

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO CERRADO PATROCÍNIO
UNICERP
Graduação em Engenharia Civil

RAPHAEL HENRIQUE FERNANDES

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA RESERVAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA
ÁGUA DA CHUVA PARA RESIDÊNCIAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE NA
CIDADE DE PATROCÍNIO-MG**

PATROCÍNIO/ MG
2018

RAPHAEL HENRIQUE FERNANDES

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA RESERVAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA
ÁGUA DA CHUVA PARA RESIDENCIAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE NA
CIDADE DE PATROCÍNIO-MG**

Trabalho Monográfico de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do grau de bacharel em Engenharia
Civil, pelo Centro Universitário do Cerrado
Patrocínio – UNICERP.

Orientador: Prof^a. Esp. Priscilla Assis
Mendonça.

PATROCÍNIO/MG

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

624

C321e

Fernandes, Raphael Henrique.

Estudo da viabilidade da reservação do sistema de captação da água da chuva para residências de pequeno e médio porte na cidade de Patrocínio-MG

/Raphael Henrique Fernandes. – Patrocínio: Centro Universitário do Cerrado, 2018.

Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário do Cerrado Patrocínio.
Curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Priscilla Assis Mendonça.

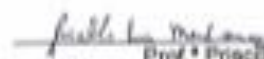
1. Estudo da viabilidade para implantação do sistema de captação da água da chuva para residências de pequeno e médio porte na cidade de Patrocínio-MG

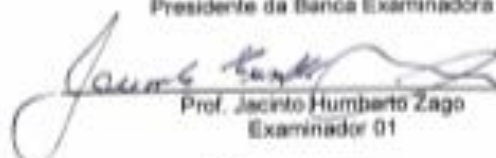
ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 6 dias do mês de dezembro de 2018, às 21:30 horas, em sessão pública na sala 701-06 deste Campus Universitário, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Priscilla Assis Mendonça e composta pelos examinadores:

1. Prof. Jacinto Humberto Zago
2. Prof. Me. Goubyan Borges Guimarães.

e aluno Raphael Henrique Fernandes apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Estudo da viabilidade para implantação do sistema de captação da água da chuva para residências de pequeno e médio porte na cidade de Patrocínio-MG como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Engenharia Civil. Após reunião em sessão reservada, os professores decidiram da seguinte forma: O Avaliador 01 decidiu pela Aprovação o Avaliador 02 decidiu pela Aprovação sendo resultado final da Banca Examinadora, a decisão final pela Aprovação do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao aluno e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo aluno.


Prof.ª Priscilla Assis Mendonça
Presidente da Banca Examinadora


Prof. Jacinto Humberto Zago
Examinador 01


Prof. Me. Goubyan Borges Guimarães
Examinador 02


Raphael Henrique Fernandes
Aluno

DEDICO este estudo aos meus pais, Carlos Roberto Fernandes, e Cleidia Fátima da Silva, ao meu irmão, André Alves Ferreira, e a todos que de alguma forma me ajudaram na caminhada para chegar até aqui. Todos tiveram a sua importância, e deixo aqui o meu sentimento de gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao bom Deus que me permitiu caminhar essa jornada e chegar até aqui com saúde, disposição, e uma fé inabalável em um futuro melhor e promissor.

Agradeço também aos meus pais Carlos Roberto Fernandes, Cleidia Fátima da Silva, essenciais em todos os âmbitos de minha vida, aos quais eu devo tudo o que sou e o que ainda me tornarei, ao meu irmão André Alves Ferreira, ao meu sobrinho Matheus Alves Ferreira, a minha avó Benedita Conceição da Silva e a minha companheira de caminhada Larissa Mateus Silva, os quais me apoiaram sempre e não me deixaram jamais desanimar, dando-me o chão quando tudo parecia se complicar. Sem vocês este sonho não seria possível de ser alcançado.

A minha orientadora, Prof. Priscilla Assis Mendonça, que foi fundamental para que eu aqui chegasse, com o seu apoio, compartilhando conhecimentos, paciência e muita dedicação.

A todos os familiares e amigos que de alguma forma contribuíram para que a caminhada valesse a pena, com conselhos, broncas, palavra amiga, enfim, todos tiveram a sua contribuição.

A todos o meu sincero muito obrigado.

RESUMO

Introdução: Em decorrência das grandes transformações da sociedade, houve um aumento imensurável da utilização de recursos naturais, dentre os quais à água, que, ainda que tida como abundante, aos poucos foi perdendo à sua potabilidade pelo constante uso e reuso. A construção civil, indústrias, agricultura, e até mesmo o uso residencial, são áreas onde os gastos deste recurso são extremamente altos. Visto isso, faz-se necessário adotar medidas pontuais, dentre as quais inclui-se como uma das mais simples e eficazes, o aproveitamento da água da chuva. Este trabalho trás uma análise da viabilidade da instalação residencial do sistema de captação de água da chuva, com ênfase no projeto e dimensionamento do reservatório de água em residências de pequeno e médio porte. **Materiais e métodos:** O estudo foi desenvolvido através da análise da média pluviométrica da região de Patrocínio-MG, e a partir desses dados, através do método de Rippl, realizou-se o levantamento do volume necessário do reservatório para uma residência de 100 m² com 4 moradores, e para uma residência de 200 m² com 6 moradores, e em seguida foi feito em campo o orçamento e investimento necessário para a implantação em residências de pequeno e médio porte. **Resultados:** O trabalho consistiu no dimensionamento de reservatório e análise de materiais para a implantação do sistema em residências de 100 m² e 200 m². **Conclusão:** A viabilidade ambiental é inegável, e de acordo com os resultados, a viabilidade econômica apresenta pontos positivos e negativos, cabendo análise por parte dos envolvidos na execução.

