

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE BERTICELLI POLACHINI

**ELABORAÇÃO DE UM PROJETO EXECUTIVO PARA  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BLOCO “E” DA  
UTFPR CÂMPUS TOLEDO E COMPARAÇÃO COM O SISTEMA  
IMPLANTADO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO - PR

2017

FELIPE BERTICELLI POLACHINI

**ELABORAÇÃO DE UM PROJETO EXECUTIVO PARA  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BLOCO “E” DA  
UTFPR CÂMPUS TOLEDO E COMPARAÇÃO COM O SISTEMA  
IMPLANTADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Profº. Msc. Calil Abumanssur

TOLEDO - PR

2017



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Toledo  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 111

### **ELABORAÇÃO DE UM PROJETO EXECUTIVO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BLOCO “E” DA UTFPR CÂMPUS TOLEDO E COMPARAÇÃO COM O SISTEMA IMPLANTADO**

por

**Felipe Berticelli Polachini**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 17:30 h do dia **10 de Novembro de 2017** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Profª Esp. Marilucia Silveira Oliveira  
(UTFPR – TD)

---

Profª MSc. Silvana Da Silva Ramme  
(UTFPR – TD)

---

Prof MSc. Calil Abumanssur  
(UTFPR – TD)  
Orientador

---

Visto da Coordenação  
Prof. Dr Fúlvio Natércio Feiber  
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

POLACHINI, Felipe Berticelli. Elaboração de um projeto executivo para aproveitamento de águas pluviais no bloco “E” da UTFPR Câmpus Toledo e comparação com o sistema implantado. 65 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2017.

A diminuição da disponibilidade hídrica e o aumento gradativo das demandas tem incentivado cada vez mais a busca por soluções sustentáveis e fontes alternativas de abastecimento. Nesse contexto, o aproveitamento das águas pluviais tem se mostrado uma alternativa cada vez mais atrativa para suprir as demandas existentes, utilizando água não potável em atividades que não requerem potabilidade, diminuindo assim o consumo de água potável. Com base nisso, o presente trabalho buscou elaborar um projeto para aproveitamento das águas pluviais, com uso previsto na limpeza dos ambientes do bloco “E”, seguindo as recomendações de órgãos públicos e autores que são referência no assunto de aproveitamento pluvial, bem como as normas da ABNT. Deste modo, realizou-se uma comparação técnica com o projeto implantado, apontando as irregularidades presentes e sugerindo melhorias. Foram explanados o procedimento de cálculo do diâmetro da tubulação, potência da bomba, pressões nos pontos de consumo, dimensionamento do filtro, volume de armazenamento, conceito de reservatório de descarte e demais parâmetros técnicos que são necessários na elaboração de um sistema eficiente para aproveitamento de águas pluviais. Na elaboração do projeto, a partir do volume pré-calculado de 28 m<sup>3</sup> e uma área de captação pluvial igual a 285,4 m<sup>2</sup>, foi redirecionado o fluxo da cobertura aos filtros e reservatórios por meio de novas caixas de inspeção pluvial, dimensionadas no trabalho. Realizou-se um levantamento *in loco* com intuito de verificar a implantação ou não dos componentes de instalações pluviais previstos no projeto executivo. O estudo constatou incompatibilidades entre o projeto executivo e as instalações que foram efetivamente implantadas, além de elencar os itens normativos obrigatórios que não foram implantados e sugerir melhorias, por meio da comparação com o projeto elaborado.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de águas pluviais. Soluções sustentáveis. Água não potável.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 01: Alturas de recalque e sucção .....  | 12 |
| Figura 02: Curva característica de uma bomba.....  | 13 |
| Figura 03: Exemplo de tabela para escolha do tipo de bomba.....  | 13 |
| Figura 04: Exemplo de curvas características para bombas de diferentes potências<br>.....                      | 14 |
| Figura 05: Pressostato .....   | 16 |
| Figura 06: Sifão-ladrão com tela para reservatórios.....   | 20 |
| Figura 07: Boia flutuante para bombas de sucção .....  | 21 |
| Figura 08: Freio d'água para tubulação que chega na cisterna.....  | 21 |
| Figura 09: Ilustração do tratamento preliminar e descarte do escoamento inicial .....                          | 25 |
| Figura 10: Tonel para descarte da chuva inicial .....  | 25 |
| Figura 11: Reservatório auxiliar para descarte da chuva inicial .....  | 26 |
| Figura 12: Grades para a proteção de calhas .....  | 26 |
| Figura 13: Ilustração de um filtro autolimpante.....   | 27 |
| Figura 14: Esquema da metodologia utilizada.....   | 30 |
| Figura 15: Ponto de consumo referente a prumada abastecida por água potável. ...                               | 31 |
| Figura 16: Reservatório pluvial apoiado na laje.....   | 31 |
| Figura 17: Área de captação das águas pluviais para armazenamento e posterior<br>utilização. ....              | 34 |
| Figura 18: Ilustração das prumadas das calhas que foram redirecionadas e<br>mantidas.....                      | 35 |
| Figura 19: Esquema do reservatório auxiliar.....   | 42 |
| Figura 20: Esquema dos pontos de consumo embutidos na parede e localizados no<br>gramado, respectivamente..... | 44 |
| Figura 21: Esquema do filtro escolhido.....  | 45 |
| Figura 22: Enquadramento da motobomba em relação à vazão e a altura<br>manométrica requeridas.....             | 48 |
| Figura 23: Obtenção do NPSH requerido pela bomba.....  | 48 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Valores para pré-dimensionamento da tubulação .....  | 17 |
| Tabela 2: Velocidades máximas para sucção .....  | 18 |
| Tabela 3: Parâmetros exigidos para a água enquadrado na Classe 1.....  | 28 |
| Tabela 4: Volume de água demandado e frequência de limpeza dos ambientes da UTFPR. ....                                    | 33 |
| Tabela 5: Vazões (em L/min) suportadas pelos condutores horizontais de PVC, para diferentes diâmetros e declividades. .... | 36 |
| Tabela 6: Parâmetros calculados para as três prumadas de águas pluviais.....   | 36 |
| Tabela 7: Perda de carga unitária para tubulações de 25 mm e vazão 0,200 l/s. ....   | 38 |
| Tabela 8: Comprimento total de tubulação referente ao ponto de consumo mais desfavorável dos pavimentos tipo. ....         | 39 |
| Tabela 9: Pressão disponível no ponto de consumo mais desfavorável dos pavimentos tipo.....                                | 39 |
| Tabela 10: Perda de carga unitária para tubulações de 25 mm e vazão 1,050 m <sup>3</sup> /h. ....                          | 46 |
| Tabela 11: Comprimentos totais e equivalentes das tubulações de recalque. ....   | 47 |
| Tabela 12: Perda de carga total e altura manométrica da bomba. ....  | 47 |
| Tabela 13: Perda de carga total na sucção.....   | 49 |
| Tabela 14: Parâmetros para o cálculo do NPSH disponível.....   | 49 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>6</b>  |
| 1.1 JUSTIFICATIVA .....   | 7         |
| 1.2 OBJETIVO GERAL.....   | 8         |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 8         |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1 PERDAS DE CARGA .....   | 9         |
| 2.2 SISTEMA MOTOBOMBA .....   | 10        |
| 2.3 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO.....   | 16        |
| 2.3.1 TUBULAÇÃO DE SUCÇÃO.....  | 17        |
| 2.3.2 TUBULAÇÃO DE RECÁLQUE.....  | 19        |
| 2.4 RESERVATÓRIO .....  | 19        |
| 2.5 TRATAMENTO.....   | 23        |
| 2.5.1 TRATAMENTO PRELIMINAR.....  | 24        |
| 2.5.2 TRATAMENTO NA RESERVAÇÃO.....   | 27        |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>   | <b>29</b> |
| 3.1 COLETA DE DADOS .....   | 30        |
| 3.1.1 VERIFICAÇÃO DO PROJETO IMPLANTADO.....  | 30        |
| 3.1.2 DEMANDA DA INSTITUIÇÃO, VOLUME DO RESERVATÓRIO E ÁREA DE CAPTAÇÃO.....                    | 32        |
| 3.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO .....   | 34        |
| 3.2.1 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO .....  | 34        |
| 3.2.1.1 TUBULAÇÃO PLUVIAL.....  | 34        |
| 3.2.1.2 TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO .....   | 37        |
| 3.2.2 PARÂMETROS DOS RESERVATÓRIOS.....   | 40        |
| 3.2.2.1 RESERVATÓRIO SUPERIOR.....  | 40        |
| 3.2.2.2 RESERVATÓRIOS INFERIORES.....   | 41        |
| 3.2.3 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONSUMO .....   | 43        |
| 3.2.4 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO.....  | 45        |
| 3.2.5 DIMENSIONAMENTO DA BOMBA.....   | 45        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>   | <b>50</b> |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>APÊNDICE A – PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TÉRREO DOS PROJETOS ELABORADO E IMPLANTADO.....</b>   | <b>59</b> |
| <b>APÊNDICE B – DETALHAMENTO DOS RESERVATÓRIOS INFERIORES E CAIXAS DE INSPEÇÃO PLUVIAL.....</b> | <b>60</b> |
| <b>APÊNDICE C – ESQUEMA VERTICAL DO PROJETO ELABORADO .....</b>                                 | <b>61</b> |
| <b>APÊNDICE D – ESQUEMA VERTICAL DO PROJETO IMPLANTADO.....</b>                                 | <b>62</b> |
| <b>APÊNDICE E – PLANTA BAIXA CASA DE MÁQUINAS DOS PROJETOS IMPLANTADO E ELABORADO.....</b>      | <b>63</b> |
| <b>APÊNDICE F – PROJETOS EXECUTIVO, IMPLANTADO E ELABORADO .....</b>                            | <b>64</b> |
| <b>ANEXO A .....</b>  | <b>65</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A água doce é um bem natural que atualmente é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, agrícola e industrial. A diminuição deste recurso, seja ela provocada pelas extensas áreas desmatadas em função da agropecuária, ou pelo lançamento inadequado de efluentes das cidades ou ainda, pelo aumento gradativo das demandas, acabam por tornar a disponibilidade hídrica insuficiente para consumo humano (AGÊNCIA..., 2005).

Um exemplo atual de escassez de água foi a crise hídrica ocorrida em São Paulo, nos anos de 2013/2014. O sistema Cantareira, responsável por abastecer cerca de 5,7 milhões de consumidores no estado, atingiu níveis de 3,2% da capacidade total de armazenamento. Para contornar a crise, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), implementou o Programa de Incentivo à Redução do Consumo de Água, que reduzia o valor da conta em até 30% para os consumidores que economizassem mais de 20% em relação a uma média de referência. Como resultado, a companhia realizou um balanço onde foi possível observar que 49% da população reduziu em pelo menos 20% o consumo (CRUZ, 2014).

Nesse cenário de escassez de água, o aproveitamento de águas pluviais é um artifício bastante atrativo para minimização desses impactos hídricos. Este recurso, pode ser empregado desde o ambiente residencial, com pequenos reservatórios para atender as demandas de uma família, até nos processos industriais que demandam grandes quantidades de água (MIERZWA, et al, 2007).

Segundo Pisani e Gil (2010), na última década foram produzidas diversas pesquisas evidenciando a importância do aproveitamento das águas pluviais, sendo alguns dos fatores mais importantes: o aumento da disponibilidade hídrica, por meio da redução da utilização de água potável para fins não potáveis; diminuição das enchentes nas grandes cidades, visto que o volume de água que escoaria, agora é captado e armazenado; diminuição das despesas individuais dos usuários de água; diminuição das despesas das empresas de gestão de recursos hídricos, reduzindo o volume de água captada e tratada.

A viabilidade do sistema de aproveitamento das águas pluviais depende, no geral, das características da região, como clima e pluviosidade, dos meios para a



coleta das águas (como superfícies e calhas), do volume destinado ao armazenamento e, por fim, da eficiência do sistema de tratamento (PISANI; GIL, 2010).

No contexto atual da Engenharia Civil, a área tem recebido cada vez mais incentivos na busca por soluções sustentáveis, como matérias-primas menos poluentes, minimização dos resíduos, reciclagem de produtos, entre outros. Além disso, os projetos elaborados por profissionais da área costumam abranger um aspecto muito importante para a sustentabilidade: o aproveitamento das águas pluviais (SOUSA, et al, 2015).

Pensando neste contexto, é possível observar que o bloco “E” da UTFPR – Câmpus Toledo apresenta um sistema para aproveitamento de águas pluviais. Em virtude disso, o presente trabalho pretende realizar uma avaliação técnica verificando se o sistema em operação está de acordo com as especificações das normas técnicas da ABNT.

A avaliação técnica será realizada com base em uma comparação entre o sistema em operação e um projeto executivo a ser elaborado, conforme as normas, sendo os usos previstos para essas águas, a limpeza dos pisos internos ao bloco “E” da instituição.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Por ser uma universidade que contempla o curso de Engenharia Civil, na UTFPR – Toledo, existe uma preocupação extra quando se fala em sustentabilidade: gestão de resíduos sólidos, eficiência energética, materiais ecológicos, aproveitamento das águas, entre outros. Além disso, a lei nº 13.186, sancionada em novembro de 2015, diz que cabe ao poder público federal, estadual e municipal estimular a adoção de práticas de consumo e de técnicas de produção ecologicamente sustentáveis.

Em concordância com a lei federal e juntamente com a preocupação ambiental, a UTFPR – Toledo possui sistemas para aproveitamento de águas pluviais, implantados em cada um dos blocos do Câmpus Toledo.

Em razão da importância do tema sustentabilidade e da obrigação por lei em preservar os recursos naturais, propõe-se a elaboração de um projeto executivo para aproveitamento de águas pluviais, o qual possuirá finalidade comparativa, levantando, se houver, divergências entre o projeto implantado e o projeto executivo a ser elaborado. Este último será realizado de acordo com as legislações, normativas e recomendações de entidades que são referências no assunto de aproveitamento de águas pluviais, possibilitando assim, apontar possíveis não conformidades e melhorias ao projeto atualmente implantado.

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

Elaborar um projeto de aproveitamento de águas pluviais para avaliação do sistema implantado no bloco “E” da UTFPR – Câmpus Toledo.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar um levantamento *in loco* das instalações de aproveitamento pluvial implantadas;
- Apontar possíveis divergências entre o projeto executivo (aprovado pelo órgão público) e as instalações que foram efetivamente implantadas;
- Determinar parâmetros para as dimensões da cisterna;
- Dimensionar o sistema de motobomba para recalque e abastecimento do reservatório superior de distribuição;
- Dimensionar o filtro de tratamento primário antes da entrada na cisterna;
- Dimensionar a tubulação que parte do reservatório superior até os pontos de consumo;
- Comparar o projeto elaborado com o projeto implantado no bloco “E”;
- Apontar possíveis incompatibilidades de normas, sugestões e melhorias ao projeto implantado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PERDAS DE CARGA

De acordo com Macintyre (1997), existem dois tipos de perda de carga: unitária e localizada (ou acidental). A primeira ocorre devido ao contato do líquido com as paredes da tubulação, perdendo energia ao longo da mesma. Já a segunda, é ocasionada pelos acessórios e peças hidráulicas da canalização, como válvulas, registros, curvas, reduções, etc. Neste caso, o contato do fluido escoado com essas peças pode provocar mudança abrupta na direção e velocidade, ocasionando elevados valores para as perdas de carga.

