**UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ**
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

# VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM MARINGÁ-PR

**GABRIELA ROMANGNOLI CORRÊA**

MARINGÁ – PR
2017

Gabriela Romangnoli Corrêa

# VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM MARINGÁ-PR

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Msc. Claudio de Souza Rodrigues.

MARINGÁ – PR

2017

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

GABRIELA ROMANGNOLI CORRÊA

**VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM MARINGÁ-PR**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Claudio de Souza Rodrigues.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

_____

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

_____

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

# VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM MARINGÁ-PR

Gabriela Romangnoli Corrêa

## RESUMO

As práticas de sustentabilidade tem sido basilares para se pensar um equilíbrio climatológico. Como a água é um componente indispensável para o ser humano, é preciso à redução do seu uso para que a tenha no futuro, sem causar prejuízo ao meio ambiente. A implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva pode trazer tanto benefícios ecológicos como financeiros, fazendo com que diminua o uso de água tratada. Considerando tais fatores, o objetivo deste trabalho é de avaliar a viabilidade técnica para a utilização de água pluvial para fins não potáveis em um edifício residencial. Dessa maneira, foi feito um estudo de caso em um edifício situado em Maringá, Paraná, dimensionado o reservatório necessário para o armazenamento da água de chuva por meio do Método de Rippl, analisando a economia financeira que o uso desse sistema traz para o condomínio, devido à redução da utilização da água tratada disponibilizada por uma empresa da cidade.

**Palavras-chave**: Água Pluvial. Meio ambiente. Sustentabilidade.

# TECHNICAL VIABILITY IN THE USE OF RAINWATER HARVESTING SYSTEM IN A EDIFICATION IN MARINGÁ-PR

## ABSTRACT

For a climatological balance, sustainability is one of the most discusses issues. As water is an essential component to the human being, it is essential to reduce its use to have it in the future, without causing damage to the environment. The implementation of harnessing rain water can bring both ecological and financial benefits, causing it to decrease the use of treated water. The objective of this work is to evaluate the technical feasibility for the use of rainwater for potable purpose in a residential building. That way, it was made a case study in a building located in Maringá-PR, dimensioning the reservoir required for the storage of rain water through Rippl method by analyzing the financial saving that the use of this system brings to the condo, due to reduction of use of treated water provided by the company in the city.

**Keywords**: Environment. Rainwater. Sustainability.

# 1 INTRODUÇÃO

A água é indispensável para todo ser animal, vegetal ou humano, sendo seu consumo de grande importância para a vida, o que a torna um dos recursos naturais mais importantes para quem? De acordo com Ferreira e Vasconcelos (2007), o crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico vêm resultando em um aumento da demanda de água e pressão nas fontes existentes, trazendo uma preocupação incessante em manter o acesso à água.

A superfície da terra, em sua maioria, é composta por água, cerca de 70%. Porém, menos de 3% é água doce, e está predominantemente concentrada em geleiras. Alguns efeitos climáticos, como o El Niño e La Niña, vêm influenciando no ciclo hidrológico, ocasionando a falta ou o excesso de água em escala mundial. Dessa maneira, é crescente as campanhas de conscientização da população para a sustentabilidade e o uso da água, para garantir o equilíbrio climático e a qualidade de vida da humanidade.

A construção sustentável é uma forma de harmonizar as edificações com o meio ambiente. Tem por objetivo amenizar os impactos à natureza, reduzindo ao máximo os resíduos e utilizando com eficiência os bens naturais, ajudando assim a preservá-los para as gerações futuras. Segundo Rocheta e Farinha (2007, p.2), "a indústria da construção tem uma importância significativa no desenvolvimento sustentável representando uma atividade com grande impacto sobre o meio ambiente, designadamente, nos consumos de energia e de água, na seleção dos materiais e na produção de resíduos".

Uma das maneiras de reduzir o consumo da água tratada, e dessa maneira ajudar com os mecanismos de sustentabilidade para o meio ambiente, é utilizando o sistema de captação e armazenamento da água da chuva, para fins não potáveis nas edificações residenciais. A prática de redução de consumo, também, auxilia na diminuição de enchentes nas cidades, já que a água precipitada ficará armazenada em um reservatório e assim, não será destinada às galerias e rios, quando mal dimensionadas, consequentemente, diminuindo os gastos públicos com prejuízos causados por alagamentos. Estreitar a demanda da água fornecida pelas companhias de saneamento é a viabilidade do uso da água de chuva em edificações, em vista disso, diminuindo o risco de enchentes em picos de chuvas e os custos com a água potável (MAY, 2004).

O dimensionamento do reservatório de água pluvial depende basicamente do volume de chuva medido anualmente, da superfície de cobertura para coleta e da demanda do local. Para Tomaz (2015), os métodos de cálculos são apenas para um pré-dimensionamento do

reservatório, sendo o parecer final do projetista, que determina o volume do mesmo, levando em conta todos os custos e considerações necessárias para a utilização do sistema.