Palavras-chave: Água, Sistema de aproveitamento de água, viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um sistema de aproveitamento de água de chuva	19
Figura 2 - Índice pluviométrico mensal para a cidade de Patrocínio.....	24
Figura 3 - Exemplo da construção de tabela para aplicação do método de Rippl.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Calculo para residência de 100 m ² de área de captação com 4 habitantes e demanda mensal de 7.200 L	28
Tabela 2 - Calculo para residência de 200 m ² de área de captação com 6 habitantes e demanda mensal de 10.400 L	29
Tabela 3 - Cálculo de gastos para a construção de reservatório para residências de 100 m ² e 200 m ²	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
NBR	Norma Brasileira
N ^a	Norma
MG	Minas Gerais
L	Litros
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
n ^o	Número
cm	Centímetros
kg	Quilo gramas
Mpa	Megapascal
II	Pi
r	Raio
h	Altura
V	Volume
V _t	Volume total
C	Circunferência
R\$	Real
Pa	Médias totais anuais de precipitação
V _a	Volume de água aproveitável
D _a	Demanda anual
A	Área da superfície de captação
R	Runoff

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
3	OBJETIVO	15
3.1	Objetivo Geral.....	15
3.2	Objetivo Específico	15
4	JUSTIFICATIVA	15
5	DESENVOLVIMENTO	17
5.1	INTRODUÇÃO.....	18
5.2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
5.2.1	Qualidade da água captada.....	20
5.2.2	Métodos disponíveis e método utilizado.....	20
5.2.3	Construção do reservatório para captação de água da chuva	22
5.3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
5.3.1	Detalhamento dos cálculos para dimensionamento do reservatório.....	24
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO	32
5.6	REFERÊNCIAS.....	32
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO	34
7	REFERÊNCIAS.....	35
	ANEXOS	36
	ANEXO I – Porcentagem de distribuição de água no mundo	36

ANEXO II – Inspeção do sistema de aproveitamento de água de chuva nas seguintes proporções	36
ANEXO III – Construção de um reservatório com placas de concreto.....	37
ANEXO IV – Processo de construção de placa para laje de um reservatório.....	37
ANEXO V – Reservatório concluído em área rural.....	38
ANEXO VI – Tarifa de água e esgotos para a cidade de Patrocínio-MG	39
ANEXO VII– Memória de cálculo para a construção do reservatório	40

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos em que o homem deixou de ser nômade para fixar moradia, tornou-se fundamental permanecer próximo a rios e lagos, lugares onde houvesse abundância de água para o consumo e higiene, mas principalmente para a agricultura, pois não mais viveriam apenas de caça e pesca como outrora.

Nas últimas décadas, o desmatamento de encostas e das matas ciliares, e o uso inadequado do solo, se tornaram fatores agravantes para a diminuição da qualidade e quantidade de água disponível.

Tendo em vista todas estas informações, será apresentada uma forma eficaz para a economia de água potável e responsabilidade social, o aproveitamento de água da chuva, feito neste trabalho através do método de Rippl.

Trata-se do método pelo qual implanta-se na residência ou outro tipo qualquer de construção um sistema utilizado para captar à água da chuva, e posteriormente esta mesma água é utilizada para atividades comuns que não exijam o uso de água potável.

Sendo este um investimento que proporcionará economia no uso da água fornecida pela concessionária responsável pelo abastecimento da cidade, e consequentemente gerando também economia financeira para o proprietário do imóvel dotado do sistema em questão.

Este trabalho objetivou-se mostrar ao cidadão comum o quão é possível gerar economia financeira paralelo ao cuidado com o nosso planeta.

Foi demonstrado passo a passo como se dá o processo de construção do sistema, memória de cálculo, pesquisas de mercado, materiais e itens necessários, e por fim uma estimativa da economia gerada.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Neste trabalho buscou-se desenvolver o estudo da viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva em residências de pequeno e médio porte na cidade de Patrocínio-MG, com ênfase no dimensionamento do reservatório, através do método de Rippl, e posteriormente analisar o investimento médio necessário e o provável tempo de recuperação do investimento financeiro.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Levantar o investimento necessário e analisar a sua viabilidade para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, com ênfase no dimensionamento e construção do reservatório, em residências de pequeno e médio porte no município de Patrocínio, Minas Gerais, de acordo com o regime pluviométrico vigente na região.

Levantar a economia média que a implantação do sistema acarretará mensalmente, e com estes dados em mãos, julgar viável ou não viável, economicamente e ambientalmente.

3.2 Objetivo Específico

Apresentar a sociedade patrocínense os benefícios do investimento, em valores reais, e o tempo estimado de retorno do valor investido para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.

4 JUSTIFICATIVA

De um modo geral, recursos hídricos tornaram-se um fator de preocupação para todos os povos e nações, devido ao grande crescimento populacional, grandes demandas de consumo desse recurso, e a sua má utilização. Faz-se necessário a conscientização e a busca por métodos para a minimização do impacto gerado pelo ser humano.

Este trabalho surgiu como um meio para o conhecimento deste método ainda pouco empregado na região de Patrocínio-MG.

5 DESENVOLVIMENTO

ESTUDO DA VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA RESIDÊNCIAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE NA CIDADE DE PATROCÍNIO-MG

Raphael Henrique Fernandes¹

Priscilla Assis Mendonça²

RESUMO

Introdução: Em decorrência das grandes transformações da sociedade, houve um aumento imensurável da utilização de recursos naturais, dentre os quais a água, que, ainda que tida como abundante, aos poucos foi perdendo a sua potabilidade pelo constante uso e reuso. A construção civil, indústrias, agricultura, e até mesmo o uso residencial, são áreas onde os gastos deste recurso são extremamente altos. Visto isso, faz-se necessário adotar medidas pontuais, dentre as quais inclui-se como uma das mais simples e eficazes, o aproveitamento da água da chuva. Este trabalho trás uma análise da viabilidade da instalação residencial do sistema de captação de água da chuva, com ênfase no projeto e dimensionamento do reservatório de água em residências de pequeno e médio porte. **Materiais e métodos:** O estudo foi desenvolvido através da análise da média pluviométrica da região de Patrocínio-MG, e a partir desses dados, através do método de Rippl, realizou-se o levantamento do volume necessário do reservatório para uma residência de 100 m² com 4 moradores, e para uma residência de 200 m² com 6 moradores, e em seguida foi feito em campo o orçamento e investimento necessário para a implantação em residências de pequeno e médio porte. **Resultados:** O trabalho consistiu no dimensionamento de reservatório e análise de materiais para a implantação do sistema em residências de 100 m² e 200 m². **Conclusão:** A viabilidade ambiental é inegável, e de acordo com os resultados, a viabilidade econômica apresenta pontos positivos e negativos, cabendo análise por parte dos envolvidos na execução.

Palavras-chave: Água, Sistema de aproveitamento de água, viabilidade econômica.

ABSTRACT

Introduction: As a result of the great transformations of society, there has been an immeasurable increase in the use of natural resources, including water, which, although considered as abundant, gradually lost its potability through constant use and reuse. Construction, industries, agriculture, and even residential use are areas where the expenditure of this resource is extremely high. Given this, it is necessary to adopt specific measures, among which include the use of rainwater as one of the simplest and most effective. This work presents an analysis of the viability of the residential installation of the rainwater harvesting system, with emphasis on the design and dimensioning of the water reservoir in small and medium sized

¹ Autor, Graduando em Engenharia Civil pelo UNICERP.

