

## Estudo sobre a economia de água por meio de reaproveitamento da água da chuva

Study on water savings through reuse of rainwater

Estudio sobre el ahorro de agua mediante la reutilización del agua de lluvia

Recebido: 18/01/2023 | Revisado: 28/01/2023 | Aceitado: 29/01/2023 | Publicado: 02/02/2023

**Paulo Giovanni Saraiva de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1494-489X>

Centro Universitário INTA, Brasil

E-mail: [paulogiovani\\_geologo@hotmail.com](mailto:paulogiovani_geologo@hotmail.com)

**Maurício de Sousa Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5485-1674>

Centro Universitário INTA, Brasil

E-mail: [mauricio.pereira@uninta.edu.br](mailto:mauricio.pereira@uninta.edu.br)

### Resumo

A água é um recurso natural essencial para a vida no planeta, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. No entanto, o aumento crescente da população tem aumentado a demanda por esse bem. Por outro lado, a oferta de água potável se torna cada vez mais escassa para suprir as diversas necessidades da população. Diante desse cenário, torna-se essencial a implementação de metodologias que potencializem o aproveitamento racional da água. Os recursos hídricos são advindos de várias origens naturais, tais como, aquíferos, lençóis freáticos e rios essencialmente para a existência de todos os seres vivos, sendo esse a essencial razão pela que a sociedade esteja se preocupando cada dia mais e mais com a disponibilidade de água potável em nosso planeta. Assim sendo é necessário estudar a formas de reaproveitamento da água advinda da chuva como forma de economia e preservação de água potável. No presente trabalho de pesquisa foi realizado um estudo sobre a viabilidade do aproveitamento de águas das chuvas por todo o país, tendo em consideração as diferenças das precipitações. Assim, para esse propósito, necessitou-se identificar o regime pluviométrico das diferentes capitais brasileiras através do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), determinar os volumes dos reservatórios de águas pluviais para cada situação e avaliar a influência do regime pluviométrico no potencial para aproveitamento de água de chuva.

**Palavras-chave:** Economia de água potável; Aproveitamento de águas pluviais; Residências unifamiliares.

### Abstract

Water is an essential natural resource for life on the planet, whether as a biochemical component of living beings, as a means of life for various plant and animal species, as a representative element of social and cultural values and even as a production factor for various goods. final and intermediate consumption. However, the growing population has increased the demand for this good. On the other hand, the supply of potable water becomes increasingly scarce to meet the diverse needs of the population. Given this scenario, it is essential to implement methodologies that enhance the rational use of water. Water resources come from various natural sources, such as aquifers, groundwater and rivers, essentially for the existence of all living beings, which is the essential reason why society is increasingly concerned with the availability of water. fresh water on our planet. Therefore, it is necessary to study ways to reuse rainwater as a way to save and preserve drinking water. In this research work, a study was carried out on the feasibility of using rainwater throughout the country, taking into account the differences in rainfall. Thus, for this purpose, it was necessary to identify the rainfall regime of the different Brazilian capitals through the National Institute of Meteorology (INMET) database, determine the volumes of rainwater reservoirs for each situation and evaluate the influence of the rainfall regime on the potential for rainwater harvesting.

**Keywords:** Saving of potable water; Use of rainwater; Single family homes.

### Resumen

El agua es un recurso natural esencial para la vida en el planeta, ya sea como componente bioquímico de los seres vivos, como medio de vida de diversas especies vegetales y animales, como elemento representativo de los valores sociales y culturales e incluso como factor de producción. para bienes varios consumo final e intermedio. Sin embargo, el crecimiento de la población ha incrementado la demanda de este bien. Por otro lado, el suministro de agua potable se vuelve cada vez más escaso para satisfacer las diversas necesidades de la población. Ante este escenario, es fundamental implementar metodologías que potencien el uso racional del agua. Los recursos hídricos provienen de diversas fuentes naturales, como acuíferos, aguas subterráneas y ríos, fundamentalmente para la

existencia de todos los seres vivos, razón fundamental por la cual la sociedad se preocupa cada vez más por la disponibilidad de agua dulce en nuestro planeta. Por lo tanto, es necesario estudiar formas de reutilizar el agua de lluvia como una forma de ahorrar y preservar el agua potable. En este trabajo de investigación se realizó un estudio sobre la factibilidad de aprovechar el agua de lluvia en todo el país, teniendo en cuenta las diferencias en las precipitaciones. Así, para este propósito, fue necesario identificar el régimen de lluvias de las diferentes capitales brasileñas a través de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología (INMET), determinar los volúmenes de los embalses de agua de lluvia para cada situación y evaluar la influencia del régimen de lluvias en el potencial. para la captación de agua de lluvia.

**Palabras clave:** Ahorro de agua potable; Uso de agua de lluvia; Viviendas unifamiliares.

## 1. Introdução

Os recursos hídricos são advindos de várias origens naturais, tais como, aquíferos, lençóis freáticos e rios essencialmente para a existência de todos os seres vivos, sendo esse a essencial razão pela que a sociedade esteja se preocupando cada dia mais e mais com a disponibilidade de Água Potável em nosso planeta. Assim sendo é necessário estudar a formas de reaproveitamento da água advinda da chuva como forma de economia e preservação de água potável.