Segundo Netto et al. (1998), as perdas de cargas unitárias podem ser calculadas utilizando diferentes formulações, estando entre as mais usuais: Hazen-Williams, Flamant, Fair-Whipple-Hsiao e a fórmula Universal, sendo, as duas últimas, citadas e recomendadas pela NBR 5626:1998.

Um dos fatores relevantes na escolha da formulação a ser empregada deve ser as restrições e particularidades de cada uma: deve-se estar atento aos diâmetros máximos e mínimos, vazões suportadas e ao tipo de material para qual a fórmula foi projetada.

Para o cálculo das perdas de carga localizadas, a NBR 12214/1992, específica para sistemas de bombeamento, especifica que deve-se utilizar a equação 1:

$$h = K \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

Onde:

$h$ : perda de carga singular, em metros;

$K$ : coeficiente de perda de carga singular, adimensional;

Entretanto, na elaboração dos projetos hidrossanitários, para facilitar os cálculos das perdas de carga, é comum a utilização do método dos comprimentos

equivalentes. Este método consiste na utilização de um comprimento de tubulação que provocaria a mesma perda de carga dos acessórios hidráulicos (FERRAZ, 2011).

Além disso, a norma de instalações prediais de água fria (NBR 5626/1998) também adota esse tipo de metodologia: “A perda de carga nas conexões que ligam os tubos, formando as tubulações, deve ser expressa em termos de comprimentos equivalentes desses tubos”.

Para casos excepcionais onde não se tem conhecimento sobre o número de conexões e peças hidráulicas, deve-se seguir as recomendações da NBR 5626/1998:

Quando for impraticável prever os tipos e números de conexões a serem utilizadas, um procedimento alternativo consiste em estimar uma porcentagem do comprimento real da tubulação como o comprimento equivalente necessário para cobrir as perdas de carga em todas as conexões; essa porcentagem pode variar de 10% a 40% do comprimento real, dependendo da complexidade de desenho da tubulação, sendo que o valor efetivamente usado depende muito da experiência do projetista. (NBR 5626/1998, p.27)

Tendo em vista a simplicidade do método dos comprimentos equivalentes, pesquisadores, instituições de pesquisa e algumas empresas fabricantes de tubulações realizaram ao longo dos anos experimentos com o intuito de obter esses comprimentos, diferentes tipos de peça.

Como exemplo disso, a empresa Tigre – Tubos e conexões, conhecida pelas tubulações e conexões em PVC, em parceria com o Centro de Computação Eletrônica e com o Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (USP), realizaram cálculos para a obtenção dos comprimentos equivalentes para tubos roscáveis e soldáveis. A tabela com os dados consta no Anexo A.

## **2.2 SISTEMA MOTOBOMBA**

As tubulações que se destinam a conduzir águas a cotas elevadas, devem ser providas de bombas, que são equipamentos mecânicos responsáveis pela transferência de energia à água para gerar deslocamento (NETTO, et al, 1998).

Existem diversos tipos de bombas, entretanto, as mais utilizadas em instalações de água e esgoto são do tipo centrífugas, acionadas por motores elétricos (NETTO, et al, 1998).

Segundo Netto et al. (1998), para o dimensionamento de uma bomba hidráulica, devem ser conhecidas as seguintes informações:

- Natureza do líquido a recalcar: as características do líquido influenciam diretamente na escolha do tipo de bomba;
- Vazão necessária: o volume do líquido demandado em um intervalo de tempo;
- Altura manométrica: energia total solicitada para se “vencer” o desnível entre o ponto a ser recalcado e o ponto a receber o líquido. Depende da rugosidade e diâmetro da tubulação, das conexões utilizadas ao longo dos trechos e do desnível geométrico.
- Período de funcionamento da bomba: o tempo que a bomba permanecerá ligada durante o dia;
- Instalações elétricas: número de fases disponível no local.

Para o cálculo da altura manométrica, deve-se levar em conta as alturas de sucção e recalque, somando-as com as perdas de carga ao longo da tubulação, como descrito na fórmula 2 (NETTO, et al, 1998):

$$H_m = H_R + H_S + h_f \quad (2)$$

Onde:

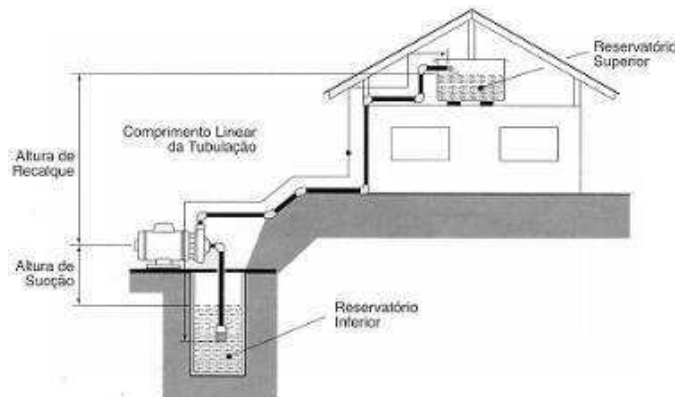
$H_m$ : altura manométrica, em metros;

$H_R$ : altura de recalque, em metros;

$H_S$ : altura de sucção, em metros;

$h_f$ : somatório das perdas de carga na sucção e recalque, em metros.

A altura de sucção corresponde ao desnível geométrico entre o nível da captação e o bocal de sucção da bomba. Já a altura de recalque, corresponde a altura entre o bocal de sucção e o ponto mais elevado até o destino final da instalação (ponto de consumo ou reservatório) (MACINTYRE, 1997). A figura 01 ilustra as alturas de sucção e recalque:



**Figura 01: Alturas de recalque e sucção**  
**Fonte: Schneider Motobombas.**

Para o uso eficaz dos aparelhos que demandam água (mangueiras, bacias sanitárias, etc.), deve-se somar à altura manométrica, a pressão dinâmica desejada no ponto de consumo. As pressões dinâmicas nos pontos de consumo devem estar de acordo com a NBR 5626/1998:

Em qualquer caso, a pressão não deve ser inferior a 10 kPa, com exceção do ponto da caixa de descarga onde a pressão pode ser menor do que este valor, até um mínimo de 5 kPa, e do ponto da válvula de descarga para bacia sanitária onde a pressão não deve ser inferior a 15 kPa. (NBR 5626/1998, p. 12)

Para as bombas centrífugas, é possível elaborar um diagrama relacionando a vazão recalçada com a altura manométrica alcançada ( $H_m$ ), rendimento ( $\eta$ ) e a potência absorvida ( $P$ ). Essas relações são chamadas de curvas características da bomba, apresentando o aspecto abaixo (NETTO, et al,1998):

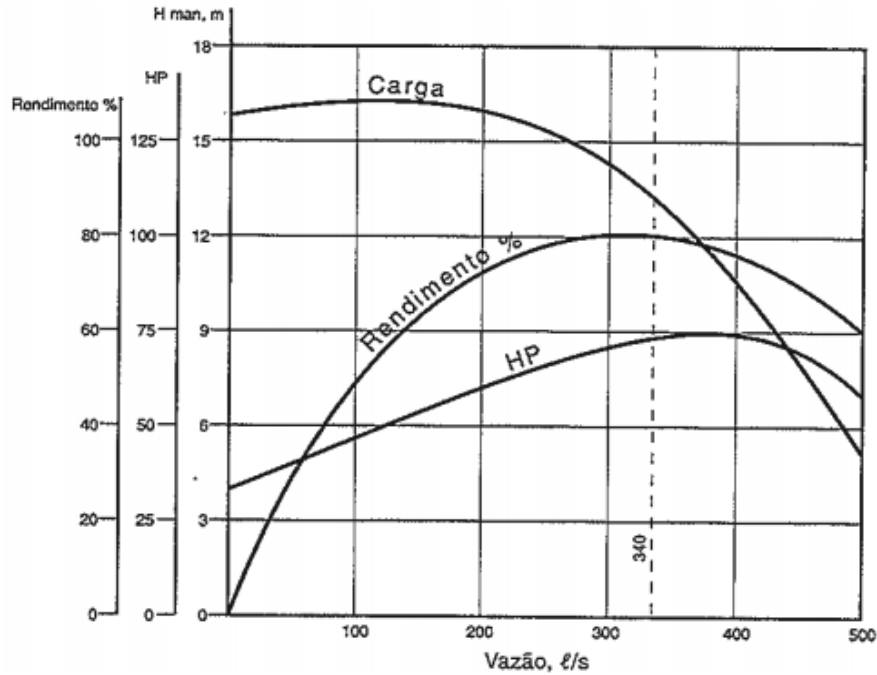


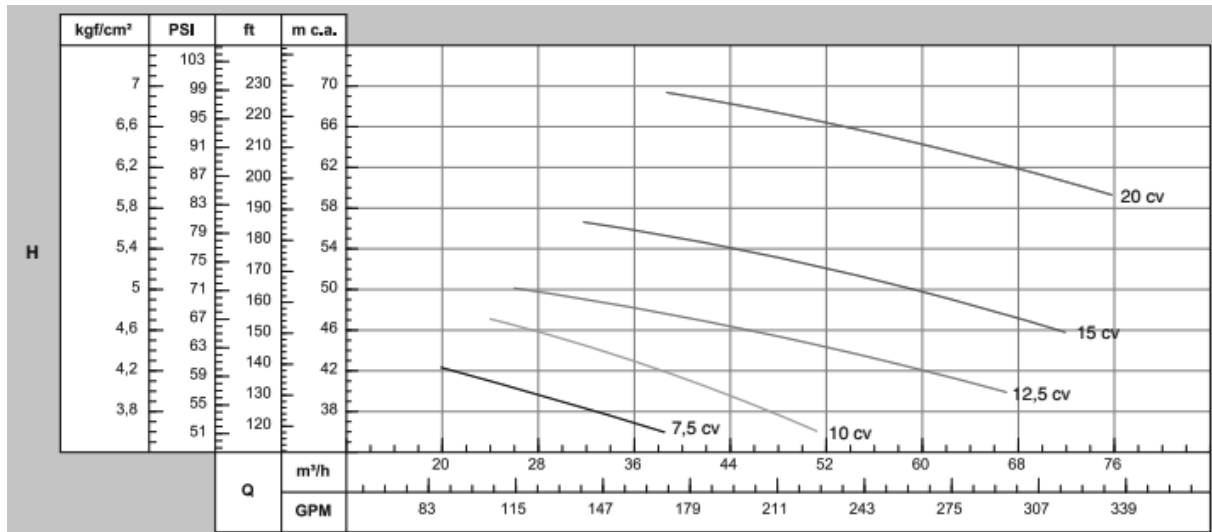
Figura 02: Curva característica de uma bomba  
 Fonte: NETTO, et al, 1998.

Conhecendo-se a vazão demandada e as perdas de carga totais ao longo da tubulação, é possível escrever a curva característica do sistema. Essa curva representa a energia necessária para que 1 kgf do líquido escoe através da tubulação, vencendo o desnível geométrico e as perdas de carga, até chegar ao ponto desejado (MACINTYRE, 1997).

A partir da curva característica do sistema, o projetista deve procurar uma bomba que satisfaça as condições de altura manométrica e vazão já calculadas. As empresas que comercializam bombas hidráulicas disponibilizam curvas e tabelas com informações sobre os diferentes modelos, alturas manométricas, vazões, potência, etc, como mostram as figuras 03 e 04:

| MODELO  | Potência (cv) | Monofásico | Ø Sucção (pol) | Ø Recalque (pol) | Pressão máxima sem vazão (m.c.a.) | Altura máxima de sucção (m.c.a.) | Ø Rotor (mm) | Pressão de partida (m.c.a.) | CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---------------|------------|----------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|   |               |            |                |                  |                                   |                                  |              |                             | Altura Manométrica Total (m.c.a.) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |            |                |                  |                                   |                                  |              |                             | 12                                | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Vazão em m <sup>3</sup> /h válida para sucção de 0 m.c.a. |               |            |                |                  |                                   |                                  |              |                             |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SP-12 C   | 1/2           | x          | 3/4            | 1                | 20                                | 0                                | 107          | 12                          | 3,7                               | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,3 | 1,8 | 1,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SP-15 C   | 3/4           | x          | 1              | 1                | 27                                | 3                                | 128          | 15                          | *                                 | *   | *   | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 1,8 | 1,4 | 0,8 |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SP-22 C   | 1             | x          | 1              | 1                | 29                                | 0                                | 128          | 22                          | *                                 | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | 3,4 | 3,1 | 2,8 | 2,4 | 2,0 | 1,5 | 0,9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figura 03: Exemplo de tabela para escolha do tipo de bomba  
 Fonte: Franklin Electric (2016).



**Figura 04: Exemplo de curvas características para bombas de diferentes potências**  
**Fonte: Schneider motobombas.**

Quando sobrepostas as curvas do sistema e da bomba, ambas as curvas apresentam um ponto em comum (para cada modelo de bomba). Esse ponto é chamado de “ponto de operação”, e representa o ponto de equilíbrio natural do sistema bomba-encanamento, com as condições de vazão e altura manométrica de operação (MACINTYRE, 1997).

Além da análise das curvas características, é necessário verificar a ocorrência de cavitação. Este fenômeno físico ocorre em bombas centrífugas no momento que o fluido é succionado, reduzindo-se sua pressão a valores iguais ou inferiores a sua pressão de vapor. Com isso, formam-se bolhas, que implodem ao atingirem o rotor, ocasionando danos e queda no desempenho das bombas (MACINTYRE, 1997).

A cavitação ocorre quando o “Net Positive Suction Head”, conhecido como NPSH, apresenta um valor em relação ao sistema inferior ao NPSH da bomba. Esse termo é utilizado mundialmente e diz respeito a energia disponível na sucção. Para que a bomba funcione corretamente, é necessário que o NPSH do sistema (da instalação de sucção) seja superior ao NPSH requerido pela bomba (NETTO, et al, 1998).

O NPSH requerido é uma característica da bomba, sendo assim, fornecido pelo fabricante. Já o NPSH disponível é uma característica da instalação de sucção e pode ser calculado através da fórmula 3 (NETTO, et al, 1998):

$$NPSH_{disp} = \pm H + \left( \frac{p_a - p_v}{\gamma_w} \right) * 10 - h_{f,s} \quad (3)$$



Onde:

$H$ : carga ou altura de água na sucção, sendo valor positivo para bombas afogadas e negativo para bombas acima do nível de água, em metros;

$p_a$ : pressão atmosférica no local, em kgf/cm<sup>2</sup>;

$p_v$ : pressão de vapor da água, dependente da temperatura, em kgf/cm<sup>2</sup>;

$\gamma_w$ : massa específica da água, em kgf/cm<sup>3</sup>;

$h_{f,s}$ : soma das perdas de carga na sucção, em metros.

Na instalação das bombas, estas devem ser assentadas em nível, de preferência sobre uma estrutura de concreto ou alvenaria, mantendo o alinhamento com os motores (NETTO, et al, 1998).

As tubulações devem ser projetadas de maneira que não passem esforços mecânicos para a bomba, possuindo um sistema de escora independente ao da bomba (NETTO, et al, 1998).

Após a saída da bomba, na tubulação de recalque, pode ser instalado um dispositivo para ativação automática da bomba, quando os registros dos pontos de consumo (torneiras) forem abertas. Para isso, pode-se utilizar um pressostato, dispositivo que capta a pressão na rede e envia sinais elétricos para acionamento e desligamento da bomba.

O pressostato funciona da seguinte maneira: a tubulação de recalque estará pressurizada permanentemente. Quando o registro (torneira) for aberto, ocorrerá uma queda na pressão de água da rede. Nesse instante, o pressostato envia um sinal elétrico à bomba, ativando-a. Após a utilização da água pelo ponto de consumo, o registro é fechado e a bomba continua a trabalhar, até o momento em que a pressão se iguala a pressão ajustada no pressostato, que novamente envia um sinal elétrico para desligamento da bomba (PONTO DO INCÊNDIO, 2012).



**Figura 05: Pressostato**  
**Fonte: Ponto do Incêndio (2012).**

### **2.3 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO**

Na literatura, existem diversas maneiras para o dimensionamento de tubulações de água fria. O diâmetro da tubulação depende de fatores como perda de carga, vazão e rugosidade do material (TELLES, 1999).

Os principais fatores que influenciam na escolha do material da tubulação são (TELLES, 1999):

- Fluido conduzido: natureza do fluido escoado, pH, toxicidade, resistência a corrosão, etc;
- Condições de serviço: temperatura e pressão a que são submetidos;
- Resistência do material: o material deve resistir aos esforços atuantes (pressão do fluido, pesos, reações e dilatações térmicas, etc.);
- Disponibilidade do material: deve-se verificar se o material está disponível no local de utilização;
- Tempo de vida útil: depende da natureza e importância da tubulação;
- Custo do material: um dos fatores que exerce maior influência na decisão. Deve-se considerar os custos diretos e indiretos em relação ao material.

Os materiais mais utilizados na fabricação de tubulações são (TELLES, 1999):

- Aço galvanizado: apresentam baixo custo, excelentes qualidades mecânicas e facilidade para soldagem. São recomendados para escoamento de água doce, vapor, gases e fluidos pouco corrosivos;
- Concreto armado: são empregados em tubulações de grandes diâmetros de água e esgoto. Possuem elevada resistência mecânica;
- Ferro fundido: apresentam ótima resistência a corrosão do solo e boa resistência ao desgaste por atrito. São indicados para água, gás, água salgada e esgoto, e onde não ocorram grandes esforços mecânicos;
- PVC: apresentam baixo peso específico, alta resistência a corrosão, baixo custo (quando comparado com materiais de equivalente resistência a corrosão), baixo coeficiente de atrito, facilidade de manuseio e baixa resistência mecânica. São muito utilizados para tubulações de águas, esgotos, ácidos e produtos corrosivos.

Para o pré-dimensionamento da tubulação, pode-se utilizar a tabela 1 (NETTO, et al, 1998):

**Tabela 1: Valores para pré-dimensionamento da tubulação**

| DN (mm) | Vazão (l/s) | Velocidade (m/s) |
|---------|-------------|------------------|
| 50      | 1,4         | 0,70             |
| 60      | 2,3         | 0,80             |
| 75      | 4           | 0,90             |
| 100     | 8           | 1,00             |
| 150     | 18          | 1,00             |
| 200     | 35          | 1,10             |
| 250     | 54          | 1,10             |
| 300     | 85          | 1,20             |

Fonte: NETTO, et al, 1998.

### 2.3.1 TUBULAÇÃO DE SUCÇÃO

A tubulação de sucção deve ser a mais curta possível, evitando-se a utilização de peças, como curvas e cotovelos, de maneira a minimizar as perdas de cargas. A

tubulação deve ser ascendente até o eixo da bomba, podendo ser constituída por trechos exclusivamente horizontais (NETTO, et al, 1998).

Em casos onde sejam necessárias a utilização de conexões para unir duas ou mais tubulações, devem ser utilizadas junções 45 graus, evitando-se o emprego de tês (NETTO, et al, 1998).

A altura de sucção somada com as perdas de cargas devem atender as condições fornecidas pelo fabricante. Essa altura de sucção depende de fatores como a pressão atmosférica e altitude (em relação ao nível do mar). Entretanto, é comum encontrar recomendações na literatura limitando essa altura a 5 metros (NETTO, et al, 1998).

Na prática, a tubulação de sucção geralmente apresenta um diâmetro imediatamente superior ao da tubulação de recalque (NETTO, et al, 1998).

Na tubulação de sucção, as velocidades não devem exceder os valores recomendados pela NBR 12214/1992, salvo em casos onde a bomba encontra-se afogada, ou seja, quando o nível do eixo da bomba estar abaixo do nível de água, e as velocidades sejam devidamente justificadas. Os valores recomendados pela norma encontram-se na tabela 2:

| <b>Diâmetro Nominal (DN)</b> | <b>Velocidade (m/s)</b> |
|------------------------------|-------------------------|
| 50                           | 0,70                    |
| 75                           | 0,80                    |
| 100                          | 0,90                    |
| 150                          | 1,00                    |
| 200                          | 1,10                    |
| 250                          | 1,20                    |
| 300                          | 1,40                    |
| 400                          | 1,50                    |

**Fonte: NBR 12214/1992.**

### 2.3.2 TUBULAÇÃO DE RECALQUE

Nas tubulações de recalque, deverão ser instaladas, logo após a saída da bomba, uma válvula de retenção e um registro de gaveta, respectivamente. A primeira tem como finalidade evitar o refluxo de água e impedir que a coluna líquida exerça pressão sobre a bomba. Já a segunda é utilizada para a interrupção do fluxo de água em eventuais reparos e substituições (NETTO, et al, 1998).

Netto et al. (1998) recomenda que o diâmetro da tubulação de recalque seja duas bitolas acima do diâmetro de saída da bomba e, em hipótese alguma, inferior a este.

Segundo a NBR 5626, para o dimensionamento da tubulação de água fria, a velocidade máxima da água não pode ser superior a 3 m/s.

### 2.4 RESERVATÓRIO

Segundo a NBR 12217/1989, devem ser previstos no projeto do reservatório: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

O reservatório deve ser limpo e desinfetado pelo menos uma vez ao ano, com soluções de hipoclorito de sódio, de acordo com as instruções da NBR 5626/1998.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2005), o sistema de armazenamento requer cuidados gerais e características construtivas que devem ser executadas a fim de garantir a segurança do abastecimento. Dentre essas características, ressaltam-se:

- Proteção contra luz solar, para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- Cuidados para manter a tampa de inspeção sempre fechada;
- Utilização de tela ou grade no extravasor, evitando a entrada de pequenos animais;
- Previsão de uma declividade no fundo do reservatório até a tubulação de drenagem, facilitando a limpeza e manutenção;

- Previsão de dispositivo para evitar a ressuspensão dos sedimentos acumulados no fundo do reservatório;
- Indicação por meio de placas do uso não-potável das águas nos pontos de consumo e no reservatório.

Para o sistema de armazenamento possuir uma boa eficiência, o mesmo deve contemplar as características construtivas descritas anteriormente. Entretanto, pode-se optar pela utilização de alguns equipamentos que aprimoram ainda mais a eficiência do armazenamento, tais como (FIEMG; FEAM, 2015):

- Sifão-ladrão: elimina o excesso de água e partículas mais leves que transbordam da cisterna, evita a entrada de animais e impossibilita a entrada de gases das galerias pluviais na cisterna;



**Figura 06: Sifão-ladrão com tela para reservatórios**  
Fonte: FIEMG; FEAM, 2015.

- Captação flutuante de água: por estar flutuante, proporciona a captação de água de melhor qualidade, sem sedimentos que permanecem ao fundo da cisterna. São geralmente acompanhadas por um filtro;



**Figura 07: Boia flutuante para bombas de sucção**  
Fonte: AQUASTOCK (2013).

- Freio d'água: reduz a velocidade da água na entrada da cisterna e evita a ressuspensão dos sólidos.



**Figura 08: Freio d'água para tubulação que chega na cisterna**  
Fonte: AQUASTOCK (2013).

Em épocas de cheias, as águas pluviais excedentes poderão ser lançadas nas galerias de águas pluviais, na via pública ou infiltrado diretamente no solo, desde que não haja perigo de contaminação do solo (NBR 15527/2007).

O dimensionamento do extravasor deve ser realizado considerando a vazão máxima capaz de alimentar o reservatório, em condições normais ou excepcionais de operação. A distância mínima entre a cobertura do reservatório e o nível máximo atingido pela água é de 30 cm (NBR 12217/1994).

O reservatório deve possuir ventilação para entrada e saída de ar, feita por dutos protegidos com tela e com cobertura que impeça a entrada de água de chuva e limite a entrada de poeira (NBR 12217/1994).

Cada câmara de reservação deve possuir pelo menos uma abertura de inspeção, com dimensões mínimas de 60x60 cm, estando as bordas da abertura de inspeção a pelo menos 10 cm da cobertura (NBR 12217/1994).

Os principais materiais empregados na construção dos reservatórios são concretos armado, chapas metálicas ou materiais especiais (como fibra de vidro, por exemplo) (NETTO, et al,1998).

O dimensionamento do reservatório é um dos pontos críticos para o aproveitamento de águas pluviais. Rupp (2011) afirma que o reservatório representa um dos itens mais caros do sistema, influenciando diretamente no tempo de retorno do investimento. Além disso, o dimensionamento incorreto pode gerar ocorrências em que a quantidade de água no reservatório é insuficiente para atender a demanda (RUPP, 2011).

De acordo com a NBR 15527, o volume do reservatório deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais. Para isso, são descritos pela norma alguns métodos de cálculos para dimensionamento de reservatórios:

- Método de Rippl;
- Método da Simulação;
- Método de Azevedo Neto;
- Método prático Alemão;
- Método prático Inglês;
- Método prático Australiano.

Entretanto, a NBR 15527 também permite a utilização de métodos alternativos, desde que devidamente justificados. Apoiado nisso, Rupp (2011) utiliza o *software* Netuno, apresentando resultados satisfatórios.

Em casos que o reservatório for alimentado a partir de uma fonte de água potável, o mesmo deverá possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada (ligação entre tubulações de água potável e não potável) (NBR 15527/2007).



## 2.5 TRATAMENTO

O sistema de aproveitamento das águas pluviais depende da qualidade da água coletada e do seu destino previsto. De maneira geral, os usos mais comuns não-potáveis (irrigação, limpeza de pisos, descarga em sanitários etc.) requerem sistemas de tratamento por filtração simples, sedimentação simples e desinfecção por cloro ou luz ultravioleta (AGÊNCIA..., 2005).

No contexto em que se utilizam fontes alternativas de águas não potáveis para respectivos fins não potáveis, o conceito de aproveitamento de águas pluviais se assemelha muito ao de águas de reuso, podendo a água da chuva ser considerada um tipo de água de reuso (AGÊNCIA..., 2005).

Para Mancuso e Santos (2003), é importante ter em mente que as possibilidades de contato da água com usuário são, dentre outros fatores, essenciais na caracterização da qualidade da água. O autor cita como exemplo o contato por ingestão direta da água; contato por ingestão de alimentos consumidos crus irrigados por essas águas; contato pela pele por atividades que contenham água de reuso, entre outros.

Ainda segundo Mancuso e Santos (2003), devem ser analisados alguns critérios no planejamento de sistemas de reuso de água:

- Saúde pública: o reuso não deve resultar em riscos sanitários à população;
- Aceitação pelo usuário: o reuso não pode causar nenhum tipo de objeção por parte do usuário (cor e turbidez perceptíveis acabam sendo rejeitadas pelo usuário);
- Preservação do meio ambiente: o reuso não deve provocar prejuízos ao meio ambiente;
- Adequação da água ao uso pretendido: a qualidade da água deve atender as exigências relativas aos usos previstos.

Com base nos critérios descritos anteriormente, pode-se definir as classes de reuso da água para diferentes utilizações. São categorizadas em classes 1, 2, 3 e 4, diminuindo as exigências ao se passar da primeira até se chegar na última (AGÊNCIA..., 2005).

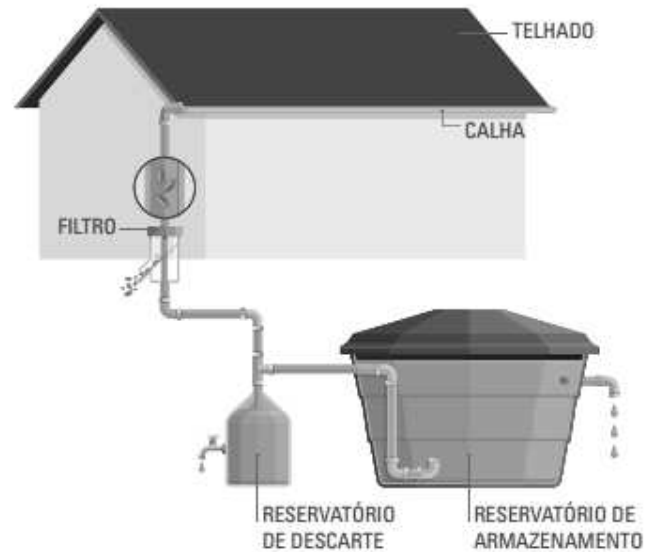
Segundo a Agência Nacional de Águas (2005), os usos preponderantes da água de reuso para as quatro classes são descritos abaixo:

- Classe 1: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, roupas e veículos;
- Classe 2: lavagem de agregado, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira;
- Classe 3: irrigação de áreas verdes e jardins;
- Classe 4: resfriamento de equipamentos de ar condicionado.

### **2.5.1 TRATAMENTO PRELIMINAR**

De acordo com a NBR 15527, devem ser instalados dispositivos para a retenção de detritos, como filtros e telas, estando estes, dimensionados conforme a NBR 12213. A norma também diz que pode-se instalar um dispositivo para o descarte do escoamento inicial, sendo recomendado o descarte dos primeiros 2 mm de chuva (a cada m<sup>2</sup> de área).

Mierzwa (2007) ressalta que a “água de lavagem do telhado” deve, obrigatoriamente, ser descartada, pois encontram-se altas concentrações de poeira, fezes de animais e outros contaminantes. Para isso, o autor recomenda que seja instalado um reservatório auxiliar, junto com um dreno ao fundo, que terá função de captar essa água inicial para posterior descarte, como ilustra a figura 09:

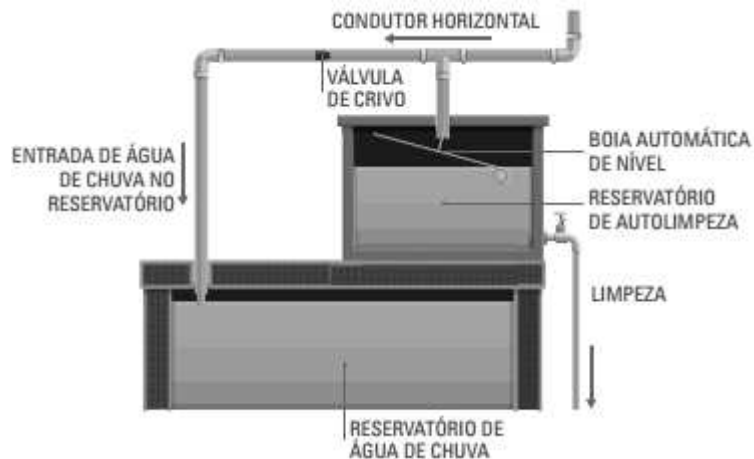


**Figura 09: Ilustração do tratamento preliminar e descarte do escoamento inicial**  
**Fonte: FIEMG; FEAM, 2015.**

Existem diversas maneiras de se realizar o descarte da água da “primeira chuva”. Os fatores que influenciam na escolha da técnica a ser implantada são a área de captação e o volume a ser descartado. Dentre as metodologias mais conhecidas, destacam-se o tonel de descarte e o reservatório com boia (FIEMG; FEAM, 2015).



**Figura 10: Tonel para descarte da chuva inicial**  
**Fonte: FIEMG; FEAM, 2015.**



**Figura 11: Reservatório auxiliar para descarte da chuva inicial**  
**Fonte: FIEMG; FEAM, 2015.**

A filtragem da água é necessária para retirar os elementos que são carregados pelas águas nas superfícies da cobertura. Para a retenção dos sólidos mais grosseiros, como galhos, folhas e fezes de animais, é recomendada a utilização de telas ou grades, que funcionam como um pré-filtro, como ilustrado na figura 12. Nesse tipo de filtro, é necessária a manutenção e retirada dos detritos manualmente.

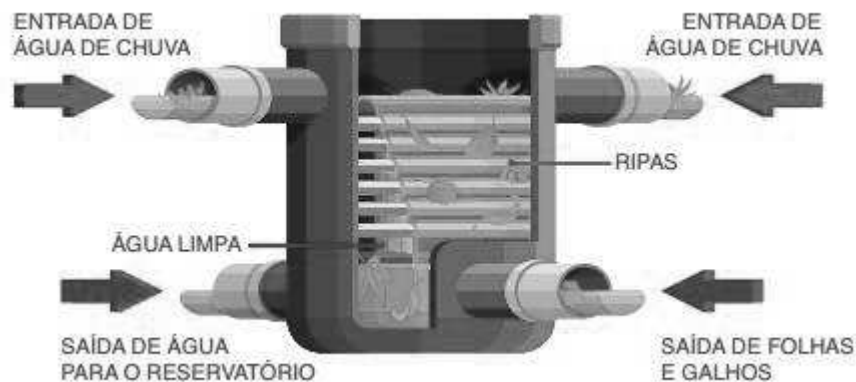


**Figura 12: Grades para a proteção de calhas**  
**Fonte: FIEMG; FEAM, 2015.**

Além dos filtros para sólidos grosseiros, a Agência Nacional de Águas recomenda a filtração simples através de decantador e filtro de areia. Chagas et al. (2013) também ressalta a importância da utilização de um filtro mais lento, composto por um leito de areia, apoiado sobre um leito de brita, para a remoção de partículas menores.

Em alguns casos, a utilização de pré-filtros e filtros mais finos pode não representar a solução ideal, seja ela por causa do espaço físico ou da necessidade de periódicas manutenções. Em virtude disso, existem inúmeros filtros comerciais autolimpantes, que exigem uma taxa de manutenção mínima (FIEMG; FEAM, 2015).

O dimensionamento destes filtros consiste na escolha de um modelo adequado as instalações pluviais (filtro instalado na tubulação vertical ou tubulação horizontal) e na área de contribuição do telhado. A água proveniente das calhas é escoada até o filtro, onde ocorre a separação das partículas sólidas e água, direcionando a água “limpa” ao reservatório pluvial enquanto o restante é levado às galerias de águas pluviais (FIEMG; FEAM, 2015).



**Figura 13: Ilustração de um filtro autolimpante.**  
**Fonte: FIEMG; FEAM, 2015.**

### 2.5.2 TRATAMENTO NA RESERVAÇÃO

Como os usos previstos para as águas pluviais são limpeza de pisos, a água é enquadrada em classe 1. Dessa maneira, devem ser atendidos os parâmetros mínimos de qualidade estabelecidos pela Agência Nacional de Águas (2005):

**Tabela 3: Parâmetros exigidos para a água enquadrado na Classe 1**

| <b>Parâmetros</b>                    | <b>Concentrações</b> |
|--------------------------------------|----------------------|
| Coliformes fecais                    | Não detectáveis      |
| pH                                   | Entre 6,0 e 9,0      |
| Cor (UH)                             | ≤ 10 UH              |
| Turbidez (UT)                        | ≤ 2 UT               |
| Odor e aparência                     | Não desagradáveis    |
| Óleos e graxas (mg/L)                | ≤ 1 mg/L             |
| DBO (mg/L)                           | ≤ 10 mg/L            |
| Compostos orgânicos voláteis         | Ausentes             |
| Nitrato (mg/L)                       | < 10 mg/L            |
| Nitrogênio amoniacal (mg/L)          | ≤ 20 mg/L            |
| Nitrito (mg/L)                       | ≤ 1 mg/L             |
| Fósforo total (mg/L)                 | ≤ 0,1 mg/L           |
| Sólido suspenso total (SST) (mg/L)   | ≤ 5 mg/L             |
| Sólido dissolvido total (SDT) (mg/L) | ≤ 500 mg/L           |

**Fonte: Agência Nacional de Águas (2005).**

De acordo com a NBR 15527, fica a critério do projetista o método a ser utilizado para a desinfecção. A norma também cita exemplos como derivados clorados, raios ultravioletas, ozônio, entre outros. Além disso, quando for utilizado cloro residual livre, sua concentração deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

Quando for empregado derivado clorado para a desinfecção, pode-se utilizar um dosador automático, junto a bomba, desde que seja esperado um tempo de contato mínimo de 30 minutos até a utilização da água do reservatório, para que haja uma descontaminação eficaz (NBR 15527/2007).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foi obtido o projeto executivo para aproveitamento de águas pluviais referente as instalações do bloco “E”, o qual foi disponibilizado pela Universidade. Em posse do projeto executivo, em formato digital, foram estudados todos os seus componentes e suas respectivas localizações para posterior verificação de implantação.

Após a fase de estudo do projeto executivo, foi realizada um levantamento *in loco* das instalações de uso de águas pluviais presentes na Universidade, com intuito de averiguar se todos os componentes que constavam no projeto executivo, devidamente aprovado pelos órgãos públicos e que deveria ser executado na construção do bloco, estavam efetivamente instalados e em funcionamento. Este levantamento consistiu na observação e análise de cada um dos elementos constituintes das instalações de aproveitamento pluvial, como pontos de consumo (torneiras de jardim), reservatórios superior e inferior, prumadas, caixas de inspeção pluvial, calhas, etc.

Com base nas observações realizadas, atualizou-se o projeto executivo, compatibilizando-o com as instalações de aproveitamento pluvial instaladas e denominando-o como “projeto implantado”, elencando os itens que foram ou não implantados e suas respectivas situações (exigência normativas, estado de conservação e funcionamento, etc).

A partir do término da atualização do projeto implantado, iniciou-se a fase de coleta de dados pertinentes ao volume, área de captação e demanda da instituição, obtendo-se estas informações através dos estudos elaborados por Sousa (2017).

Com a obtenção destes parâmetros, foi possível iniciar a elaboração do projeto. Esta etapa consistiu na divisão do volume total do reservatório em dois: um superior e outro inferior; no dimensionamento da tubulação, por meio da Fórmula Universal da perda de carga; no dimensionamento da bomba, utilizando-se de catálogos de fabricantes e empregando novamente a Fórmula Universal no cálculo das perdas de carga; na escolha do número de pontos de consumo e suas respectivas localizações, tanto no pavimento térreo quanto nos pavimentos tipo; no dimensionamento do filtro e do reservatório auxiliar, os quais são funções da área de captação do telhado; no

dimensionamento da tubulação pluvial (condutores horizontais e verticais), bem como as caixas de inspeção pluvial, que direcionam o fluxo do telhado aos reservatórios.

Por fim, em posse dos três projetos: elaborado, executivo e implantado, foi realizado um quadro comparativo, onde foram elencadas as principais incompatibilidades entre os projetos, os requisitos normativos, as necessidades de manutenção ou correção, além de serem realizados comentários pertinentes a cada um dos itens avaliados. O Quadro comparativo encontra-se na seção resultados, denominado Quadro 01. A figura 14 demonstra o procedimento utilizado na metodologia.



Figura 14: Esquema da metodologia utilizada.  
Fonte: Autoria própria (2017).

### 3.1 COLETA DE DADOS

#### 3.1.1 VERIFICAÇÃO DO PROJETO IMPLANTADO

Com relação aos pontos de consumo, observou-se que das sete torneiras do térreo e das duas torneiras de cada pavimento tipo, previstas em projeto, nem todas eram abastecidas por águas pluviais.

Constatou-se que uma das quatro prumadas que deveriam ser alimentadas por águas pluviais, de acordo com o projeto, não está implantada. Esta prumada, representada por “AF-TJ1” (figura 15), próxima ao bebedouro, deveria abastecer um ponto de consumo de cada pavimento tipo e um do térreo. Entretanto, mesmo com a ausência da prumada, existe uma torneira nos pontos de consumo previstos no projeto. Após algumas análises, verificou-se que estes pontos eram alimentados pelo



reservatório de água potável, totalizando-se assim, seis torneiras de águas pluviais implantadas no térreo e apenas uma implantada em cada pavimento tipo.



**Figura 15: Ponto de consumo referente a prumada abastecida por água potável.**  
**Fonte: Autoria própria (2017).**

Outros itens que constavam no projeto porém não haviam sido implantados são: placas de sinalização de não potabilidade da água, obrigatórias nos pontos de consumo; elevação de concreto sob o reservatório superior, visto que o reservatório estava apoiado diretamente na laje (figura 16); tubulação de limpeza e extravasor no reservatório superior.



**Figura 16: Reservatório pluvial apoiado na laje.**  
**Fonte: Autoria própria (2017).**

Além disso, também existiam pequenas divergências na casa de máquinas, como localização da porta e a posição das prumadas de recalque de água fria (potável) e águas pluviais.

No levantamento do que foi executado referente as instalações do reservatório inferior, não foi possível a obtenção de todas as medidas e informações, visto que o compartimento possui uma elevada profundidade e não apresenta uma escada de marinheiro para acesso ao mesmo.

Entretanto, foi possível verificar a altura do compartimento, de 3,45 m, estando de acordo com o projeto executivo; as dimensões aproximadas do reservatório, 3,40 x 2,00 m de área de base com uma altura de água igual a 1,90 m, em desacordo com o projeto; a não implantação de um dreno no compartimento, que estava previsto no projeto, visto que no momento da observação do acadêmico o compartimento estava com uma altura de água de aproximadamente 10 cm; a existência de apenas duas bombas onde no projeto constavam três; a existência de um decantador, porém sem a tela de inox informada em projeto.

Ao lado do reservatório, foi observado que o filtro de pedrisco lavado previsto no projeto havia sido implantado, porém estava inviabilizado, recoberto por uma camada de solo, possivelmente pela falta de manutenção.

As caixas de inspeção pluvial (CIAPs) que direcionam as águas dos condutores horizontais até o reservatório inferior de águas pluviais estavam de acordo com o projeto. Entretanto, não foi possível constatar a existência das caixas de inspeção pluvial do trecho compreendido entre o reservatório inferior e as galerias pluviais, também previstas no projeto executivo, uma vez que, caso existam, estão enterradas no solo.

### **3.1.2 DEMANDA DA INSTITUIÇÃO, VOLUME DO RESERVATÓRIO E ÁREA DE CAPTAÇÃO**

A área de captação das águas pluviais e o volume de armazenamento foram calculados por Sousa (2017), por meio de uma análise técnica e econômica, levando em consideração aspectos como a demanda mensal da instituição e custos para cloração da água.

A demanda mensal de água para limpeza dos pisos do bloco “E” da UTFPR foi calculada considerando uma estimativa de água por metro quadrado para cada um dos ambientes (salas de aula, auditórios, banheiros) e analisando a frequência dessas limpezas em um período mensal. A tabela 4 demonstra as relações utilizadas e a demanda calculada por Sousa (2017).

**Tabela 4: Volume de água demandado e frequência de limpeza dos ambientes da UTFPR.**

| <b>Ambiente</b>   | <b>Volume de água (L/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Limpeza / mês (Unid.)</b> | <b>Área (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Demanda (L/mês)</b> |
|---|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Salas de Aula/Salas Administrativas/Corredores/Auditórios/Hall de Entrada | 2                                       | 4                            | 2.772,24                    | 22.177,92              |
| Lavagem dos Banheiros   | 4                                       | 8                            | 183,36                      | 5.867,52               |
| <b>Total</b>  |   |                              |                             | <b>28.045,44</b>       |

**Fonte: Sousa (2017)**

Com base na demanda obtida, foi determinada a área de captação e calculado o volume necessário de armazenamento. Como já mencionado, foram considerados aspectos econômicos, dimensionando o reservatório de forma a atender satisfatoriamente as demandas da instituição, sem necessidade de extravasar elevados excessos de água, visto que as águas pluviais necessitam de desinfecção por cloro para utilização na limpeza dos pisos (SOUSA, 2017).

Os métodos utilizados no cálculo do volume do reservatório foram três: Rippl, Prático Australiano e de Azevedo Neto. Os resultados de cada um desses métodos foram analisados e para o presente projeto foi utilizado o volume de 28 m<sup>3</sup>, bem como a área de captação recomendada por Sousa (2017), correspondente a metade do telhado oeste do bloco “E”, com valor de 285,4 m<sup>2</sup>. A figura 17 ilustra a área determinada para captação e posterior armazenamento de águas pluviais (SOUSA, 2017).

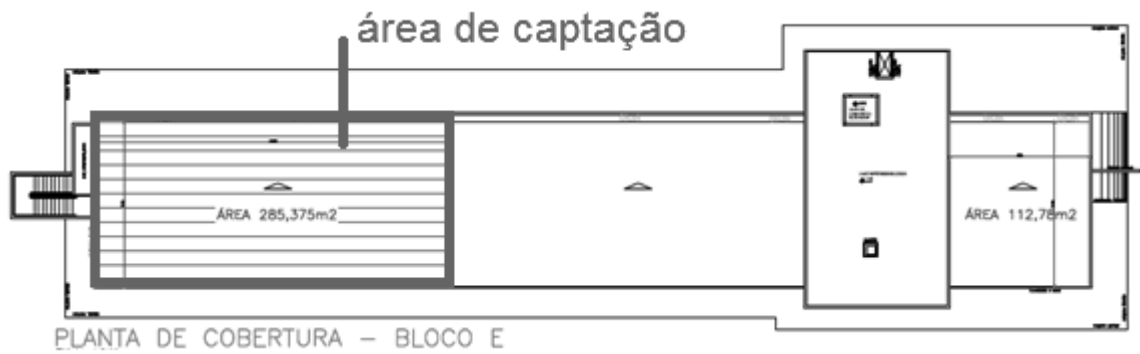


Figura 17: Área de captação das águas pluviais para armazenamento e posterior utilização.  
Fonte: Sousa (2017).

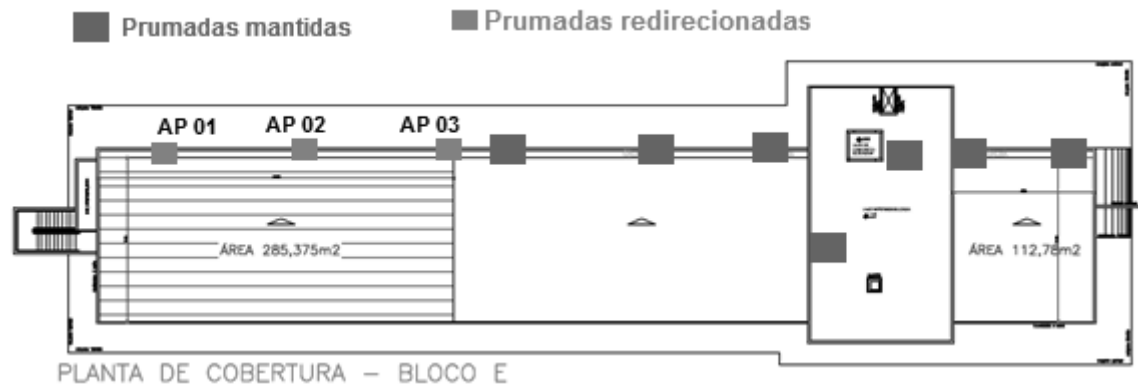
## 3.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO

### 3.2.1 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO

#### 3.2.1.1 TUBULAÇÃO PLUVIAL

São os condutores verticais e horizontais, que recebem as águas diretamente das prumadas das calhas, direcionando as mesmas até as caixas de inspeção pluviais e posteriormente ao reservatório pluvial inferior.

Em virtude da área de captação determinada por Sousa (2017) compreender apenas uma parte da cobertura, foi necessário projetar novas caixas de inspeção pluviais, pois apenas três das dez prumadas pluviais eram alimentadas pelas calhas da área em questão (prumadas AP-01 a AP-03), conforme a figura 18.



**Figura 18: Ilustração das prumadas das calhas que foram redirecionadas e mantidas.**  
**Fonte: o Autor, 2017.**

A decisão de optar pela construção de novas caixas pluviais abordou fatores econômicos, visto que não seria possível separar a água escoada pelas três prumadas das demais, o que por sua vez acarretaria em um elevado volume do reservatório auxiliar (alto custos com mão-de-obra, escavação, concreto) e também grande parte da água presente no reservatório, já desinfetada por cloro, seria extravasada para a rede de águas pluviais.

Dessa maneira, foram projetadas caixas de inspeção em conformidade com a NBR 10844/1989, distanciadas de no máximo 20 metros umas das outras para trechos retilíneos e também em ocasiões onde foi necessária a mudança de direção dos condutores horizontais.

Para o dimensionamento destes condutores, foi necessário calcular a vazão de projeto conforme a equação (4) da NBR 10844/1989.

$$Q = \frac{i * A}{60} \quad (4)$$

Onde:

$Q$ : vazão de projeto, em l/min;

$A$ : área de contribuição do telhado, em m<sup>2</sup>;

$i$ : intensidade pluviométrica, em mm/h.

A intensidade pluviométrica foi obtida por Festi [2004], para a cidade de Cascavel – PR, e no presente projeto foi utilizado a mesma, visto que a cidade de Toledo – PR carece de equações de chuvas intensas que determinam a intensidade pluviométrica. Assim, a intensidade pluviométrica de Cascavel, para um período de

retorno de 5 anos e tempo de duração da chuva de 5 minutos, ambos especificados pela NBR 10844/1989, foi igual a 171,8 mm/h.

As áreas de contribuição foram divididas em três, visto que cada uma das prumadas recebia uma parte da contribuição do telhado. Com as áreas de contribuição foi possível calcular a vazão de projeto para cada uma das prumadas e, com as vazões, utilizou-se da tabela 5, fornecida pela NBR 10844/1989 para dimensionar o diâmetro e declividade dos condutores horizontais.

**Tabela 5: Vazões (em L/min) suportadas pelos condutores horizontais de PVC, para diferentes diâmetros e declividades.**

| Diâmetro<br>interno (mm) | Declividade (%) |       |       |        |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|--------|
|                          | 0,5             | 1,0   | 2,0   | 4,0    |
| 50                       | 32              | 45    | 64    | 90     |
| 75                       | 95              | 133   | 188   | 267    |
| 100                      | 204             | 287   | 405   | 575    |
| 125                      | 370             | 521   | 735   | 1.040  |
| 150                      | 602             | 847   | 1.190 | 1.690  |
| 200                      | 1.300           | 1.820 | 2.570 | 3.650  |
| 250                      | 2.350           | 3.310 | 4.660 | 6.620  |
| 300                      | 3.820           | 5.380 | 7.590 | 10.800 |

Fonte: NBR 10844/1989.

Com base na tabela 5, obteve-se os diâmetros e declividades necessárias para cada uma das tubulações horizontais. As vazões de projeto para cada uma das áreas estão descritas na tabela 6, bem como os diâmetros e declividades adotados para os condutores horizontais de suas respectivas prumadas.

**Tabela 6: Parâmetros calculados para as três prumadas de águas pluviais.**

| Prumada | Área (m <sup>2</sup> ) | Q (l/min) | Diâmetro (mm) | Declividade (%) |
|---------|------------------------|-----------|---------------|-----------------|
| AP 01   | 117,1                  | 335,30    | 100           | 1,5             |
| AP 02   | 119,4                  | 341,88    | 100           | 1,5             |
| AP 03   | 90                     | 257,70    | 100           | 1               |
| Total   | 326,5                  | 934,88    | 2x150         | 0,5             |

Fonte: Autoria própria (2017).

Em um dos trechos, optou-se por utilizar duas tubulações de diâmetros 150 mm, com intuito de obter a menor declividade possível. Entretanto, no trecho imediatamente posterior a este último, optou-se por uma tubulação de 150 mm e declividade 1,50%, para realizar a interligação com o reservatório auxiliar e o filtro pluvial.

### 3.2.1.2 TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO

Essas tubulações consistem nas tubulações que recalcam a água do reservatório inferior ao reservatório superior e nas tubulações que partem deste último e abastecem os pontos de consumo.

Foram analisadas as restrições de cada fórmula e, por questões de praticidade e seguindo as recomendações da NBR 5626:1998, a formulação empregada no dimensionamento da tubulação de águas pluviais foi a equação Universal (5).

$$J = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (5)$$

Onde:

$J$ : perda de carga unitária, em m/m;

$V$ : velocidade de escoamento, em m/s;

$g$ : aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$D$ : diâmetro da tubulação, em m;

$f$ : coeficiente de atrito, adimensional.

O coeficiente de atrito  $f$  da equação Universal foi obtido por Neto e Sousa (2014), por meio de simulações associadas a fórmula de Blasius, considerando regime turbulento, tubulações de polietileno e PVC, diâmetros de 13 a 200 mm e velocidades de 0,4 a 4 m/s (SOUSA, NETO, 2014). Como os parâmetros considerados pelo autor se encaixam no presente projeto, o coeficiente de atrito utilizado foi de 0,030.

Inicialmente adotou-se o diâmetro nominal (DN) de 25 mm, visto que é comumente utilizado em tubulações de águas fria e pluvial. Buscou-se em catálogos de fabricantes de tubos o diâmetro interno correspondente ao tubo de DN 25 e constatou-se que era de 21,6 mm. Dessa maneira, o diâmetro utilizado para o cálculo das perdas de carga foi de 21,6 mm, pois corresponde ao diâmetro real pelo qual a água estará fluindo.

Aplicando-se a equação (5), considerando a vazão de uma torneira de jardim igual a 0,2 l/s, tubos de 25 mm de diâmetro nominal e coeficiente de atrito 0,030 obteve-se os resultados da tabela 7.

**Tabela 7: Perda de carga unitária para tubulações de 25 mm e vazão 0,200 l/s.**

| <b>Diâmetro Nominal</b> | <b>Diâmetro Interno</b> | <b>Vazão de projeto</b> | <b>Área Seção Transversal</b> | <b>Coefficiente de atrito</b> | <b>Velocidade de escoamento</b> | <b>Perda de carga unitária</b> |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| DN (mm)                 | Di (mm)                 | Q (l/s)                 | A (mm <sup>2</sup> )          | f                             | V (m/s)                         | J (mca/m)                      |
| 25,000                  | 21,600                  | 0,200                   | 366,435                       | 0,030                         | 0,546                           | 0,021                          |

**Fonte: Autoria própria (2017).**

A partir da perda de carga unitária obtida anteriormente, como todas as tubulações foram pré-dimensionadas com diâmetro de 25 mm, pôde-se utilizar essa mesma perda de carga unitária.

Já as perdas de carga totais foram calculadas utilizando o método dos comprimentos equivalentes. Inicialmente, somou-se todos os comprimentos das tubulações horizontais e verticais, desde a saída do reservatório superior até o ponto de consumo mais desfavorável, que corresponde a prumada 2 do terceiro pavimento, em decorrência do maior comprimento de tubulação e do menor desnível entre a tomada de água e o ponto de consumo. Posteriormente, contou-se todas as conexões utilizadas neste trecho e, utilizando-se da tabela com os comprimentos equivalentes para tubulações, contida no Anexo A, converteu-se todas as peças hidráulicas em comprimentos equivalentes. Com isso, foram somados ambos os comprimentos e multiplicou-se este resultado pela perda de carga unitária, já calculada, obtendo-se as perdas de cargas totais, como mostra a tabela 8.



**Tabela 8: Comprimento total de tubulação referente ao ponto de consumo mais desfavorável dos pavimentos tipo.**

| DN<br>(mm) | QTDE<br>PEÇAS | Peça Hidráulica      | (1)<br>COMP.<br>EQUIV.<br>PEÇA (m) | COMP.<br>EQUIV.<br>TOTAL (m) | COMP.<br>REAL<br>(m) | COMP.<br>TOTAL<br>(m) |
|------------|---------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 3/4 "      | 1             | Saída de canalização | 0,9                                | 0,9                          |                      |                       |
| 25         | 5             | Joelho 90 °          | 1,5                                | 7,5                          |                      |                       |
| 25         | 1             | Joelho 45 °          | 0,7                                | 0,7                          |                      |                       |
| 25         | 1             | T Saída Bilateral    | 3,1                                | 3,1                          |                      |                       |
| 3/4 "      | 1             | Registro de gaveta   | 0,2                                | 0,2                          |                      |                       |
| 25         |               | Tubo Horizontal      |                                    |                              | 48,5                 |                       |
| 25         |               | Tubo Vertical        |                                    |                              | 3,5                  | <b>64,4</b>           |

Fonte: Autoria própria (2017).

Notas:

(1) COMP. EQUIV. Peça corresponde ao comprimento equivalente da peça hidráulica.

Realizou-se então, a verificação da pressão no ponto de consumo mais desfavorável. De acordo com a NBR 5626/1998, deve-se garantir pelo menos 1 mca de pressão em todos os pontos de consumo. Visto que desnível geométrico entre a tomada de água e o ponto de consumo agora é favorável ao sentido do fluxo, para o cálculo da pressão disponível, subtraiu-se as perdas de carga totais do valor correspondente ao desnível, conforme a tabela 9.

**Tabela 9: Pressão disponível no ponto de consumo mais desfavorável dos pavimentos tipo.**

| Desnível<br>Geométrico<br>(m) | COMP.<br>TOTAL<br>(m) | Perda de<br>carga<br>Unitária<br>(mca/m) | Perda de<br>carga<br>total<br>(mca) | Pressão<br>Disponível<br>(mca) |
|-------------------------------|-----------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| 3,5                           | 64,4                  | 0,021                                    | 1,358                               | <b>2,142</b>                   |

Fonte: Autoria própria (2017).

Em decorrência da torneira de jardim do terceiro pavimento apresentar uma pressão disponível de 2,142 mca, dispensou-se a verificação do térreo, pois é evidente que as pressões nos pontos do térreo seriam superiores aos 2,142 mca, em

razão dos 14,5 m de coluna de água acima da tubulação. Dessa maneira, concluiu-se que o diâmetro de 25 mm poderia ser utilizado satisfatoriamente em toda a tubulação de distribuição.

### **3.2.2 PARÂMETROS DOS RESERVATÓRIOS**

De maneira a tentar aproveitar alguns componentes do sistema de águas pluviais já implantado, optou-se por dividir o volume do reservatório em dois: 23 m<sup>3</sup> em um reservatório inferior e 5 m<sup>3</sup> no reservatório superior, o qual já está implantado, totalizando-se os 28 m<sup>3</sup> necessários.

No dimensionamento do reservatório inferior também optou-se por aproveitar, na medida do possível, o sistema implantado. As medições *in loco* comprovaram a existência de um reservatório com capacidade de 13 m<sup>3</sup>, sendo a área em planta igual a 6,8 m<sup>2</sup> e a altura da lâmina de água de 1,90 m. Assim, decidiu-se ampliar o atual reservatório, elevando a capacidade do mesmo de 13 m<sup>3</sup> para os 23 m<sup>3</sup> necessários.

Todos os reservatórios, sendo dois inferiores (um principal e um auxiliar) e um superior, devem possuir placas indicando “água não potável”.

#### **3.2.2.1 RESERVATÓRIO SUPERIOR**

Como já mencionado, existe um reservatório superior de água não potável com capacidade de 5 m<sup>3</sup>. Dessa forma, o projeto elaborado utilizou este recurso, readequando-o para atender as normas.

Foi previsto um extravasor com um diâmetro comercial imediatamente acima do diâmetro de alimentação. Assim, visto que a rede que alimentava o reservatório superior foi dimensionada para 25 mm, o extravasor apresentou 32 mm de bitola.

Por simplicidade, o diâmetro adotado para tubulação de limpeza foi igual ao extravasor: 32 mm. A água escoada da tubulação de limpeza foi direcionada ao telhado, que por sua vez conduziria as calhas e as galerias pluviais. Já a água proveniente do extravasor foi direcionada ao ar livre, próximo ao bicicletário, onde

existe fluxo de pessoas e possibilita a visualização do escoamento, de acordo com a NBR 5626/1998.

### **3.2.2.2 RESERVATÓRIOS INFERIORES**

As novas dimensões do reservatório foram de 3,0 x 3,4 m de área de base e 2,25 m de altura de água, totalizando os 23 m<sup>3</sup> necessários. Essas dimensões foram escolhidas com base na largura e comprimento total do compartimento, ampliando apenas a largura do reservatório pluvial de 2,00 m para 3,00 m, utilizando o espaço onde atualmente é o decantador e mais uma porção que necessitará ser escavada.

Com isso, o comprimento do compartimento já implantado passou de 9,30 m para 10,05 m. As tampas de acesso foram mantidas nos locais implantados, com dimensões de 60x60 cm, e o espaço para movimentação dentro do compartimento foram previstos com dimensões de no mínimo 60 cm, especificado pela NBR 5626/1998.

A tubulação de limpeza foi projetada com o mesmo diâmetro da tubulação de recalque, igual a 25 mm, visto que o fundo do reservatório estava em uma profundidade muito alta, necessitando-se recalcar a água da limpeza até a profundidade das caixas de inspeção pluvial. Por outro lado, o extravasor pôde ser direcionado à caixa de inspeção e o seu diâmetro foi de 150 mm (um diâmetro acima da tubulação que abastece o reservatório). Prevenindo que pequenos insetos entrem no reservatório pelo extravasor, utilizou-se uma válvula de retenção horizontal, impossibilitando adversidades vindas da caixa de inspeção pluvial.

Para garantir a segurança dos profissionais que realizam a limpeza e manutenção do compartimento e reservatório, foi prevista uma escada de marinheiro, desde a tampa de acesso horizontal até o “pisso” de concreto.

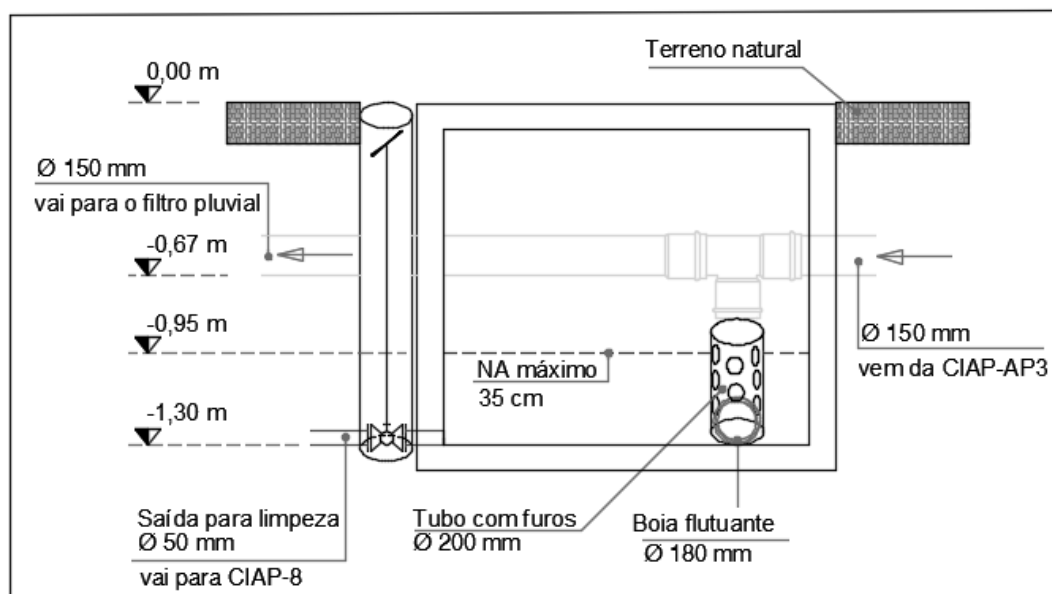
Também foram previstos dois poços de dreno, com dimensões de 50x50 cm, profundidade de um metro e preenchimento de brita 2, localizados em lados opostos um ao outro, evitando que haja acumulação de água e prevenindo que as bombas sejam danificadas. A água escoada pelo dreno infiltrará diretamente no solo.

A cloração foi prevista para ser realizada a partir da utilização de um clorador flutuante, inserido no reservatório inferior, em contato com a água. O clorador possui

tabletes de cloro, que ao entrarem em contato com a água, derretem aos poucos, mantendo o residual de cloro no reservatório.

Para o cálculo do reservatório auxiliar, multiplicou-se a área de captação das águas pluviais, igual a 326,50 m<sup>2</sup>, pela lâmina de água recomendada pela NBR 15527, igual a 2 mm/m<sup>2</sup>, obtendo-se um volume de 0,65 m<sup>3</sup>. Com isso, foi optado por um reservatório de 1,40 x 1,40 m de área e 0,35 m de altura da lâmina de água. Já as “paredes” do reservatório foram previstas com 10 cm, assim como a camada da base e a cobertura.

Além de dimensionar o reservatório auxiliar, foi necessário a elaboração de um sistema que interrompa o fluxo de água quando o reservatório estiver cheio, redirecionando o escoamento para o reservatório definitivo pluvial. Para tanto, utilizou-se de uma tubulação de diâmetro 200 mm com furos em sua superfície, envolvendo a tubulação de 150 mm que chega do condutor horizontal. Na base do reservatório auxiliar, posicionou-se uma esfera/boia de aproximadamente 180 mm de diâmetro, no interior da tubulação de 200 mm. Conforme o nível de água sobe em decorrência do escoamento, a boia flutuará, até o momento em que o fluxo é interrompido no reservatório auxiliar e levado ao reservatório definitivo. A figura 19 ilustra o esquema projetado.



**Figura 19: Esquema do reservatório auxiliar.**

Fonte: Autoria própria (2017).

Como o reservatório auxiliar não possui nenhuma finalidade de abastecimento, servindo apenas para descartar a água mais suja do telhado, não foi projetado

nenhum compartimento externo. Para o descarte da água armazenada no reservatório, projetou-se uma saída de limpeza com diâmetro de 50 mm, estando o registro logo ao lado do reservatório, em uma pequena região escavada, envolvida por uma tubulação de 150 mm (para evitar que solo caia sob o registro). A água proveniente do descarte foi direcionada para as caixas de inspeção pluviais.

Salienta-se que o reservatório auxiliar necessitará de manutenção constante, para o esvaziamento do mesmo e cumprimento da finalidade prevista (descartar a “primeira água” da chuva).

Para prevenir que os pontos de consumo fiquem sem abastecimento nos períodos de estiagem, foi derivada uma alimentação de água potável que vem do hidrômetro. A alimentação encontra-se a uma altura de aproximadamente 1,10 m do nível máximo de água do reservatório, evitando a conexão cruzada. Essa alimentação conta com uma boia de nível automática, de maneira que quando o nível de água está muito baixo, a boia de nível libera o fluxo de água potável, até atingir determinado nível de água.

Outro aspecto considerado foi a restrição de acesso ao reservatório inferior e ao compartimento: foi informado que as tampas de acesso deverão possuir um cadeado para não permitir a entrada de pessoas não autorizadas, o que poderia comprometer o armazenamento.

### **3.2.3 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONSUMO**

Nos pavimentos tipo, os pontos de consumo escolhidos foram dois: um em cada extremidade do bloco. Como no projeto implantado já havia uma torneira de águas pluviais na extremidade oeste, em um local considerado ideal, foi optado mantê-la como um ponto de consumo. Entretanto, na extremidade leste, próxima ao bebedouro, a localização do ponto de consumo foi internamente ao banheiro feminino. As decisões foram tomadas pensando em possibilitar a limpeza das escadas, corredores e salas de aula com a utilização de uma mangueira de 30 metros de comprimento.

Além disso, no ponto de consumo da extremidade leste, também foi considerado a proximidade com o bebedouro, substituindo a torneira de água potável

ao lado do mesmo por uma de águas pluviais no interior do banheiro feminino, restringindo, de certa forma, o uso das águas pluviais e prevenindo eventuais adversidades decorrentes do uso indevido.

Os pontos de consumo localizados no térreo foram cinco: o primeiro foi disposto no interior, dentro do banheiro feminino, na mesma prumada dos pavimentos tipos. O segundo foi aproveitado um ponto já implantado, sem necessidade de deslocá-lo, próximo à entrada do auditório 02. Já os três restantes foram dispostos em locais estratégicos, localizados no gramado, com 20 cm de tubulação acima do nível do solo. Como estes pontos de consumo não foram definidos próximos a paredes, foi prevista uma camada de concreto magro com 5 cm de espessura e uma pequena parede de alvenaria, para embutir a tubulação, dando mais estabilidade a torneira e permitindo a fixação da placa indicativa.

Todos os pontos de consumo, sejam eles com a tubulação embutida na parede ou aparente, foram previstas placas indicativas de não potabilidade da água, de acordo com a figura 20.



**Figura 20: Esquema dos pontos de consumo embutidos na parede e localizados no gramado, respectivamente.**

**Fonte: Autoria própria (2017).**

### 3.2.4 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO

Para melhor eficiência de filtragem e pouca necessidade de manutenção, optou-se pela escolha de um filtro autolimpante do tipo comercial.

O dimensionamento do filtro consistiu em verificar nos catálogos de fabricantes um filtro adequado para a área de captação de 326,5 m<sup>2</sup>.

O filtro escolhido foi do tipo Vortex, para telhados de até 500 m<sup>2</sup>, possuindo tanto funções de pré-filtro quanto filtro, pois além de reter folhas e sólidos grosseiros, em seu interior existe uma malha que retém partículas de até 0,28 mm. A figura 21 ilustra um esquema do filtro adotado.

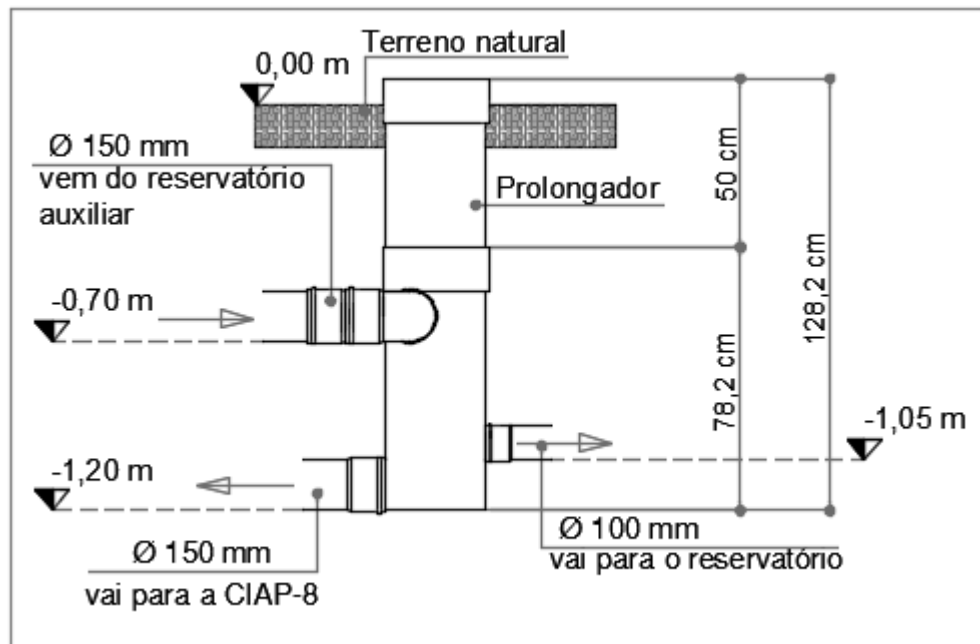


Figura 21: Esquema do filtro escolhido.  
Fonte: Adaptado de Aquastock (2013).

### 3.2.5 DIMENSIONAMENTO DA BOMBA

Para o cálculo da potência da bomba, a NBR 5626 limita o tempo de enchimento de reservatórios a 6 horas. Sendo assim, calculou-se a maior demanda diária possível (corresponde a limpeza de todos os ambientes), obtendo-se um valor de 6277,92 litros. Por fim, dividiu-se esta demanda pelo período de 6 horas, obtendo-

se uma vazão de 1,05 m<sup>3</sup>/h. Como a vazão de uma torneira de jardim é de 0,20 l/s (ou 0,72 m<sup>3</sup>/h), constatou-se que o reservatório superior não iria esvaziar mais rápido do que encher, pois a vazão de alimentação seria maior do que a de consumo.

As perdas de carga na tubulação de recalque foram calculadas da mesma forma que na tubulação de distribuição (tópico 3.2.3.2), com a utilização da fórmula universal e método dos comprimentos equivalentes. Novamente, o diâmetro utilizado foi o interno, pois corresponde ao diâmetro pelo qual a água estará escoando em contato com as paredes da tubulação, provocando a perda de carga real. Já para o coeficiente de atrito, observa-se que o mesmo é variável de acordo com o valor da vazão e, como o valor desta foi alterado de 0,72 m<sup>3</sup>/h (vazão da torneira de jardim, equivalente a 0,2 l/s) para 1,05 m<sup>3</sup>/h (calculada a partir da demanda máxima e tempo de bombeamento máximo), o novo coeficiente de atrito foi de 0,027 (SOUSA, NETO, 2014). Com base nestes dados, foi possível elaborar a tabela 10, que demonstra os resultados obtidos para a perda de carga unitária.

**Tabela 10: Perda de carga unitária para tubulações de 25 mm e vazão 1,050 m<sup>3</sup>/h.**

| <b>Diâmetro Nominal</b> | <b>Diâmetro Interno</b> | <b>Vazão de projeto</b> | <b>Área Seção Transversal</b> | <b>Coeficiente de atrito</b> | <b>Velocidade de escoamento</b> | <b>Perda de carga unitária</b> |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| DN (mm)                 | Di (mm)                 | Q (m <sup>3</sup> /h)   | A (mm <sup>2</sup> )          | f                            | V (m/s)                         | J<br>(mca/m)                   |
| 25,000                  | 21,600                  | 1,050                   | 366,435                       | 0,027                        | 0,796                           | 0,040                          |

**Fonte: Autoria própria (2017).**

Analogamente ao cálculo realizado no dimensionamento da rede de distribuição, os comprimentos equivalentes e totais do trecho que abastece o reservatório superior estão descritos na tabela 11.



**Tabela 11: Comprimentos totais e equivalentes das tubulações de recalque.**

| DN<br>(mm) | QTDE<br>PEÇAS | Peça Hidráulica                   | C.E.<br>PEÇAS | COMP.<br>EQUIV.<br>TOTAL<br>(m) | COMP.<br>REAL<br>(m) | COMP.<br>TOTAL<br>(m) |
|------------|---------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 3/4 "      | 1             | Saída de canalização              | 0,9           | 0,9                             |                      |                       |
| 3/4 "      | 3             | Registro de gaveta                | 0,3           | 0,9                             |                      |                       |
| 3/4 "      | 1             | Válvula de Retenção<br>(vertical) | 2,4           | 2,4                             |                      |                       |
| 25         | 1             | Joelho 45 °                       | 0,7           | 0,7                             |                      |                       |
| 25         | 9             | Joelho 90 °                       | 1,5           | 13,5                            |                      |                       |
| 25         | 1             | Tê passagem direta                | 0,9           | 0,9                             |                      |                       |
| 25         |               | Tubo Horizontal                   |               |                                 | 74,3                 |                       |
| 25         |               | Tubo Vertical                     |               |                                 | 19,2                 | <b>112,8</b>          |

Fonte: Autoria própria (2017).

Para os cálculos da altura manométrica, observou-se a distância vertical (desnível) entre o eixo da bomba, localizada no compartimento inferior, e a tubulação na cota mais elevada (entrada do reservatório superior), somando-se este valor ao somatório das perdas de carga em todo o trecho (fórmula 2). O resultado obtido encontra-se na tabela 12.

**Tabela 12: Perda de carga total e altura manométrica da bomba.**

| Desnível<br>Geométrico<br>(m) | COMP.<br>TOTAL<br>(m) | Perda de<br>carga<br>Unitária<br>(mca/m) | Perda de<br>carga<br>total<br>(mca) | Altura<br>Manométrica<br>(mca) |
|-------------------------------|-----------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| -19,20                        | 112,8                 | 0,040                                    | 4,547                               | <b>23,747</b>                  |

Fonte: Autoria própria (2017).

A partir dos valores calculados para a vazão e altura manométrica, buscou-se em catálogos de fabricantes de bombas um produto que se adequasse em tais exigências. Dessa maneira, o modelo e potência da bomba necessária para recalcar a água do reservatório inferior ao reservatório superior foi BCR-2010 3/4 cv (cavalo-vapor), conforme ilustra a figura 22.

| MODELO   | Potência (cv) | Monofásico | Ø Sucção (pol) | Ø Recalque (pol) | Pressão máxima sem vazão (m.c.a.) | Altura máxima de sucção (m.c.a.) | CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS                               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|---------------|------------|----------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |               |            |                |                  |                                   |                                  | Altura Manométrica Total (m.c.a.)                         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|          |               |            |                |                  |                                   |                                  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  |
|          |               |            |                |                  |                                   |                                  | Vazão em m <sup>3</sup> /h válida para sucção de 0 m.c.a. |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| BCR-2010 | 1/2           | x          | 1              | 1                | 25                                | 8                                | 3,4   | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 1,1 | 0,6 |
|          | 3/4           | x          | 1              | 1                | 27                                | 8                                | 4,2   | 4,0 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 1,8 |
|          | 1             | x          | 1              | 1                | 29                                | 8                                | 5,0   | 4,8 | 4,6 | 4,4 | 4,2 | 3,9 | 3,7 | 3,4 | 3,1 | 2,8 |

Figura 22: Enquadramento da motobomba em relação à vazão e a altura manométrica requeridas.

Fonte: Adaptado de Schneider motobombas.

Por fim, realizou-se a verificação do NPSH, segundo a fórmula (3). O NPSH requerido pela bomba foi obtido através das curvas fornecidas pelo fabricante, traçando-se uma reta vertical no valor correspondente a vazão de 1,05 m<sup>3</sup>/h até o encontro com a curva e, posteriormente, uma reta horizontal até o eixo das ordenadas. O valor para o NPSH requerido pela bomba foi de aproximadamente 0,4 mca, como mostra a figura 23.

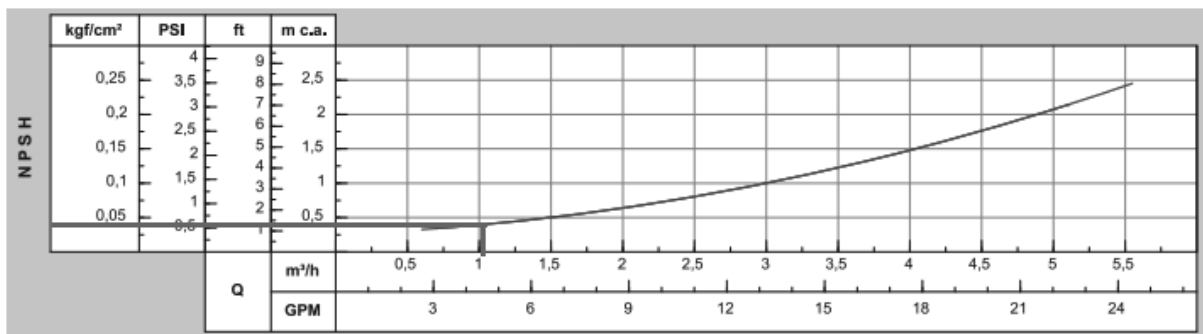


Figura 23: Obtenção do NPSH requerido pela bomba.

Fonte: Schneider motobombas.

Para o cálculo do NPSH disponível, foi necessário o cálculo da perda de carga na sucção. O trecho compreendido na sucção era de aproximadamente um metro e as conexões presentes eram joelho 90°, registro de gaveta e saída de canalização. Assim, calculou-se a perda de carga na sucção, considerando diâmetro nominal de 25 mm, como mostra a tabela 13.

**Tabela 13: Perda de carga total na sucção.**

| <b>Perda de carga unitária (mca/m)</b> | <b>Comprimento de tubulação (m)</b> | <b>Comprimento equivalente (m)</b> | <b>Comprimento total (m)</b> | <b>Perda de carga total na sucção (mca)</b> |
|--|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|---|
| 0,040                                  | 1,000                               | 2,400                              | 3,400                        | 0,137                                       |

**Fonte: Autoria própria (2017).**

Os demais parâmetros foram obtidos com base em Netto et. al (1998). Foi considerada uma temperatura de 25° C para a água e um nível de água no reservatório de 30 cm (nível baixo corresponde ao caso mais desfavorável). O valor encontrado para o NPSH disponível foi superior ao NPSH requerido e está descrito na tabela 14:

**Tabela 14: Parâmetros para o cálculo do NPSH disponível**

| <b>Pressão atmosférica (kgf/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Pressão de vapor da água a 25° C (kgf/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Massa específica da água (kgf/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Perdas de carga na sucção (m)</b> | <b>Altura de água na sucção (m)</b> | <b>NPSH disponível (mca)</b> |
|---|--|--|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 1,000   | 0,033  | 1,000  | 0,137                                | 0,30                                | 10,033                       |

**Fonte: Autoria própria (2017).**

Além do dimensionamento da bomba, foi necessária a previsão de registros de gaveta nos trechos anterior e posterior à bomba, possibilitando a manutenção da mesma. Além disso, imediatamente após a saída da bomba, utilizou-se de uma válvula de retenção vertical, impedindo que haja refluxo e ocasione danos à bomba.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A comparação entre os projetos está descrita no Quadro 1, bem como os comentários sobre cada um dos parâmetros avaliados, logo após o quadro comparativo. Para melhor entendimento, especificou-se cada um dos projetos comparados:

- Projeto executivo corresponde ao projeto que deveria ser implantado inicialmente, durante a construção do bloco “E”.
- Projeto implantado corresponde as instalações de águas pluviais que foram efetivamente executadas no bloco “E”.
- Projeto elaborado corresponde ao projeto realizado pelo acadêmico, de acordo com as normas e recomendações para posterior comparação com as instalações implantadas.

**Quadro 01: Comparação entre os projetos executivo, implantado e elaborado (continua)**

| Número | Parâmetro                                      | Projeto executivo | Projeto implantado | Projeto elaborado |
|--------|--|-------------------|--------------------|-------------------|
| 1      | Reservatório auxiliar (de descarte)            |                   |                    | X                 |
| 2      | Capacidade do reservatório (m <sup>3</sup> )   | 18                | 18                 | 28,0              |
| 3      | Placa informativa – Pontos de consumo          | X                 |                    | X                 |
| 4      | Placa informativa – Reservatórios              |                   |                    | X                 |
| 5      | Número de pontos de consumo – Pavimento tipo   | 2                 | 1                  | 2                 |
| 6      | Número de pontos de consumo – Pavimento térreo | 7                 | 6                  | 5                 |
| 7      | Vazão da bomba (m <sup>3</sup> /s)             | 3                 | -                  | 1,05              |
|        | Altura manométrica da bomba (mca)              | 35                | -                  | 23,747            |
| 8      | Utilização de pré-filtro                       | X                 | X                  | X                 |
| 9      | Utilização de filtro                           | X                 | -                  | X                 |
| 10     | Extravasor/limpeza reservatório superior       | X                 |                    | X                 |
| 11     | Extravasor/limpeza reservatório inferior       | X                 | -                  | X                 |
| 12     | Segurança – reservatório inferior              |                   |                    | X                 |

**Quadro 01: Comparação entre os projetos executivo, implantado e elaborado (conclusão)**

| Número | Parâmetro                                 | Projeto executivo | Projeto implantado              | Projeto elaborado |
|--------|---|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| 13     | Alimentação Auxiliar                      | X                 | -                               | X                 |
| 14     | Dreno - compartimento inferior            | X                 |                                 | X                 |
| 15     | Ventilação no reservatório                | X                 | Apenas no reservatório inferior | X                 |
| 16     | Restrição do compartimento e reservatório |                   |                                 | X                 |
| 17     | Cloração                                  | X                 | -                               | X                 |

Fonte: Autoria própria (2017).

**Notas:**

(X) corresponde ao parâmetro que foi previsto ou implantado.

(-) corresponde ao parâmetro que não foi possível verificar sua implantação.

( ) corresponde ao parâmetro que não foi previsto ou implantado.

Abaixo, seguem os comentários sobre cada um dos parâmetros usados como comparação:

1: Tanto no projeto executivo quanto no projeto implantado não foi previsto um reservatório auxiliar, de grande importância para o descarte da “primeira água da chuva”. No projeto elaborado foi dimensionado um reservatório auxiliar com capacidade de 0,65 m<sup>3</sup>, base de 1,40x1,40 m e altura de 1,20 m (dimensões internas).

2: Os estudos realizados por Sousa (2017) comprovaram que o volume mínimo necessário de armazenamento para atender as demandas é de 28 m<sup>3</sup>. Sendo assim, no projeto elaborado, utilizou-se de 23 m<sup>3</sup> no reservatório inferior e 5 m<sup>3</sup> no reservatório superior. Tanto no projeto executivo quanto no projeto implantado o volume de armazenamento é igual a 18,2 m<sup>3</sup>, sendo 13,2 m<sup>3</sup> no reservatório inferior e 5 m<sup>3</sup> no superior.

3: No projeto executivo consta em todos os pontos de consumo uma placa informativa de não potabilidade da água. Entretanto, não foi implantada. No projeto elaborado todos os pontos de consumo possuem placa informativa.

4: Apenas no projeto elaborado consta algum tipo de aviso de não potabilidade da água nos reservatórios (superior, inferior principal e inferior auxiliar).

5: Dentre os pontos previstos no projeto executivo, apenas um foi efetivamente implantado. O outro ponto de consumo foi implantado com abastecimento de água potável. No projeto elaborado, foi aproveitado um ponto já implantado, enquanto que

o segundo foi deslocado alguns metros, com intuito de tornar mais prático e restringir o uso inadequado das águas pluviais.

6: No projeto elaborado foi possível assegurar a limpeza de toda a área do pavimento térreo apenas com cinco pontos de consumo, considerando a utilização de uma mangueira de 30 metros. No projeto executivo, foram previstos 7 pontos, porém somente 6 foram implantados com abastecimento pluvial.

7: Foi calculado no projeto elaborado que a bomba deve atender aos valores de vazão de projeto e altura manométrica iguais a, respectivamente, 1,05 m<sup>3</sup>/h e 23,747 mca. Já no projeto executivo constam vazão e altura manométrica de 3 m<sup>3</sup>/h e 35 mca, respectivamente. Não foi possível averiguar a potência e modelo da bomba implantada para avaliar se a mesma atende as condições do projeto executivo.

8: No projeto executivo consta um pré-filtro de pedrisco lavado, estando o mesmo implantado. Entretanto, o constante acúmulo de sedimentos somado a falta de manutenção preventiva inviabilizou totalmente o sistema de filtragem, estando o mesmo atualmente coberto por resíduos sólidos. Já no projeto elaborado, pelo fato do reservatório auxiliar estar localizado antes do filtro fino, o mesmo atua como um pré-filtro, recebendo os sólidos mais grosseiros no início da chuva.

9: No projeto executivo consta um filtro comercial do tipo Nautilus, com bomba integrada. Entretanto, não foi possível confirmar sua existência. O projeto elaborado apresenta um filtro comercial autolimpante tipo Vortex, retendo partículas de até 0,28 mm.

10: No projeto executivo constavam tubulações para limpeza e extravasamento da água, entretanto, ambas não haviam sido implantadas. Já no projeto elaborado, ambas as tubulações foram dimensionadas, a limpeza foi direcionada ao telhado e o extravasor em um local visível (possibilitando perceber eventuais falhas na boia ou bomba).

11: Não foi possível verificar a presença de uma saída para limpeza no reservatório inferior, apenas a existência do extravasor foi confirmada. No projeto elaborado, foi prevista uma tubulação de limpeza com diâmetro de 25 mm, ligada a bomba e escoando para a caixa de inspeção mais próxima. O extravasor dimensionado possui 150 mm de diâmetro, o que corresponde a um diâmetro comercial imediatamente superior ao que abastece o reservatório (100 mm).

12: Apenas no projeto elaborado constava uma escada de marinheiro para acesso ao compartimento dos reservatórios inferiores. Salienta-se que o

compartimento implantado possui cerca de 3,45 metros de altura, sem nenhum tipo de escada para a entrada no mesmo, dificultando eventuais manutenções e limpezas.

13: Tanto no projeto implantado quanto no projeto executivo, o reservatório de águas pluviais possui uma alimentação auxiliar de água potável, para permitir o uso dos pontos de consumo mesmo em períodos de estiagens. Entretanto, não foi possível verificar a implantação dessa alimentação.

14: No projeto executivo consta um dreno no compartimento do reservatório inferior, entretanto, o mesmo não foi implantado. Já no projeto elaborado, previu-se dois drenos com dimensões de 50x50 cm, profundidade de um metro e preenchimento de brita 2, localizados em lados opostos um ao outro.

15: Em todos os três projetos existem ventilações com tela na cobertura do reservatório inferior. Entretanto, em relação ao reservatório superior, a ventilação estava prevista no projeto executivo, por meio do extravasor, mas como o mesmo não havia sido implantado, o reservatório também carece de ventilação. No projeto elaborado a ventilação do reservatório superior é realizada pelo extravasor.

16: Mesmo não sendo especificado por normas, apenas no projeto elaborado foi indicado que os reservatórios e o compartimento do reservatório deveriam ter algum dispositivo que restringisse o acesso aos mesmos, permitindo a utilização apenas por pessoas autorizadas.

17: No projeto executivo foi previsto uma bomba dosadora de cloro, entretanto, não foi possível verificar sua implantação. O projeto elaborado consta com um clorador automático tipo flutuante.

Os três projetos estão disponibilizados por meio de um documento digital, através de um arquivo no *Autocad*, no Apêndice F. As plantas e detalhes mais relevantes encontram-se nos Apêndices A a E.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar que o sistema de aproveitamento de águas pluviais implantado no bloco da UTFPR Câmpus Toledo não estava em concordância com o projeto executivo, apresentando sérias não conformidades, como ausência de sinalização de não potabilidade nos pontos de consumo, não implantação do extravasor e limpeza no reservatório superior e não implantação de uma prumada de águas pluviais.

O trabalho demonstrou que o projeto implantado apresenta um subdimensionamento no requisito volume de armazenamento, uma vez que seriam necessários 28 m<sup>3</sup> para atender as demandas da instituição e somente 18,2 m<sup>3</sup> foram implantados.

A comparação entre os projetos mostrou que é possível corrigir as instalações de aproveitamento pluvial do Câmpus, pois além de ser um projeto subdimensionado em relação ao volume de armazenamento, carece de elementos importantes como o filtro, que está implantado, porém inviabilizado em virtude da falta de manutenção; placas de sinalização nos pontos de consumo, obrigatório por norma; dreno para esgotamento de possíveis vazamentos e limpezas no compartimento do reservatório inferior; escada de marinheiro no compartimento do reservatório inferior.

Além disso, o trabalho também demonstrou que é possível realizar as limpezas no térreo com apenas cinco pontos de consumo, considerando os custos de implantação, apresentaria uma economia de material. As características exigidas da bomba no projeto executivo também foram muito superiores às do projeto elaborado, pois mesmo apresentando o mesmo diâmetro de 25 mm, no projeto executivo constavam 35 mca de altura manométrica e 3 m<sup>3</sup>/h de vazão, enquanto no projeto elaborado 23,747 mca e 1,05 m<sup>3</sup>/h.

Outro aspecto em que o projeto elaborado é mais econômico do que o implantado é nos custos com a cloração. O projeto implantado direciona todo o escoamento do telhado para o reservatório pluvial, onde ocorre a desinfecção por cloro e, grande parte da água clorada é extravasada para as galerias pluviais. Já no projeto elaborado foram previstas novas caixas de inspeção pluvial, possibilitando a redirecionada do escoamento proveniente somente da área de captação necessária,



implicando em um consumo menor de cloração, visto que não serão extravasados grandes volumes de água clorada.

Salienta-se também que independente dos componentes utilizados no sistema para aproveitamento de águas pluviais, deve-se realizar manutenção preventiva, aumentando a eficiência do conjunto e estendendo a vida útil do mesmo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de um estudo de caso similar ao presente trabalho, com foco nas instalações para aproveitamento de águas pluviais nos outros dois blocos da UTFPR Câmpus Toledo (A e C), averiguando se o sistema implantado está em utilização, necessidade de manutenção e conformidades com as normas ABNT e recomendações da Agência Nacional de Águas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. São Paulo: Editora Gráfica, Junho de 2005.

ALBANEZE, Danilo B. **Análise do consumo de energia elétrica com a instalação de um inversor de frequência no sistema de abastecimento de água do bairro Aero Rancho em Campo Grande – MS**.2012. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.

AQUASTOCK. **Catálogo de produtos 2013**: Aproveitamento de água da chuva. Disponível em: <<http://aquastock.com.br/img/d4da8a70810301310e8ebf4bb4714114.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

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

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Lei nº 13.186, de 11 de novembro de 2015. Poder executivo, Brasília, DF, 11 nov. 2015.

CHAGAS, R. K. et al. Dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial para uso doméstico em São Bernardo do Campo – SP. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade: InterfacEHS**. São Paulo, v. 8, n.2, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/377/309>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

CRUZ, Fernanda. Sabesp amplia bônus a consumidor que economizar água. **Agência Brasil**, São Paulo, 22 out. 2014. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-10/com-o-cantareira-32-sabesp-amplia-bonus-consumidor-que-economizar>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE MINAS GERAIS – FIEMG; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEAM. **Aproveitamento de água pluvial: conceitos e informações gerais**. Minas Gerais [2015]. Acesso em: 16 abr. 2017.

FERRAZ, Fábio. **Manual de Hidráulica básica**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Bahia: Santo Amaro, nov. 2011.

FESTI, Aparecido V.. **Coletânea das equações de chuva do Brasil**. São Paulo, [2004]. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/coletanea\\_chuvas.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/coletanea_chuvas.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2017.

FRANKLIN ELETRIC. **Tabelas para seleção de bombas e motobombas**. 2016. Disponível em: < <http://www.schneider.ind.br/media/205092/tabela-2016-b-internet.pdf>>. Acesso em: mai. 2017.

MACINTYRE, Archibald J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora S.A, 1997.

MANCUSO, Pedro C. S.; SANTOS, Hilton F. dos. **Reúso de Água**. 1 ed. São Paulo: Editora Manole, 2003.

MIERZWA, José C. et al. Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Revista de gestão de água da América Latina**. Vol 7, no 1, jan/jun 2007. Disponível em: <[http://hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Cisternas0/ArtigNotc/\\_www.abrh.org.br\\_rega\\_REGA\\_v4\\_n1.pdf](http://hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Cisternas0/ArtigNotc/_www.abrh.org.br_rega_REGA_v4_n1.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

NETTO, Azevedo; FERNANDEZ, Miguel F.; ARAUJO, Roberto de; ITO, Acácio E. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1998.  
NETO, José D.; Sousa, José S. C.; Equação explícita para cálculo do fator de atrito de Darcy-Weisbach em projetos de irrigação pressurizada. *Revista IRRIGA*, Botucatu, v. 19, n. 1, p 137-148, janeiro - março 2014 Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/viewFile/726/914>>. Acesso em: 21 set. 2017.

PISANI, Maria A. J.; GIL, Erica. L. **A arquitetura e os sistemas de aproveitamento de águas pluviais em residências: constatações e perspectivas**. São Paulo, 2010. Disponível em: <[https://www.usp.br/nutau/sem\\_nutau\\_2010/perspectivas/gil\\_eric\\_lemos.pdf](https://www.usp.br/nutau/sem_nutau_2010/perspectivas/gil_eric_lemos.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2017.

PONTO DO INCÊNDIO. **Critério para regulagem de pressostato para bomba de incêndio**. Minas Gerais, 2012. Disponível em: <[http://www.pontodoincendio.com.br/wa\\_files/Regulagem\\_20Pressostato.pdf](http://www.pontodoincendio.com.br/wa_files/Regulagem_20Pressostato.pdf)>. Acesso em: mai. 2017.

RUPP, Ricardo F.; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, set. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212011000400005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000400005)>. Acesso em: mai. 2017.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Manual Técnico**. Santa Catarina: Joinville, 2006. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/08/manual-hidrc3a1ulicabc3a1sica-schneider-s-a.pdf>>. Acesso em: jun. 2017.

SOUSA, Adriano A.; CRUZ, Diana B.; CORREA, Magno P.; GOMES, Claudemir. A Responsabilidade Ambiental na Formação do Engenheiro Civil. **Revista do CEDS**. Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB. São Luís, Maranhão, v. 1, n. 3, set/dez. 2015. Disponível em: <[http://www.undb.edu.br/publicacoes/arquivos/rev.\\_ceds\\_n.\\_3\\_-\\_a\\_reponsabilidade\\_ambiental\\_na\\_formacao\\_do\\_engenheiro\\_civil\\_-\\_adriano\\_sousa\\_diana\\_cruz\\_magno\\_correa.pdf](http://www.undb.edu.br/publicacoes/arquivos/rev._ceds_n._3_-_a_reponsabilidade_ambiental_na_formacao_do_engenheiro_civil_-_adriano_sousa_diana_cruz_magno_correa.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2017.

SOUSA, Valdeir de C. **Dimensionamento de reservatório comercial para captação de água de chuva na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Câmpus Toledo: bloco E**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2017.

TELLES, Pedro C. S. **Tubulações Industriais**: material, projeto, montagem. 9 ed. Rio de Janeiro: Editora S.A, 1999.

TIGRE S/A – TUBOS E CONEXÕES. **Orientações para instalações de Água Fria: Água Fria predial**. Santa Catarina: Joinville. Disponível em: <<http://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-agua-fria.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

**APÊNDICE A – PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TÉRREO DOS PROJETOS  
ELABORADO E IMPLANTADO**

**APÊNDICE B – DETALHAMENTO DOS RESERVATÓRIOS INFERIORES E  
CAIXAS DE INSPEÇÃO PLUVIAL**

## **APÊNDICE C – ESQUEMA VERTICAL DO PROJETO ELABORADO**

















**APENDICE D – ESQUEMA VERTICAL DO PROJETO IMPLANTADO**



**APÊNDICE E – PLANTA BAIXA CASA DE MÁQUINAS DOS PROJETOS  
IMPLANTADO E ELABORADO**

## **APÊNDICE F – PROJETOS EXECUTIVO, IMPLANTADO E ELABORADO**

## ANEXO A: COMPRIMENTOS EQUIVALENTES PARA ACESSÓRIOS DE PVC E COBRE

| CONEXÃO                             |  | Diâmetro Nominal (polegadas) |      |      |        |        |      |        |      |      |      |
|-------------------------------------|--|------------------------------|------|------|--------|--------|------|--------|------|------|------|
|                                     |  | MATERIAL                     | 3/4" | 1"   | 1 1/4" | 1 1/2" | 2"   | 2 1/2" | 3"   | 4"   | 5"   |
| Curva 90°                           |               | PVC                          | 0,5  | 0,6  | 0,7    | 1,2    | 1,3  | 1,4    | 1,5  | 1,6  | 1,9  |
|                                     |  | Metal                        | 0,4  | 0,5  | 0,6    | 0,7    | 0,9  | 1,0    | 1,3  | 1,6  | 2,1  |
| Curva 45°                           |               | PVC                          | 0,3  | 0,4  | 0,5    | 0,6    | 0,7  | 0,8    | 0,9  | 1,0  | 1,1  |
|                                     |  | Metal                        | 0,2  | 0,2  | 0,3    | 0,3    | 0,4  | 0,5    | 0,6  | 0,7  | 0,9  |
| Joelho 90°                          |               | PVC                          | 1,2  | 1,5  | 2,0    | 3,2    | 3,4  | 3,7    | 3,9  | 4,3  | 4,9  |
|                                     |  | Metal                        | 0,7  | 0,8  | 1,1    | 1,3    | 1,7  | 2,0    | 2,5  | 3,4  | 4,2  |
| Joelho 45°                          |               | PVC                          | 0,5  | 0,7  | 1,0    | 1,3    | 1,5  | 1,7    | 1,8  | 1,9  | 2,5  |
|                                     |  | Metal                        | 0,3  | 0,4  | 0,5    | 0,6    | 0,8  | 0,9    | 1,2  | 1,5  | 1,9  |
| Tê de passagem direta               |               | PVC                          | 0,8  | 0,9  | 1,5    | 2,2    | 2,3  | 2,4    | 2,5  | 2,6  | 3,3  |
|                                     |  | Metal                        | 0,4  | 0,5  | 0,7    | 0,9    | 1,1  | 1,3    | 1,6  | 2,1  | 2,7  |
| Tê de saída lateral                 |               | PVC                          | 2,4  | 3,1  | 4,6    | 7,3    | 7,6  | 7,8    | 8,0  | 8,3  | 10,0 |
|                                     |  | Metal                        | 1,4  | 1,7  | 2,3    | 2,8    | 3,5  | 4,3    | 5,2  | 6,7  | 8,4  |
| Tê de saída bilateral               |               | PVC                          | 2,4  | 3,1  | 4,6    | 7,3    | 7,6  | 7,8    | 8,0  | 8,3  | 10,0 |
|                                     |  | Metal                        | 1,4  | 1,7  | 2,3    | 2,8    | 3,5  | 4,3    | 5,2  | 6,7  | 8,4  |
| União                               |             | PVC                          | 0,1  | 0,1  | 0,1    | 0,1    | 0,1  | 0,1    | 0,15 | 0,2  | 0,25 |
|                                     |  | Metal                        | 0,01 | 0,01 | 0,01   | 0,01   | 0,01 | 0,01   | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Saída de canalização                |             | PVC                          | 0,9  | 1,3  | 1,4    | 3,2    | 3,3  | 3,5    | 3,7  | 3,9  | 4,9  |
|                                     |  | Metal                        | 0,5  | 0,7  | 0,9    | 1,0    | 1,5  | 1,9    | 2,2  | 3,2  | 4,0  |
| Luva de redução                     |             | PVC                          | 0,3  | 0,2  | 0,15   | 0,4    | 0,7  | 0,8    | 0,85 | 0,95 | 1,2  |
|                                     |  | Aço                          | 0,29 | 0,16 | 0,12   | 0,38   | 0,64 | 0,71   | 0,78 | 0,9  | 1,07 |
| Registro de gaveta ou esfera aberto |             | PVC                          | 0,2  | 0,3  | 0,4    | 0,7    | 0,8  | 0,9    | 0,9  | 1,0  | 1,1  |
|                                     |  | Metal                        | 0,1  | 0,2  | 0,2    | 0,3    | 0,4  | 0,4    | 0,5  | 0,7  | 0,9  |
| Registro de globo aberto            |             | Metal                        | 6,7  | 8,2  | 11,3   | 13,4   | 17,4 | 21,0   | 26,0 | 34,0 | 43,0 |
| Registro de ângulo aberto           |             | Metal                        | 3,6  | 4,6  | 5,6    | 6,7    | 8,5  | 10,0   | 13,0 | 17,0 | 21,0 |
| Válvula de pé com crivo             |             | PVC                          | 9,5  | 13,3 | 15,3   | 18,3   | 23,7 | 25,0   | 26,8 | 28,8 | 37,4 |
|                                     |  | Metal                        | 5,6  | 7,3  | 10,0   | 11,6   | 14,0 | 17,0   | 22,0 | 23,0 | 30,0 |
| Válvula de Retenção                 | Horizontal  | Metal                        | 1,6  | 2,1  | 2,7    | 3,2    | 4,2  | 5,2    | 6,3  | 6,4  | 10,4 |
|                                     | Vertical    | Metal                        | 2,4  | 3,2  | 4,0    | 4,8    | 6,4  | 8,1    | 9,7  | 12,9 | 16,1 |

Fonte: SCHNEIDER, 2006.