depósitos de lixo, para que não ocorra contaminação da água. O reservatório inferior pode ser de diferentes materiais e ser disposto de diferentes maneiras. Podem ser enterrados, semienterrados ou na superfície, como representado na figura 9. Os tanques instalados na superfície ou semienterrados são mais fáceis de serem instalados e sofrerem manutenção. Contudo, ocupam espaço e estão sujeitos a contaminação por animais e insetos. Estes problemas não ocorrem nos tanques enterrados, porém a instalação e manutenção são mais difíceis. Reservatórios enterrados ou parcialmente enterrados tem como fator favorável para a sua resistência estrutural as pressões da terra compensando parcialmente as pressões hidrostáticas horizontais da água. (Fernandez et al., 2015).

Figura 4 – Exemplo de reservatório para água da chuva



Fonte: Catálogo Fortlev.

3. 14. 6 Tratamento da água coletada

Antes que a água retida no reservatório inferior ou cisterna chegue ao reservatório superior é necessário que se faça o tratamento dessa água, o tratamento é realizado com a aplicação de cloro.

Segundo Tomaz (2003) as águas utilizadas em bacias sanitárias devem ser cloradas em uma proporção de 0,5 a 3mg/L devido aos respingos que possam entrar em contato com os órgãos genitais. Para essa cloração utiliza-se Hipoclorito de Sódio (residual).

De acordo com Vieira e Mendonça (2011) pode se utilizar um sistema simples de cloração, através de um clorador flutuante, dentro deste são colocadas as pastilhas de cloro. O

clorador é colocado livremente dentro do reservatório e fará a cloração através do contato com a água, o processo é renovado de acordo com a movimentação do equipamento.

3. 14. 7 Demanda

A demanda de água nas escolas deve considerar as diferentes atividades a serem realizadas. Além de possíveis atividades extras, o crucial é que o cálculo respeite indicadores mínimos técnicos e sanitários. Em uma escola, a água é usada para ingestão e preparo de merenda, para limpeza dos pátios, quadras, salas de aula, cozinha e banheiros, para higiene pessoal, na lavagem de mãos, rosto, objetos de uso pessoal, para rega e manutenção de jardins e hortas e para descarga dos sanitários. Estudos indicam que o modo de execução de atividades que incluem o consumo de água em escolas pode elevar ou diminuir a quantidade de água consumida. Na literatura é constantemente apontado o uso irracional da água em muitas escolas, com altos índices de vazamento e mau uso generalizado do recurso. As causas desta falha incluem falta de conscientização dos usuários, problemas técnicos incluindo falhas de manutenção e falta de identificação com a necessidade de economizar o recurso. Além disso, o calendário letivo é de grande importância. Escolas que não funcionam no final de semana devem ter contabilizados em média 22 dias úteis por mês, enquanto escolas que tem atividades durante os finais de semana devem ter estas diárias contabilizadas. Meses atípicos, como de férias ou que não tenham muitos dias de aula, devem ser desprezados ou contabilizados devidamente.

3. 14. 8 Manutenção

Para que quando em contato com o sistema, a água não fique sujeita à contaminação, a escolha dos materiais, o dimensionamento e uma boa instalação dos componentes devem ser seguidos de manutenção e limpeza. Os componentes de origem comercial têm instruções que devem ser seguidas, incluindo a previsão de mão de obra especializada se necessário. A frequência de manutenções prevista pode ser alterada caso se mostre insuficiente. Instruções quanto a ações de manejo simples, como limpeza e inspeções, ampliam a possibilidade de detecção de falhas e problemas comuns, otimizam a colocação do sistema de volta em funcionamento pleno, reduzem a chance de problemas a longo-prazo e aumentam a sua vida útil do sistema. Para que a função de manutenção do operador seja preservada, é importante