No presente trabalho, o objetivo é avaliar a viabilidade técnica para a utilização da água de chuva para fins não potáveis em uma edificação residencial na região de Maringá, Paraná, dimensionando o sistema de armazenamento, por meio do método de Rippl, e mostrando a economia de consumo mensal de água gerado através da implantação desse sistema.

# 2 DESENVOLVIMENTO

## 2.1 CICLO HIDROLÓGICO

A água pode ser encontrada na Terra nos três estados físicos: sólido, liquido e gasoso. Ela está em constante circulação, constituindo assim o ciclo hidrológico - sendo esse alimentado pela força da gravidade, pela ação do sol, responsável pela evaporação das águas dos oceanos e continentes, e pela rotação da Terra. (TUCCI, 2013).

Conforme Tucci (2013, p.35),

> O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, ocorre em dois sentidos: a) no sentido superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor, como decorrência dos fenômenos de evaporação e da transpiração, este último em fenômeno biológico; b) no sentido atmosfera-superfície, onde a transferência de água ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativas, em termos mundiais, as precipitações de chuva e neve.

Ainda que seja um ciclo fechado, para Pinto (2011), a água utilizada pelo homem vem da atmosfera, indicando assim um ponto inicial de um ciclo.

Na Figura 1 mostra-se um esquema do ciclo hidrológico, podendo considerar o começo do mesmo com o vapor de água que se condensa, formando microgotículas, permanecendo suspensas no ar. O agrupamento dessas microgotículas formam as nuvens ou o nevoeiro, que em presença significativa de umidade e poeiras ou de gelo, criam grandes quantidades de gotas, se precipitando em forma de chuva, e quando o vapor de água se modifica diretamente em cristais de gelo, a precipitação ocorre na forma de neve ou granizo. Antes de a precipitação atingir o solo ocorre a evaporação e a interceptação em folhas e caules, em seguida, acontece a infiltração da água no solo, que é absorvida pelas raízes das

plantas, devolvendo-a para a atmosfera pelo método da transpiração, e o escoamento superficial, quando a mesma for excedente. No escoamento, a água procura o curso de rios e arroios, e com raras exceções pode ir para o oceano. Para finalizar o ciclo, ocorre a evaporação em qualquer local e tempo, mantendo o ciclo hidrológico em equilíbrio.

**Figura 1 –** Ciclo Hidrológico

Fonte: Info Escola (2017).

Segundo Tucci (2013), o ciclo hidrológico nas calotas polares manifesta-se de uma maneira diferente, já que, nesse ambiente, há pouca precipitação e a evaporação é direta das geleiras, assim como nos grandes desertos, pois a água disponível está permanentemente em grandes profundezas, consequência da baixa precipitação, fazendo com que não haja troca significativa com a atmosfera.

### 2.1.1 Precipitação atmosférica

A precipitação possui diferentes formas, como a de neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve, e é entendida como toda água que vem da atmosfera e atinge a superfície terrestre. Segundo Tucci (2013), “as características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuições temporal e espacial”.

A ascensão das massas de ar formam a precipitação, que pode ser classificada como: a) conectivas, formadas devido a diferença de temperatura na camada vizinha da atmosfera, possuem curta duração e grande intensidade; b) frontais ou ciclônicas, origina-se do contato de duas massas, a de ar quente e a de ar frio, formando chuvas com grande duração; c) orográficas, proveniente dos ventos que geralmente vão dos oceanos para o continente, da maneira que o ar é forçado a ultrapassar barreiras de montanhas, chuvas de pequena

intensidade e grande duração. Para Pinto (2011), dos tipos de precipitação, as chuvas conectivas são interessantes para obras de pequenas bacias, cálculos de bueiros e galerias de água pluvial.

As grandezas que caracterizam uma precipitação são a altura pluviométrica, a duração, a intensidade e a frequência de probabilidade e tempo de recorrência. Para medir a precipitação de um local desejado é utilizado um pluviômetro, como mostrado na Figura 2, ou um pluviógrafo. Ambos os medidores coletam uma pequena parte da chuva, convencionalmente estão a 1,5 metros de altura do solo e a uma certa distância de obstáculos que interfiram na coleta. Em qualquer posto de medição pode ocorrer falhas ou períodos sem informações, por problemas no aparelho ou no operador do posto, logo é necessário que os dados coletados passem por uma análise antes de serem usados.

**Figura 2 –** Pluviômetro

Fonte: Educacional (2017).

## 2.2 LEGISLAÇÃO PARA REUSO DA ÁGUA DE CHUVA NO BRASIL

Em 1999, em Petrolina, Pernambuco, foi fundada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, a ABCMAC, com o objetivo de promover ação em busca do aproveitamento racional e eficiente da água pluvial. Segundo a Associação, as experiências de captação e manuseio da água de chuva no Brasil começaram no final dos anos 70, quando a Embrapa Semiárido (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária localizada na cidade de Petrolina, Pernambuco) fez uso das cisternas para água pluvial e barragens subterrâneas.