É perceptível que a sequência natural de tal recurso vem se modificando, fomentada pela ação dos seres humanos, e isto pode ser visto de maneira fácil ao passo que verificados secas mais acentuadas em diversas partes do globo e enchentes em tantas outras. Uma outra grande problemática vinculado ao recurso hídrico na terra é a poluição, que faz com que tal recursos não seja próprio para o consumo direto. A água encontrada nos dias de hoje em fontes de fácil acesso para o consumo está, em uma grande maioria, contaminada por patógenos, algas em abundância, esgoto urbano e industriais, resíduos sólidos e diversos produtos químicos (Barboza *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2021; May, 2004).

Contudo, as origens naturais de água destinada para o consumo e abastecimento público estão a cada dia mais escassas, uma vez que a capacidade de purificação por intermédio do método de reciclagem natural dos poluentes e do processo de filtração natural realizado pela ação do solo e também por rochas porosas é mais moroso que a contaminação, assim sendo, os recursos hídricos ganham atualmente, um volume de poluentes em uma velocidade e quantidade mais veloz do que a sua habilidade de autorregeneração. Por causa isto, para que a água vá a toda a sociedade com qualidade precisa para ser consumida, carece de tratamento cada vez mais agressivo, com novas e modernas tecnologias, crescendo dessa maneira, elevando os custos para p tratamento que as concessionárias de saneamento repassam para os consumidores, o que requer mais atenção referente às prioridades de utilização das águas para os mais diversos objetivos.

É relevante ressaltar as medidas de preservação hídricas. Essas estão sendo utilizadas ao redor do globo para reduzir o impacto da degradação das fontes que fornecem água para a biosfera de uma maneira geral. Temos como exemplo, de tais medidas, que vem sendo amplamente adotadas em todas as partes do mundo, é o aproveitamento da água advinda da chuva, em sua grande maioria para fins não potáveis, que usa o recurso natural de uma maneira diferenciada das que já são utilizadas e ajuda na diminuição do consumo da água potável (Lage, 2012).

Para ressaltar a relevância do aproveitamento da água da chuva Tomaz (2011) Amorim e Pereira (2008) versam que tal processo, além de proporcionar economia da água potável, corrobora para a prevenção de enchentes fomentadas por chuvas nos grandes centros urbanos, onde a superfície impermeável é vasta, e impede dessa maneira que água da chuva penetre no solo, e passe pelo processo natural de purificação da mesma, sendo entendida como medida não-estrutural na organização de drenagem das cidades. Bem como proporcionar a economia de água potável, o aproveitamento de água pluvial em casas pode diminuir da mesma maneira o gasto com água potável e ajudar para a redução do pico de inundações, ao passo que é utilizada em grande escala, de forma bem pensada e estruturada em uma bacia hidrográfica (Lima *et al.*, 2011).

Em certos casos mais problemáticos, onde a constância da chuva é imensamente reduzida e por consequência a disponibilidade de água potável também, é possível verificar ainda a utilização da água proveniente da chuva também para

finalidades potáveis. Assim podemos ver que a adoção de tal sistemas de aproveitamento de água da chuva é fundamental para a conservação da mesma, bem como da existência humana (Bezerra *et al.*, 2010).

Em terras brasileiras com sua abundante disponibilidade de água, vista aqui, como bem de utilização geral do povo e tendo baixa valorização econômica fomenta dessa maneira, a cultura do desperdício. Outro agravante é que no Brasil as concessionárias de água, e ainda o governo brasileiro em todas as suas esferas são tem projetos de incentivo para que a sociedade adote ações de aproveitamento de água da chuva (Lima *et al.*, 2011).

Dessa forma, foi-se tendo a consciência da relevância de estudar, o potencial da economia de água potável, por todo o Brasil, ao passo que a troca de água potável para água advinda da chuva, sendo levada em conta cada uma de suas características.

A partir de tais considerações, o presente estudo consistirá numa pesquisa sob uma abordagem qualitativa dos dados, do tipo bibliográfica, e exploratória, realizada por meio de levantamento de informações acerca do tema em fontes científicas e informativas, identificando dados compatíveis com o tema, entre estudos já realizados, em livros, revistas, artigos, trabalhos científicos e sites da internet, por meio de downloads, ou aquisição de livros, examinando-os a partir da leitura e fichamento e em seguida analisando-os segundo a compatibilidade com o projeto em questão, a confiabilidade dos dados e a utilidade das informações para o presente estudo e pesquisas futuras (Gil, 2007).

O presente trabalho de pesquisa aborda a viabilidade do aproveitamento de águas das chuvas por todo o país, tendo em consideração as diferenças das precipitações. Assim, para esse propósito, necessitou-se identificar o regime pluviométrico das diferentes capitais brasileiras através do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), determinar os volumes dos reservatórios de águas pluviais para cada situação e avaliar a influência do regime pluviométrico no potencial para aproveitamento de água de chuva.