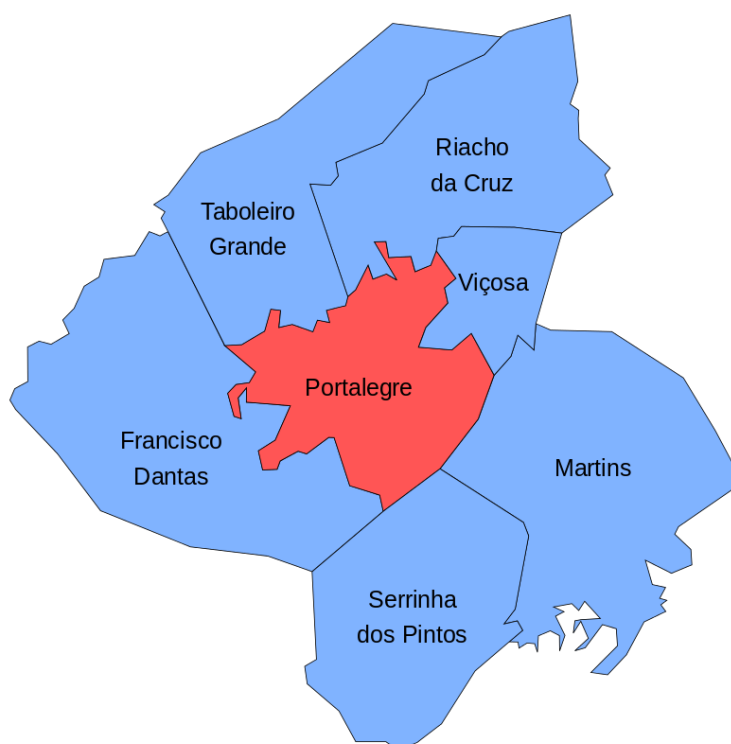
que exista um canal de comunicação, caso haja a necessidade de uma intervenção de mão de obra técnica especializada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Portalegre está situado na mesorregião do Oeste Potiguar, sobre um maciço cristalino, numa altitude média de 642 m e coordenadas 06°01'26,4" de latitude sul e 37°59'16,8" de longitude oeste (IDEMA, 2008). O município possui uma área territorial de 110,054 km², uma população estimada de 7.906 habitantes e de acordo com o último censo demográfico, 52,5% dos habitantes viviam na zona urbana e 47,5% na zona rural (IBGE, 2020) e estabelece limites com os municípios de Riacho da Cruz, Taboleiro Grande, Viçosa, Serrinha dos Pintos, Francisco Dantas e Martins (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de localização do município de Portalegre – RN

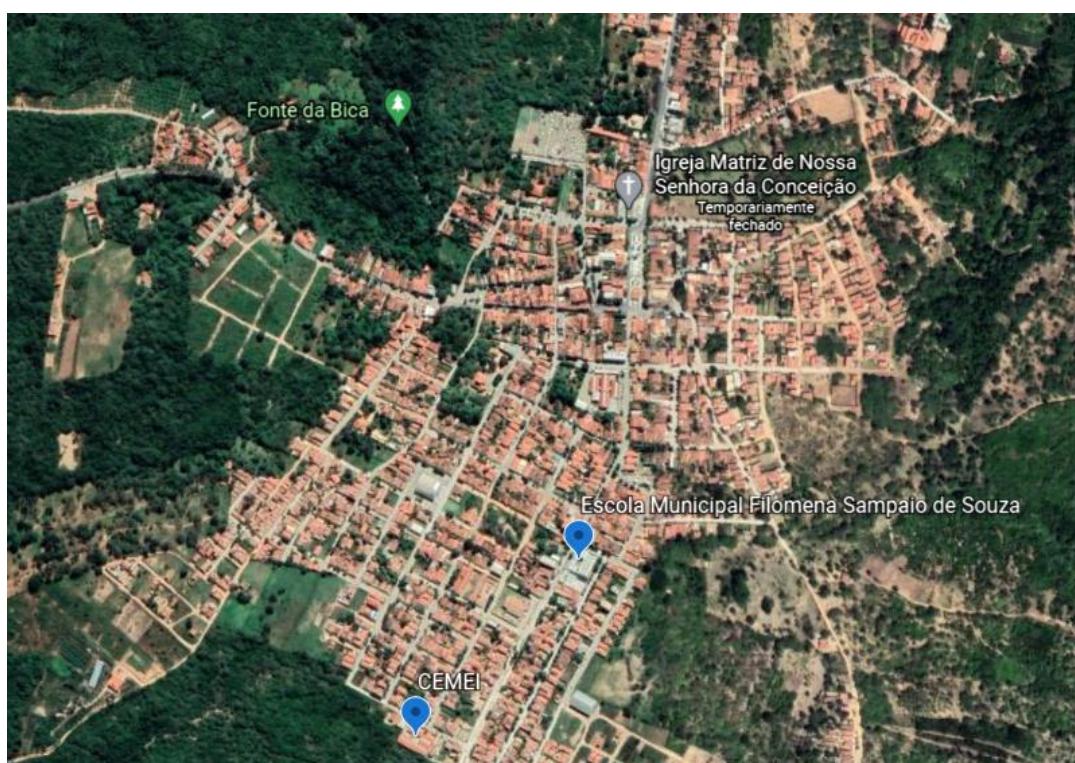


Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR, 2020.

4.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O município de Portalegre – RN, conta atualmente com 5 unidades educacionais da rede municipal de ensino, sendo duas na zona urbana (figura 6) e três na zona rural. As informações sobre os sistemas de coleta e armazenamento de água de chuva adotados em cada instituição de ensino foram obtidas junto à secretaria de educação do município e os gestores escolares.

Figura 6 – Localização das unidades educacionais



Fonte: Google Earth, 2020.

Foi calculada a partir índices pluviométricos mensais, dos últimos cinco anos, obtidos através de dados da EMPARN a quantidade de águas pluviais potencialmente captáveis para ser utilizada nas unidades educacionais.

