



**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL
PARA USO NÃO POTÁVEL EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM
CASCAVEL – PR**

MELO, Karisthon¹
FORIGO, Camila²

RESUMO: Em virtude do crescimento da escassez da água, soluções estão sendo implementadas em diversas situações. Grande parte do consumo mundial é gerado por residências unifamiliares, onde normalmente se utiliza da água potável em várias atividades. Com base no contexto, o presente artigo tem por objetivo elaborar um projeto de reaproveitamento da água pluvial em uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Cascavel, salientando ao uso de serviços domésticos onde se restringe à lavagens de carros, calçadas e regadura de plantas. A metodologia do dimensionamento do sistema foi baseada nos métodos e conceitos estabelecidos pelas normas vigentes, sendo NBR 10844, NBR 15527 e NBR 5626, se classificando então como tecnicamente aplicável. Com relação à sustentabilidade é satisfatório ao uso, podendo economizar até 20% do consumo total. O projeto alcançou um custo de R\$ 7.356,25. Em termos de economia, o consumo total não potável atingiu somente R\$ 29,7 ao mês, comparando ao valor do consumo cobrado pela SANEPAR.

Palavras-chave: Reaproveitamento. Água pluvial. Dimensionamento. Projeto.

1 Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: Karisthonribeiro@gmail.com

2 Docente, Mestre, Engenharia civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR. E-mail: Camilaforigo@fag.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para o planeta sendo um dos recursos mais valiosos e utilizados no mundo. As residências unifamiliares são classificadas como os principais locais de consumo de água. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), o consumo de água de uma residência, com média brasileira de quatro moradores, pode chegar a 22 m³ por mês, sendo utilizada simplesmente para o consumo humano e para usos domésticos. Entretanto, é fato de que exista uma demanda crescente do consumo de água, muitas vezes de maneira desregrada, sendo causado por falta de investimento a sistemas inovadores ou até mesmo por conscientização.

Segundo Azevedo *et al* (2013), pesquisas da Organização das Nações Unidas (ONU) comprovam que até 2025, se for mantido o padrão de consumo e os altos índices de poluição, há possibilidade de que dois terços da população mundial sofram escassez moderada ou grave de água. Além disso, há previsão de que em 2050 apenas um quarto da humanidade terá água para satisfazer suas necessidades básicas.

Pela observação do contexto, destaca-se a importância da água, a engenharia civil como meio profissional crucial para o desenvolvimento da sociedade, tem buscado a inovação de sistemas sustentáveis, sendo um dos principais estudos a implantação do reaproveitamento da água da chuva, buscando alternativas de uso e melhorias de sistemas já empregados.

Baseado nas informações apresentadas, a justificativa para realização deste trabalho se dá a partir da seguinte conclusão: pelo fato do sistema de aproveitamento da água da chuva ser consideravelmente novo e pouco utilizado em residências, deve-se obter informações para que seja utilizado com mais frequência, obtendo-se assim maior economia da água potável. A partir do conhecimento sobre a viabilidade e economia do mesmo, pode acarretar ao crescimento da utilização deste sistema sustentável.

Com esta pesquisa, questiona-se: quais são as vantagens e desvantagens da implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva, para fins não potáveis, em uma residência unifamiliar?

O estudo está delimitado na elaboração de um projeto de reutilização da água da chuva em uma residência de dois pavimentos, tendo 128,70 m² de área construída, localizada na Rua Apinajés, número 723, no bairro Santa Cruz da cidade de Cascavel – PR. Tendo então como principal foco a sustentabilidade, o uso do sistema de reutilização da água pluvial pode se tornar bastante amplo, ao presente projeto se restringe ao uso de serviços domésticos como lavagens de carros, calçadas e regadura de plantas.

O objetivo geral deste artigo foi elaborar um projeto que estabelecesse o reaproveitamento da água da chuva para uso não potável em uma residência unifamiliar.

Para efetivar o objetivo geral desta pesquisa os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- a) Dimensionar o sistema de reaproveitamento da água pluvial, com o uso de métodos aplicáveis e de acordo com as informações que as normas de instalações hidráulicas prescrevem;
- b) Levantar os custos deste sistema de reaproveitamento da água da chuva;
- c) Analisar as vantagens e desvantagens que a instalação do sistema proporciona.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, se encontra informações a respeito do consumo de água, também é explanado os elementos que compõe o sistema de reaproveitamento e sintetizado os principais conceitos estabelecidos pelas normas vigentes do sistema sustentável apresentado.

2.1 CONSUMO DE ÁGUA

Salla *et al* (2013), afirmam que em pleno século XXI, a escassez da água tem se tornado realidade e, como consequência, afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. Citam também que, na maioria das edificações, a água potável é utilizada para a realização de todas as atividades, independentemente do uso ao qual se destina.

De acordo com Azevedo (1998), o volume de consumo de água é ocasionado por uma série de fatores peculiares em uma mesma localidade, que pode variar de cidade para cidade, de um local para outro dentro da mesma cidade, como por exemplo, grande parte das cidades do estado de São Paulo tem admitido como valor mínimo de 200 l/habitantes por dia, outras cidades dentro do mesmo estado, chegam a 25% a menos, sendo 150 l/habitantes por dia. Já em pequenas cidades do estado do nordeste, a fundação de Serviço Especial de Saúde Pública (SESP) tem verificado consumos domiciliares medidos em torno de 100 l/habitante por dia.

Segundo a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) (2010), em Cascavel-PR, residências de 100 m² a 130 m² chegam a um consumo de aproximadamente 17,5 m³/mês, que equivalem a 17.500 litros/mês.

O Departamento de Água e Esgoto de Caldas Novas (DEMAE) (2019), apresentam dados encontrados por pesquisas a respeito do consumo de água em serviços domiciliares, que

afirmam que em residências, a regadura de jardim pode chegar a um consumo de 200 litros em apenas 10 min, relatam também que as lavagens de carros alcançam o consumo de 200 a 400 litros de água e cada lavagem de calçada chega a consumir 300 litros de água. Tendo o conhecimento de que são serviços oriundos de uma cultura e de fato essenciais ao bem-estar, alegam que a água da chuva se torna uma boa ferramenta ao uso, podendo economizar até 50% do consumo total da água potável em uma residência, dependendo da proporção do sistema de reaproveitamento dimensionado.

2.2 PROCESSO E PARTES CONSTITUINTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

2.2.1 Método do sistema de reaproveitamento sustentável

Segundo Goldenfum (2015), a água da chuva é uma das mais puras fontes de água. Porém, ao atingir a superfície terrestre, há inúmeras oportunidades para que minerais, bactérias, substâncias orgânicas e outras formas de contaminação atinjam a água, mas de uma forma geral, a água da chuva pode fornecer água limpa e confiável, desde que os sistemas de coleta sejam construídos e mantidos de forma adequada e a água seja tratada apropriadamente, conforme o uso previsto.