² Orientador, Professor da Graduação do UNICERP, Especialista em Avaliações e Perícias de engenharia.

residences. **Materials and methods:** The study was developed through the analysis of the rainfall average of the region of Patrocínio-MG, and from these data, through the Rippl method, the required volume of the reservoir was surveyed for a residence of 100 m² with 4 residents, and for a residence of 200 m² with 6 residents, and then the field and the necessary budget for the implantation in small and medium sized residences were made. **Results:** The work consisted in reservoir sizing and material analysis for the implantation of the system in residences of 100 m² and 200 m². **Conclusion:** The environmental feasibility is undeniable, and according to the results, economic viability presents positive and negative points, being analyzed by those involved in the execution.

Keywords: Water, Water utilization system, economic viability.

5.1 INTRODUÇÃO

As condições de distribuição da água no planeta são um tanto quanto desiguais. Cerca de 97 % da disponibilidade mundial da água está nos oceanos (água salgada), ou seja, água imprópria para o consumo humano.

Outros 2,493% desta água encontra-se em regiões polares ou subterrâneas (aquíferos), de difícil aproveitamento, e somente 0,507% da água disponível é própria para o consumo humano, encontrando-se em rios, lagos e pântanos (água doce) (SAVEH 2017).

Algumas regiões do planeta possuem abundância do recurso, enquanto outras regiões sofrem de extrema carência do mesmo.

Paralelo ao passo que as nações avançam em suas economias e busca por novas tecnologias, surgem as preocupações quanto aos danos gerados ao meio ambiente e aos recursos por ele gerados, dentre os quais a água.

Mostra-se necessário total atenção e dedicação para a preservação deste bem, para que todos tenham o direito ao acesso, e todos saibam cuidar e preservar.

Na busca por amenizar um pouco dos impactos causados pela ação humana, há um método que vem sendo amplamente utilizado em alguns países, e pode ser apontado como um caminho a ser seguido. Trata-se do chamado aproveitamento de água da chuva.

Relativamente simples, o sistema consiste em captar a água da chuva que precipita no telhado de uma residência, encaminhando-a para um reservatório para logo ser usada em atividades que não demandem o uso de água potável no próprio local, conforme Figura 1.

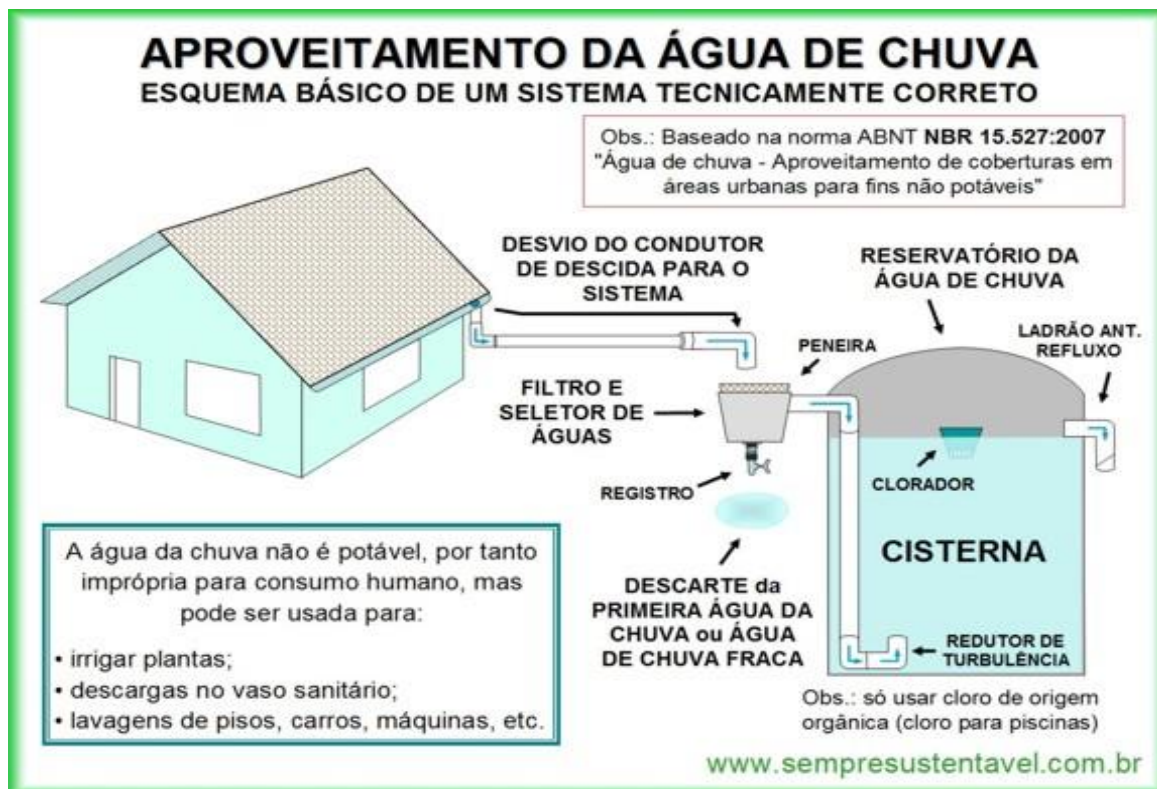


Figura 1 - Esquema de um sistema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: sempresustentavel.com.br

Na cidade de Patrocínio este sistema não possui grande repercussão, apesar de ser uma realidade o fato de que vários bairros já sofrem com o racionamento da distribuição por parte da concessionária.

5.2 REVISÃO DE LITERATURA

As águas das chuvas são extremamente fundamentais para o desenvolvimento de espécies vegetais, reabastecimento de rios, aquíferos, e conseqüentemente para a sobrevivência humana.

Atualmente a água tem se tornado um recurso cada vez mais escasso, e algumas regiões já passam por racionamento.

Devido essas condições a qual foram citadas, e para regularizar e melhorar o método do uso de água da chuva, em 2007 foi publicada a “NBR 15527/2007 – Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”. A referida norma foi criada com o seguinte objetivo:

“Norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.”

Durante o processo de precipitação, as partículas de água da chuva vão carregando consigo as partículas de poeira e poluição suspensas pelo ar, motivo pelo qual a água reservada por este método tem seu uso limitado a fins sem exigência de água com potabilidade.

Descarga de vaso sanitário, limpeza de quintal e passeios, rega de jardim são algumas das várias possibilidades de destino para a água captada.

5.2.1 Qualidade da água captada

Vários fatores influenciarão à qualidade da água em um sistema de captação, dentre eles a superfície de captação.

Ao cair, a chuva traz consigo elementos indesejáveis presentes na atmosfera, e também capta as sujeiras contidas no telhado.