## 2. Metodologia

O trabalho de pesquisa realiza uma abordagem teórica sobre as potencialidades do reaproveitamento da água da chuva. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica seguida de uma análise qualitativa baseada em trabalhos relevantes sobre o tema proposto. Segundo Sousa *et al* (2021) a pesquisa bibliográfica é o levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico o que necessita uma dedicação, estudo e análise pelo pesquisador que irá executar o trabalho científico.

Para o levantamento bibliográfico foram utilizadas as seguintes palavras-chaves como descritores, em português e inglês: Economia de água potável (potable water economy), Aproveitamento de águas pluviais (Harvesting of rainwater), consumo de água no Brasil (water consumption in Brazil) e sistemas de captação de água (water collection systems). O trabalho de pesquisa abrangeu um período de 20 anos (2002 – 2022).

Os resultados apresentados no trabalho de pesquisa foram obtidos a partir de livros, teses, dissertações, artigos e sites especializados que tratam sobre o tema, como a Agência Nacional das Águas. Os artigos selecionados para o desenvolvimento da pesquisa foram obtidos nos idiomas português e inglês a partir de bases de dados: Portal Capes, *Science Direct*, PubMed.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Recursos Hídricos em Nível Global

A disponibilidade dos recursos hídricos abrange a totalidade dos recursos de água, superficiais e subterrâneas em uma certa localidade ou bacia hidrográfica, para qualquer destinação. Da quantidade total de água encontrada no planeta Terra, é estipulado que somente 2,5% seja considerada potável ou água doce, sendo que a maior parte dessa quantidade não é de fácil acesso. Dentro do devido contexto, somente 0,266% estão em lagos, rios e reservatórios, todo o restante está dividido por toda

a biomassa e na atmosfera em forma de vapor. Dessa maneira, é estimável que apenas 0,007% da totalidade da água doce do planeta terra é encontrada em locais de acesso simples para o homem.

Acerca de 68,9% da água doce estão nas geleiras do Ártico, Antártica e nas regiões de montanhas extremamente altas. Por sua vez a água subterrânea abrange por volta de 29,9% da quantidade de água doce no globo terrestre (Tomaz, 2003).

Um dos maiores aquíferos de água doce do planeta é encontrado no subterrâneo, sendo chamado Aquífero Guarani, que compreende uma área de cerca de 1,2 milhões de km<sup>2</sup>, e é encontrado na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, abrangendo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Sente é entendido como a principal reserva de água doce subterrânea da América do Sul, com cerca de 46 mil km<sup>2</sup>, sendo que desse total cerca de 71% está sob o solo brasileiro.

A água do planeta está dividida de maneira não uniforme, sendo que na Ásia e na América do Sul está as maiores quantidades de água doce. Na Ásia está grande parte mundial do recurso, chegando a cerca de 31,6%, e chegando a precipitações de cerca de 458,000 km<sup>3</sup> ao ano. Os menores potenciais são vistos na Oceania, Austrália e Tasmânia (Tomaz, 2003). Para Tomaz (2001), foi acordado que as nações com escassez de água, seriam aquelas com porcentagens de partição global da quantidade de água doce por ano disponível, referente a quantidade de pessoas, menor que 500m<sup>3</sup>, habitantes por ano. Dentre tais países podemos relacionar Arábia Saudita, Israel, Líbia entre outros. Em contra partida, podemos relacionar nas nações consideradas ricas em água Brasil, Canadá, Rússia, Colômbia, dentre outros. A United Nations Environment Programme – UNEP, usa a classificação da distribuição da quantidade de água doce no globo.

### **3.2 Recursos Hídricos no Brasil**

Em terras brasileiras a uma elevada oferta de água compreendida em 35.732m<sup>3</sup> por habitante ao ano, sendo compreendido como uma nação rica em oferta de água. Ainda com isto, temos a relação ao seu potencial hídrico mundial, a nação brasileira tem cerca de 12% do total de água doce mundial (Tomaz, 2001). Dentre as nações da América do Sul, o Brasil se destaca por ter uma vazão anual de acerca de 177,900 km<sup>3</sup> de água, que responde por cerca de 53% de toda vazão da região da América do Sul.

A oferta de água no Brasil está em grande parte, pelas bacias hidrográficas. As mais importantes bacias hidrográficas em terras brasileiras são a do Rio Amazonas, a do Tocantins-Araguaia, bacia do São Francisco, Atlântico Norte Nordeste, Uruguai, Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai.

A mais vistosa rede hidrográfica do mundo é a Amazônica, que compreende uma área de drenagem de cerca de 6.112.000km<sup>2</sup>, compreendendo por volta de 42% de toda a superfície do Brasil, e adentrando tanto a Venezuela como a Bolívia. Mesmo que o Brasil mostre muita oferta de água doce, está não esta uniformemente distribuída por todo do território nacional, tendo muito desequilíbrio entre a oferta e a demanda em certas regiões brasileiras. No Brasil, podemos perceber as regiões com maior densidade populacional são as que tem menor disponibilidade de água, contudo onde é perceptível grande oferta de água, temos uma reduzida densidade populacional. Podemos ter como exemplo disso a Região Sudeste do Brasil, que tem cerca de somente 6% de capacidade hídrica do Brasil, mas em sua densidade populacional mostra-se em torno de 43% d o total da população brasileira, ao passo que a Região Norte, apresenta 69% da capacidade hídrica nacional, conta com somente 8% de toda a população nacional (Ghisi, 2006).