4.3 VISITAS *IN LOCO* PARA VERIFICAÇÃO DOS SISTEMAS

Para caracterizar cada sistema de captação e armazenamento de água de chuva e comprovar as informações obtidas junto à secretaria de educação do município e com gestores

escolares, foram realizadas verificações *in loco* nas unidades educacionais, destacando entre outros, as áreas de captação, materiais da superfície de captação, tipos e volumes de reservatórios, o estado físico das instalações, as condições operacionais e o destino da água armazenada.

4.4 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA

A avaliação dos sistemas de armazenamento de água foi realizada com base no levantamento da oferta de águas pluviais e do armazenamento, na estimativa de consumo de água e na caracterização da água de chuva armazenada.

As áreas de captação foram estimadas a partir das plantas arquitetônicas, após a verificação *in loco* das instalações de coleta (caimento dos telhados, calhas e tubulações, etc). A estimativa do volume de água de chuva que potencialmente pode ser captado por ano foi calculado através da multiplicação da área de captação pela precipitação média anual (últimos 5 anos) do município e pelo coeficiente de escoamento superficial “C”, estimado em 80% ($C = 0,8$).

Para avaliar o dimensionamento dos reservatórios de água de chuva, utilizou-se dos volumes estimados de reservação de cada unidade educacional, mensurados com base em 2 métodos (Azevedo Neto e Inglês), enquanto que os volumes de demanda foram estimados pelo método de Rippl. Todos os métodos estão descritos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas -NBR 15.527 (ABNT, NBR, 2007).

Pelo método Azevedo Neto, por meio da equação 1, o volume de cisterna foi obtido através da seguinte equação (ABNT, NBR, 2007):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

V é o volume de água do reservatório, em litros (L);

P é a precipitação média anual, em milímetros (mm);

A é a área de coleta, em metros quadrados (m^2);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca.

Já pelo método prático Inglês, por meio da equação 2, o volume de chuva foi obtido através da seguinte equação (ABNT, NBR, 2007):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros (L);

P é a precipitação média anual, em milímetros (mm);

A é a área de coleta, em metros quadrados (m²).

O método de Rippl geralmente, superdimensiona o reservatório, podendo ser utilizado para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuva por meio da equação 3. Lembrando que neste método podem-se usar as séries históricas mensais (maneira mais comum) ou simplesmente diárias (ABNT, NBR, 2007).

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (\text{Equação 3})$$

$$Q(t) = C \times \text{Precipitação da Chuva} \times \text{Área de Captação}$$

$$V = \sum S(t), \text{ Somente para valores } S(t) > 0$$

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

Onde:

S (t) é o volume de água no reservatório no tempo t;

D (t) é a demanda ou consumo no tempo t;

Q (t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

C é o coeficiente de escoamento superficial (C = 0,8).

V é o volume do reservatório, em metros cúbicos (m³);

O Método de Rippl ou Método do Diagrama de Massas fundamenta-se no conceito da regularização da vazão, ou seja, refere-se ao estudo hidrológico que permite armazenar o

excesso de água no período chuvoso objetivando compensar as deficiências do período seco. Em geral utiliza-se uma série histórica de precipitações mensais o mais longa possível e obtém-se a média mensal da pluviosidade da região estudada (AMORIM; PEREIRA, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram analisadas 5 unidades educacionais da cidade de Portalegre/RN. Duas estão localizadas no perímetro urbano. São elas a Escola Municipal Filomena Sampaio de Souza (Figura 7), que está situada na rua Raimundo Rodrigues Torres, nº 55 e o Centro de Educação Infantil Portal do Saber – CEMEI (Figura 8), que está localizado na rua José Viana Pereira, nº 06. As outras três estão localizadas no perímetro rural. A Escola Municipal Alfredo Silvério (Figura 9) se encontra no Sítio Baixa Grande que fica a 5 Km do centro da cidade. A Escola Municipal Manoel Joaquim de Sá (Figura 10) está fixada no Sítio Bom Sucesso que está há 8 Km do município. A Escola Municipal João Antonio de Oliveira (Figura 11) está instalada no Sítio Estrondo e está situada aproximadamente 8 Km da cidade.

Figura 7 – Escola Municipal Filomena Sampaio de Souza



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 8 – Centro de Educação Infantil Portal do Saber – CEMEI



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 9 – Escola Municipal Alfredo Silvério



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 10 – Escola Municipal Manoel Joaquim de Sá



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 11 – Escola Municipal João Antonio de Oliveira