Uma medida simples e eficaz a ser adotada é o descarte da água da chuva inicial, conhecido como first flush. Refere-se ao descarte da primeira chuva, a qual é a mais poluída. Seguindo a NBR 15527/2007, esse descarte está em torno dos primeiros 2 mm precipitados.

A norma recomenda o uso de um dispositivo automático dimensionado com a finalidade de remover a “primeira água da chuva”, diminuindo a concentração de impurezas nesta.

Além da coleta do “first flush”, à água captada também deve ser clorada para a melhora da qualidade.

Em seu livro, o autor Plínio Tomas (2010) recomenda o uso de um dosador automático de cloro na saída da bomba de recalque, destacando o uso da água captada em descargas de bacias sanitárias e a importância da desinfecção.

5.2.2 Métodos disponíveis e método utilizado

Existem alguns métodos disponíveis para o cálculo do volume necessário do reservatório, dentre os quais:

- Método de Rippl
- Método Azevedo Neto
- Método prático alemão

O método Azevedo Neto, por exemplo, é calculado através de uma fórmula simples, da seguinte maneira: $\text{Volume (V)} = 0,042 \times \text{precipitação média anual (P)} \times \text{área de captação de água (A)} \times \text{número de meses de pouca chuva (T)}$.

Trata-se de um método simples, porém limitado, visto que o dimensionamento através deste procedimento não diferencia o período seco do período chuvoso, apegando-se apenas a uma média, a qual pode resultar em um reservatório subdimensionado.

Já o método prático alemão sugere que o volume do reservatório corresponde a 6 % do menor valor entre a demanda de água pluvial anual e o volume de água de chuva que poderá ser aproveitada durante um ano (ABNT, 2007).

O cálculo por este método é feito através da seguinte equação:

$$V = 0,06 \times \text{mínimo (Da; Va)}; \text{ onde } Va = Pa \times R \times A$$

Onde V= volume do reservatório em litros; Da = demanda anual de água pluvial em litros; Va = volume de água aproveitável durante um ano em litro; Pa é a média dos totais anuais de precipitação em milímetros; R = coeficiente de Runoff; e A = área da superfície de captação.

Para esta pesquisa foi utilizado o método de Rippl, que consiste em usar as médias históricas mensais ou diárias de precipitação de determinado local.

O método de Rippl tem como base o conceito de que há uma regularização na vazão, fundamentando-se na hipótese de que será possível armazenar o excesso de água no período chuvoso, com o objetivo de compensar os períodos mais secos, utilizando a água acumulada (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Estudiosos aconselham a adoção de métodos mais conservadores para regiões com uma precipitação mensal elevada, e métodos que super dimensionem para regiões onde haja maiores períodos de seca, sendo este o principal motivo para a escolha do método de Rippl para a realização deste trabalho.

Adotada a precipitação média mensal, faz-se o dimensionamento do reservatório para suprir as necessidades mensais requisitadas para os fins não potáveis.

Constrói-se uma planilha com as seguintes colunas:

1. Meses;

2. Chuva média mensal;
3. Demanda constante mensal;
4. Área de captação;
5. Volume de chuva mensal;
6. Diferença entre os volumes de demanda subtraindo os volumes de chuva;
7. Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos;

Ao final do preenchimento dos dados da planilha, obtém-se o volume mínimo necessário para o reservatório.

5.2.3 Construção do reservatório para captação de água da chuva

Todo o processo deverá obedecer às normas e seguir todos os seus critérios. Tomando esse pressuposto como verdade, a fundação deverá garantir a resistência e estabilidade do reservatório, transmitindo a sobrecarga para o terreno de forma uniformemente distribuída.

As águas subterrâneas, caso existam no momento da escavação, deverão ser totalmente esgotadas.

Outro ponto de extrema importância é o cuidado com a limpeza do local, deixando o totalmente livre de qualquer tipo de sujeiras nocivas ao concreto, folhas, galhos, animais, insetos.

Feito o processo de perfuração, execução das fundações e limpeza do local, o próximo passo é o lançamento de uma camada de 10 centímetros no fundo da escavação, no traço de 1:4:8 (cimento, areia grossa, brita nº 2).

As paredes serão compostas pela junção de placas pré-moldadas, e conforme indicado pela FUNASA (2017), nas dimensões de 35 cm x 40 cm x 10 cm, feitas de concreto no traço 1:4:8, e rejuntadas com argamassa de cimento e areia no traço 1:4, com espessura de no mínimo 1 cm e máximo de 2,5 cm.

Deverão ser ásperas, facilitando a posterior aplicação do reboco.

O revestimento na parte interna do reservatório será executado no traço 1:4 cimento e areia, com a inclusão de aditivo impermeabilizante (a escolha do projetista, o aditivo deverá ter eficácia comprovada), com 2 cm de espessura.

Ainda seguindo o pressuposto pela FUNASA (2017), e os preceitos das normas brasileiras, a cobertura do reservatório deverá ser na forma de laje pré-moldada para piso, com

sobrecarga de 200 kg/m², espessura de 8 cm, e vãos de até 3,5 m, concreto fck=20 Mpa, com escoramento, e possivelmente ferragem negativa.

O traço para o concreto a ser utilizado na laje é de 1:3:4 (cimento, areia grossa, brita nº1).

Ainda segundo o projeto da FUNASA (2017), a quantidade de armação, bitolas das mesmas, adoção de ferragem negativa ou não, tipo do cimento serão de acordo com cada caso, volume, condições de terreno, ficando à cargo do projetista estas especificações.

A laje de cobertura deverá conter uma entrada de inspeção, de no mínimo 80 cm de diâmetro.

5.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho se desenvolveu baseado em pesquisa bibliográfica e documental, utilizando-se o método de pesquisa dedutiva.

Como técnica de pesquisa foi utilizado um método já existente, o método de RIPPL, que consiste em pegar a média pluvial anual e os gastos médios de água em uma determinada residência, tornando assim possível o cálculo de materiais, área, volume e viabilidade do reservatório.

Num primeiro momento foi feito a análise do índice pluviométrico na região, e o cálculo médio de gastos de água para fins não potáveis em residências de pequeno e médio porte, que representa a tipologia eminente da cidade.

Foram utilizados dados de intensidade pluviométrica mensal da cidade de Patrocínio (Figura 2), com dados disponíveis para consulta no site do INMET (2017).