Segundo a ABCMAC, no começo dos anos 90, devido ao clima semiárido presente no Brasil, o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), e algumas organizações não-governamentais, de base e comunidades começaram a construção de

cisternas e a percepção da necessidade de efetuar programas educacionais para a convivência e manejo da água.

Na esfera nacional não existem leis atuais que regulamentem especificamente o aproveitamento de água pluviais. "Um dos motivos da não existência de normas apropriadas para a implantação do sistema de coleta de água de chuva em edifícios é a falta de dados, tais como: qualidade da água de chuva e coeficiente de *Runoff*" (MAY, 2004, p.29).

No estado de São Paulo, o projeto de Lei 743/05 propõe descontos no IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano), aos contribuintes que mantenham áreas permeáveis que permitam a absorção de água pluvial nas suas edificações. A Lei nº 12526, aprovada em 2 de Janeiro de 2007, também em São Paulo, estabelece normas para a redução de enchentes e destinação de águas de chuva, porém, segundo Bona (2014), a lei não trata sobre o aproveitamento da mesma.

No ano de 2003, em Maringá, Paraná, o Vereador João Batista Beltrame criou a Lei nº 6345, sancionada pelo Prefeito da cidade na época, que institui o programa de aproveitamento de água da cidade, com objetivo de reduzir a demanda de água e aumentar a capacidade de atender o município. Essa lei se assemelha com a Lei nº 10785/2003, do município de Curitiba, Paraná, que possui o propósito de impulsionar as edificações à conservação, ao uso racional e à utilização de fontes alternativas para a captação de água pluvial (BONA, 2014).

## 2.3 PARTES COMPONENTES PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

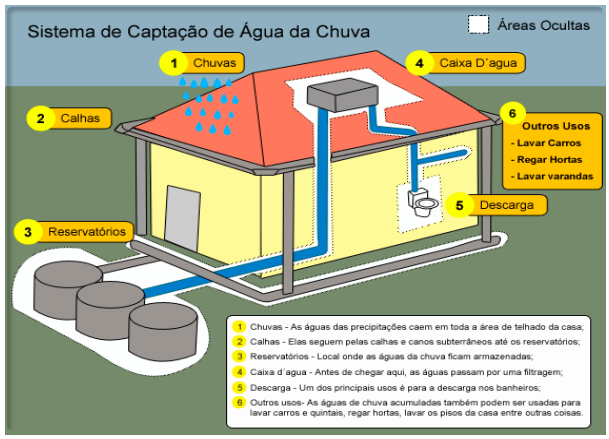
A coleta de água pluvial deve seguir a norma brasileira NBR 15527/07, *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis*, obedecendo aos requisitos contidos na NBR 5626/98 – *Instalação Predial de Água Fria*. E, ainda deve seguir a norma NBR 10844/89 – *Instalação Predial de Águas Pluviais – Procedimentos*.

Para a obtenção de um sistema de captação de água de chuva completo é necessário, primeiramente, calcular seu dimensionamento, em seguida, definir seu modelo, depois escolher o fornecimento dos componentes e, por último, executar a instalação deste sistema (SILVEIRA, 2008).

Conforme apresentado na Figura 3, o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva pode funcionar da seguinte maneira: a água de chuva é coletada no telhado ou laje impermeável, em seguida é dirigida até as calhas, passando por uma peneira ou filtro, com o objetivo de retirar as impurezas, depois os condutores levam a água pluvial até uma cisterna, armazenando-a. Posteriormente, um sistema de bombeamento conduz a água até a caixa

d'água, distribuindo-a para a residência para ser utilizada para fins não potáveis, como na descarga, na lavagem de carro, de calçadas, na rega do jardim, entre outros.

**Figura 3** – Sistema de captação de água de chuva




Fonte: Coffeeng (2015).

Segundo Tomaz (2015), um sistema de captação de água de chuva é composto principalmente pela área de captação, calhas e condutores, peneira, *by pass*, reservatório e extravasor.