### **3.3 Desperdício de Água Potável**

Entre os recursos naturais, a água doce potável, essencial para toda a vida no planeta terra, contemporaneamente e o que se encontra em maior ameaça por causa de sua escassez como da mesma maneira qualidade, e demais tipos de degradação. O impacto dos crescentes ataques ao meio ambiente está constantemente comprometendo tanto a qualidade da água, como o seu volume hídrico ofertado.

Ao passo que, a oferta de água potável vem sendo mau utilizada de várias maneira ao redor do globo, acima de tudo nas grandes cidades do mundo. Este cenário vem se desenvolvendo e chamando a atenção de todos no mundo, levando em conta que a água potável é um recurso finito, dia a dia mais caro e mais escasso. A falta de conhecimento e também de instrução e conscientização da sociedade referente ao volume de água desperdiçado pela sua má utilização, incluindo os aparelhos e equipamentos hidráulicos e vazamentos em instalações mau realizadas ou desgastadas, são grandes razões pela qual o desperdício de água, essencialmente referente ao desperdício dentro das residências. Bem como, as questões dos vazamentos no sistema das concessionárias fazem também parte das razões do desperdício de água.

Dentro dos sistemas de abastecimento de água pode acontecer perdas tanto físicas como não-física. Sendo a primeira compreendida como à água que não chega efetivamente a casa do consumidor, por causa de vazamentos nas tubulações da rede de abastecimento e/ou nas ligações com as casas ou ramais dos edifícios. A segunda é compreendida como erros na medição de hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas ou falhas de cadastro.

A porcentagem de perdas divulgada pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, empresa que opera em 366 municípios em todo o Estado de São Paulo, gira em torno de cerca de 33%, sendo de ordem física 15% e não-física de 18%. Tais porcentagens são traduzidas em cerca de nove mil litros de água potável desperdiçada em somente um segundo. Contudo, tais índices estão aproximados da medição realizadas em nações consideradas de primeiro mundo como o Canadá, que perde 14% e a Inglaterra que perde 17,3% de toda a água potável. No Japão, mais precisamente na capital Tóquio, a porcentagem é somente de 8,4%, uma vez que as tubulações são de aço inoxidável por causa de questões com terremotos .

Os vazamentos podem ser entendidos entre os perceptíveis e os imperceptíveis, sendo o primeiro os que são possíveis ver a olho nú, sem ajuda de aparelhos, e os outros os que necessitam de aparelhos e averiguação mais aguçada para serem detectados. Os vazamentos perceptíveis acontecem na maioria das vezes nas torneiras, caixa d'água, chuveiros. Contudo, os imperceptíveis acontecem nas tubulações escondidas ou em reservatórios escondido (Gonçalves, 2009).

A verificação e restauração de vazamentos de água nas casas é de responsabilidade do consumidor. Nas instalações prediais, os vazamentos tem que ser estudados desde a entrada de água no medidor até os pontos de água, uma vez que pequenos vazamentos podem resultar em grandes perdas.

Há uma série de teses fáceis de serem realizados a verificação de vazamentos ou não em casa. Os vazamentos em válvulas ou nas caixas de descarga poder ser verificados através dos testes a seguir (Gonçalves, 2009):

i) *Teste da cinza de cigarro*: jogar cinza de cigarro no sanitário. Geralmente a cinza ficará no fundo do sanitário. Quando em contrário, é um eventual indicativo de vazamento na válvula ou ainda na caixa de descarga;

ii) *Teste para hidrômetros*: Para que seja possível a verificação se há ou não vazamento entre o contador de água e a caixa d'água, é aberto do registro do contador fechando a bóia da caixa até que pare totalmente o fluxo de água. O contador tem que ficar inerte sendo a prova deque não existe vazamento;

iii) *Teste para caixas d'água*: Para se perceber vazamentos aqui, é fechada toda a bóia verificando o nível de água na cauda. Bem como se todos os pontos de água estão devidamente fechados e não usados por uma hora. Depois disso o nível dentro do reservatório tem que está inerte. Caso isto não ocorra poderá está havendo vazamento;

iv) *Teste para tubulações*: Ao fechar registro do contador da casa, é aberta uma torneira por ele alimentada de maneira direta, e é aguardado que até o esvaziamento completo da água do copo pela torneira, é indício de vazamento em um cano.

### **3.4 Utilização Racional da Água**

Hoje em dia, a utilização consciente da água está mais e mais presente nos meios midiáticos, procurando fomentar a conscientização do máximo de pessoas possível da relevância de não desperdiçar, e sim conservar este recurso de fundamental relevância. É entendido como utilização racional da água um arrumado de ações, bem como incentivos que têm como

fundamental finalidade (Tomaz, 2011): Diminuir o consumo de água; aprimorar a utilização da água, visando diminuir as perdas e desperdícios; estabelecer ações e tecnologias que possibilitem a economia da água; conscientizar e informar os consumidores.