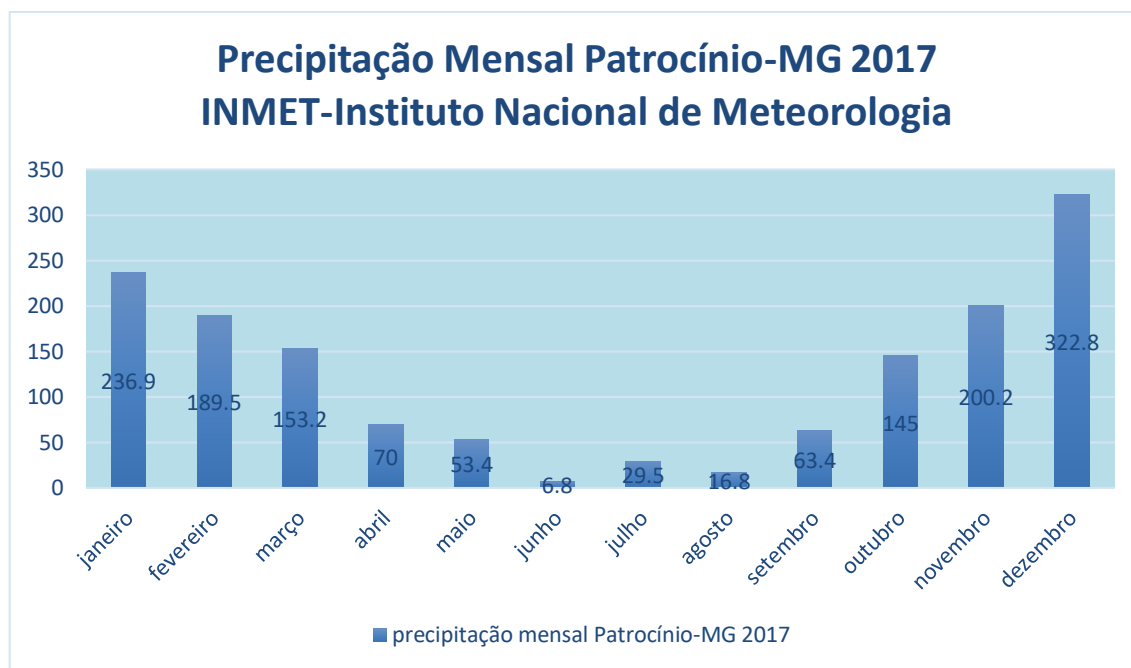


Figura 2 - Índice pluviométrico mensal para a cidade de Patrocínio-MG

Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2017.

A partir do volume necessário do reservatório, foi feito o orçamento com dados praticados na região, no intuito de obter os valores para construção do reservatório, sistema de bombeamento e filtro do sistema de captação.

Por fim, analisou-se os custos para a implantação do sistema e sua viabilidade.

5.3.1 Detalhamento dos cálculos para dimensionamento do reservatório

Primeiramente faz-se o cálculo do consumo médio mensal da residência em questão. O cálculo foi feito da seguinte forma: Estudos mostram que o brasileiro consome em média 200 l de água diariamente, entre usos potáveis e não potáveis, sendo um dos maiores índices de gastos do planeta. A ABNT NBR 15527/2007 avalia que cerca de 30% desse consumo vai para o uso de fins não potáveis.

Para uma casa com 4 pessoas por exemplo, foi feito desta maneira: $(200 \times 30\%) \times 30$ dias $\times$ 4 pessoas = 7.200 l mensais.

Com o valor do consumo mensal, com a precipitação média mensal da região, e a área de captação de água da chuva, foram preenchidas as colunas da tabela da seguinte forma:

Na coluna 1 estão os meses do ano, de janeiro a dezembro.

Na coluna 2 estão as precipitações médias mensais da região a ser implantado o reservatório.

Na coluna 3 estão o consumo mensal em m^3 de acordo com as necessidades pré-estabelecidas.

A coluna 4 apresenta a área de captação em m^2 de água da chuva.

Plinio Tomas (2010) em seu livro “Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis” deixa explícito a necessidade do uso do coeficiente de Runoff:

“Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isto usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de Runoff que é o quociente entre a água que escoar superficialmente pelo total da água precipitada.

Usa-se a letra C para o coeficiente de Runoff. Portanto, a perda de água de chuva que irá ser considerada é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras. ”

Na coluna 5 estão os volumes mensais em m^3 captados no reservatório de acordo com a quantidade de chuvas.

Foram obtidos multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4, e pelo coeficiente de Runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000 para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

A coluna 6 se dá pela diferença entre o volume de consumo e o volume das chuvas mensais, ou seja, coluna 3 menos a coluna 5. Em caso de resultado negativo, a quantidade de água de chuva mensal excede o volume necessário, e em caso de valor positivo, o consumo daquele mês é superior ao captado.

A coluna 7 é simplesmente o somatório do valor do mês na coluna 6 somado ao valor anterior na coluna 7.

A coluna 8 traz apenas algumas considerações: (E) = água extravasando; (D) = reduzindo o volume no reservatório de água; (S) = aumentando o volume no reservatório.

O resumo dos passos acima encontra-se na Figura 3.

1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre os volumes da demanda-volume de precipitação	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	mm	m³	m²	m³	m³	m³	
Janeiro							
Fevereiro							
Março							
Abril							
Maio							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							

Figura 3 - Exemplo da construção de tabela para aplicação do método de Rippl

Fonte: Dados de pesquisa.

Calculado o volume necessário do reservatório para bem atender a propriedade que estará sendo analisada, o próximo passo foi a escolha da locação, dimensões e tipo de material.

Para a escolha do tipo de material do reservatório, alguns fatores foram levados em conta, tais como: Localização da obra, condições sócias econômicas, índice pluviométrico da região, disponibilidade de materiais

Adotou-se reservatório em blocos pré-moldados por questões de facilidade construtiva.

Para a construção do reservatório, foi tomado como base o modelo proposto pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2017).

Para o orçamento, fez-se pesquisa de mercado chegando aos seguintes valores de acordo com uma média de preços praticados:

- Concreto traço 1:4:8 = R\$ 250,00m³.

- Concreto traço 1:3:4 = R\$ 290,00/m³.
- Impermeabilizante = R\$ 215,00 lata 3,6 L.
- Filtro coletor utilizado para captação de água da chuva (marca: ponteira, modelo 536) = R\$ 275,00.

Mão de obra baseada em uma média de valores praticados no mercado de Patrocínio:

- Pedreiro 130 R\$/dia, servente R\$ 100/dia. (Um pedreiro e dois serventes trabalhando)

Tubulação vertical e horizontal dependerá da distância do reservatório, volume de água a ser transportada, não podendo ser definida sem o projeto e planta.

Motobomba 2 polegadas e 7 HP's de potência em torno de R\$ 1 mil, podendo ser encontrada com valores a baixo ou acima.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a residência de 100 m² de área de captação e 4 habitantes, há uma demanda mensal de aproximadamente 24.000 L de água, dos quais, como já foi dito, 30% é utilizada para fins não potáveis, o que corresponde a 7.200 L/mês, valor encontrado na coluna 3 da tabela 1.