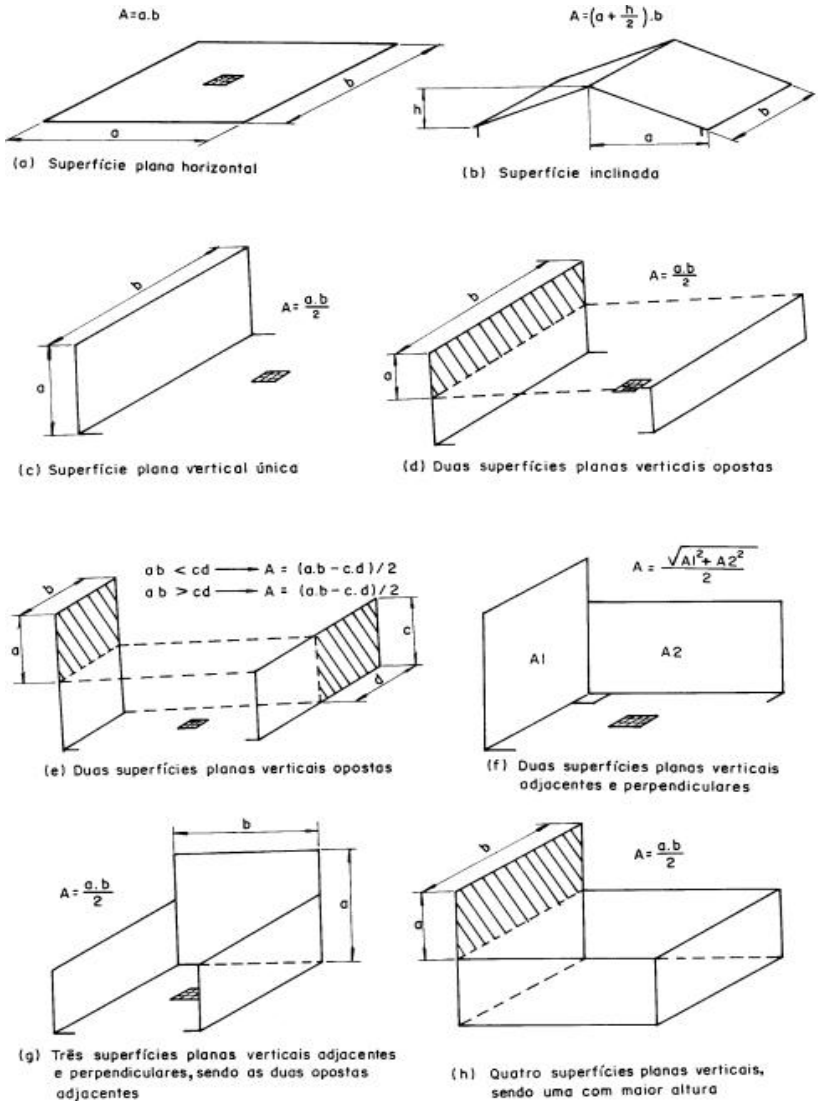
### 2.3.1 Área de captação

De acordo com May (2004), a área de coleta, a precipitação atmosférica do local e o coeficiente de *Runoff*, que é a razão entre o volume escoado e o volume precipitado, são determinantes para o cálculo da quantidade de chuva que pode ser armazenada. A área de captação, normalmente, são os telhados de casas ou indústrias, podendo ser: inclinado, pouco inclinado ou plano, sendo revestidos de material de telhas cerâmicas, de fibrocimento, de zinco, de ferro galvanizado, de concreto armado, etc. (TOMAZ, 2015).

Conforme Hagemann (2009), áreas impermeáveis sobre o solo, como estacionamentos, calçadas e pátios também são consideradas áreas de captação, porém, o uso da área do telhado é a mais comum, já que o mesmo não sofre influência direta do tráfego de pessoas e veículos, possuindo, dessa maneira, uma melhor qualidade, também possibilita que a água pluvial atinja a cisterna de armazenamento pela gravidade. Para a mesma autora, o material que o telhado da área de captação possui é importante, pois determina quanto da água de chuva se transforma em escoamento, e evita a contaminação da água.

Para o cálculo da área de contribuição, a inclinação da cobertura e as paredes que interceptam a água da chuva devem ser levadas em consideração. Na Figura 4, mostra-se as indicações para esse cálculo, segundo a NBR 10844/89.

**Figura 4** – Área de Contribuição




Fonte: NBR 10844/89 – Instalação Predial de Águas Pluviais

### 2.3.2 Calhas e condutores

As calhas e os condutores tem o objetivo final de receber a água pluvial, direcionada pelo telhado, e levá-la até o reservatório de armazenamento. As calhas são elementos colocados ao longo do beiral do telhado com a função de receber águas pluviais e encaminhá-las ao condutores verticais. Conforme a NBR 10844/89, as calhas podem ser feitas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento,

PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. “Os materiais mais comumente utilizados são poli cloreto de vinila (PVC), plástico ou outro material que seja inerte.” (HAGEMANN, 2009, p.30).

Os condutores são verticais e horizontais. Os verticais tem o objetivo de levar a água até a parte inferior do edifício. Já os horizontais, de conduzir a água até locais permitidos pelos dispositivos legais. De acordo com a NBR 10844/89, os condutores verticais devem ser projetados, quando possível, em apenas uma prumada, com um diâmetro mínimo de 70mm, e, para o cálculo de sua vazão, a Norma Brasileira mostra dois ábacos, um para ser utilizado quando a saída do condutor é em aresta viva e o outro quando é funil de saída.

Os condutores horizontais necessitam de uma declividade uniforme e mínima de 0,5%, para a sua ligação com o condutor vertical uma curva de raio longo deve ser colocado, e para o dimensionamento dos condutores horizontais é necessário a utilização de um escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo (NBR10844, 1989). A vazão do condutor horizontal, segundo a mesma Norma Brasileira, é fornecida de acordo com o diâmetro do tubo e a sua declividade.