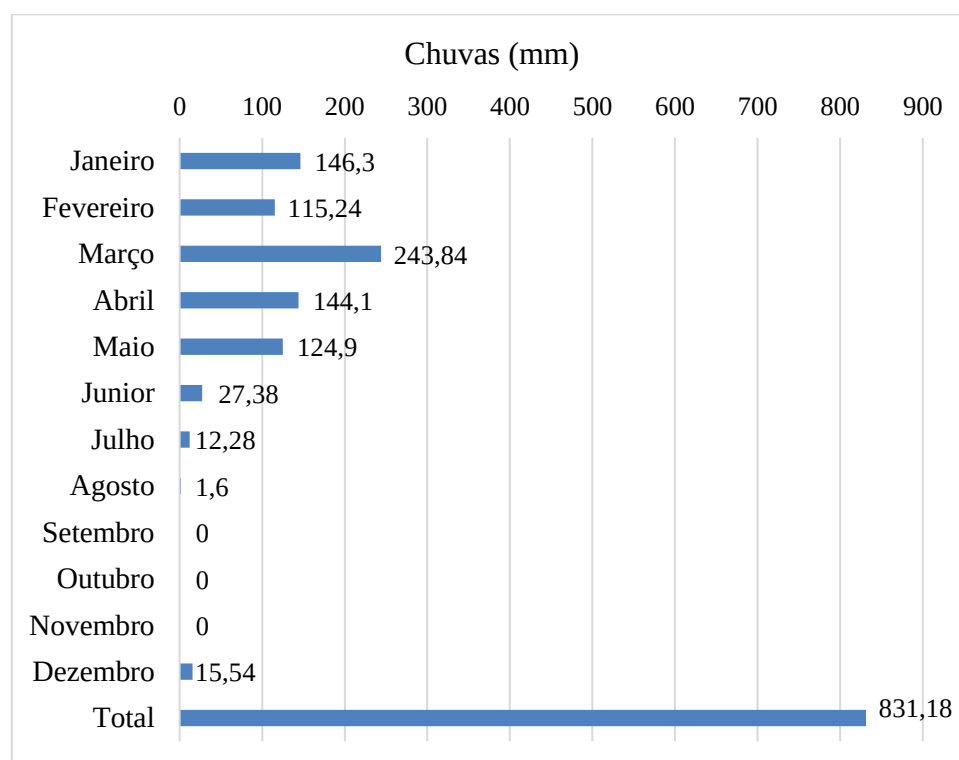
Fonte: Arquivo Pessoal

5.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

De acordo com as informações obtidas junto a secretaria de educação municipal e os diretores escolares, das 5 unidades de ensino avaliadas, apenas 3 (E. M. Alfredo Silvério, E. M. João Antonio de Oliveira e E. M. Manoel Joaquim de Sá), apresentam sistemas de captação e armazenamento de água de chuva já instalados e em operação.

As precipitações médias anuais dos últimos 5 anos no município de Portalegre/RN onde estão localizadas as unidades educacionais são de 831,18 mm (EMPARN, 2020). As precipitações médias mensais (últimos 5 anos, de 2015 a 2019) estão destacadas no Gráfico 1 e foram posteriormente utilizadas para estimar o potencial de captação de água de chuva, assim como avaliar os volumes necessários para a reservação da água.

Gráfico 1 – Precipitações mensais médias dos últimos 5 anos do município de Portalegre/RN



Fonte: EMPARN, 2020.

As áreas de cobertura das estruturas físicas de cada unidade de ensino que potencialmente podem ser aproveitadas para a captação de água de chuva, foram obtidas através dos projetos arquitetônicos e estão detalhadas na Tabela 4. Os dados apresentados indicam que em termos de área, existe um grande potencial para a captação de água de chuva nas cinco unidades educacionais. O destaque vai para a E. M. Filomena Sampaio de Souza que possui uma área coberta superior aos 2.000 m². As áreas efetivas de captação foram confirmadas posteriormente durante as verificações *in loco*.

Tabela 4 – Áreas de cobertura dos prédios nas cinco unidades educacionais

Unidades Educacionais	Cobertura	Área (m²)
CEMEI	Prédio Principal	1.118,48
	Área Total	1.118,48
E. M. Alfredo Silvério	Prédio Principal	828,36
	Ginásio	660
	Área Total	1.488,36
E. M. Filomena Sampaio de Souza	Prédio Principal	1.150,15
	Ginásio	909,57
	Área Total	2.059,72
E. M. João Antonio de Oliveira	Prédio Principal	616,68
	Área Total	616,68
E. M. Manoel Joaquim de Sá	Prédio Principal	939,16
	Ginásio	789,96
	Área Total	1.729,12

Para avaliar a importância do aproveitamento da água, por meio das demandas que poderiam ser supridas pela água de chuva, também foram obtidos os dados referentes aos consumos de água em duas unidades educacionais que não possuem sistemas de coleta de água de chuva, apresentados resumidamente na Tabela 5. Os dados referentes ao consumo foram obtidos junto a companhia de águas e esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Pode ser observado que das 5 unidades de ensino, apenas 2 (E. M. Filomena Sampaio de Souza e CEMEI) não possuem sistemas de coleta de água de chuva, dessa forma, todo o abastecimento é realizado através de rede pública. Nas instituições de ensino que possuem sistemas de coleta de água de chuva, não foram obtidos os resultados referentes ao consumo. Todas estão localizadas na zona rural do município e não possuem abastecimento público, mas observou-se que a quantidade de água armazenada atende totalmente a demanda.