Várias atividades são precisas para a diminuição do consumo de água, como verificação e restauração de vazamentos, programas educativos, inovações tecnológicas e estudo visando o aproveitamento da água da chuva e reuso de águas cinzas (Sousa *et al.*, 2022; Junho *et al.*, 2020).

Tais ações concernentes a utilização racional da água são desenvolvidas por intermédio do estabelecimento de novos processos tecnológicos que tem por consequência uma transformação de conduta da população, fomentando um uso sustentável da água. Por sua vez os incentivos são realizados por intermédio de programas, dados, educação pública, bem como regras que fomentem a população a ter ações mais conscientes (Montibeller & Schmidt, 2004).

Para Tomaz (2001), as ações para a preservação da água de utilização urbana tem a capacidade de serem definidas como ações comuns e incomuns. As atividades comuns para a preservação da água compreendem correção de vazamentos nos sistemas de distribuição da água e em casas, mudanças nas tarifas, diminuição da pressão nas tubulações, reciclagem e reuso de água, normas acerca de equipamentos hidráulicos e sanitários, bem como conscientização em massa.

Entre as ações convencionais, podemos ver que o conserto de vazamento nos sistemas de distribuição de água é a ação mais relevante para que se possa ver economia de água. Já as ações incomuns, ou não convencionais para a preservação do recurso hídrico é a utilização de águas cinzas, da chuva e dos vasos sanitário para compostagem, dessalinização da água do mar, e reaproveitamento da água da chuva, tanto para edifícios comerciais como residenciais (Tomaz, 2001).

Em nações da América do Norte, Europa e no Japão, a utilização consciente da água está sendo estabelecida, uma vez que as fundamentais ações adotadas em tais países e continentes são a utiliza de sanitário de reduzido consumo; torneiras e chuveiros mais eficazes frente a economia de água; utilização equipamentos que proporcionam a economia de água, redução dos desperdícios no sistema de distribuição público de forma que o índice de perda seja menor que 10%; reciclagem e conscientização pública. Ainda, é usada uma série de outras ações não convencionais, como a reutilização de água e o aproveitamento da água advinda da chuva.

A utilização consciente da água pode deixar a utilização de água para outros diversos usos, como a estabelecimento de novos parques industriais, expansão habitacional e aprimoramento do meio ambiente. A sensibilização e a conscientização dos consumidores com o objetivo de preservar a água, em conjunto com a adoção de novas tecnologias que permitem economizar, tem a capacidade de formar atividades de grande impacto frente a utilização consciente da água e consequente economia. Junto a isto, a problemática da utilização consciente da água abrange da mesma maneira aprimoramento nos projetos arquitetônicos, e os projetos hidráulicos e sanitários das edificações.

As vantagens obtidas com a utilização racional da água não os mais abrangentes possíveis, âmbito tanto econômicos como ambientais, como por exemplo: Economia nas contas de água; preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente.

### **3.5 Programa de Utilização Racional de Água**

A utilização eficaz da água em todos os modelos de construção está vinculado de maneira direta com a atitude dos usuário da edificação e a atitude desses frente a este recurso tão importante, porém finito. Frente a isto, diversos projetos voltados a utilização consciente da água vem sendo criados ai redor do mundo e no Brasil. Em terras brasileiras, hoje em dia vem sendo estabelecido o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, tendo a coordenação do governo federal, que tem como objetivo fomentar a utilização consciente da água proveniente do abastecimento público nos centros urbanos nacionais, para beneficiar a saúde pública, saneamento ambiental e da eficácia dos serviços dos sistemas.

Por sua vez, o Programa de Uso Racional da Água – PURA, criado somente para o estado de São Paulo, no ano de 1995 por intermédio de uma parceria entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, Laboratório de Sistemas Prediais do Departamento de Construção Civil – LSP/PCC, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP e Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, tendo como finalidades realizar o combate ao desperdício de água, assegurar o fornecimento de água potável e a qualidade de vida de toda a sociedade.

O Programa de Uso Racional da Água – PURA, está sistematizado em seis níveis de macro-programas que são unificados, para abranger uma série de documentações técnicas, laboratórios, modernas tecnologias, pesquisas em prédios residenciais e profissionais, programas de controle de qualidade e estudos de caso em diversos modelos de edificações, como por exemplo, comerciais, escolas, hospitais, indústrias, dentre diversos outros.

### **3.6 Água no Estado do Ceará**

A água é um fator determinante na qualidade de vida da população, pois numa relação direta, se há mais água, há mais desenvolvimento e qualidade de vida. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) no ano de 1990 cerca de 700 milhões de pessoas não tinham acesso à água potável ou pelo menos a um poço coberto. Atualmente, esse valor permanece praticamente o mesmo. A falta de água tem privado inúmeras pessoas ao acesso à educação e ao trabalho, pois são forçadas a gastar várias horas para a sua procura e transporte para o consumo básico.