### 2.3.3 Peneira

A Figura 5 apresenta uma calha com uma peneira, cuja função é impedir a passagem de materiais grosseiros e sólidos, evitando comprometer a qualidade da água e o entupimento da calha e dos condutores.

**Figura 5 –** Calha com peneira

Fonte: Uniterras (2015).

Segundo Tomaz (2015), nos Estados Unidos, para a utilização de água pluvial para fins não potáveis são utilizadas peneiras, que variam de 6,5mm a 13mm. Quando o local possui mosquitos - o que implica na possibilidade destes entrarem na calha - a peneira utilizada é de 0,955mm. A desvantagem desse sistema é a necessidade de constante manutenção e limpeza, devido ao acúmulo dos materiais sólidos retidos que permanece nos telhados.

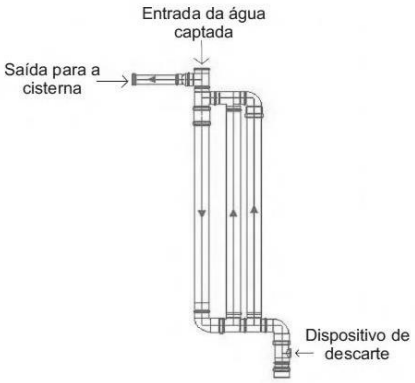
### 2.3.4 *By pass*

De acordo com Tomaz (2015), *By pass* é um termo utilizado para nomear dispositivos automáticos ou manuais, com o uso de tubulações, para realizar o desvio da primeira chuva dos reservatórios, sem a operação do homem. A Figura 6 representa um modelo de dispositivo de descarte de primeira chuva.

> Durante os períodos secos, as áreas de captação da água de chuva interceptam e acumulam resíduos como folhas, poeira, pequenos animais mortos, fezes de animais, poluentes do tráfego e industriais, entre outros. A primeira parte da chuva tende a lavar a atmosfera e a superfície de captação carreando consigo os poluentes presentes nestes dois ambientes (HAGEMANN, 2009, p.31).

A Figura 6 representa um modelo de dispositivo de descarte de primeira chuva.

**Figura 6 –** Dispositivo de descarte




Fonte: Tecnologiasocial (2015)

### 2.3.5 Reservatório

Os reservatórios servem para fazer o armazenamento da água pluvial recolhida, podendo ser apoiado, enterrado ou elevado, deve ser localizado, preferencialmente, o mais próximo possível do ponto de consumo. Normalmente, é feito de concreto, alvenaria, ferro-cimentado, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno.

A especificação correta do tamanho e local do reservatório é importante, pois pode trazer economia para o projeto, por ser o componente mais oneroso do sistema de aproveitamento da água de chuva. Segundo Silveira (2008), para a coleta total da água de chuva é necessário um reservatório com capacidade de armazenar 25% da chuva anual do local, e um extravasor, para evitar transbordamentos.

A NBR 15527/07 diz que os reservatórios devem atender as exigências da NBR 12217/94, e o seu projeto conter extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Quando for alimentado por uma fonte potável é necessário evitar conexões cruzadas, para uma boa qualidade da água deve ser limpo, no mínimo uma vez ao ano, seguindo os requisitos da NBR 5626/98.

Os cálculos para o dimensionamento correto dos reservatórios podem ser feitos seguindo os métodos apresentados na NBR 15527/07 ou por outro, desde que justificado. A água não armazenada pode ser lançada nas galerias pluviais, vias públicas ou ser infiltrada, o esgotamento realizado por gravidade ou bombeamento. A construção do reservatório deve ser feita da maneira que proteja a água da incidência direta da luz solar e do calor, e de animais que possam entrar no mesmo através da tubulação.

### 2.3.6 Extravasor

De acordo com Tomaz (2015), o extravasor faz o papel de retirar o excesso de água pluvial presente no reservatório, quando o mesmo se encontra cheio. É uma tubulação, geralmente, feita de polietileno e possui diâmetro maior do que o da tubulação de entrada de água. Tem como função evitar que a água do reservatório transborde, desse modo, deve ser instalado do lado oposto e acima do local de alimentação de água, pois se a boia- presente na tubulação de entrada de água e que controla o nível da mesma não permitindo que ela entre no reservatório quando estiver cheio - não funcionar por algum motivo, o extravasor auxilia a saída da água excedente.

## 2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO

De acordo com a NBR 15527/07, *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis*, seis métodos de cálculo podem ser usados para fazer o dimensionamento dos reservatórios, com o objetivo de usar água pluvial para fins não potáveis nas edificações. São eles: Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e Método prático australiano.

### 2.4.1 Método de Rippl

O método de Rippl foi criado em 1883, e pode-se usar séries históricas mensais ou diárias em sua aplicação.

> O método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de Rippl devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Geralmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima. Em regiões quando não há variação muito grande entre as precipitações médias mensais o volume do método de Rippl torna-se zero (TOMAZ, 2015, p.9-3).