Tabela 5 – Dados sobre o consumo de água nas unidades educacionais

Unidades Educacionais	Consumo Mensal (m ³)	Demanda
CEMEI	103	Atendida
E. M. Alfredo Silvério	-	Atendida
E. M. Filomena Sampaio de Souza	63	Atendida
E. M. João Antonio de Oliveira	-	Atendida
E. M. Manoel Joaquim de Sá	-	Atendida

5.3 VISITAS *IN LOCO* PARA VERIFICAÇÃO DOS SISTEMAS

As verificações *in loco* foram realizadas no mês de novembro de 2020 nas cinco unidades educacionais. Algumas delas já apresentavam um sistema para coleta e armazenamento de água de chuva, outras apresentaram somente sistema de armazenamento, sendo apresentadas, a seguir, as principais observações obtidas em cada instituição.

O sistema de captação das unidades de ensino E. M. Alfredo Silvério (Figura 12), E. M. Manoel Joaquim de Sá (Figura 13) e E. M. João Antonio de Oliveira (Figura 14), são semelhantes. As cisternas foram construídas através do projeto cisternas nas escolas, que tem como objetivo levar água para as escolas rurais do Semiárido, utilizando a cisterna de 52 mil litros como tecnologia social para armazenamento da água de chuva. A chegada da água na escola tem um significado especial porque possibilita o pleno funcionamento deste espaço de aprendizado e convivência mesmo nos períodos mais secos.

As superfícies coletoras são os telhados dos prédios principais e na E. M. Alfredo Silvério ainda conta com a cobertura do ginásio (Figura 15). Todas as calhas são feitas com ligas de alumínio. Verificou-se a ausência de filtros de sedimentos grosseiros que tem como finalidade reter os materiais grosseiros presentes no telhado e nas calhas, para que estes não sejam transportados pela água para o sistema de captação. Para a realização do descarte das primeiras águas é desacoplado todo o sistema que leva a água até os reservatórios. É importante que se faça a eliminação da primeira água da chuva, pois se tem a presença de poeira e fuligem sobre a superfície do telhado, contaminando a água de chuva.

Figura 12 – Sistema de captação da E. M. Alfredo Silvério



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 13 – Sistema de captação E. M. Manoel Joaquim de Sá



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 14 – Sistema de captação E. M. João Antonio de Oliveira



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 15 – Cobertura do ginásio da E. M. Alfredo Silvério



Fonte: Arquivo Pessoal

A E. M. Filomena Sampaio de Souza conta com um reservatório de alvenaria com capacidade de armazenamento de 6.000 L, cinco caixas d'água de polietileno com 2.000 L cada e duas cisternas com 30.000 L e 6.000 L (Figura 16). No CEMEI possui uma cisterna de 30.000 L e uma caixa d'água de polietileno de 15.000 L. É possível ver na figura 17 que a caixa d'água se encontra dentro da estrutura de concreto. Ambas não possuem sistemas de captação de água, tendo como única forma de abastecimento dos reservatórios o público. Nas outras unidades educacionais todas possuem uma cisterna com 52.000 L. Na E. M. Alfredo Silvério além dessa cisterna ainda dispõe de outra cisterna de 5.000 L e uma caixa d'água de polietileno de 5.000 L. Em todas unidades educacionais é realizado o tratamento da água coletada com a aplicação de cloro.

Figura 16 – Cisterna da E. M. Filomena Sampaio de Souza



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 17 – Caixa de polietileno do CEMEI



Fonte: Arquivo Pessoal

Foi observado que a E. M. João Antonio de Oliveira possui um sistema de captação de água de chuva novo, tendo sido instalação a cerca de um ano. Na E. M. Alfredo Silvério o sistema foi instalado aproximadamente três anos e na E. M. Manoel Joaquim de Sá por volta de quatro anos. Ambos ainda estão em bom estado. Para os sistemas de armazenamento apenas o da E. M. Filomena Sampaio de Souza é considerado novo. Pois a escola foi construída recentemente. Porém todos os outros sistemas estão bem conservados. São realizadas as manutenções nos sistemas e limpeza nos reservatórios duas vezes por ano (a cada 6 meses). Além de possíveis reparos sempre que necessários. Instruções quanto a ações de manejo simples, como limpeza e inspeções, ampliam a possibilidade de detecção de falhas e problemas comuns, otimizam a colocação do sistema de volta em funcionamento pleno, reduzem a chance de problemas a longo-prazo e aumentam a sua vida útil do sistema.