De acordo com Assis Silva *et al* (2019), a gestão de um sistema bem aplicado do manejo das águas traz soluções consideráveis para a população, como economia, bem estar, organização e até mesmo melhorias relacionadas à saúde.

Silva *et al* (2005), afirmam que, no caso do aproveitamento da água pluvial, onde geralmente é feita a captação da precipitação que incide sobre uma superfície impermeável (normalmente telhado), e o armazenamento é feito em reservatórios ou cisternas. Esse armazenamento não apenas traz benefícios econômicos para os usuários, mas também traz benefícios da perspectiva da qualidade ambiental e do controle de enchentes urbanas, porque a água captada não é descartada na rede de drenagem de águas pluviais.

Assim, o sistema de utilização de águas da chuva consiste, de forma geral, de três processos (Soares *et al.*, 1997):

- Coleta: se limitada a cobertura dos edifícios, apresenta vantagens em termos de qualidade da água em comparação com áreas onde pessoas, animais e veículos motorizados transitam, pois é o local que tem os primeiros contatos com a água da chuva trazendo assim menos contaminação ao fluído;

- Tratamento: depende da qualidade da água coletada e do seu destino final e, divide-se em: sedimentação natural, filtração e cloração;
- Armazenamento: a chuva coletada escoar através de tubos para os tanques de armazenagem. Quando estes estão cheios, a água é desviada para a rede de águas pluviais.

2.2.2 Ralos

Bacellar (1977), classifica os ralos como peça de grande importância nas instalações pluviais, é caracterizado como uma caixa dotada de grelha superior, destinada a receber o fluído, assim conduzindo aos coletores horizontais ou verticais. Sendo encontrado em dois tipos, ralo plano e ralo hemisférico, classificados pelo seu formato:

- Ralo plano, recipiente cujo formato é quadrangular, sendo composto por grelha em sua parte superior mantendo o seu formato;
- Ralo hemisférico, distinguido pelo seu formato, cuja grelha da parte superior tem o formato hemisférico.

2.2.3 Calhas e condutores

De acordo com Bacellar (1977), a coleta das águas das chuvas é feita por intermédio de calhas ou canaletas, normalmente presentes na cobertura, tem-se a função de conduzir o fluído aos condutores verticais, horizontais, e em seguida aos reservatórios de reaproveitamento de água pluvial, respectivamente. Após a reservação, com o trabalho dos condutores (tubulações), uma parte do fluído é levada à rede pública e outra parte é designada aos aparelhos de consumo.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), as calhas são canais que recolhem a água de coberturas, terraços e similares e a conduzem a um ponto de destino.

Segundo Bacellar (1977), as calhas que são feitas de zinco, cobre, folha de ferro galvanizado, cimento amianto e de plástico, também apresentam diversas seções e cortes, elas se classificam pelas suas formas de instalação, como:

- Calha de água-furtada, indicada ao uso na linha de água-furtada da cobertura;
- Calha de beiral, utilizada na linha de beiral da cobertura;
- Calha de platibanda, instalada na linha de encontro da cobertura com a platibanda.

Os condutores, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), tem a finalidade de conduzir águas pluviais até os locais permitidos pelos dispositivos legais.

Os condutores, conforme Bacellar (1977), são encontrados em vários tipos de materiais e comprimentos, o seu uso é relacionado ao tipo de finalidade, suas conexões são feitas por meio de peças de ligação unidas por solda ou cola, dependendo do tipo de material utilizado. São identificados como:

- Conductor vertical, responsável por conduzir a água no sentido vertical, sendo destinado a receber a água de ambientes de níveis superiores como calha, cobertura, sacada e similares e levar até aos condutores horizontais;
- Conductor horizontal, responsável por conduzir a água no sentido horizontal.

2.2.4 Tratamento

Segundo Gould (1999), a chuva tem um certo nível de poluição por conta do contato com a superfície de captação. Portanto, para garantir o uso não potável, como o uso em serviços domésticos, é ideal que primeiramente haja uma separação entre o líquido e os materiais grosseiros, seja através de telas ou ralos. Em seguida, efetuar o procedimento de auto-limpeza, que é a remoção dos primeiros milímetros de chuva, e por último a sedimentação e decantação, que é o processo de separação por gravidade dos sólidos presentes na água. Para o simples uso de lavagens de carros, calçadas e irrigação de jardins, somente a separação dos materiais grosseiros já deixa o fluído oportuno ao uso.

Conforme Fendrich *et al* (2002), para fins potáveis exige-se um processo de tratamento mais completo, onde normalmente são desenvolvidos em duas etapas sendo a filtração e desinfecção. Para filtração o uso de filtro de areia ou de carvão são satisfatórios, para desinfecção existem processos mais simples, como a fervura e a cloração, ou algo mais sofisticado, como a utilização de radiação ultravioleta.

2.2.5 Reservatórios elevados e enterrados

De acordo com Bacellar (1977), os reservatórios têm por finalidade armazenar fonte alternativa de água, são feitos de concreto, polietileno, alvenaria ou concreto armado, sendo encontrados em forma quadrada, retangular ou circular. O reservatório superior tem sua utilização quando não há desnível suficiente para que a água chegue aos pontos de consumo. No reservatório, ambos devem possuir uma canalização para limpeza que é localizada no fundo, uma abertura para entrada de um homem, na parte superior ou na parte inferior (quando suas dimensões o exigirem) e conter um tubo de ventilação devidamente protegido.

2.3 NORMAS DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2019), a conservação da água tem sido um tema recorrente, demandando ao setor da construção civil a busca por projetos que contemplem fontes alternativas e a redução do consumo. Foi com esta preocupação que a ABNT publicou em novembro de 2019 dois documentos:

- NBR 16782 (ABNT, 2019) - Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes;
- NBR 16783 (ABNT, 2019) - Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações.

Conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2019), a NBR 16782 (ABNT, 2019), especifica requisitos e estabelece procedimentos e diretrizes para edificações com uso residencial, comercial, institucional, de serviços e de lazer, novas e existentes, que optarem pela conservação de água, na combinação de alternativas de ações, no todo ou em partes, para a gestão da demanda e para a gestão da oferta, conforme viabilidade técnica e econômica caso a caso.