Para Tomaz (2015), quanto maior o tempo que temos dos dados, maior será o volume do reservatório calculado, já que o mesmo supõe que o reservatório no início esteja cheio e a retirada de água para uso seja constante. O problema encontrado nesse método é a falta de cálculo das possíveis falhas, que são realizadas pelo método da Simulação, porém o mesmo continua sendo o mais utilizado.

Segundo a NBR 15527 (2007), para o cálculo são utilizadas as seguintes equações:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva} \times \text{área de captação} \quad (2)$$

$$V = \Sigma S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (3)$$

$$\text{Sendo que: } \Sigma D_{(t)} < \Sigma Q_{(t)} \quad (4)$$

em que: $S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

O método de Rippl pode ser usado pelo método analítico ou método gráfico, para uma demanda constante. Na Tabela 1 é apresentada uma planilha como exemplo do método analítico para o cálculo de Rippl.

**Tabela 1:** Planilha para dimensionamento pelo Método de Rippl

| Meses | Chuva média mensal (mm) | Demanda constante mensal ($m^3$) | Área de captação ($m^2$) | Volume de chuva mensal ($m^3$) | Diferença entre os volumes da demanda - vol. de chuva Col.3 - col. 5 ($m^3$) | Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos ($m^3$) | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coluna 1 | Coluna 2 | Coluna 3 | Coluna 4 | Coluna 5 | Coluna 6 | Coluna 7 | Coluna 8 |
| Janeiro | | | | | | | |
| Fevereiro | | | | | | | |
| Março | | | | | | | |
| Abril | | | | | | | |
| Maio | | | | | | | |
| Junho | | | | | | | |
| Julho | | | | | | | |
| Agosto | | | | | | | |
| Setembro | | | | | | | |
| Outubro | | | | | | | |
| Novembro | | | | | | | |
| Dezembro | | | | | | | |

Fonte: Tomaz (2015).

As colunas da Tabela 1 são compostas por:

- Coluna 1: Meses do ano (Janeiro a Dezembro)

- Coluna 2: Chuvas médias mensais (mm).

- Coluna 3: Demanda constante mensal ou consumo mensal ($m^3$).

- Coluna 4: Área de captação ($m^2$).

- Coluna 5: Volume de chuva mensal ($m^3$), é calculado multiplicando a coluna 2 pela coluna 4 pelo coeficiente de Runoff, dividindo tudo por 1000.

- Coluna 6: Diferença entre os volumes da demanda, na prática subtrai a coluna 3 pela coluna 5. O resultado negativo expressa o excesso de água, já o positivo indica que o volume da demanda supera o volume da água.

- Coluna 7: Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos. Admitisse a hipótese inicial do reservatório cheio.

- Coluna 8: Contém uma observação, indicado pelas letras E, D e S. A letra E mostra quando a água está escoando pelo extravasor, ou seja, quando a coluna 6 é negativa, a letra D indica quando o nível de água está baixando e a letra S quando o nível de água está subindo.

### 2.4.2 Método da simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser considerada, igual no Método de Rippl. Duas hipóteses devem ser efetuadas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo e os dados históricos são representativos para as condições futuras. Para um determinado mês, de acordo com a norma NBR 15527 (2007), aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + Q_{(t)} \quad (5)$$

$$Q_{(t)} = C \times \textit{precipitação da chuva}_{(t)} \times \textit{área de captação} \quad (6)$$

onde: $S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t - 1;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

### 2.4.3 Método prático de Azevedo Neto

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação, segundo a norma NBR 15527 (2007):

$$V = 0{,}042 \times P \times A \times T \quad (7)$$

em que: V: Volume de água aproveitável ou volume de água do reservatório, expresso em litros (L);

P: Precipitação media anual, expresso em milímetros (mm);

A: Área de coleta em projeção, expresso em metros quadrado ($m^2$);

T: Número de meses de pouca chuva ou seca.

### 2.4.4 Método prático Alemão

Conforme a NBR 15527 (2007), é um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável; utiliza as seguintes equações:

*Vadotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6%)* ..... (8)

$V_{adotado} = mín\ (V; D) \times 0{,}06$ ..... (9)

em que: V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);
D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);
$V_{adotado}$ é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

### 2.4.5 Método prático Inglês

De acordo com a NBR 15527 (2007), o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$V = 0{,}05 \times P \times A$ ..... (10)

onde: P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);
A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados ($m^2$);
V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

### 2.4.6 Método prático australiano

O volume de chuva, segundo a NBR 15527 (2007), é obtido pela seguinte equação:

$Q = A \times C \times (P - I)$ ..... (11)

em que: C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

P é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório, conforme a NBR 15527 (2007):

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (12)$$

onde: $Q_t$ é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

$V_t$ é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

$V_{t-1}$ é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

$D_t$ é a demanda mensal;

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$.

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$P_r = N_r / N \quad (13)$$

em que: $P_r$ é a falha;

$N_r$ é o número de meses em que o reservatório nao atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses.