Na Região Nordeste, o potencial médio de água doce representa apenas 3% do total Nacional, sendo considerado o índice mais baixo do País. Considerando ainda a disponibilidade hídrica dos rios, por habitante ao ano, que é de 4.384 m<sup>3</sup> e no subsolo do Nordeste brasileiro, têm-se, aproximadamente, 20.000 km<sup>3</sup> de água doce. De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o Ceará está inserido nesse contexto de pouca disponibilidade e grande demanda desse recurso natural tão indispensável à vida.

O Ceará possui 184 municípios com uma população de 8.448 milhões de habitantes. O território do estado está quase todo inserido na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, com pequena porção localizada na Região do Parnaíba. Caracterizado por clima semiárido em praticamente toda a sua extensão, com cursos d'água de regime intermitente, os recursos hídricos superficiais são disponibilizados em um elevado número de reservatórios de regularização, 118 deles com capacidade de armazenamento igual ou superior a 10 hm<sup>3</sup>, segundo dados da Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC) no ano de 2013.

O gerenciamento da oferta de água bruta e da demanda dos recursos hídricos em todo o estado é realizado pela COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará, enquanto que a CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará é a responsável pela prestação dos serviços de abastecimento de água em 83% dos municípios.

O Ceará, ao contrário do que ocorre em outros estados, praticamente não registra excessos de água em regiões geográficas ou regularidade de precipitações pluviais durante o ano. Assim, as secas e estiagens ainda são um dos grandes problemas enfrentados pelos habitantes do Ceará. Segundo dados da Agência Nacional das Águas – ANA, no ano de 2012, 95% de seus municípios, ou seja, 175 cidades cearenses decretaram situação de emergência ou estado de calamidade pública. Esses dados nos permitem perceber que o Ceará enfrenta uma situação crítica no tocante a quantidade de água disponível para consumo.

Paralelo as características climáticas e suas influências na quantidade e distribuição de água, o estado enfrenta uma problemática quanto à precariedade dos serviços de abastecimento de água, principalmente na zona rural, com apenas 18,8% dos domicílios do estado possuindo rede de abastecimento de água, segundo os dados do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) referentes ao ano de 2011.

Os dados do IPECE corroboram afirmando que o Ceará apresenta uma carência no sistema de abastecimento, que ainda não consegue atender a toda população do estado, principalmente em municípios no interior. Esse fato é resultado da falta de infraestrutura de abastecimento e saneamento básico que atendam as regiões rurais ou mesmo metropolitanas, apesar das ações do governo para solucionar esse problema (Cirilo *et. al.*, 2008).

Devido ao processo de urbanização e industrialização, a água passou a ser utilizada em um número cada vez maior de funções e o seu consumo por habitante é aumentado progressivamente. Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos dos principais centros urbanos e zonas rurais do Ceará estão em sua maioria poluídos, o que leva a busca de práticas alternativas e sustentáveis. (Bento, 2011).

### **3.7 Tecnologias de Aproveitamento de Águas Pluviais**

O avanço de novas tecnologias permitiu o desenvolvimento das técnicas de sistema de captação de águas da chuva. Com a utilização de novos materiais e equipamentos, facilitou-se o surgimento de novas práticas de aproveitamento que buscam melhorar a qualidade e eficiência dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Existem várias técnicas de aproveitamento de águas da chuva utilizadas nos diversos estados do Brasil que apresentam resultados positivos. As mais utilizadas são as Cisternas rurais, Sistema de fluxo total, Sist. de derivação, Sist. de retenção e Sist. de infiltração. Porém no Ceará, como em todo Nordeste, predomina o uso do sistema de cisternas tradicionais principalmente na zona rural (Cirilo, 2008).

Essas técnicas de aproveitamento de água da chuva serão discutidas nos tópicos a seguir. Inicialmente será descrito o sistema de cisternas rurais, devido ao seu uso tradicional e em seguida os demais sistemas utilizados atualmente, procurando explicá-los de forma objetiva para uma melhor compreensão.

#### **Cisternas Rurais**

No Brasil, uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste para armazenamento de água para consumo, dentre outros.

As cisternas com capacidade de acumulação normalmente entre 7 e 15 m<sup>3</sup> representam a oferta de 50 litros diários de água durante 140 a 300 dias, admitindo que esteja cheia no final da estação chuvosa e nenhuma recarga tenha ocorrido no período. Tomados os devidos cuidados com a limpeza do telhado, da cisterna, da calha e da tubulação, é uma solução fundamental para o atendimento das necessidades mais essenciais da população rural difusa. Embora existam em grande número, espalhadas por todo o estado, a quantidade de cisternas ainda é ínfima quando comparada à necessidade da população rural difusa (Cirilo, 2008).

Contudo, deve-se ter em mente que no clima do semiárido a cisterna não consegue, sem outras fontes, dar sustentabilidade às populações. Deve ser usada como parte da solução para as populações difusas. As cisternas rurais por serem utilizadas tradicionalmente possuem vantagens quanto ao custo e sistema construtivo mais simples e barato comparado com as outras tecnologias que serão explicadas, no entanto esse sistema possui limitações com relação à qualidade de uso devido ao seu armazenamento não passar por processos básicos de limpeza das impurezas trazidas pela chuva. Os sistemas atuais de aproveitamento são caracterizados pela superfície de captação utilizada, tais como telhados ou lajes; pelo sistema de filtragem para remoção de impurezas; pelos tipos de tubulações e reservatório de armazenamento com relação ao tipo de material e esquema de disposição no sistema.