A NBR 16783 (ABNT, 2019), estabelece procedimentos e requisitos para caracterização, dimensionamento, uso, operação e manutenção de sistemas de fontes alternativas de água não potável em edificações com uso residencial, comercial, institucional, de serviços e de lazer.

Segundo ABNT (2019), a primeira norma lançada a respeito da reutilização das águas pluviais foi a NBR 15527 (ABNT, 2007), porém, para atender sugestões, ela foi revisada e publicada em abril de 2019.

3. METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

Trata-se da elaboração de um sistema de aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em uma residência unifamiliar, apresentando seu dimensionamento, seus benefícios, malefícios e contribuições ao meio ambiente, sendo baseado nas normas e formulações específicas da engenharia hidráulica.

A obtenção dos resultados foi através do método quantitativo. O projeto foi desenvolvido no *software* AutoCad, onde é apresentado o posicionamento e dimensionamento

dos elementos utilizados, que são os condutores horizontais, condutores verticais, calhas e cisterna.

O imóvel utilizado para a apresentação do sistema é uma casa de dois pavimentos que foi descrita no próximo tópico, e as suas dimensões foram utilizadas para a confecção do projeto.

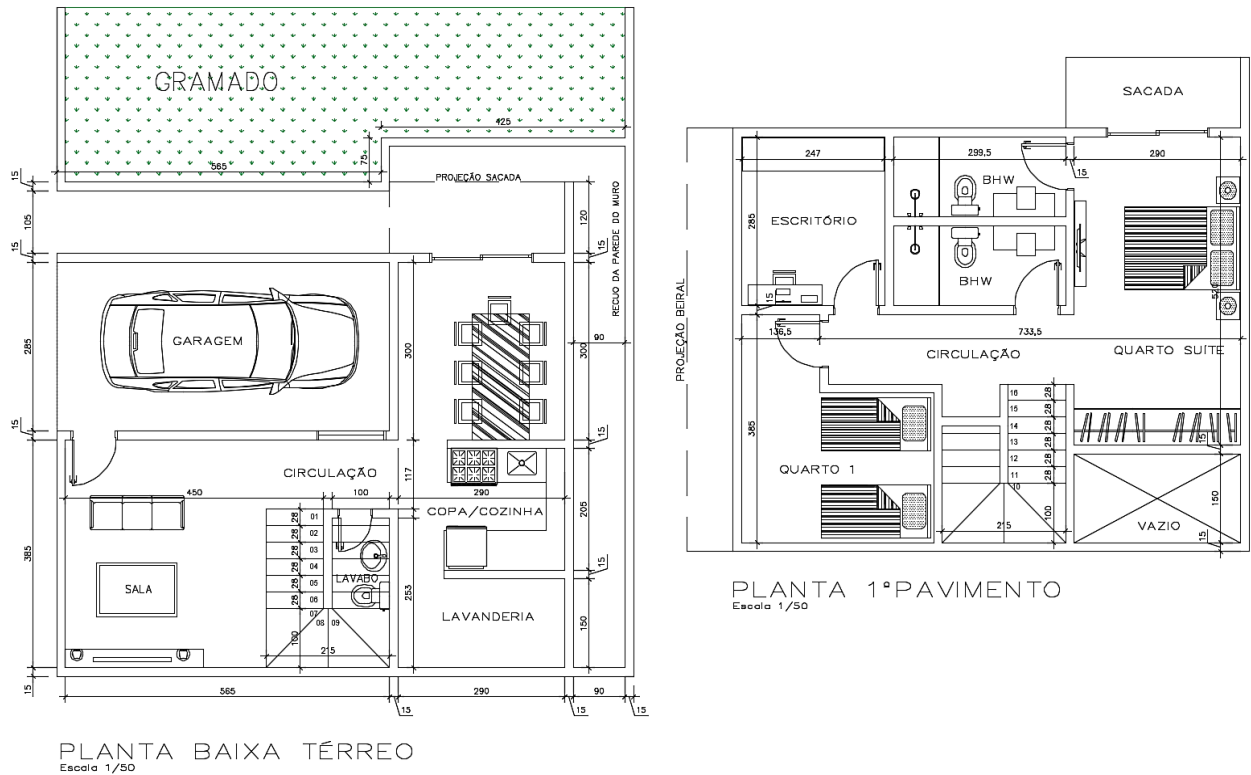
A utilização da água para os fins não potáveis tem como foco o uso para limpeza de automóveis, limpeza de calçadas e regadura de plantas. Para estes fins requer um menor acompanhamento da qualidade da água, portanto, a água da chuva se torna uma ferramenta bastante satisfatória ao uso.

3.1.1 Caracterização da amostra

O sistema de aproveitamento da água pluvial apresentado foi dimensionado para uma residência unifamiliar na cidade de Cascavel, Paraná, no bairro Santa Cruz, Rua Apinajés, número 723, loteamento 109, quadra 0076, lote 0004. O lote tem área igual a 585,00 m², composto por quatro residências, sendo uma delas a utilizada como objeto de estudo.

O imóvel utilizado é um sobrado de 128,70 m², e tem área de cobertura em projeção de 64,34 m², a residência abriga quatro pessoas. A Figura 1 apresenta a planta da residência em estudo. O consumo de água dos moradores, considerando 200 litros per capita e conforme a NBR 5626 (ABNT, 1998), é estipulado em uma média de 800 litros por dia.

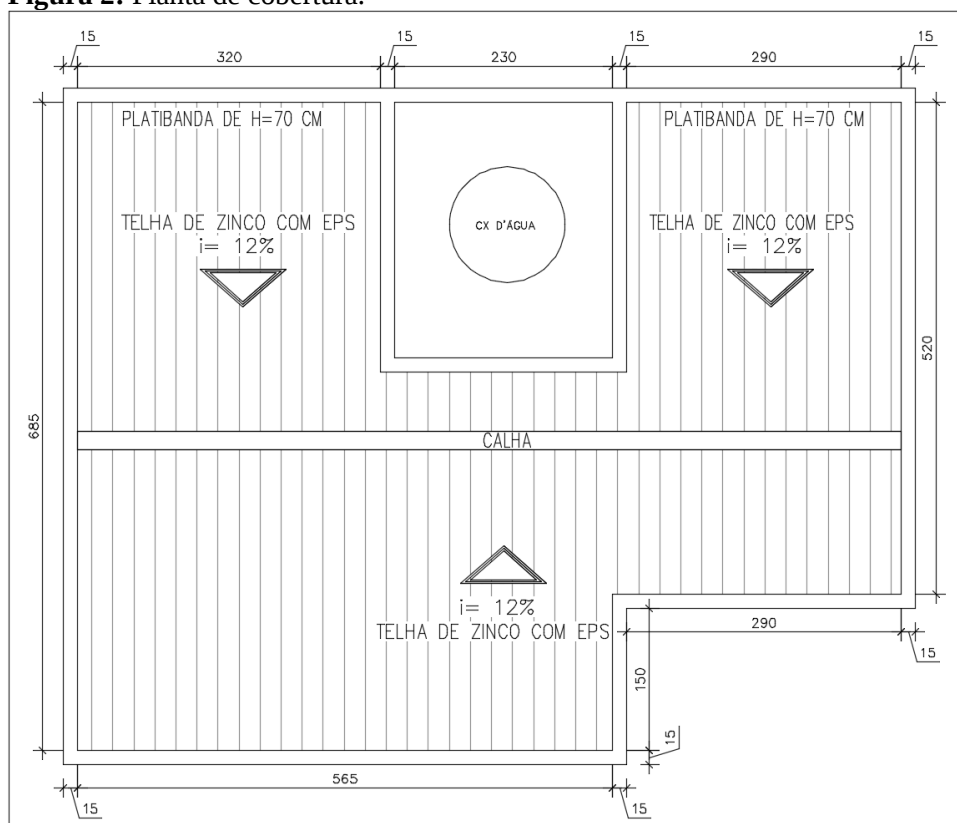
Figura 1: Planta arquitetônica da residência em estudo.