Tabela 1 - Calculo para residência de 100 m² de área de captação com 4 habitantes e demanda mensal de 7.200 L

1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volumes da demanda- volume precipitado	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	Mm	m³	m²	m³	m³	m³	
Janeiro	236,9	7,2	100	18,95	-11,7		E
Fevereiro	189,5	7,2	100	15,16	-7,96		E
Março	153,2	7,2	100	12,25	-5,05		E
Abril	70	7,2	100	5,6	1,6	1,6	D
Maio	53,4	7,2	100	4,27	2,93	4,53	D
Junho	6,8	7,2	100	0,544	6,65	11,18	D
Julho	29,5	7,2	100	2,36	4,84	16,02	D
Agosto	16,8	7,2	100	1,34	5,85	21,87	D
Setembro	63,4	7,2	100	5,07	2,13	24	D
Outubro	145	7,2	100	11,6	-4,4		S
Novembro	200,2	7,2	100	16,01	-8,8		S
Dezembro	322,8	7,2	100	25,82	-18,62		S
Σ						24,00 m³	

Fonte: Dados de pesquisa.

Para a residência de 200 m² de área de captação e 6 habitantes, a demanda mensal será de 36.000 L de água, dos quais 10.800 L se destinarão ao uso para fins não potáveis, valor encontrado na coluna 3 da Tabela 2.

Tabela 2 - Calculo para residência de 200 m² de área de captação com 6 habitantes e demanda mensal de 7.200 L

1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	VOLUME de chuva mensal	Diferença entre os volumes da demanda- volume	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	
Janeiro	236,9	10,8	200	37,9	-27,1		E
Fevereiro	189,5	10,8	200	30,3	-19,5		E
Março	153,2	10,8	200	24,5	-13,7		E
Abril	70	10,8	200	11,2	-0,4		E
Maio	53,4	10,8	200	8,54	2,26	2,26	D
Junho	6,8	10,8	200	1,08	9,72	11,98	D
Julho	29,5	10,8	200	4,72	6,08	18,06	D
Agosto	16,8	10,8	200	2,68	8,12	26,18	D
Setembro	63,4	10,8	200	10,14	0,66	26,84	D
Outubro	145	10,8	200	23,2	-12,4		S
Novembro	200,2	10,8	200	32,03	-21,2		S
Dezembro	322,8	10,8	200	51,6	-40,8		S
Σ						27,00 m³	

Fonte: Dados da pesquisa.

Com os dados dos volumes necessários para cada um dos casos, foi feito o levantamento do gasto de materiais para a construção do reservatório, e os adjacentes para o seu perfeito funcionamento.

Para a residência de 100 m² de área de captação o resultado foi um reservatório de 24 mil litros para suprir a demanda. Sendo assim, foi adotado um reservatório circular com 3,5 m de diâmetro e 2,5 m de profundidade.

Ao calcular-se a circunferência, obteve-se um resultado de 11 m, e assim foram calculados os materiais.

Cada placa possuirá 35 cm de comprimento, 40 cm de altura e 10 cm de profundidade, projetando-se então 6,5 placas na vertical, a qual arredondaremos para 7 placas, e 32 placas no sentido horizontal, totalizando 256 placas nessas dimensões.

O volume total utilizado na construção das placas foi de 3,136 m³ de concreto.

Para a base foi adotado uma espessura de 10 cm, multiplicado por sua área contabilizando um total de 0,962 m³ de concreto.

Volume total de 3,136 m³ somado aos 0,962 m³, chegando a 4,1 m³ de concreto utilizado na sua construção.

No caso da residência com 200 m³ de área de captação, o resultado foi um reservatório de 27 mil litros, com os mesmos 3,5 m de comprimento, porém com 2,8 m de profundidade.

As placas terão as mesmas dimensões, contabilizando um volume de concreto de 3,136 m³, e na base um consumo de 0,962 m³.

O volume total de concreto utilizado para a construção do reservatório neste caso foi de 4,1 m³.

Haverá ainda outros gastos não contabilizados, como ferragens (a quantidade e bitolas dependerão dos resultados dos cálculos de projeto), bomba de recalque, utilização ou não de máquinas para escavação, aluguel de betoneira, aluguel de caçamba, dentre outros.

A seguir na Tabela 3 tem-se o cálculo de gasto para a construção de reservatório para cada residência.

Tabela 3 - Cálculo de gastos para a construção de reservatório para residências de 100 m² e 200 m²

ITEM	100 m ²	200 m ²
Base, paredes e laje e revestimento do reservatório	R\$ 1.063,00	R\$ 1.063,00
Filtro	R\$ 275,00	R\$ 275,00
Impermeabilizante	4 (latas) x 215,00 R\$ = R\$ 860,00	4 (latas) x 215,00 = R\$ 860,00
Mão de obra*	R\$ 6.000	R\$ 6.000
Motobomba	R\$ 1.000	R\$ 1.000
Σ	R\$ 9.198,00	R\$ 9.198,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Neste ponto é possível calcular o tempo de retorno do valor investido, que se dará da seguinte forma:

Para a residência de 100 m² com um consumo médio de 24.000 L de água mensais, aproximadamente 7.200 L (30%) são utilizados para fins não potáveis, contabilizando uma dívida em torno de R\$ 120,00 mensais de acordo com a tabela fornecida pela concessionária responsável pela distribuição de água na cidade, DAEPa- Departamento de Água e Esgoto de Patrocínio.

De tal modo, uma economia aproximada de R\$ 36,00 mensais será gerada pelo uso do sistema de aproveitamento de água da chuva nesta residência.

Analizando o tempo de retorno para o valor investido no primeiro caso, chegamos ao seguinte resultado: $R\$ 9.198,00 / R\$ 36,00 = 255,5$ meses.

Dividindo-se o número de meses por 12 e supondo que mantenha-se o gasto mensal e a tarifa cobrada, chegaremos à conclusão que o valor investido será recuperado em aproximadamente 21 anos e 3 meses.

Já para uma residência de 200 m², e consumo médio de 36.000 L, com um gasto mensal médio de R\$ 200,00, aproximadamente R\$ 60,00 são destinados para fins não otáveis.

Seguindo o mesmo raciocínio, dividiremos o valor gasto pelo valor da economia mensal gerada pelo sistema: $R\$ 9.198,00 / R\$ 60,00 = 153$ meses.

Considerando que haverá uma regularização constante no gasto mensal e no valor da tarifa cobrada, e dividindo este resultado por 12, teremos aproximadamente 13 anos para o retorno do valor investido.