A água de chuva nas unidades educacionais E. M. Alfredo Silvério, E. M. Manoel Joaquim de Sá e E. M. João Antonio de Oliveira são de uso geral. Um dos seus principais usos é o consumo humano, inclusive a água que abastece os bebedouros. Na E. M. Filomena Sampaio de Souza e no CEMEI a água também possui uso geral, exceto o consumo humano. Devido a pandemia do novo coronavírus não foi possível utilizar as instalações da universidade para análise dos parâmetros de potabilidade da água utilizada nas unidades de ensino. É importante destacar a importância de se ter uma água de elevada qualidade sanitária e isenta de microrganismos. A maior preocupação em relação a este uso é sem dúvida a qualidade microbiológica da água, pequenas ações de proteção sanitária podem garantir uma água isenta de microrganismos.

A Tabela 6 apresenta um resumo referente a quantidade de reservatórios de água de chuva, seus volumes individuais, áreas estimadas de captação e a estimativa do volume potencial de captação em cada uma das cinco unidades educacionais.

Tabela 6 – Unidades educacionais com sistema de coleta e armazenamento de água de chuva

Unidades Educacionais	Quantidade de Reservatórios	Volume Total (m³)	Área de Captação (m²)	Volume Potencial de Captação (m³/ano)
CEMEI	2	45	1.118,48	929,66
E. M. Alfredo Silvério	2	57	1.488,36	1.237,1
E. M. Filomena Sampaio de Souza	8	52	2.059,72	1.712
E. M. João Antonio de Oliveira	1	52	616,68	512,57
E. M. Manoel Joaquim de Sá	1	52	1.729,12	1.437,21

O volume potencial de captação é calculado através do índice pluviométrico anual de chuva multiplicado pela área de captação (cobertura). Os resultados indicam um potencial de captação variando entre 512,57 m³/ano (E. M. João Antonio de Oliveira) a 1.712 m³/ano (E. M. Filomena Sampaio de Souza). Apesar do enorme potencial, as unidades educacionais E. M. Filomena Sampaio de Souza e CEMEI não possuem sistemas de captação de água de chuva.

Foram utilizados dois métodos para o dimensionamento de reservatórios de água de chuva citados na NBR 15.527/07. Foram eles o método Azevedo Neto e o método Inglês. Foram checados os volumes totais de cada unidade educacional (Tabela 6). Os resultados teóricos encontrados no método inglês foram muito próximos aos resultados reais, mostrando um nível alto de satisfação. Para a E. M. João Antonio de Oliveira o método que mais se aproximou da realidade foi o Azevedo Neto. Onde mostrou-se eficaz para essa problemática. Na tabela 7 é possível ver os resultados para cada método de dimensionamento.

Tabela 7 – Volumes estimados para reservação

Unidades Educacionais	Azevedo Neto	Inglês
CEMEI	156,18 m ³	46,48 m ³
E. M. Alfredo Silvério	207,83 m ³	61,85 m ³
E. M. Filomena Sampaio de Souza	287,62 m ³	85,6 m ³
E. M. João Antonio de Oliveira	86,11 m ³	25,63 m ³
E. M. Manoel Joaquim de Sá	241,45 m ³	71,86 m ³

Através do Método de Rippl, foram estimados valores de demandas que podem ser supridas pela captação água de chuva. A simulação da aplicação do método de Rippl foi desenvolvida através da relação estabelecida entre os dados pluviométricos locais, a área de coleta e o coeficiente de escoamento superficial. Pelos dados obtidos através da Tabela 8 é possível observar que em todas unidades educacionais a demanda é inferior ao volume captável. Também é possível observar que o método de Rippl permite armazenar o excesso de água no período chuvoso objetivando compensar as deficiências do período seco.

Tabela 8 – Demandas estimadas

Unidades Educacionais	Método de Rippl
CEMEI	742,29 (m ³ /ano)
E. M. Alfredo Silvério	989,68 (m ³ /ano)
E. M. Filomena Sampaio de Souza	1369,38 (m ³ /ano)
E. M. João Antonio de Oliveira	410,07 (m ³ /ano)
E. M. Manoel Joaquim de Sá	1149,72 (m ³ /ano)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, em que se avaliaram os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva, concluiu-se que:

A água é um insumo indispensável à nossa sobrevivência. Possui um valor incomensurável e é de vital importância para as atividades humanas no nosso planeta. A água de chuva tem sido aproveitada para diversas utilidades, apresentando-se como uma alternativa benéfica para minimizar a sua escassez.

Enfrentamos na nossa região semiárida uma ausência de água devido a longos períodos de seca recentemente enfrentados. Portanto, se faz necessário buscar alternativas como o aproveitamento de água de chuva.

Com base no diagnóstico físico e operacional dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, constatou-se que apenas 3 das cinco unidades de ensino (E. M. Alfredo Silvério, E. M. João Antonio de Oliveira e E. M. Manoel Joaquim de Sá), apresentam sistemas de captação e armazenamento de água de chuva já instalados e em operação. Duas não apresentaram sistema de captação para o aproveitamento de água de chuva (CEMEI e E. M. Filomena Sampaio de Souza), demonstrando uma falta de planejamento, pois poderia ser utilizada para outros fins, inclusive contribuir para a redução de despesas como abastecimento público de água.