Fonte: Autor (2020).

3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

O dimensionamento do sistema de captação da água pluvial foi iniciado pela verificação hidráulica da área de contribuição e dos componentes que será preciso ter no telhado, são eles: calhas, condutores verticais e horizontais. A Figura 2 mostra a planta de cobertura em que será dimensionado o sistema para fazer a captação e aproveitamento da água pluvial.

Figura 2: Planta de cobertura.

Fonte: Autor (2020).

3.2.1 Vazão de projeto

No conceito de captação de água, foi primeiramente estipulada a vazão de projeto. A partir das recomendações prescritas pela NBR 10844 - Instalação Predial de Águas Pluviais (ABNT, 1989), a vazão de projeto foi determinada através da Equação 1.

$$Q = \frac{(I.A)}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (l/min);

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

A = área de contribuição (m²).

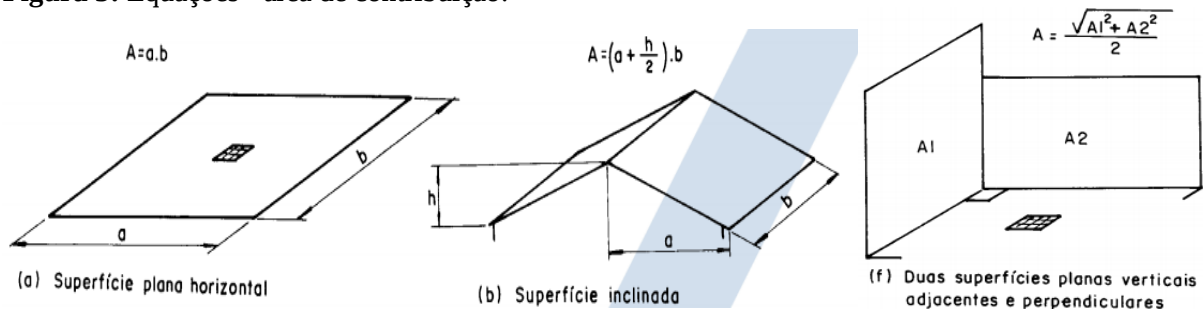
De acordo com Amorim *et al* (2015), a intensidade pluviométrica de Cascavel é de 137,28 mm/h, afirmam que o uso em cálculos, na região de Cascavel, é satisfatório para a obtenção de resultados precisos.

A área de contribuição foi estabelecida através das prescrições estabelecidas pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

No cálculo da área de contribuição, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às platibandas que interceptam água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.

A Figura 3 representa as equações que foram utilizadas para cada seção de área presente na cobertura.

Figura 3: Equações - área de contribuição.



Fonte: NBR 10844 (1989).

Obtendo-se assim os resultados das áreas de contribuição, para então encontrar a vazão de projeto, que é preciso para determinar as dimensões dos demais componentes do sistema, as calhas, condutores verticais e condutores horizontais.

3.2.2 Dimensionamento da calha

O dimensionamento da calha foi definido pelo critério Manning-Strickler, conforme é indicado pela NBR 10844 (ABNT, 1989). Pelo processo de verificação da dimensão, o método consiste em encontrar a vazão, atendida pela calha, que suporte a vazão da precipitação de projeto, ou seja, a vazão da calha deve ser superior à vazão de projeto. A formulação de Manning-Strickler é apresentada na Equação 2

$$Q = K \frac{S}{n} R_h^{2/3} i^{1/3} \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (l/min);

S = área da seção molhada (m²);

n = coeficiente de rugosidade;

R = raio hidráulico (m);

P = perímetro molhado (m);

i = declividade da calha (m/m);

$K = 60.000$.

A área molhada (S) é encontrada pela multiplicação dos vértices da calha, o coeficiente de rugosidade (n) varia de acordo com o material utilizado, ao presente projeto foi adotado a calha metálica tendo um coeficiente rugosidade de 0,011. O raio hidráulico (R) é determinado pela divisão entre área molhada e o perímetro molhado. O perímetro molhado (P) é duas vezes a altura molhada mais a largura da calha.

A declividade diz respeito à inclinação em que serão dispostas as calhas. Neste caso, a inclinação deve ser uniforme e terá valor mínimo de 0,5% que corresponde a 0,005 m/m.

3.2.3 Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais

Os condutores verticais teve como conceito o dimensionamento de Frutuoso Dantas, onde, segundo Tomaz (2010), o método define um diâmetro que atende a vazão de projeto de acordo com as Equações 3 e 4.

$$Q = 0,0116 \cdot d \cdot H^{1/5} \quad \text{para } H/d < 1/3 \quad (3)$$

$$Q = 0,0039 \cdot d^2 \cdot H^{0,5} \quad \text{para } H/d > 1/3 \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (l/min);

d = diâmetro do coletor (mm);

H = altura da lâmina de água da calha.

Para condutores horizontais foi seguido os conceitos estabelecidos pela NBR 10844 (ABNT, 1989), na qual foram dimensionadas com a utilização da Tabela 1. O dimensionamento teve por utilidade a vazão de projeto, a rugosidade do material, e a inclinação da tubulação e, assim, pôde se obter um diâmetro adequado ao projeto.

Tabela 1: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

DIÂMETRO INTERNO (mm)	N = 0,011			
	0,5%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575

Fonte: Adaptado NBR 10844 (1989).