Feitos todos os cálculos e análises necessários, nota-se uma certa simplicidade na construção de todo o sistema.

Vale ressaltar, porém, alguns pontos negativos, os quais também deverão ser levados em conta, tais como: é necessário um espaço físico livre de grande proporção, visto que em ambos os casos propostos no trabalho, os reservatórios precisaram de um diâmetro de 3,5 m.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no estudo de caso para as residências de 100 m² e de 200 m², fica claro a viabilidade ambiental, notando-se a economia mensal de água potável gerada pelo uso desse sistema, e considerando-se a longo prazo, haverá também a viabilidade econômica na instalação do sistema de captação de água da chuva.

É necessário um investimento mediano, mas levando-se em conta o fato de uma redução também considerável no valor a ser pago mensalmente, é plausível dizer que seja um investimento válido.

Vale ainda ressaltar a importância de se ter opções em caso de racionamento ou até mesmo escassez nas épocas secas do ano, e este dispositivo possibilita esta condição.

E no quesito conscientização ambiental, os benefícios são ainda maiores, contribuindo para um futuro mais limpo e sustentável, conferindo a construção um diferencial e ainda agregando valor a mesma.

5.6 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

AMORIM, Simar V.; PEREIRA, Daniel J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.8, n.2, 2008.

FUNASA. **Fundação nacional de saúde**. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/melhorias-sanitarias-domiciliares/-/document_library_display/K57ftiTFrZDu/view/33561>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Brasília, 2017. Disponível em <www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

SAVEH. **Sistema de autoavaliação de eficiência hídrica**. Disponível em: <www.saveh.com.br>. Acesso em 20 de março de 2018.

SEMPRE SUSTENTAVEL. **Aproveitamento de agua de chuva de baixo custo para residências urbanas**. Disponível em <<http://sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>>. Acesso em 11 de novembro de 2017.

TOMAS, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.**
2º Ed. Navegar Editora, 2005.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no estudo de caso para as residências de 100 m² e de 200 m², fica claro a viabilidade ambiental, notando-se a economia mensal de água potável gerada pelo uso desse sistema, e considerando-se a longo prazo, haverá também a viabilidade econômica na instalação do sistema de captação de água da chuva.

É necessário um investimento mediano, mas levando-se em conta o fato de uma redução também considerável no valor a ser pago mensalmente, é plausível dizer que seja um investimento válido.

Vale ainda ressaltar a importância de se ter opções em caso de racionamento ou até mesmo escassez nas épocas secas do ano, e este dispositivo possibilita esta condição.

E no quesito conscientização ambiental, os benefícios são ainda maiores, contribuindo para um futuro mais limpo e sustentável, conferindo a construção um diferencial e ainda agregando valor a mesma.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

AMORIM, Simar V.; PEREIRA, Daniel J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.8, n.2, 2008.

FUNASA. **Fundação nacional de saúde**. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/melhorias-sanitarias-domiciliares/-/document_library_display/K57ftiTFrZDu/view/33561>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Brasília, 2017. Disponível em <www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

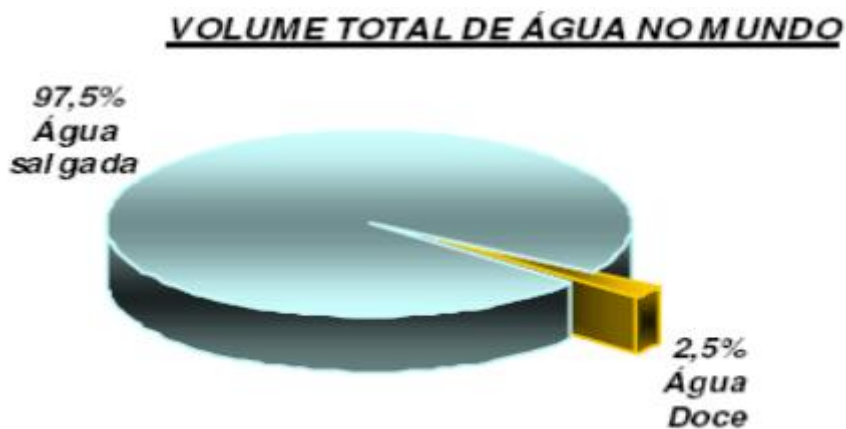
SAVEH. **Sistema de autoavaliação de eficiência hídrica**. Disponível em: <www.saveh.com.br>. Acesso em 20 de março de 2018.

SEMPRE SUSTENTAVEL. **Aproveitamento de agua de chuva de baixo custo para residências urbanas**. Disponível em <<http://sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>>. Acesso em 11 de novembro de 2017.

TOMAS, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2º Ed. Navegar Editora, 2005.

ANEXOS

ANEXO I – Porcentagem de distribuição de água no mundo



Fonte: Tomaz, Plinio. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis:2010

ANEXO II – Inspeção do sistema de aproveitamento de água de chuva nas seguintes proporções

COMPONENTE	FREQÜÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Tomaz, Plinio. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis:2010