Não foi possível utilizar as instalações da UFERSA para análise dos parâmetros de potabilidade da água utilizada nas unidades de ensino devido a pandemia do novo coronavírus. Durante o período de coleta, a água da chuva pode carregar contaminantes tais como poeiras e gases da atmosfera, por isso se faz necessário pequenas ações de proteção sanitária que possam garantir uma água isenta de microrganismos. Ressalta-se que o descarte das primeiras águas é realizando desacoplando todo o sistema.

Nos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, constatou-se através do método de Rippl valores de demandas que poderiam ser supridas pela água de chuva, apresentando uma economia para todas as unidades educacionais.

Os sistemas de utilização de água da chuva podem ser introduzidos com facilidade nas instalações hidráulicas das unidades educacionais, pois trata-se de uma estrutura relativamente simples. Com a utilização desse sistema pode se ter uma redução significativa no consumo de água e redução de despesas como abastecimento público. Portanto, os incentivos e apoios governamentais são mecanismos essenciais para incentivar a captação de água de chuva, sendo as unidades educacionais agregadoras de valores nesse sentido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3P TECHNIK FILTERSYSTEME GMBH. **Filtros para tubo de queda**. Florianópolis, 2012. Disponível em: < <http://www.agua-de-chuva.com/18-2-Filtros-para-tubo-de-queda.html>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

ABDULLA, F. A.; AL-SHAREEF, A. W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. **Desalination**, v. 243, p. 195-207, 2009.

ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluviais. Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: < <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 12217**: Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: < <https://www.passeidireto.com/arquivo/1908331/nbr-12217---1994---nb-593---projeto-de-reservatorio-de-distribuicao-de-agua-para>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 15527**: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial** *Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Porto Alegre: Antac, v. 8, n.4, abr./jun. 2008.

ANDRADE NETO, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.1, n.1, p. 73-86, 2013.

BAGUMA, D. et al. Knowledge of measures to safeguard harvested rainwater quality in rural domestic households. **Journal of Water and Health**, v. 8, n. 2, p. 334-345, 2010

BEZERRA, S. M. C. et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n.4, p. 219-231, 2010.

BONA, B. de O. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2014. Disponível em: < https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1365/Bona_Berenice_de_Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 abr. 2020.

BRITO, L. T. L. et al. **Água de chuva armazenada em cisterna para produção de frutas e hortaliças**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

CAPOBIANCO, João Paulo Ribeiro. **Ética no Uso da Água**. Banas Ambiental. São Paulo, 1999.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil análises estratégicas**. São Paulo: São Paulo Instituto de Botânica, 2010. cap. 5. p. 1-13.

COHIM, E.; ALMEIDA, A. A. A.; KIPERSTOK, A. Captação Direta de Água de Chuva no Meio Urbano para Usos Não Potáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2007, Belo Horizonte. **Anais do 18º Congresso ABES**. Belo Horizonte, 2007.

COHIM E.; GARCIA A.; KIPERSTOK A., **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. 2008. Disponível em: <http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art74.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia: para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: CD.G, 2013.

DUDZEVICH, Airton. Sistema de Aproveitamento de água de chuva. **Revista Técnica**. São Paulo, ed. 148, 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo286613-1.aspx>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cisternas garantem água para o Semiárido**. [S. l.], 20 jan. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2436610/cisternas-garantem-agua-para-o-semiarido>. Acesso em: 10 dez. 2020.

EMPARN, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande Do Norte. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br:8181/monitoramento/monitoramento.php>. Acesso em: 28 nov. 2020.

FENDRICH, Roberto; OLIVYNIK, Rogério. **Manual de Utilização das Águas Pluviais – 100 Maneiras Práticas**. - 1. ed. - Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FERNANDEZ, L.; GUALDANI, C.; LUMBRERAS, J. **Avaliação de Cisternas Escolares no Semi Árido Alagoano**. Brasília: Iabs, 2015. 130 p.

FERREIRA, Antônia D. D. **Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FORTLEV. **Catálogo**. Disponível em: <<https://www.fortlev.com.br/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Manual de operação e manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva**. São Paulo, 24f., 2015.

Disponível em: <http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu_site/AP%20Download/Manual_Aproveitamento_chuva.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.

GOOGLE EARTH. **Website**. Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Portalegre,+RN/@-6.02767674,-37.98863632,648.1027906a,2387.74386285d,30.0000159y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYZVCpW-hDRAEYVVCpW-hDTAGaDhvzw6jzhAIVEVM0GmZ1PA>. Acesso em: 10 dez. 2020.

HEIJNEN, Han. **A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene**. Disponível em: <<http://www2.al.rs.gov.br/forumdemocratico/LinkClick.aspx?fileticket=Zv8iFiAtyTk%3D&tAbid=5642>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in rainwater harvesting. **Desalination**, v. 248, p. 118-124, 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. **Informações completas de Portalegre-RN**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/portalegre.html>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rn. **Perfil do seu município**. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013907.PDF>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Agenda 21. **Conferencia das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e social – IPARDES, 2001. 260p.