3.2.4 Tratamento

Foram pesquisados no mercado dispositivos que tem a função de separar os resíduos grosseiros do fluído, com facilidade na instalação, na manutenção e eficiência no tratamento. Vale ressaltar que o consumo do sistema de reaproveitamento apresentado se restringe a lavagens de carros, calçadas e irrigação de jardins, desse modo, requer um menor acompanhamento na qualidade da água.

3.2.5 Dimensionamento do reservatório

Ao presente projeto foi classificado a utilização do método prático inglês para o dimensionamento do reservatório, que se encontra na NBR 15527 (ABNT, 2007). A escolha para esse método foi baseada no conceito de Pereira (2008), que indica a utilização desse método quando se deseja atender à demanda de água pluvial para a maior parte do ano possível, pois a quantidade de água reservada por esse critério é relativamente alta. A formulação do método prático inglês é apresentada na Equação 5.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (5)$$

Onde:

P = precipitação média anual (mm);

A = área de captação de água pluvial (m²);

V = volume de água aproveitável acumulada no reservatório (l).

Santos *et al* (2010), afirmam que entre os anos de 2000 a 2009 a precipitação média anual da cidade de Cascavel foi de 1622 mm, comprovam que considerando as ações do homem e os efeitos naturais, a precipitação média anual tem possibilidades de aumento de 0,5% a 1%

por década. Com base nesse conceito fundamentado em pesquisa e tendo o conhecimento de que o método prático inglês trabalha com resultados arredondados para longos períodos de anos, ao dimensionamento do presente projeto foi adotado uma precipitação média anual de 1622 mm.

3.2.6 Dimensionamento do motor-bomba

Para o cálculo do conjunto motor-bomba foi utilizada o dimensionamento apresentado pelo fabricante Shinaieder, onde apresenta conceitos e seguimento de cálculos adequados para escolher o tipo de bomba.

O cálculo do dimensionamento do pressurizador tem como finalidade principal encontrar a vazão do sistema (Q) e a altura manométrica (hm), e assim verificar um aparelho que atenda a essas necessidades. A formulação de cálculo que foi utilizada para encontrar a vazão (Q) está representada na Equação 6, que é mencionada na NBR 5626. A altura manométrica foi obtida pela Equação 7.

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P} \quad (6)$$

Onde:

Q = é a vazão estimada na seção considerada, em (l/s);

$\sum P$ = é a soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

O peso relativo da peça de consumo é obtido pela Tabela A.1 da NBR 5626. Com o uso da Equação 6, segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998), o somatório dos pesos relativos é convertido na demanda simultânea total do grupo de peças de utilização considerado no sistema hidráulico. Portanto, conforme NBR 5626 (ABNT, 1998), esse método é válido ao uso residencial. Encontrando a vazão do trecho, poderá então classificar um pressurizador que supre a necessidade de vazão do sistema.

$$H_m = (A_s + A_r + J) + 5\% \quad (7)$$

Onde:

A_s = Altura de sucção (m);

A_r = Altura de recalque (m);

J = Perda de carga (m.c.a).

A altura de sucção (A_s) é a diferença de nível da água até o ponto de sucção, a altura de recalque (A_r) é o desnível da bomba até os pontos de consumo, e a perda de carga é definido pelo comprimento total da tubulação multiplicado pelo fator de perda de carga. O fator de perda de carga é encontrado no catálogo da Jacuzzi, apresentado na Figura 4, sendo determinada devido a vazão simultânea dos aparelhos.

Figura 4: Fator de perda de carga.

Figura 4: Fator de perda de carga.

Perda de Carga em Tubulações de PVC (Valores em %)													
DC Ø Comercial (Pol)	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
DN Ø Nominal (mm)	20	25	32	40	50	65	75	100	125	150	200	250	300
DE Ø Externo (mm)	25	32	40	50	60	75	85	110	125	170	222	274	326
Vazão m³/h	Perdas de carga em 100 metros de tubos novos de PVC												
0,5	1,2	0,4	0,1										
1,0	4,0	1,2	0,4	0,1	0,1								
1,5	8,2	2,5	0,8	0,3	0,1								
2,0	13,5	4,1	1,3	0,5	0,2	0,1							
2,5	20,0	6,0	2,0	0,7	0,3	0,1	0,1						
3,0	27,5	8,3	2,7	0,9	0,4	0,1	0,1						
3,5	36,0	10,8	3,5	1,2	0,5	0,2	0,1						
4,0	45,4	13,7	4,5	1,5	0,6	0,2	0,1						
4,5	55,8	16,8	5,5	1,9	0,8	0,3	0,1						
5,0	67,1	20,3	6,6	2,3	0,9	0,3	0,2	0,1					
5,5	79,3	23,9	7,8	2,7	1,1	0,4	0,2	0,1					
6,0	92,4	27,9	9,1	3,1	1,3	0,4	0,2	0,1					

Fonte: Jacuzzi (2020).

3.3 Previsão dos custos

Para previsão de custos do projeto, foi consultado o *Website* de determinadas lojas, para cisterna, aparelhos e conexões foi orçado pela loja Telhanorte, e para motor bomba pela loja Mérito Comercial. E como ferramenta, foi utilizado o *software* Excel para a criação da tabela orçamentária.

3.4 Análise dos dados

Após a coleta de dados, foi apresentado o dimensionamento do projeto e realizado uma análise dos custos gerados pela implantação do sistema, visando identificar os pontos positivos e negativos da utilização do sistema de aproveitamento da água da chuva em uma residência unifamiliar.