ANEXO III – Construção de um reservatório com placas de concreto



Fonte: www.construindodecor.com.br

ANEXO IV – Processo de construção de placa para laje de um reservatório



Fonte: www.abcmac.org.br

ANEXO V – Reservatório concluído em área rural



ANEXO VI – Tarifa de água e esgotos para a cidade de Patrocínio-MG

TARIFA DE ÁGUA E ESGOTOS								DAEPA	
RESIDENCIAL				COMERCIAL				TAB. PROGRESSIVA RESIDENCIAL	
M3	VALOR	M3	VALOR	M3	VALOR	M3	VALOR	CONS. M³	ÍNDICE
1	3,98	51	327,19	1	7,97	51	613,74	0 a 10	1,00
2	7,97	52	333,61	2	15,94	52	625,77	11 a 20	1,10
3	11,95	53	340,02	3	23,91	53	637,81	21 a 30	1,21
4	15,94	54	346,44	4	31,88	54	649,84	31 a 40	1,33
5	19,92	55	352,85	5	39,85	55	661,88	41 a 50	1,46
6	23,91	56	359,27	6	47,82	56	673,91	51 a 60	1,61
7	27,89	57	365,69	7	55,79	57	685,94	61 a 70	1,77
8	31,88	58	372,10	8	63,76	58	697,98	71 a 80	1,95
9	35,86	59	378,52	9	71,73	59	710,01	81 a 90	2,14
10	39,85	60	384,93	10	79,70	60	722,05	91 a 100	2,36
11	48,22	61	430,24	11	96,43	61	748,66	101 a 140	2,59
12	52,60	62	437,29	12	105,20	62	760,94	141 a 180	2,85
13	56,98	63	444,35	13	113,97	63	773,21	181 a 220	3,14
14	61,37	64	451,40	14	122,73	64	785,48	221 a 260	3,45
15	65,75	65	458,45	15	131,50	65	797,76	261 a 300	3,79
16	70,13	66	465,50	16	140,26	66	810,03	301 a 340	4,17
17	74,52	67	472,56	17	149,03	67	822,30	341 a 380	4,59
18	78,90	68	479,61	18	157,80	68	834,58	381 a 420	5,05
19	83,28	69	486,66	19	166,56	69	846,85	acima 421	5,56
20	87,67	70	493,72	20	175,33	70	859,12		
21	101,25	71	551,70	21	202,51	71	877,05	TAB. PROGRESSIVA COMERCIAL	
22	106,08	72	559,47	22	212,15	72	889,41	CONS. M³	ÍNDICE
23	110,90	73	567,24	23	221,79	73	901,76	0 a 10	1,00
24	115,72	74	575,01	24	231,44	74	914,11	11 a 20	1,10
25	120,54	75	582,78	25	241,08	75	926,47	21 a 30	1,21
26	125,36	76	590,55	26	250,72	76	938,82	31 a 40	1,33
27	130,18	77	598,32	27	260,37	77	951,17	41 a 50	1,46
28	135,01	78	606,09	28	270,01	78	963,52	51 a 60	1,51
29	139,83	79	613,86	29	279,65	79	975,88	61 a 70	1,54
30	144,65	80	621,63	30	289,30	80	988,23	71 a 80	1,55
31	164,29	81	690,73	31	328,59	81	1013,49	81 a 90	1,57
32	169,59	82	699,25	32	339,19	82	1026,01	acima de 91	1,59
33	174,89	83	707,78	33	349,79	83	1038,52		
34	180,19	84	716,31	34	360,39	84	1051,03	TAXAS :	
35	185,49	85	724,84	35	370,98	85	1063,54	RESIDENC.	R\$ 2,3440
36	190,79	86	733,36	36	381,58	86	1076,06	COMERC.	R\$ 4,6880
37	196,09	87	741,89	37	392,18	87	1088,57	TX.EXPED.	ISENTO
38	201,39	88	750,42	38	402,78	88	1101,08		
39	206,69	89	758,95	39	413,38	89	1113,59	Obs. A taxa de esgoto é sempre 70% do valor da água	
40	211,99	90	767,47	40	423,98	90	1126,10		
41	238,53	91	855,78	41	477,06	91	1153,12	REAJUSTADA EM 01/07/2017	
42	244,35	92	865,18	42	488,70	92	1165,79		
43	250,17	93	874,58	43	500,33	93	1178,46		
44	255,98	94	883,99	44	511,97	94	1191,14		
45	261,80	95	893,39	45	523,60	95	1203,81		
46	267,62	96	902,80	46	535,24	96	1216,48		
47	273,44	97	912,20	47	546,87	97	1229,15		
48	279,25	98	921,60	48	558,51	98	1241,82		
49	285,07	99	931,01	49	570,15	99	1254,49		
50	290,89	100	940,41	50	581,78	100	1267,17		

Fonte: www.DAEPA.com.br

ANEXO VII– Memória de cálculo para a construção do reservatório

1. Para a residência com área de captação de 100 m², foi calculado um reservatório com volume de 28 m³, de acordo com a tabela anterior. Para este reservatório, teremos a seguinte situação:

Uma circunferência com diâmetro de 3,5 m (valor máximo que adotaremos, seguindo dados da FUNASA (2017), e uma profundidade de 3 m.

- Volume do cilindro = $\pi \times r^2 \times h$ (pi x raio elevado ao quadrado x altura)

$$V = \pi \times 1,75^2 \times 3,1 = 29,82 \text{ m}^3 \text{ volume total do reservatório.}$$

- Circunferência = $2 \times \pi \times r$

$$C = 2 \times \pi \times 1,75 = 11 \text{ m}$$

Cada placa possui 35 cm de comprimento, 40 cm de altura e 10 cm de profundidade, assim definiremos o número de placas:

$$\text{N}^\circ \text{ placas na vertical} = 3,1 / 0,4 = 8 \text{ placas no sentido vertical.}$$

$$\text{N}^\circ \text{ placas na horizontal} = 11 / 0,35 = 32 \text{ placas na horizontal.}$$

$$\text{N}^\circ \text{ total de placas} = 32 \times 8 = 256 \text{ placas.}$$

- Volume de cada placa:

$$0,4 \times 0,35 \times 0,1 = 0,014 \text{ m}^3$$

- Volume total de concreto utilizado na construção do reservatório:

$$V_t = 256 \times 0,014 = 3,584 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto utilizado para a base do reservatório:

$$\text{Área da base} = \pi \times r^2 = \pi \times 1,75^2 = 9,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume da base} = 9,62 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 0,962 \text{ m}^3$$

- Volume total de concreto utilizado:

$$V_t = 3,584 + 0,962 = 4,55 \text{ m}^3 \text{ de concreto}$$

2. Para à residência com área de captação de 200 m², foi calculado um reservatório com um volume de 19 m³. Para este reservatório, teremos a seguinte situação:

- Volume do cilindro = $\pi \times r^2 \times h$ (pi x raio elevado ao quadrado x altura)

$$V = \pi \times 1,75^2 \times 2,0 = 19,24 \text{ m}^3 \text{ volume total do reservatório.}$$

- Circunferência = $2 \times \pi \times r$

$$C = 2 \times \pi \times 1,75 = 11 \text{ m}$$

Cada placa possui 35 cm de comprimento, 40 cm de altura e 10 cm de profundidade, assim definiremos o número de placas:

$$\text{N}^\circ \text{ placas na vertical} = 2,0 / 0,4 = 5 \text{ placas no sentido vertical}$$

$$\text{N}^\circ \text{ placas na horizontal} = 11 / 0,35 = 32 \text{ placas na horizontal.}$$

Nº total de placas = $32 \times 5 = 160$ placas.

- Volume de cada placa:

$$0,4 \times 0,35 \times 0,1 = 0,014 \text{ m}^3$$

- Volume total de concreto utilizado na construção do reservatório:

$$V_t = 160 \times 0,014 = 2,24 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto utilizado para a base do reservatório:

$$\text{Área da base} = \pi \times r^2 = \pi \times 1,75^2 = 9,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume da base} = 9,62 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 0,962 \text{ m}^3$$

- Volume total de concreto utilizado:

$$V_t = 2,24 + 0,962 = 3,2 \text{ m}^3 \text{ de concreto}$$