Confiança = $(1 - P_r)$.

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visto a importância do uso de um sistema para o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, é indispensável uma análise de viabilidade técnica para o uso do mesmo em um edifício residencial.

No estudo de caso, será calculado o tamanho necessário de um reservatório para o uso da água de chuva para a lavagem do subsolo de um edifício de múltiplos pavimentos. O mesmo está localizado no centro da cidade de Maringá, Paraná, possui 25 unidades residenciais com metragem útil de 200 m² cada uma, distribuídas em 13 pavimentos, possui térreo e dois subsolos para estacionamento, sendo que cada um tem uma metragem de 1.250 m².

Para Tomaz (2015), usualmente é utilizado cerca de 2 L/m² por dia de água para a lavagem de pátios comuns, e normalmente com uma frequência de uma ou duas vezes por semana. Considerando que a lavagem do subsolo será realizada duas vezes por semana, ou seja, 8 dias no mês, e que possui uma metragem total de 2.500 m², a demanda constante mensal será de 40 m³.

O tamanho do reservatório foi calculado pelo método de Rippl, e para o dimensionamento foi necessário obter os dados das precipitações médias da cidade de Maringá, mostrado através da Tabela 2, que indica as médias climatológicas calculadas a partir de uma série de dados observados durante 30 anos.

**Tabela 2:** Dados climatológicos da cidade de Maringá, Paraná.

| Mês | Mínima (°C) | Máxima (°C) | Precipitação (mm) |
|---|---|---|---|
| **Janeiro** | 20° | 30° | 227 |
| **Fevereiro** | 20° | 31° | 160 |
| **Março** | 19° | 30° | 156 |
| **Abril** | 17° | 28° | 133 |
| **Maio** | 15° | 25° | 130 |
| **Junho** | 13° | 24° | 114 |
| **Julho** | 13° | 24° | 56 |
| **Agosto** | 14° | 26° | 67 |
| **Setembro** | 15° | 27° | 110 |
| **Outubro** | 17° | 29° | 162 |
| **Novembro** | 18° | 30° | 112 |
| **Dezembro** | 19° | 30° | 167 |

Fonte: Climatempo (2016).

Para o dimensionamento foi preciso determinar qual a área de captação da água pluvial, no presente estudo de caso será o telhado da torre residencial, que possui 400 $m^2$, calculada de acordo com as recomendações da NBR 10844/89. A mesma irá recolher a água direcionando-a para a calha e para os condutores verticais até que chegue no reservatório, que permanecerá na parte do térreo do edifício. Dessa maneira, foi adotado um coeficiente de *Runoff* de 0,8, de acordo com a telha utilizada, para que fosse feito os cálculos do volume de chuva mensal, multiplicação do coeficiente pela chuva média mensal e área de captação divido por 1000. A Tabela 3 mostra os dados para o cálculo do tamanho do reservatório por meio do Método de Rippl.

**Tabela 3:** Planilha para dimensionamento pelo Método de Rippl

| Meses | Chuva média mensal | Demanda constant e mensal | Área da captação | Volume de chuva mensal | Diferença entre os volumes da demanda - vol. de chuva | Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (mm) | ($m^3$) | ($m^2$) | ($m^3$) | ($m^3$) | ($m^3$) | |
| Coluna 1 | Coluna 2 | Coluna 3 | Coluna 4 | Coluna 5 | Coluna 6 | Coluna 7 | Coluna 8 |
| **Janeiro** | 227,00 | 40 | 400 | 72,64 | -32,64 | | E |
| **Fevereiro** | 160,00 | 40 | 400 | 51,2 | -11,2 | | E |
| **Março** | 156,00 | 40 | 400 | 49,92 | -9,92 | | E |
| **Abril** | 133,00 | 40 | 400 | 42,56 | -2,56 | | E |
| **Maio** | 130,00 | 40 | 400 | 41,6 | -1,6 | | E |
| **Junho** | 114,00 | 40 | 400 | 36,48 | 3,52 | 3,52 | D |
| **Julho** | 56,00 | 40 | 400 | 17,92 | 22,08 | 25,6 | D |
| **Agosto** | 67,00 | 40 | 400 | 21,44 | 18,56 | 44,16 | D |
| **Setembro** | 110,00 | 40 | 400 | 35,2 | 4,8 | 48,96 | D |
| **Outubro** | 162,00 | 40 | 400 | 51,84 | -11,84 | 37,12 | S |
| **Novembro** | 112,00 | 40 | 400 | 35,84 | 4,16 | 41,28 | D |
| **Dezembro** | 167,00 | 40 | 400 | 53,44 | -13,44 | 27,84 | S |

Fonte: Autor (2017).

Analisando a Tabela 3, e considerando que o reservatório está cheio no inicio, notou-se que entre os meses de janeiro e maio a água pluvial está escoando pelo extravasor, devido as diferenças negativas encontradas na Coluna 6. Nos meses de junho a setembro e em novembro mostra que o nível de água esta abaixando, e nos meses de outubro e dezembro a água está subindo. Observando isso, é necessário um reservatório de, aproximadamente, 49 $m^3$, para que seja possível o uso da água de chuva para a lavagem do subsolo todos os meses do ano.