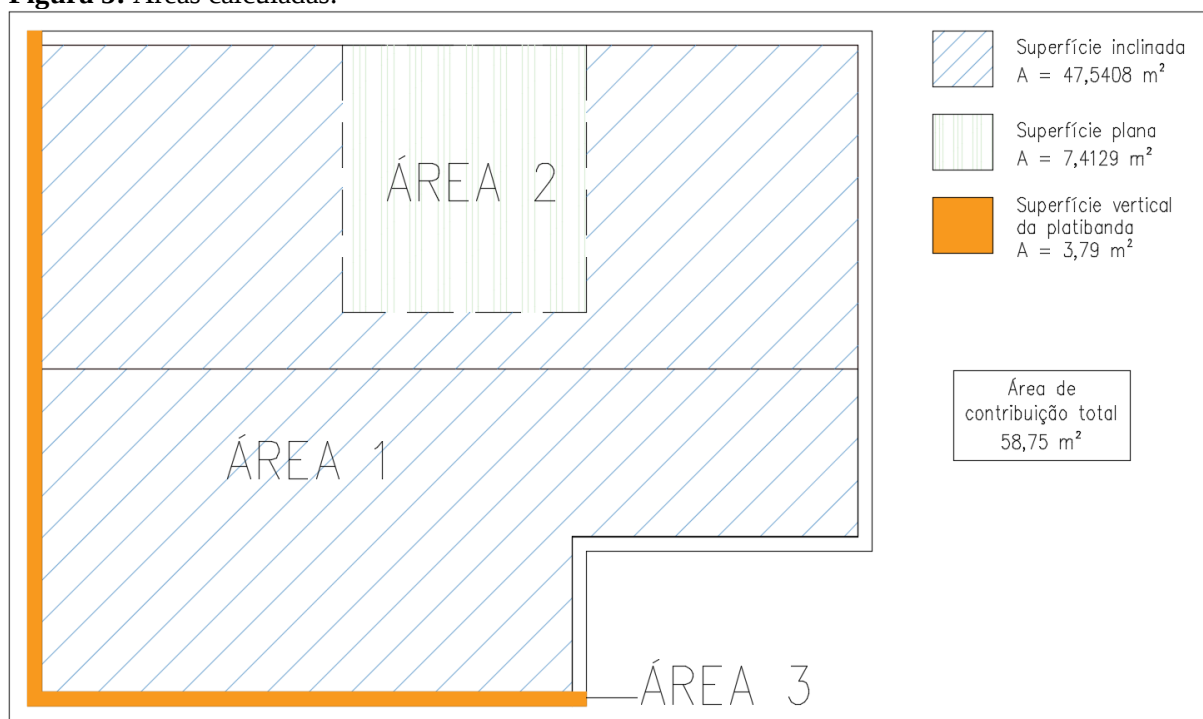
O dimensionamento das partes constituintes do sistema e o levantamento dos custos gerados serão apresentados em tabelas desenvolvidas pelo *software* Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Cálculo da área de contribuição

Utilizando as formulações descritas na Figura 3 pôde obter a área de contribuição de cada superfície, sendo as superfícies inclinadas, planas e da platibanda, assim, encontrando os seguintes resultados especificados na Figura 5. Em seguida aplicando a Equação 1 foi calculado a vazão de projeto. Os resultados da intensidade pluviométrica da área de contribuição e da vazão total de projeto estão expressos no Quadro 1.

Figura 5: Áreas calculadas.



Fonte: Autor (2020).

Quadro 1: Resultados de cálculos.

(Q) VAZÃO DE PROJETO	(I) INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	(A) ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO
134,42 l/min	137,28 mm/h	58,75 m ²

Fonte: Autor (2020).

4.2 Dimensionamento da calha

Para o dimensionamento da calha foi adotado a seção retangular de aço galvanizado que tem coeficiente de rugosidade de 0,011.

O Critério de Manning-Strickler aplicado ao projeto tem por função em encontrar uma vazão calculada superior à vazão de projeto através da dimensão estipulada em cálculo, sua formulação é apresentada na Equação 2. Portanto, foi encontrado através da dimensão mínima comercial de 15 cm de largura e 7 cm de altura, uma vazão de 253,48 l/min, ou seja, superior à vazão de projeto que é de 134,42 l/min, sendo então aplicáveis ao sistema. Os resultados utilizados e dimensionados pela Equação 2 estão especificados no Quadro 2.

Quadro 2: Resultados de cálculos da calha.

(Q) VAZÃO CALCULADA	(S) ÁREA MOLHADA	(N) COEF. DE RUGOSIDADE	(R) RAIOS HIDRÁULICO	(P) PERÍMETRO	(I) INCLINAÇÃO
253,48 L/min	0,007 m ²	0,011	0,029 m	0,24 m	0,005m/m

Fonte: Autor (2020).

4.3 Dimensionamento dos condutores verticais

Segundo Tomaz (2010), quando $H/d < 1/3$ a entrada do condutor funcionará como uma represa e no segundo caso quando $H/d > 1/3$ a entrada do condutor funcionará como orifício. Com base nesse conceito, para determinar o diâmetro do condutor vertical, foi utilizado a Equação 4 onde H/d é maior que $1/3$. Entretanto, com a vazão de 134,42 l/min e com altura da lâmina de água de 46,66 mm, aplicados na Equação 4, foi determinado apenas uma saída com diâmetro de 75 mm.

4.4 Dimensionamento dos condutores horizontais

O diâmetro encontrado, adotando a inclinação de 1%, vazão de 134,42 l/min e o coeficiente de rugosidade de 0,011, foi de 75 mm para o presente projeto, sendo concluído de acordo com a Tabela 1 da NBR 10844 (ABNT, 1989).

4.5 Tratamento

A definição do método de tratamento do sistema foi baseada no conceito de Gould (1999), que afirma que somente a separação dos materiais grosseiros o fluído já se torna

aplicável ao uso de serviços domésticos. Analisando os dispositivos hidráulicos disponíveis no mercado foi encontrado um filtro autolimpante da marca Rainus, com vazão máxima filtrante de 0,6 l/s e diâmetro de 75mm, identificado na Figura 6. A escolha pelo aparelho se originou pela fácil instalação e manutenção.

Figura 6: Filtro autolimpante.



Fonte: ECYCLE (2020).

4.6 Dimensionamento do reservatório

Com a precipitação média anual de 1622 mm e com a área de captação de 58,75 m² aplicados no método prático inglês representado pela Equação 5, o volume de água aproveitável calculado foi de 4.764,62 litros. Considerando que a água coletada não será aproveitada 100% do volume que cai sobre o telhado, entende-se que parte desse fluído é absorvido pela telha, outra parte é evaporada, e outra parte é destinada à limpeza dos condutores. Estimou-se então um descarte de 15% do volume total calculado, obtendo assim um volume de armazenamento de 4.049,93 litros. Para armazenar o volume calculado foi adotado uma cisterna com capacidade de 5000 litros da marca Acqualimp. Considerando o consumo potável calculado de 0,8m³ ao dia, totalizando 24m³ ao mês, o sistema de reservação terá capacidade de suprir 20% do consumo mensal estipulado.

4.7 Dimensionamento do motor-bomba

Para o dimensionamento do motor-bomba, foi utilizado a vazão encontrada no trecho e pelos pontos de consumo, onde serão duas torneiras. De acordo com a Tabela A.1 da NBR 5626 (ABNT, 1998), as torneiras de lavagem têm o peso relativo de 0,4, obtendo então ao projeto um total de 0,8. Aplicando a somatória, dos pesos relativos dos aparelhos, na Equação 3, pode se obter uma vazão (Q) de 0,269 l/s, convertendo a vazão em (m³/h) temos 0,97 m³/h.