Teston (2022) destaca que os sistemas atuais de aproveitamento de água apresentam quatro principais técnicas nas quais os componentes principais do sistema são: a área de captação, telas ou filtros para remoção de materiais grosseiros, como folhas e galhos, tubulações para a condução da água e o reservatório de armazenamento. Nesses tipos de técnicas torna-se

imprescindível que as edificações sejam dotadas de calhas e condutores verticais para o direcionamento da água da chuva do telhado ao reservatório. Ressalta ainda, que é importante que uma atenção especial seja dada ao dimensionamento e instalação das calhas e condutores verticais, pois o subdimensionamento desses componentes pode reduzir significativamente a eficiência de coleta, comprometendo o funcionamento de todo o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Deve-se utilizar como referência para o dimensionamento desses componentes a NBR 10.844/89, Instalações Prediais de Águas Pluviais da ABNT. A viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água das chuvas normalmente está relacionado com regularidade e alta precipitação anual, problemas no abastecimento e custo da água potável. Em média, em um projeto de uma casa com 250 m<sup>2</sup>, a instalação de um sistema de reutilização da água da chuva acrescenta de 6% a 8% ao custo hidráulico da obra (Ciocchi, 2003).

O uso das técnicas descritas representa um avanço tecnológico no sistema de captação de águas da chuva, no entanto já não atendem aos padrões de exigências que atualmente demandam nas edificações como a distribuição para os usos não potáveis em sanitários, áreas de lavagem em geral, jardins e o destino do volume excedente. Assim, deve ser utilizada uma alternativa a esse sistema, como: o sistema Misto (recalque mais gravidade).

A utilização do sistema de aproveitamento de águas da chuva por meio da técnica de Sistema misto (recalque e gravidade) representa a principal tecnologia atualmente em uso e sua prática poderá contribuir com a redução do consumo de água potável no Ceará.

O sistema misto (recalque e gravidade) torna-se eficiente por atender as necessidades de distribuição racional das às águas coletadas para o uso não potável, pois melhorou os recursos das técnicas anteriormente usadas com adição de novos dispositivos tornando-se um sistema bastante eficiente em termos de padrões de qualidade e sustentabilidade atuais.

A seguir faremos uma descrição do Sistema Misto (recalque mais gravidade) destacando o funcionamento e os principais aspectos dessa tecnologia. Nessa tecnologia para captar a água da chuva utiliza-se um sistema de telhados e calhas dirigidos para um filtro autolimpante, o qual remove detritos que depois são levados para uma cisterna (reservatório de água subterrânea). A água na cisterna é canalizada até o fundo evitando que se misture com a sedimentação. Uma bomba de recalque (pressurizadora) alimenta a caixa d'água não-potável ou torneiras externas de uso restrito.

O processo de aproveitamento da água da chuva desse sistema consiste no uso de uma calha recolhe a água da chuva que entra no filtro, logo após é filtrada para a cisterna onde é armazenada. Uma bomba de recalque capta a água da cisterna para posterior utilização. Quando o volume de água da chuva armazenado na cisterna excede a sua capacidade, essa é escoada para a rede de pública de coleta pluvial evitando o transbordamento. No caso dos reservatórios elevados há necessidade de estrutura de apoio. A altura máxima (parte superior, conjunto reservatório e filtro) deve estar abaixo da menor cota de captação. Lembrando que a captação em construções térreas de 3 metros de altura, por exemplo, dotadas de calhas e tubulações aéreas, pode-se obter uma pressão de até 1,5 MPa. sem uso de bombas. Os tipos de materiais do reservatório são concreto, alvenaria impermeabilizada, aço inoxidável, entre outros.

O uso de equipamentos é indispensável para um bom desempenho do reservatório, pois através deles se tem um controle da qualidade da água. Exemplos: filtros, extravasores, válvulas de fluxo, ralos, peneiras e dispositivos de autolimpeza. No caso dos filtros os mais utilizados são os de autolimpeza (volumétricos) de fácil manutenção e pouca perda d'água. Esses podem variar conforme a área, diâmetro e capacidade de reter partículas.

Ainda devemos destacar o filtro *first flush*, responsável escoamento inicial com a primeira água que escorre do telhado. Geralmente é uma água suja e demora entre 10 a 20 minutos para ficar limpa, pois traz consigo partículas entre 10 e 240 µm. O uso do first flush não é obrigatório, depende do critério do projetista e o contato da água com seres humanos. (Ciocchi, 2003).

Diante do exposto constatou-se que o aproveitamento de águas da chuva representa uma ferramenta de grande importância para complementar o sistema de abastecimento atual seja em regiões com abundância de recursos hídricos, pois o mesmo contribui para economia e uso racional desse recurso; e de extrema importância em regiões com carência do mesmo.