Para análise da viabilidade técnica, para a instalação do sistema de coleta de água de chuva, foi feito também uma pesquisa sobre o preço da água potável que a Sanepar, empresa da cidade, oferece para os clientes. Para um local residencial, de até 10 m³ a empresa cobra 33,74 reais para fornecer a água, excedente a 10 m³ a tarifa é de 5,06 reais o m³ e excedente a 30 m³ a taxa é de 8,63 reais o m³, de acordo com o decreto nº 3576/2016 do Estado do Paraná.

Com a instalação de um reservatório, de 49 m³, é possível a economia de 40 m³ mensal de água fornecida pela Sanepar, logo com uma tarifa de 8,63 reais o m³, é possível que a cada mês o edifício residencial economize 345,2 reais, somando um total de 4.142,4 reais por ano. Dividindo essa economia pelas 25 unidade residencial, é possível que cada morador deixe de pagar por ano aproximadamente 165 reais de condomínio, já que a água que é utilizada nas áreas publicas do edifício é paga pelos próprios moradores.

## 4 CONCLUSÃO

A sustentabilidade tem sido um dos temas mais vistos na atualidade, de modo que a preservação do meio ambiente é algo necessário para que se tenha um futuro melhor para a humanidade. A água é um dos componentes mais importantes para a vida animal, assim é preciso ser feito uma economia da mesma para que ela não se torne escassa no futuro. A coleta de água pluvial vem crescendo com o intuito de economizar a água potável fornecida pelas empresas que são retiradas de recursos naturais, para que não seja desperdiçada em locais em que não se precisa de água limpa, como na lavagem de subsolos.

A instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva traz benefícios ecológicos, por exemplo, a diminuição de enchentes nos centros urbanos, reduzindo assim prejuízos financeiros ao governo, a conscientização das pessoas com relação a sustentabilidade, e também a economia de água tratada.

No trabalho foi realizado o dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, método mais utilizado, e viu-se a necessidade da implantação de um reservatório de 49 m³ para que a água pluvial seja empregada para fins não potáveis, para a lavagem dos subsolos, trazendo uma economia mensal no preço do condomínio para cada morador.

Conclui-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em um edifício residencial é viável tecnicamente. Porém, é necessário que seja feito cálculos complementares visando o custo da construção do sistema inteiro de captação e distribuição da água pluvial, fazendo uma comparação com a economia que o

sistema traz por mês para o condomínio, verificando quando será possível ter um retorno financeiro do investimento, analisando assim, se é viável economicamente.

## REFERÊNCIAS


ACBMAC. **Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água da Chuva.** Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/>. Acesso em: Setembro 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

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

BONA, Berenice de Oliveira. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em edificações multifamiliar na cidade de Carazinho (RS).** 2014. 34f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2014.

CLIMATEMPO. Disponível em <https://www.climatempo.com.br/climatologia/278/maringa-pr> Acesso em: 20 out. 2017.

COFFEENG. Disponível em <http://coffeeeng.blogspot.com.br/2015/10/captacao-de-agua-da-chuva.html> Acesso em 17 set. 2017.

EDUCACIONAL. Disponível em <http://www.educacional.net/reportagens/aguas_abril/parte-07.asp>. Acesso em 19 set. 2017.

FARINHA, F.; ROCHETA, V. Práticas de projecto e construtivas para a construção sustentável. In: **3º Congresso Nacional de Construção. Universidade de Coimbra.** 2007.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

INFOESCOLA. Disponível em <https://www.infoescola.com/geografia/ciclo-hidrologico-ciclo-da-agua/>. Acesso em: 17 set. 2017.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

PARANÁ (Estado). Decreto nº 3576, de 29 de fevereiro de 2016. Reajuste as tarifas dos serviços públicos de abastecimento de água tratada e de esgotamento sanitário por ela prestados – SANEPAR. Diário oficial, Curitiba, PR, 29 fev. 2016.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia básica.** 13ª reimp. São Paulo: Blucher, 2011.

SILVEIRA, B.Q. **Reuso da Água Pluvial em Edificações Residenciais.** Monografia Apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da

UFMG (Tecnologia e Produtividade das Construções) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2008. 44p.

TECNOLOGIASOCIAL. Disponível em <http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/banco-de-tecnologias-sociais/pesquisar-tecnologias/detalhar-tecnologia-204.htm>. Acesso em 19 set. 2017.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar, 2015.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. 5ª reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013.

UNITERRAS. Disponível em <http://www.uniterras.com.br/uniblog/calha-entupida-nunca-mais>. Acesso em 17 set. 2017.

VASCONCELOS, L. F. de; FERREIRA, O. M. **Captação de água de chuva para uso domiciliar: estudo de caso.** Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/>. Acesso em: Setembro 2017.

.