O desnível de sucção (A_s) foi de 1,64m, o desnível de recalque (A_r) foi 2,04m. O fator de perda de carga encontrado na Figura 4, foi de 4% devido ao valor do consumo simultâneo arredondado para 1,00 m³/h e ao diâmetro de 20mm. Com o resultado de 4% foi então multiplicado pelo comprimento total da tubulação, sendo de 16,03m de comprimento, com essa multiplicação obteve o resultado da perda de carga, que foi de 0,6412 m.c.a. Aplicando na Equação 7 o desnível de sucção (A_s) de 1,64m, o desnível de recalque (A_r) de 2,04m e a perda de carga de 0,6412 m.c.a, obteve uma altura manométrica (H_m) de 4,38 m.c.a. Com a vazão simultânea e a altura manométrica obtida, foi possível identificar nos catálogos da Shinaieder uma bomba que suprisse essas necessidades.

O sistema de bombeamento até os pontos de consumo foi projetado para ser realizada de maneira ascendente, ou seja, a alimentação dos consumos será de baixo para cima, sendo assim, foi identificado no mercado uma bomba submersível de fácil instalação, que atenda às necessidades obtidas. O motor-bomba adotado ao projeto foi o Motobomba Submersa Multiestágio 5. O pressurizador aderido trabalha com unidade de controle integrada, eliminando a necessidade de um controlador de bomba externa. As características hidráulicas do pressurizador submerso estão sendo apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3: características hidráulicas do pressurizador SBA.

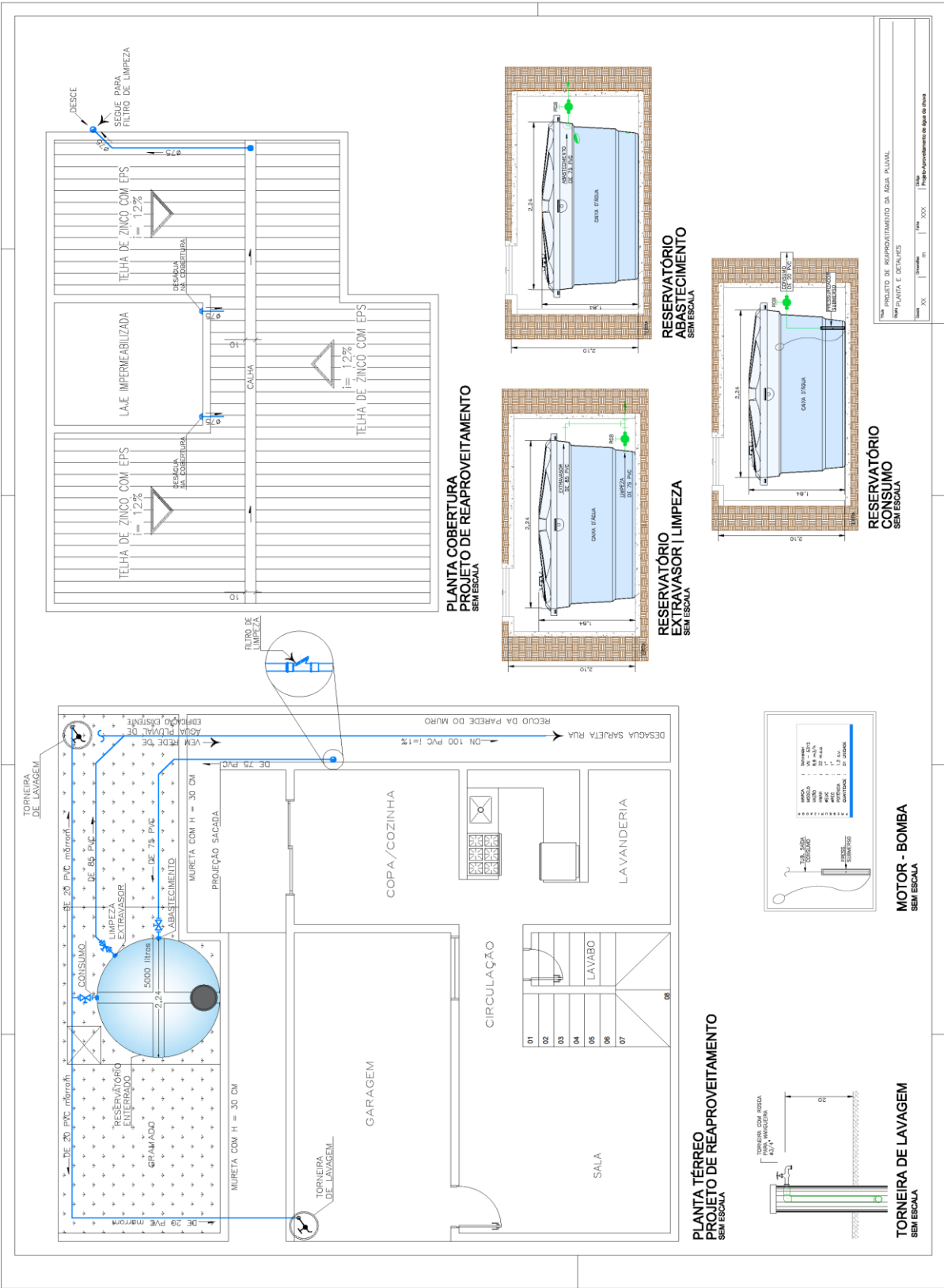
MODELO	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m.c.a.)	VAZÃO (m ³ /h)	POTÊNCIA (hp)
VN - 5312	22	8,8	1,2

Fonte: Autor (2020).

4.8 Apresentação do projeto

Como forma de apresentação, foi desenvolvido a planta hidráulica do sistema de reutilização da água pluvial, elaborado através do *software* AutoCad. O projeto expõe o dimensionamento nos trechos, e a locação dos elementos hidráulicos atribuídos como condutores, reservatório, pressurizador e torneiras. O projeto proposto ao sistema está sendo apresentado em planta e detalhes construtivos, a planta está demonstrada em dois níveis sendo a cobertura e o pavimento térreo, o projeto se encontra na Figura 7.

Figura 7: Projeto de aproveitamento da água pluvial.



Fonte: Autor (2020).

4.9 Discriminação dos custos

Por fim, tendo concluído o dimensionamento do projeto de reaproveitamento de água pluvial, foi possível fazer o levantamento dos custos obtidos pela implantação do sistema. Com os valores extraídos foi elaborado o Quadro 4, que identifica a composição das despesas geradas.

Quadro 4: Discriminação das composições do sistema.