Para realizar esse aproveitamento dispomos das tecnologias descritas anteriormente como um processo de evolução que resultou na tecnologia mais eficiente que foi proposta, que é o Sistema Misto (recalque mais gravidade), até que sejam feitos aprimoramentos e surjam novas soluções de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

#### 4. Considerações Finais

Concluimos que é de grande importância a utilização de um sistema de águas da chuva mesmo que retorno do investimento de um sistema de aproveitamento ocorra de forma lenta, principalmente em sistema com pequenas áreas de captação, portanto a decisão de se construir um sistema de aproveitamento de água da chuva em edificações residências com pequenas áreas de captação, será tomada como objetivos a redução do custos dos serviços de abastecimento com o menor consumo de água potável, garantindo o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo a conservação da água e abastecimento contínuo em períodos de seca.

No caso do estado do Ceará a utilização de novas tecnologias de aproveitamento de águas da chuva representará um avanço no reuso desse recurso potencialmente disponível contribuindo para redução do consumo de água potável oferecida pelo sistema de abastecimento e garantindo a sua capacidade em atender a grande demanda da população em períodos de seca, fato de ocorrência comum na região. Além de contribuir para o equilíbrio e usos dos recursos hídricos com ganhos para o desenvolvimento sustentável e socioeconômico.

Portanto, os benefícios advindos pela coleta e aproveitamento da água da chuva são de grande importância para a oferta de água potável, sendo necessário o estabelecimento de normas que conduzam ao aproveitamento seguro desta fonte de água, bem como a criação de políticas públicas que incentivem a implantação desses sistemas nas residências. O que deve ser feito por meio de projetos com essa tecnologia de forma economicamente eficiente e custo reduzido para promover o acesso da população, principalmente do interior do estado.

Considerando a importância do tema para a sustentabilidade do planeta e a manutenção da oferta de água potável para a população. O trabalho apresenta fundamentos e informações relevantes para estudantes, pesquisadores e população sobre a necessidade de adoção de metodologias que visem o reaproveitamento da água, fornecendo subsídios para pesquisas futuras sobre essa temática.

#### Referências

- Amorim, S. V. & Pereira, D. J. A. (2008) Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. *Ambiente Construído*, 8(2), 53-66.
- Barboza, E. N., Silva, V. F., Marques, A. T., Santos, S. A., Maia, A. G., Vieira, F. I. D. M., Costa, R. O., & Maracajá, P. B. (2022). Water management for housing located in rural areas: case study. *Research, Society and Development*, 11(2), e34811225442. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25442>
- Bento, V. R. S. (2011). Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades de infraestrutura de Saneamento básico. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Centro de Tecnologia.
- Bezerra, S. M. C., Christan, P., Teixeira, C. A. & Farahbacksh, K. (2010). 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*, 10(4), 219-231.
- Ciocchi, L. (2003). Para utilizar água de chuva em edificações. *Téchne, Ed. Pini*, 72, 58-60.
- Cirilo, J. A., Montenegro, S. M. G. L. & Campos, J. N. B. (2008). A questão da água no semi-árido brasileiro, *Empraba*.
- Ghisi, E. (2006). Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. *Building and Environment*, 41(11), 1544-1550.
- Gil, A. C. (2007). Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas.

- Gonçalves, O. M. (2009). Estratégias para redução do impacto da demanda de água nas cidades e edifícios. II simpósio brasileiro de construção sustentável, São Paulo.
- Junho, A. L., Santos, I. F. S., Silva, A. M. L. & Barros, R. M. (2020). Avaliação da eficiência do tratamento de águas cinzas utilizando sementes de Moringa oleífera sob diferentes metodologias de ensaio. *Research, Society and Development*, 9, e8879118136.
- Lage, E. S. (2012). Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo da viabilidade econômica. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.
- Lima, J. A., Dambros, M. V. R., Antonio, M. A. P. M., Jazen, J. G. & Marchetto, M. (2011). Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 16(3), 291-298.
- Martins, B. E. S., Menezes, L. K. M., Farto, C. D. & Athayde Junior R, G. B. (2021). Analysis of the economic feasibility of using rainwater for vertical residential type buildings in the City of João Pessoa State of Paraíba. *Research, Society and Development*, 10(8), e49010817655. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17655>
- May, S. (2004). Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo.
- Montibeller A. & Schmidt R. W. (2004). Análise do Potencial de Economia de Água Tratada Através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis.
- Sousa, A. S., Oliveira, G. S. O. & Alves, L. H. (2021). A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da Fucamp*, 20(43), 64-83.
- Sousa, L. P., Pereira, M. S. & Lima, M. E. A. (2022) Análise de custos para implantação de telhados verdes em região semiárida com reutilização de águas cinzas. *Research, Society and Development*, 11(7), e15511729770. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29770>
- Teston, A., Scolaro, T. P., Maykot, J. K. & Ghisi, E. (2022). Comprehensive Environmental Assessment of Rainwater Harvesting Systems: A Literature Review. *Water* 2022, 14, 2716. <https://doi.org/10.3390/w14172716>
- Tomaz, P. (2011). Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar.
- Tomaz, P. (2001). Economia de água. São Paulo: Navegar.