JACOBI, P. **Cidade e meio ambiente**. São Paulo: Annablume, 1999.

JABUR, Andrea S.; BENETTI, Heloiza P.; SILIPRANDI, Elizangela M. **Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis**. 2011. 13f. Artigo - VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói, 2011. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/R10/Lib/Image/art_2035047764_T11_0353_2>. Acesso em: 16 abr. 2020.

JONES, M.; HUNT, M. Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, p. 623-629, 2010.

KAHINDA, J. M.; TAIGBENU, A. E.; BOROTO, J. R. Domestic rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 32, p. 1050-1057, 2007.

KITAMURA, Mariana Cristina; **Aproveitamento de Águas Pluviais para uso Não Potável na PUC-PR**, Curitiba-PR, junho de 2004. 68p.

LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, v. 260, p. 1-8, 2010.

LUBTIZ, M. Disinfection of rainwater catchments: drinking water from the sky. **Water Conditioning & Purification**, p. 1-2, 2009.

MATIAS, J. A. B. Cisterna de placas pré-moldadas. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE SISTEMAS DA ÁGUA DE CHUVA, 3, Campina Grande (PB), 2001. **Anais eletrônico...** Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/3simp_joseafonso_cisternadeplacaspremoldadas.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 189p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ciclo Hidrológico: Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

OLIVEIRA, Lucia E.; ILHA, Maria S. de O.; GONÇALVES, Orestes M.; YWASHIMA, Laís.; REIS, Ricardo P. A. Levantamento do estado da arte: Água. Projeto – Tecnologias para construção mais sustentável. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://sindusconsp.com.br/img/meioambiente/15.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

OLIVEIRA, F. M. B. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, Marcos Elias de. **Portalegre (Rio Grande do Norte)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Portalegre_\(Rio_Grande_do_Norte\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Portalegre_(Rio_Grande_do_Norte)). Acesso em: 10 dez. 2020.

PINSKY, Luciana. **Quais são as funções da água no corpo humano?** Revista Mundo Estranho, ed. 80, out. De 2008.

REBOUÇAS, A. C. **Água Doce no Mundo e no Brasil**, In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G., (Org.), **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**, São Paulo – SP, Editora Escrituras. 1999.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

RABOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

SELBORNE, Lord. **A ética do uso da água doce: um levantamento**. Brasília: UNESCO, 2001.

SENRA, J. B. **Cuidando das águas por um Brasil melhor**. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/Default.asp?ID=107&EDITORIA=9&SubEditoria=46&Ver=>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

THOMAS, T. Escolha de cisternas para captação de água de chuva no sertão. In: **Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de água de Chuva no Semi-árido**. Campina Grande. Petrolina: ABCMAC. CD-ROM, 2001.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 1 ed. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. HESPAHOL, Ivanildo; NETTO, Oscar de M. **Cenários da gestão da água no Brasil**: uma contribuição para a "visão mundial da água". Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH, v.5, n.3 jul/set 2000, p 31-43. Disponível em: www.rhama.net/download/artigos/artigo29.pdf. Acesso em: 16 abr. 2020.

TUCCI C. E. M., HESPAHOL I, CORDEIRO NETTO OM. Disponibilidade hídrica. In **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO. pp 36-41, 2001.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Dia Mundial da Água**. 2013. Disponível em: < <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/2013-internacional-year-of-watercooperation/world-water-day/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

VASCONCELOS, Leonardo F.; FERREIRA, Osmar M. **Captação de água de chuva para uso domiciliar**: Estudo de caso. 2007. 20f. Artigo – Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia, 2007. Disponível em < [http://www.inovemaispr.com.br/desafios/Utilizacao-da-Agua/Arquivo Apoio/c6803971-2624-4ecb-97c8-37822e1708d4capta%C3%A7%C3%A3o%20da%20%C3%A1gua%20da%20chuva%20para%20uso%20domiciliar.pdf](http://www.inovemaispr.com.br/desafios/Utilizacao-da-Agua/Arquivo%20Apoio/c6803971-2624-4ecb-97c8-37822e1708d4capta%C3%A7%C3%A3o%20da%20%C3%A1gua%20da%20chuva%20para%20uso%20domiciliar.pdf)>. Acesso em: 16 abr. 2020.

VIEIRA, Andréa de M.; MENDONÇA, Luciana C. **Aproveitamento da água de chuva, estudo de caso no município de Aracaju-SE**: percepção dos moradores, viabilidade e dimensionamento de reservatórios. 2011. 14f. Artigo – XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, 2011. Disponível em: < https://www.abrh.org.br/sgecv3/UserFiles/Sumarios/d7cea8119e1e8f9f1ce16ca7ee868040_cc53757e3d6021de9512d4b88a4e7007.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações**: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí / Guilherme Augusto Miguel Werneck. Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2006. 283f. Dissertação (mestrado em arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.