COMPOSIÇÕES	QUANTIDADE	DIMENSÃO	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
Tubo PVC marrom	12 m	20 mm	R\$ 18,00 – 6 metros	R\$ 36,00
Tubo PVC branco	18 m	75 mm	R\$ 32,90 – 3 metros	R\$ 197,00
Calha retangular	8,70	15 cm	R\$ 45,90 – 3 metros	R\$ 133,11
Filtro autolimpante	1	75 mm	R\$ 600,00	R\$ 600,00
Joelho 90° PVC	4	75 mm	R\$ 7,90	R\$ 31,60
Joelho de 45 PVC	7	75 mm	R\$ 7,90	R\$ 55,30
Junção	2	75 mm	R\$ 20,00	R\$ 40,00
Luva	12	75 mm	R\$ 6,99	R\$ 83,88
Flange	3	75 mm	R\$ 55,00	R\$ 165,00
Registro de Esfera	3	75 mm	R\$ 150,00	R\$ 450,00
Joelho 90° PVC	3	20 mm	R\$ 4,42	R\$ 13,26
Tê PVC	1	20 mm	R\$ 1,10	R\$ 1,10
Cisterna	1	5000 L	R\$ 2.120,00	R\$ 2.120,00
Pressurizador	1	22 de Hman	R\$ 3.430,00	R\$ 3.430,00
				R\$ 7.356,25

Fonte: Autor (2020).

O custo do projeto de reaproveitamento da água pluvial, foi totalizado em R\$ 7.356,25, comparando ao custo do volume do consumo de água potável, onde atualmente é cobrado pela SANEPAR um valor de R\$ 5,94/m³ (por metro cúbico), conclui-se que o custo, do consumo da água não potável que trabalharia com uma reservação total de 5m³, resultaria em uma economia de R\$ 29,7 ao mês. Vale enfatizar que o custo do projeto e a economia produzida do mesmo, pode haver oscilações devido as depreciações dos equipamentos e aos reajustes do valor do consumo cobrado pela SANEPAR.

4.10 Pontos positivos e negativos

O dimensionamento do projeto de aproveitamento da água pluvial para uso em serviços doméstico, que se restringe a lavagens de carros, calçadas e rega de jardins, se torna satisfatório quando se trata de redução do consumo potável, mostrou pontos positivos a respeito da sua capacidade de reservação, que de acordo com o dimensionamento o sistema terá capacidade de suprir uma demanda 5m³ ao mês. Já se tratando de economia financeira, o projeto que se restringe simplesmente ao consumo das torneiras de lavagem, não se mostrou tão eficiente pois apresentou uma economia mensal de apenas R\$ 29,7, comparado ao custo que é cobrado pela SANEPAR de R\$ 5,94/m³.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de aproveitamento da água de chuva apresentado se encontra tecnicamente aplicável ao uso domiciliar, pois se baseia nas prescrições estabelecidas pelas normas vigentes.

A aplicação do reaproveitamento da água da chuva ao uso dos serviços domésticos configura uma alternativa eficaz e positiva na redução do consumo de água potável, que de acordo com a pesquisa foi possível identificar que o dimensionamento do sistema terá capacidade de suprir uma demanda de 20% do consumo total. O projeto atingiu um custo total de R\$ 7.356,25 mas se faz livre na utilização de novos componentes hidráulicos para haver uma redução em seu valor. Em termos de economia, o projeto de aproveitamento da água pluvial, alcançou apenas R\$ 29,7 ao mês, por se restringir somente ao consumo das torneiras de lavagem. Espera-se com esse trabalho apresentar informações sobre o uso do sistema de aproveitamento da água de chuva em residências, mostrando os pontos positivos e negativos encontrados. A presente pesquisa se classifica como mais uma integrante da ampla área de conhecimento de uma técnica que ainda é pouco executada em residências unifamiliares. Como sendo um sistema ainda em estudo, permite-se a implantação de melhorias para os resultados aqui encontrados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas orientam uso da água. **Lançamentos**, 2019. Disponível em < <http://www.abnt.org.br/imprensa/releases/6685-normas-orientam-uso-da-agua> >. Acesso em: 2 jun. 2020.

_____. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 15527: Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BACELLAR, R, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias:** domiciliares e industriais. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

BARBOSA, R, K, R, C.; COCCO G, P, R.; ALMEIDA G, H, L.; LUPP L, S, L.; JACOB R, S.; BODEVAN R, I.; SALES V, S, L. Projeto de aproveitamento da água de chuva para o uso não potável domiciliar. **Revista interdisciplinar da PUC Minas no Barreiro**, Belo Horizonte, v.7, n.13, p. 40-68, 2017.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.8, n. 2, p. 23-40, 2008.

CAMPOS, M, M.; AZEVEDO, F, R. Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto. *Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Junior*. Juiz de Fora, mai. 2013. Edição I. p. 23-42. Disponível em: < h file:///C:/Users/user/Downloads/501-Texto%20do%20artigo-941-1-10-20190214.PDF> Acesso em: 05 Abr. 2020.

Companhia de Saneamento do Paraná. Tabela de consumos potenciais. **Manual de Projeto Hidrossanitário**, 2010. Disponível em <file:///C:/Users/user/Desktop/TCC/MATERIAL%20DE%20BASE/tabela_consumos_potenciais_2010.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

FENDRICH, R. Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana. Tese: Doutorado, curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2002.

GOLDENFUM J, A. Reaproveitamento de água pluvial. **Research Gate**, Rio Grande do Sul, v. 12, n. 2, p. 156-178, 2015.

GOULD, J. Rainwater Harvesting Information Resources Booklet for Southern Africa. 1999.

SILVA, B.; OLIVEIRA, I.; BUENO, L.; SILVA, T.; RODRIGUES, J.; AMARANTE, M. Conjunto de drenagem urbana nas cidades e sua importância na redução de inundações e enchentes. **Revista Pesquisa e Ação**, Platform & workflow, v.5, n.2, p. 205-227, 2019.

SILVA, A, R, V.; TASSI, R. Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva: resultados preliminares. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2005, João Pessoa/PB: Associação Brasileira De Recursos Hídricos. São Paulo (ABRH), 2005.

SALLA, M, R. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, 2013.

SOARES, D, A, F.; SOARES, P, F.; PORTO, M, F, A.; GONÇALVES, O. M. Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em

edificações. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 1997, Vitória: Associação Brasileira De Recursos Hídricos. São Paulo (ABRH), 1997.

SANTOS, R.; BASSEGIO, D. Comportamento histórico da precipitação e ocorrências de dias secos e chuvosos em Cascavel, Paraná. Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia.