

UNIVERSIDADE FEEVALE

SERGIO HENRIQUE TEIXEIRA

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS EM HOTEL

Novo Hamburgo

2018

SERGIO HENRIQUE TEIXEIRA

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS EM HOTEL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil pela Universidade
Feevale.

Orientadora: Professora Me. Katiucia Nascimento Adam

Novo Hamburgo

2018

SERGIO HENRIQUE TEIXEIRA

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, com o título “Dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais em hotel”, submetido ao corpo docente da Universidade Feevale, como requisito necessário para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado por:

Professora Dra. Katiucia Nascimento Adam

Professora Dra. Daniela Montanari Migliavacca Osorio

Novo Hamburgo, mês de 2018.

RESUMO

A água está diretamente ligada ao desenvolvimento humano e é essencial para suas atividades, desenvolver sistemas que buscam o uso racional das fontes hídricas se torna cada vez mais necessário, atualmente devido a urbanização intensa e aumento de áreas impermeáveis, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais estão sendo propostos a fim de contribuir para o controle de alagamentos nas cidades e ainda minimizar o consumo de água potável para fins não nobres que é agravado em épocas que o recurso se torna racionável. Assim este trabalho visa descrever o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para um hotel situado no município de São Leopoldo, RS, que será elaborado através da análise dos dados pluviométricos da região, normas técnicas e legislação municipal. A metodologia do dimensionamento será dividida em 5 etapas, sendo etapa I o estudo dos dados hidrometeorológicos, a etapa II, com análise do potencial de captação e demanda da edificação, etapa III que visa o dimensionamento dos reservatórios através dos métodos da NBR 15527 e legislação municipal, etapa IV, onde será dimensionado o sistema de coleta e distribuição das águas pluviais e por fim a etapa V, onde será vista a eficiência do sistema, com análise da mitigação dos impactos a rede de drenagem urbana. O sistema é destinado exclusivamente para utilização não potável aplicada as nas bacias sanitárias da edificação, a fim de reduzir o consumo de água potável, acrescentar um item de sustentabilidade a edificação, este estudo também poderá contribuir para o desenvolvimento de novos projetos de sistemas de retenção e reuso de águas não potáveis.

Palavras Chave: Água de Chuva. Sistema de Aproveitamento. Reuso.

ABSTRACT

Water is directly linked to human development and is essential for its activities, developing systems that seek the rational use of water sources becomes increasingly necessary, currently due to intense urbanization and increase of impermeable areas, rainwater collecting systems are being proposed in order to contribute to the control of floods in the cities and also to minimize the consumption of drinkable water for non-noble that is aggravated in times when the resource becomes rational. The aim of this work is to describe the sizing of a rainwater collect system for a hotel located in the municipality of São Leopoldo, RS, which will be elaborated through the analysis of the pluviometric data of the region, technical standards and municipal legislation. The design methodology will be divided into 5 stages, with stage I being the study of hydrometeorological data, stage II, with analysis of the catchment potential and demand of the building, stage III that aims at the design of the reservoirs through the methods of NBR 15527 and legislation municipal, stage IV, where the system of collecting and distribution of rainwater will be scaled, and finally stage V, where the efficiency of the system will be considered, with an analysis of the mitigation of impacts to the urban drainage network. The system is intended exclusively for non-potable use applied in the sanitary basins of the building, in order to reduce the consumption of drinking water, to add an item of sustainability to the building, this study can also contribute to the development of new projects of systems of detention and reuse of non-potable water

Keywords: Rain water. Harnessing System. Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cisterna de Masada 2.000 a.C.....	13
Figura 2 - Cisterna em uma escola no semiárido brasileiro, construída pelo programa “Um milhão de Cisternas – PIMC.....	14
Figura 3 - Esquema básico de um sistema de aproveitamento de água de chuva	17
Figura 4 - Fluxograma das etapas de dimensionamento do sistema.....	19
Figura 5- Localização de São Leopoldo, RS.....	20
Figura 6 – Planta de localização dos reservatórios superiores e colunas de água fria do hotel	21
Figura 7 – Modelo de instalações hidráulicas existentes no hotel.....	22
Figura 8 – sistema First Flush	31
Figura 9 - Pesos relativos para cada ponto de utilização do sistema de distribuição.	35
Figura 10 – Perdas de cargas localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido.....	35
Figura 11 – Coberturas da edificação	38
Figura 12 – Gráfico da série de dados hidrometeorológicos analisados	39
Figura 13 – Gráfico da relação consumo total de água pluvial e consumo de água exclusivo para bacias sanitárias	42
Figura 14 – Adaptação do First Flush no reservatório de descarte	49
Figura 15 – croqui de instalação do conjunto motor-bomba no reservatório inferior....	50
Figura 16 – Esquema instalação Clorador no Barrilete de distribuição	52
Figura 17 - Kit de interligação com sistema de água potável.....	53
Figura 18 – Croqui do barrilete de distribuição.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - parâmetros de qualidade e tratamento das águas de reuso	18
Tabela 2 - Dados da Estação Pluviométrica	22
Tabela 3 – Tabela do consumo e custo de água potável e esgoto sanitário dos últimos 12 meses do hotel	24
Tabela 4- Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).	30
Tabela 5– Coeficiente de rugosidade.....	30
Tabela 6- Rendimento estimado da bomba em função da vazão de bombeamento	32
Tabela 7- Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.	33
Tabela 8– Frequência de manutenção.	34
Tabela 9- Resumo das áreas de cobertura em análise no projeto	39
Tabela 10 – Dados estatísticos estação pluviométrica, em mm de chuva	40
Tabela 11 – Valores de máxima, mínima e média de demanda total da edificação	41
Tabela 12 -Consumo estimado de água em uma residência.....	41
Tabela 13 – Cálculo do volume do reservatório pelo método de Rippl	43
Tabela 14 – Cálculo do volume do reservatório pelo método de simulação	44
Tabela 15 – Cálculo Método prático Australiano.....	46
Tabela 16 - Resumo do dimensionamento do reservatório	47
Tabela 17 Comprimento total da tubulação.....	51
Tabela 18 – Resumo do dimensionamento de recalque	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
a.C	Antrs de Cristo
EIV	Estudo de impacto de vizinhança
P1MC	Programa um milhão de cisternas
IDF	Intensidade duração e frequência

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	13
3.1 ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO	13
3.2 NORMATIVAS DE APROVEITAMENTO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	16
3.3 ÁGUA DE CHUVA	17
4 METODOLOGIA	19
4.1 ÁREA DE ESTUDOS	20
4.2 ETAPA I – DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS	22
4.3 ETAPA II - POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E ANÁLISE DE DEMANDA	23
4.4 ETAPA III – DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	25
4.5 ETAPA IV – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	29
4.6 ETAPA V – EFICIÊNCIA E VIABILIDADE ECONÔMICA	36
5 RESULTADOS	38
5.1 ETAPA I - DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS	38
5.1.1 Área de Cobertura	38
Estação pluviométrica	39
Curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF)	40
5.2 ETAPA II - POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E ANÁLISE DE DEMANDA	41
5.2.1 Demanda de água da edificação	41
5.2.2 Vazão de projeto	42
5.3 ETAPA III – DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	43
5.3.1 Método de Rippl	43
5.3.2 Método de Simulação	43
5.3.3 Método Azevedo Neto	44
5.3.4 Método Prático Alemão	44
5.3.5 Método Prático Inglês	45
5.3.6 Método Prático Australiano	45
5.3.7 Lei Municipal 8.665 de 17 de agosto de 2017 de São Leopoldo.	47
5.3.8 Resumo do dimensionamento do reservatório	47
5.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	48
5.4.1 Calhas e condutores	48
5.4.2 Sistema First Flush	48
5.5 SISTEMA DE RECALQUE	49
5.5.1 Diâmetro de recalque do sistema de abastecimento	50
5.5.2 Potência da bomba	50
5.5.3 Potência da bomba	51
5.5.4 Tratamento	52
5.6 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	53
5.6.1 Distribuição de água pluvial	53
5.7 EFICIÊNCIA E VIABILIDADE ECONÔMICA	55
CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

INTRODUÇÃO

A água está diretamente ligada ao desenvolvimento humano e é essencial para suas atividades, contudo, o aumento do consumo aliado com o uso desordenado e regimes de chuvas alterados pelas mudanças climáticas, faz com que os cenários de degradação e escassez desse recurso se ampliem. (CHAIB et al., 2015).

Segundo Minikowski e Maia (2009), desenvolver sistemas que buscam o uso racional das fontes hídricas se torna cada vez mais necessário. Tal sistema de aproveitamento estaria livre de cobranças, com redução no consumo energético, autossuficiência e sustentabilidade das edificações.

Atualmente devido a urbanização intensa e aumento de áreas impermeáveis, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais estão sendo propostos com o objetivo principal de mitigar os problemas com a drenagem urbana e enchentes, esse sistema por sua vez, traz economia de água potável além de acrescentar um item de sustentabilidade da edificação. (Anecchini, 2005; Dornelles, 2012; Veloso et.al, 2014)

O adequado dimensionamento e funcionamento de um sistema de captação e reservação de águas pluviais depende da relação de demanda de água e quantidade de chuva que pode ser captada, dependendo diretamente das características pluviométricas de cada região. Tomaz (2011) descreve que esses sistemas se baseiam na coleta de água de chuva que cai sobre lajes de cobertura e telhados, destinando-se através de condutores verticais e horizontais para reservatórios de armazenamento. Uma vez armazenada, essas águas poderão ser tratadas de acordo com sua finalidade e utilizadas para fins potáveis ou não, de acordo com legislação vigente em cada cidade onde o sistema for implantado.

Segundo Dornelles (2012), os impactos das fortes chuvas à rede de drenagem urbana são pouco investigados, porém a adoção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, pode contribuir para reduzir o pico de vazão causado pelas áreas não permeáveis das cidades, além de diversos benefícios economicos e ambientais. Mesmo não mensurados os benefícios, em regiões áridas, de difícil acesso ao abastecimento convencional e por vias de poluição nas fontes de água, o reaproveitamento de águas pluviais é, em muitas regiões, a única forma de abastecimento para consumo humano, de animais e irrigação.

As inundações representam um dos principais problemas socioambientais ao longo da várzea do rio dos sinos, Segundo Bazzan (2011), em sua tese de doutorado sobre o mapeamento das áreas com risco de inundação do município de São Leopoldo constatou

que a cidade, situa-se na faixa de planície do rio dos Sinos e historicamente, as inundações trazem prejuízos financeiros e aspectos negativos a economia da região.

No ano de 2007 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), criou a norma regulamentadora, NBR 15527, que fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva a fins não potáveis. Além disso, diversas cidades vêm desenvolvendo legislações próprias para retenção e aproveitamento de água de chuva. Tal medida objetiva minimizar impactos de escassez de água e controle da drenagem urbana nos municípios.

A norma técnica NBR 15527 (2007), destaca para o território brasileiro que o aproveitamento das águas pluviais deve ser exclusivo para fins não potáveis, após tratamento adequado, pode ser utilizada em descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, limpeza de calçadas e ruas, lavagem de veículos, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Recentemente a prefeitura municipal de São Leopoldo, vigorou a LEI N° 8.665 de 16 de Agosto de 2017, que determina que em lotes com áreas impermeáveis iguais ou superiores a 300,00 m², devem obrigatoriamente possuir sistema de retardo de águas pluviais, edificações com áreas de cobertura superiores a 500,00 m², deverão possuir sistemas de reaproveitamento de águas pluviais, empreendimentos sujeitos ao Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), serão obrigados a instalar ambos os sistemas independentes da área. (LEI N° 8.665, 2017).

A reservação de uma parcela de águas pluviais nos lotes retém grandes volumes de água que são despejados atualmente as redes de drenagem. Eventos com volumes de pico elevados, faz com que a rede de drenagem não suporte a carga hidráulica, provocando assim os alagamentos. (Rupp et.al. 2011)

A implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais seguida de reuso para fins não nobres tende a reduzir o impacto das chuvas de elevado pico as redes de drenagem, bem como consumo de água potável para fins menos nobres, aliviando também, o sistema de abastecimento de água municipal.

A fim de contribuir para o controle de alagamentos no sistema de drenagem urbana e ainda minimizar o consumo de água potável para fins não nobres, este trabalho propõe o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas de chuva, com aplicação no município de São Leopoldo RS, visando o uso em descargas de bacias sanitárias de um determinado hotel. Tal sistema será dimensionado de acordo com a capacidade

pluviométrica da região, a demanda do empreendimento além de normas e legislação vigente.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Comparar os métodos do dimensionamento de reservatórios para captação de água pluvial através das normas técnicas abrangentes e compara-las a legislação de São Leopoldo;
- b) Avalias a eficiência do sistema, através da análise de custos para sua implantação e a mitigação dos impactos a rede de drenagem.

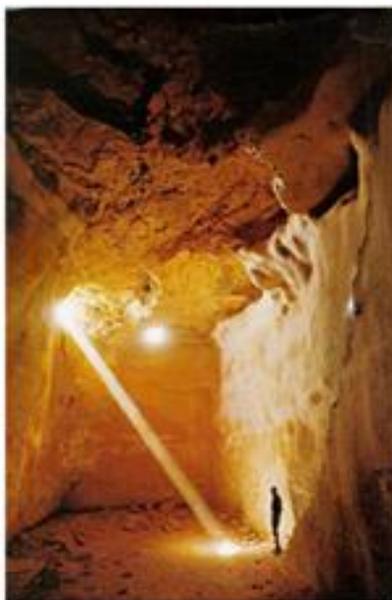
3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Ao longo da história da humanidade sempre houve ligação entre as cidades e os cursos de água, suprindo o consumo, higiene, irrigação das lavouras, comunicação entre as cidades e comércio, além de servirem como estratégia militar (Babstista, et.al 2011).

3.1 ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

Segundo Tomaz (2011) há evidências antigas sobre sistemas de captação de águas pluviais, a mais conhecida é a Pedra de Mobita, datada de 830 A.C, encontrada no oriente médio, nela consta um texto onde cita que todas as construções deveriam ter sistema de coleta e reservação de águas pluviais, no palácio de Knossos (Cnossos), na ilha de Creta, já eram aproveitadas as aguas das chuvas para higienização das áreas sanitárias, na mesma região, são inúmeras as bacias escavadas que datam anteriormente a 2.000 A.C, reservatórios de água para consumo humano como a fortaleza de Mesada em Israel, apresentada na Figura 1 , a rede possui mais de dez reservatórios escavados em rocha com capacidade para mais de 40 milhões de litros de água.

Figura 1 – Cisterna de Masada 2.000 a.C.



Fonte: Tomaz (2011).

No mundo, há incentivos a utilização da prática com linhas de crédito específicas para financiar sistemas de captação de água de chuvas, como por exemplo, a Alemanha, Estados Unidos, Nova Zelândia, Japão. Tomaz (2003) também comenta que os sistemas

aplicados atualmente podem gerar até 30% de economia de água potável e em países como a China, há mais de cinco milhões de cisternas construídas, acompanhada por Austrália, onde cerca de 80% da população rural e 30% da população urbana, utilizam água da chuva como fonte de abastecimento.

No Brasil, a maioria dos projetos sobre sistemas de abastecimentos de água concentra-se no semiárido, onde contribui para equacionar os graves problemas de escassez de água, outros pontos são observados no trabalho de Veloso (2012), a Amazônia, ironicamente por se tratar da maior detentora de água potável do mundo, enfrenta dificuldades para distribuição dos recursos, como exemplo, pode se citar as ilhas do Belém/PA que necessita de sistemas de coleta de águas pluviais para viabilizar consumo de água potável, pois a rede de distribuição, não chega até as ilhas.

Outra citação de Veloso (2012) se dá na ilha de Fernando de Noronha, onde a cisterna mais antiga do Brasil, foi construída por norte-americanos em 1943 e está em funcionamento até hoje para abastecimento de água potável a população.

No Brasil, há diversos programas que estimulam técnicas e programas para implantação dos sistemas de retenção e reutilização das águas de chuvas, principalmente no semiárido nordestino, onde se destaca o Programa Um Milhão de Cisternas, P1MC, uma das ações de mobilização Social promovida pela Articulação do Semiárido — ASA apresentado na Figura 2. Escassez de água é um problema cotidiano que implica diretamente na manutenção a vida, desde a sua implantação em 2003, já foram construídas mais de trezentas mil cisternas, contando com parcerias entre pessoas físicas, empresas privadas e agencias de cooperação do governo. (NETO, 2013; ASA, 2012)

Figura 2 - Cisterna em uma escola no semiárido brasileiro, construída pelo programa “Um milhão de Cisternas – P1MC.



Fonte: <http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc> - Acesso em 12/10/2017.

Inúmeros artigos vêm sendo elaborados para o desenvolvimento e viabilidade de implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para utilização em fins não potáveis que atendam as especificações da NBR 15527.

Sari et.al (2010) apresentam a eficiência do sistema de aproveitamento de águas de chuva para o Rio Grande do Sul, o processo de dimensionamento ideal para dada eficiência pretendida está relacionada a área de captação e volume de armazenamento específico para cada demanda, neste trabalho foram analisadas 30 estações pluviométricas de 16 municípios onde constataram que o número de dias consecutivos sem chuva é um dos menores comparando a outros locais no Brasil, o que garante o abastecimento de água pluvial durante todo o ano, assim viabilizando a implantação do sistema.

Diogo (2013), elaborou um estudo de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, aplicado a Sede Institucional da Procuradoria Geral de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de dimensionamento e implementação da tecnologia as instalações já existentes, também visando a economia que o sistema integra ao custo operacional da edificação e instigar, na elaboração de novos projetos, a implementação do sistema. Apesar de ter que reduzir a área de captação, a adoção do sistema mostrou favorável financeiramente, além disso a revisão efetuada em toda a edificação trouxe benefícios, pois foram identificados diversos pontos de vazamento na rede hidráulica existente e também aponta modificações necessárias para a concepção de novos projetos como os modelos de calhas condutoras que facilitam a implementação dos sistemas, ou adequação, se assim necessitar no futuro.

Outro estudo realizado ainda na região sul do Brasil, no estado de Santa Catarina, efetuado por Couto (2012), o sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis adequado a um ginásio de esportes situado na Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, com finalidade de reduzir custos de operação e minimizar o impacto do lançamento das águas a rede pluvial do município, apesar de ter dificuldades com o dimensionamento pelos métodos tradicionais, por terem se tornado demasiadamente divergentes, através dos dados pluviométricos regionais analisados, conseguiu chegar ao atendimento ideal a demanda necessária, assim viabilizando também a implantação do sistema.

Nas grandes cidades, leis e decretos a nível municipal vêm buscando, através da viabilidade e regularização dos empreendimentos, tornar obrigatório os sistemas de

retardo e conseqüentemente estimular o reuso das águas pluviais para fins não potáveis, primeiramente para controle da drenagem urbana.

3.2 NORMATIVAS DE APROVEITAMENTO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Atribuída a importância da água para o desenvolvimento das atividades humanas, foram criadas normas que disciplinam a utilização dos recursos hídricos, que incorporam o conceito de comando e controle. (Miezwa et.al, 2012).

Com abrangência em todo o território nacional a NBR 15527, água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos; se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser aplicadas após tratamento, também aborda os métodos de dimensionamento e construção do sistema que devem ser levados em conta para obter o pleno funcionamento.

A NBR 5626:1996, Instalação predial de água fria, tem como objetivo, estabelecer as recomendações e exigências relativas ao projeto de instalações, estabelecendo os princípios para o bom desempenho do sistema, não se atem plenamente ao sistema de aproveitamento de águas pluviais, mas também estabelece parâmetros para uso de águas não potáveis.

Também a NBR 10844, instalações prediais de águas pluviais, estabelece os padrões de cálculo para o dimensionamento dos componentes do sistema pluvial da edificação, este por sua vez, aplica-se diretamente ao conjunto de dados necessários para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais, observando conjuntamente a NBR 15527.

Regionalmente podemos citar a LEI MUNICIPAL N° 6.463, de 17 de dezembro de 2007, que instrui o código municipal de Meio Ambiente e Zoneamento Ambiental, e a LEI N° 8.665 de 16 de agosto de 2017. Esta por sua vez determina a adoção de reservatórios de água das chuvas, com o objetivo retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem, e incentiva o aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis no âmbito do Município de São Leopoldo, esta aborda os métodos de dimensionamento do sistema de retenção de águas pluviais.

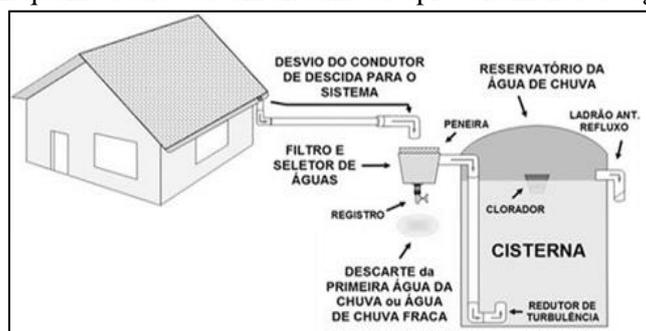
3.3 ÁGUA DE CHUVA

O uso da água de chuvas é uma fonte alternativa para a minimização dos impactos causados pela escassez de água no semiárido e nas grandes cidades. As precipitações nem sempre serão suficientes para suprir as necessidades gerais, também não será possível armazenar a totalidade da chuva (GHISI; 2010), entretanto há uma eficiência consideravelmente satisfatória em função do volume de armazenamento e a área de captação. A retenção de água também pode mitigar os impactos das chuvas junto a rede de drenagem urbana (Sari, et.al, 2010).

Para Tomaz (2011) e Resende (2007) o aproveitamento de águas de chuvas deve ser estimulado através do desenvolvimento de técnicas e tecnologias, além de incentivos que popularizem as práticas de consumo racionalizado de água, e introduza a mudança de comportamento dos consumidores, proporcionando mais oferta de água para consumo humano, levado em conta que é um recurso finito. Racionalizar água é uma das primeiras alternativas de um programa de gerenciamento de recursos hídricos e devem ser levantadas as características necessárias para cada tipo de uso, assim determinando o volume demandado e o grau de qualidade exigido. (Miezwa et. al 2012).

O sistema de aproveitamento de águas pluviais é bastante simples e de fácil entendimento, resumidamente, o sistema é composto por uma área de captação, que são telhados, lajes de cobertura ou calçadas; a água que escoar por essa superfície é guiada através de tubulações, por onde passa por um sistema de descarte dos primeiros milímetros de chuva, um filtro para remoção de possíveis folhas até um reservatório de água, a partir daí, a água é tratada dependendo da destinação projetada, sendo distribuída a rede, como demonstra a Figura 3; essa rede deve obrigatoriamente ser isolada da rede de água potável e identificada a fim de evitar contaminação.(Veloso et.al, 2014).

Figura 3 - Esquema básico de um sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm> - Acesso em 22/10/2017.

A técnica de captação de água de chuva é bastante difundida e uma alternativa importante para suprir as necessidades de água pelo mundo principalmente em local onde esta é a única forma de abastecimento (GOMES et. al. 2014). Sua utilização é classificada de acordo com a utilização pretendida respectivamente com os parâmetros de qualidade e tratamento indicado na NBR 13969, Tabela 1, a seguir

Tabela 1 - parâmetros de qualidade e tratamento das águas de reuso

Classe	Destinação/Uso	Parâmetro de qualidade	Tratamento indicado
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes:	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 ml; sólidos dissolvidos totais inferiores a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.	Serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;
2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 ml, cloro residual superior a 0,5 mg/L.	Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;
3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários:	Turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 ml.	Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão
4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Coliforme fecal inferior a 5000 NMP/100 ml e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.	Não há.

Fonte: adaptado pelo autor da ABNT – NBR 13969.

4 METODOLOGIA

Para a concepção do projeto do sistema de captação de águas pluviais, devem constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema, incluindo as séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o estudo.

Esta metodologia propõe o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva para um hotel situado no município de São Leopoldo RS. Tal atividade será realizada de acordo com as normas ABNT NBR 15.527/2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos; ABNT NBR 5626 - Instalação predial de água fria; ABNT NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais.

Para atingir os objetos propostos neste trabalho, a metodologia segue as seguintes etapas: Etapa (I) – Análise de dados hidrometeorológicos; Etapa (II) – Análise do potencial de captação e demanda de água da edificação; Etapa (III) – Dimensionamento dos reservatórios; Etapa (IV) - Dimensionamento hidráulico do sistema e Etapa (V) – Avaliação de Eficiência. A Figura 4 apresenta o resumo metodológico.

Figura 4 - Fluxograma das etapas de dimensionamento do sistema

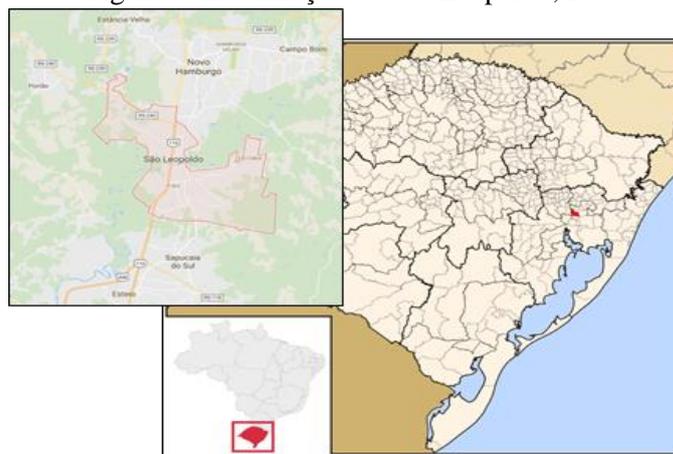


Fonte: Autor

4.1 ÁREA DE ESTUDOS

O projeto será aplicado a uma edificação comercial com situada no município de São Leopoldo, estado do Rio Grande do Sul conforme Figura 5. A edificação possui destinação de uso hoteleiro com dez pavimentos e área total de 4.030,16 m³ sobre lote de 1.211,40 m², formado por 88 suítes, área de refeições, dois auditórios, área de convivência com piscina no terraço, cinema, sala de jogos e estacionamento próprio.

Figura 5- Localização de São Leopoldo, RS.



Fonte: Adaptado pelo autor de Atlas e Google Mapas.

A rede abastecedora de água do município é a SEMAE (Serviço municipal de Água e Esgoto) para fazer a distribuição de água potável, São Leopoldo é abastecido pelo Rio dos Sinos através da estação elevatória de água bruta (EAB) a captação é superficial. Em função das características físico químicas da água do rio, o tratamento é efetuado em duas ETAs, São José e Imperatriz Leopoldina, juntas, fazem o tratamento de 900 litros de água por segundo. (SEMAE).

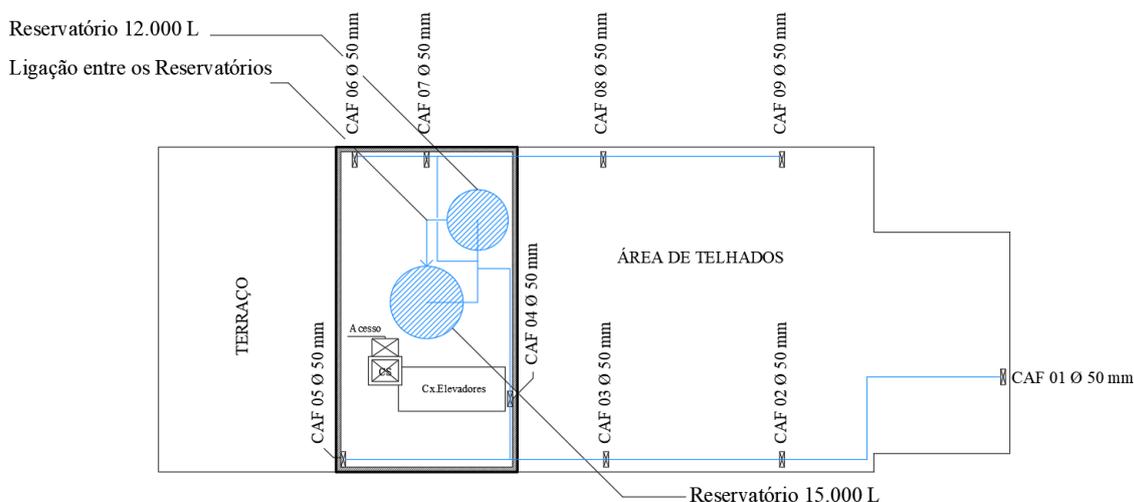
O estudo está sendo viabilizado para adaptação do reuso das águas pluviais nas bacias sanitárias da edificação, que possui no total 104 bacias sanitárias compostas por todos os ambientes sendo eles os de serviços e os privados

A edificação conta com reservatório o sistema de abastecimento público, com água sendo fornecida pela rede de abastecimento SEMAE, alimentando o reservatório inferior com capacidade de 25.000 litros, deste, através do sistema de bombas de recalque, vaia para o reservatório superior, o reservatório superior, possui duas caixas de água, sendo uma de 12.000 litros e outra com 15.000 litros, totalizando assim 27.000 litros de reservação.

A partir do reservatório superior, a água é distribuída através do barrilete para os banheiros através de uma coluna de água fria com diâmetro de 50mm. A partir deste tubo de queda principal é feito o abastecimento de cada unidade consumidora.

A representação da localização dos reservatórios superior, está na figura 6, a seguir, nela podemos observar que há nove pontos de descida de água, nesta mesma descida, são instalados os tubos de queda pluvial, cloacal e drenos dos ar-condicionado do hotel.

Figura 6 – Planta de localização dos reservatórios superiores e colunas de água fria do hotel

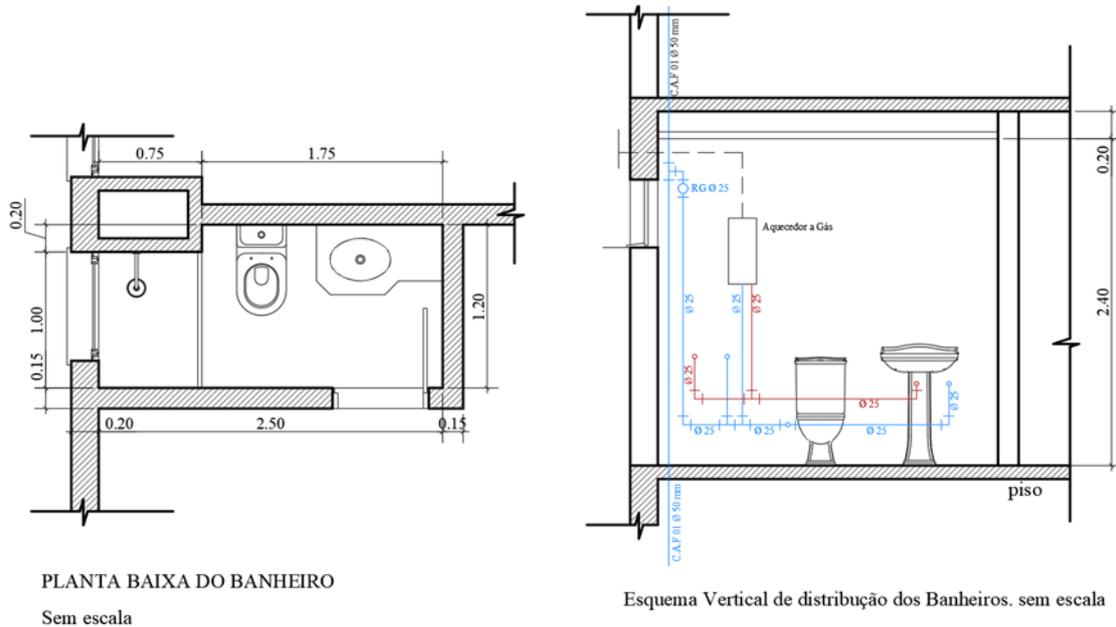


PLANTA BAIXA RESERVATÓRIOS . sem escala

Fonte: projeto de instalações hidrossanitárias da edificação.

Os banheiros possuem instalações de água fria, representado em azul e água quente, representado em vermelho, são totalmente individualizados com sistema de aquecimento a gás, como apresentado na Figura 7 a seguir, idealizado para facilitar a manutenção, sendo por ponto específico, assim, se houver qualquer problema no aquecimento de água, o hospede, pode trocar de suíte sem que o problema afete toda a instalação da edificação.

Figura 7 – Modelo de instalações hidráulicas existentes no hotel



PLANTA BAIXA DO BANHEIRO

Sem escala

Esquema Vertical de distribuição dos Banheiros. sem escala

Fonte: projeto de instalações hidrossanitárias da edificação.

4.2 ETAPA I – DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Os dados hidrometeorológicos serão analisados através do programa Hidroweb, disponibilizados pela Agencia Nacional das Águas (ANA), onde será adotada a estação de código 3051011 (ANA), 83967 INMET, esta estação situa-se no 8º Distrito de Meteorologia no bairro jardim botânico em Porto Alegre- RS, conforme identificação da a seguir:

Tabela 2 - Dados da Estação Pluviométrica

Código	3051011
Nome	Porto Alegre
Código adicional	83967
Bacia	Atlântico, Trecho (8)
Sub-Bacia	Lagoa dos Patos (87)
Estado	Rio Grande do Sul
Município	Porto Alegre
Responsável	INMET
Operadora	INMET
Latitude	-30,0536 (N)
Longitude	-51,1730 (E)
Altitude	46,97

Fonte: adaptado pelo autor de Hidroweb - <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em 04/03/2018

Os dados da referida estação estão disponibilizados pela ANA através no site Hidroweb, período utilizado para esse estudo será de 01/01/1961 a 31/12/2016, serão utilizados dados diários de precipitação.

A região em estudo apresenta poucas estações meteorológicas, além disso, os dados existentes possuem grandes falhas, impossibilitando o uso neste trabalho, dessa forma optou-se por utilizar a estação POA, devido à proximidade com a região e disponibilidade de dados.

Curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF)

Através do Atlas Pluviométrico do Brasil, equações de intensidade duração e frequência (IDF), podem ser elaboradas especificamente para cada região do Brasil (Weschenfelder et.al, 2015), no atlas é possível observar as equações de IDF para Porto Alegre a equação a seguir:

Os parâmetros estabelecidos para Porto Alegre as equações são:

Equação 01 – para $5\text{min} \leq t < 2\text{h}$

$$i = \frac{4.247,9 \times TR^{0,2097}}{(t_d + 25,2)^{1,1199}} \quad (1)$$

Equação 02 - para $2\text{h} \leq t < 24\text{h}$

$$i = \frac{573,1 \times TR^{0,1889}}{(t_d)^{0,7256}} \quad (2)$$

Para o presente projeto, será adotado a equação IDF para $5\text{min} \leq t < 2\text{h}$

4.3 ETAPA II - POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E ANÁLISE DE DEMANDA

Para o estabelecimento da demanda total da edificação, foram analisadas as faturas de um ano de consumo de água, este padrão apresenta o real consumo da edificação visando que o hotel não possui lotação máxima todos os meses do ano, os dados foram relacionados na Tabela 3 apresentada a seguir:

Tabela 3 – Tabela do consumo e custo de água potável e esgoto sanitário dos últimos 12 meses do hotel

Mês de referência - Leitura	Volume em m ³ consumo de água potável	Custo m ³ água potável	Custo m ³ esgoto lançado	Serviço básico de água	Serviço básico Esgoto	Custo total em reais
Jan./17	50,00	R\$ 432,23	R\$ 190,34	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 729,21
Fev./17	25,00	R\$ 216,11	R\$ 95,17	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 417,92
Mar./17	35,00	R\$ 302,56	R\$ 133,24	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 542,44
Abr./17	16,00	R\$ 138,31	R\$ 60,91	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 305,86
Mai./17	97,00	R\$ 838,52	R\$ 369,26	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 1.314,42
Jun./17	168,00	R\$ 1.452,28	R\$ 639,54	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 2.198,46
Jul./17	166,00	R\$ 1.434,99	R\$ 631,93	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 2.173,56
Ago./17	157,00	R\$ 1.357,19	R\$ 597,67	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 2.061,50
Set./17	312,00	R\$ 2.697,09	R\$ 1.187,72	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 3.991,45
Out./17	337,00	R\$ 2.913,20	R\$ 1.282,89	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 4.302,73
Nov./17	40,00	R\$ 345,78	R\$ 152,27	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 604,69
Dez./17	25,00	R\$ 216,11	R\$ 95,17	R\$ 59,24	R\$ 47,40	R\$ 417,92

Fonte: Hotel

A partir da análise dos dados relacionados na Tabela 3 – Tabela do consumo e custo de água potável e esgoto sanitário dos últimos 12 meses do hotel, teremos as médias e pico reais de uso da edificação, que contribuirá para o dimensionamento do reservatório em dimensões suficientes para o atendimento de consumo.

Potencial de captação

O potencial de chuva a ser captado pelo sistema, é calculado através da equação de Azevedo Neto (2002), onde temos:

$$V = A \times P \times C \quad (3)$$

O volume é dado A, sendo área de captação, multiplicado pela precipitação mensal admitida pela IDF e multiplicado pelo coeficiente de escoamento superficial coeficiente de runoff, adotado geralmente em 0,8.

Vazão de projeto

A vazão de chuva captada pelo sistema será estimada pela equação;

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (4)$$

Sendo: Q igual a vazão de pico, em l/min; I a intensidade pluviométrica, em mm/h; e A, sendo a área de contribuição

4.4 ETAPA III – DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Serão calculados na sequencia os volumes dos reservatórios, respectivamente pelos métodos de Rippl, Simulação, Azevedo Neto, método Prático Alemão, Inglês, Australiano e por fim, conforme disposição da legislação municipal de São Leopoldo com os critérios para reservatório de reaproveitamento de águas pluviais.

Como a maioria dos pequenos municípios não possuem legislações para o dimensionamento de reservatórios para o sistema de captação de águas pluviais, o único guia que o profissional terá em mãos será a NBR 15527, que apresenta seis métodos de dimensionamento aplicáveis.

As metodologias aplicadas na NBR 15527 apresentam diversos volumes diferentes e dependendo a utilização final, outros problemas além da viabilidade financeira, como espaço disponível para implantação do sistema, podem se tornar barreiras na concepção dos projetos, desta maneira, o presente projeto irá comparar os volumes dos métodos da citada NBR, com o método proposto na legislação municipal de São Leopoldo que entrou em vigor no ano de 2017.

Após o dimensionamento de todos os métodos relacionados acima, será elaborada uma comparação entre os volumes dimensionados, analisando qual dos métodos possui o maior e menor volume de reservação, e qual dos métodos se aproxima da legislação de São Leopoldo, na qual estabelece o volume mínimo de reservatório, podendo ser aplicados maiores dimensionamentos dependendo da destinação a ser adotada, dentro dos fins não potáveis.

Método de Rippl

Metodologia de cálculo baseada na série história, mensal ou diária de precipitação da região.

$$S_t = D_t - Q_t \quad (5)$$

Onde:

$$Q_t = C \times \text{Precipitação de Chuva} \times \text{área de Captação} \quad (6)$$

$$V = \sum S_t, \text{ somente para valores } S_t > 0 \quad (7)$$

Onde: S_t é o volume de água no reservatório no tempo t ; Q_t é o volume de chuva aproveitável no tempo t ; D_t é a demanda ou consumo no tempo t ; V é o volume do reservatório C é o coeficiente de escoamento superficial (runoff).

Método de Simulação

Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito e a evaporação de água não deve ser levada em conta;

$$S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t \quad (8)$$

$$\text{Onde: } Q_t = C \times \text{precipitação da chuva (t)} \times \text{área de captação} = (Q_t = C \times P \times A)$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq S(t) \leq V(t)$$

Onde S_t é o volume de água no reservatório no tempo t ; S_{t-1} é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$; Q_t é o volume de chuva aproveitável no tempo t ; D_t é a demanda ou consumo no tempo t ; V é o volume do reservatório; C é o coeficiente de escoamento superficial (runoff):

Método Azevedo Neto

O volume de chuva é obtido pela equação;

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (9)$$

Onde: P é o valor numérico da precipitação média anual, em mm; T é o número de meses de pouca chuva ou seca; A é área de coleta em projeção, em m²; V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório em litros.

Método Prático Alemão

Método empírico na qual se toma o menor valor de volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adotado}} = \min (V; D) \times 0,06 \quad (10)$$

Onde: V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L); e D é o valor numérico da demanda anual de água não potável, expresso em litros (L).

Método Prático Inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (11)$$

Adotando P como a precipitação média anual em mm; A sendo a área de coleta em m²; V será o volume de água aproveitável e o volume de água na cisterna, expresso em litros; temos:

Método Prático Australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (12)$$

Adotando C, coeficiente de escoamento superficial (runoff), geralmente = 0,80; P é a precipitação média mensal, em mm; I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm; A, área de coleta em m², Q será o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (13)$$

Onde: Q_t é o volume mensal de chuva produzido no mês, em litros; V_t o volume de água que está no tanque no fim do mês t; V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t; D_t a demanda mensal de água para a edificação.

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

O volume do tanque escolhido será a média de V_t em m³;

Confiança:

$$P_r = N_r/N \quad (14)$$

Onde P_r é a probabilidade de falha; N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, $V_t = 0$; N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Lei Municipal 8.665 de 17 de agosto de 2017 - São Leopoldo.

Para o dimensionamento na esfera de São Leopoldo, sendo a área de estudos do nosso trabalho, o dimensionamento do tanque de aproveitamento de água de chuva deve ser dimensionado com a seguinte equação:

$$V = K \times A_i \times h \quad (15)$$

Onde V, é o volume do reservatório em m³, k é o coeficiente de abatimento, correspondente a 0,15, A_i, é a área impermeabilizada em m², h é a altura de chuva, correspondente a 0,06 m.

Os valores dados são dispostos nos itens da legislação municipal de São Leopoldo, onde a única variável a ser estabelecida por profissionais de arquitetura e engenharia, será a área impermeável, que para o cálculo do reservatório de águas pluviais é apenas considerado a área de cobertura de cada edificação.

4.5 ETAPA IV – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O sistema é composto de duas fases de dimensionamento, sendo o primeiro, o de coleta, descarte dos primeiros milímetros de chuva, reservação e tratamento, após a armazenagem, ela para a segunda fase, onde as águas pluviais são recalçadas a um reservatório superior e deste, seguirá através do barrilete de distribuição as peças de utilização do hotel.

O dimensionamento se dará a partir das calhas e condutores, sistema First flush e tratamento, após, sistema de recalque, onde serão dimensionadas as tubulações de sucção e recalque, potência da bomba e reservatório superior, a partir daí, segue para o barrilete de distribuição até as peças de utilização, onde serão dimensionadas as tubulações de distribuição.

Calhas e condutores

O dimensionamento das calhas e condutores pode se dar diretamente através da análise dos dados de estabelecidos na Tabela 7, capacidade dos condutores horizontais de seção circular.

Adotando então a vazão de projeto e coeficiente de escoamento superficial, para tubulações de seção circular podemos dimensionar diretamente conforme disposto na

Tabela 4- *Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).*

Tabela 4- Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013				
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3850	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado pelo autor da ABNT-NBR 10844/1989

Segundo a NBR 10844, o período de retorno será adotado para T_r igual a cinco anos, admitindo para coberturas, varandas e/ou terraços;

Os coeficientes de rugosidade são indicados pela NBR 10844, representada na Tabela 5 a seguir, dependem do tipo de material;

Tabela 5– Coeficiente de rugosidade.

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0.011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0.012
Cerâmica, concreto não-alisado	0.013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0.015

Fonte: Adaptado pelo autor da ABNT-NBR 10844/1989

Sistema *First Flush*

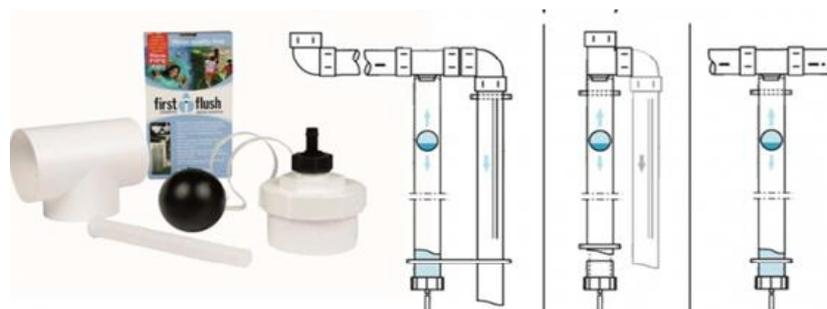
Quando chove, a água se acumula lentamente sobre o telhado e calhas, que podem conter quantidades de bactérias, excrementos de pássaros e ácidos concentrados devido a poluição atmosférica, segundo ABNT-NBR 15527, o sistema de descarte deve ser dimensionado para suprir 2mm de chuva por área de captação.

O sistema First Flush, conduz as águas da primeira chuva para uma câmara onde é utilizado um sistema de esfera e assento, à medida que o nível de água na câmara se eleva, a bola flutua, e interrompe o fluxo de água em um certo momento, após, a água é direcionada ao sistema de armazenagem.

O sistema é automático e livre de peças mecânicas, a intervenção humana ocorre apenas para o esvaziamento da câmara de água contaminada, porém estudos estão sendo desenvolvidos para eliminar a necessidade de intervenção.

O dimensionamento proposto através de fornecedores, da empresa Wather Diverters, recomenda para ambientes sem poluição 0,0125 galões por pé quadrado de área, e para ambientes com poluição, utiliza-se 0,05 galões por pé quadrado de área, sendo um galão americano igual a 3,785 litros, e um pé quadrado (ft²) igual a 0,092903 m². (rainharvest, 2018).

Figura 8 – sistema First Flush



Fonte: adaptado do site <http://www.rainharvest.com>

Vazão de Recalque

A partir do desenho isométrico da instalação de recalque, com todos os componentes, será definida a vazão mínima de recalque, o período de funcionamento da bomba. A vazão de recalque para o sistema de interligação entre os reservatórios superior e inferior será dado pela seguinte equação:

$$Q = V/T \quad (16)$$

Sendo Q a vazão de recalque em l/h, volume diário de consumo de água será V em litros, e o tempo de em horas, baseando se no horário de atendimento do sistema.

Diâmetro de recalque do sistema de abastecimento

A vazão de recalque é admitida através da equação a seguir

$$D_R = 1,3 \times \sqrt{Q_R} \times \sqrt[4]{\frac{X'}{24}} \quad (17)$$

Onde: D_R é o diâmetro nominal do recalque, em m; Q_R é a vazão de recalque adotada em m^3/s ; X' é o tempo de atendimento do sistema, em horas.

Potência da bomba

O bombeamento pode obedecer ao critério de dimensionamento conforme a tubulação de recalque e outro para sucção. O tubo de sucção, sempre deve ser de diâmetro superior ao de recalque. (Tomaz 2010). A potência da bomba se dá pela equação a seguir;

$$N = \frac{\gamma \times Q_r \times H_m}{75 \times \eta} \quad (18)$$

Onde: N é a potência em cv (cavalo força); Q_r é a vazão recalçada igual em m^3/s ; H_m é a altura manométrica igual em m; γ é o peso específico da água 1000 kgf/m^3 η é o rendimento do conjunto elevatório;

O rendimento das bombas centrífugas é estimado em função da vazão de bombeamento (Neto, 1998), conforme a Tabela 6- Rendimento estimado da bomba em função da vazão de bombeamento, representada a seguir;

Tabela 6- Rendimento estimado da bomba em função da vazão de bombeamento

Vazão em litro/segundo	Rendimento da bomba centrífuga
5	52%
7,5	61%
15	68%
20	71%
25	75%
30	80%
40	84%
50	85%
Continua	

Continuação	
100	87%
200	88%

Fonte: Adaptado pelo autor de Azevedo Neto (1998).

Tratamento

Segundo a norma técnica brasileira nº 15527/2007, os dispositivos de reservação de água devem ser limpos e desinfetados com solução de hipocloridrito de sódio ao menos uma vez por ano e para utilização, fica a critério do projetista, podendo ser utilizado derivado de clorado, raios ultravioletas, ozônio entre outros, devendo sempre atender as especificações da potáveis, apresentada

Tabela 7 a seguir.

Tabela 7- Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Mensal	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 0,3 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT b, para usos menos restritivos < 5,0 Ut
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, antes ou depois da utilização)	Mensal	< 15 Uh c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de carbono ou galvanizado

NOTA: podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio

NOTA: podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio

a - No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção

b - uT é a unidade de turbidez

c - uH é a unidade de Hazen

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15.527/2007.

A frequência de manutenções da rede de coleta de águas pluviais, é disposta na NBR 15527 apresentada na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8– Frequência de manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais.	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Adaptado pelo Autor; ABNT NBR 15.527/2007.

A partir do dimensionamento da bomba e tratamento definidos, podemos iniciar a segunda parte do dimensionamento que é a distribuição da água pluvial ao sistema hidráulico por rede independente, sendo vistos a partir deste ponto, o sistema de distribuição composto por reservatório superior, barrilete de distribuição a rede para utilização aos sanitários.

Barrilete de distribuição de água pluvial

Após o armazenamento de água pluvial e tratamento, esta água será recalçada a um reservatório superior, esse será de uso exclusivo do sistema de águas pluviais e fará a distribuição desta água para as novas colunas de água fria que abastecerão as bacias sanitárias de toda a edificação. Esse reservatório, contará com uma válvula automática tipo solenoide que alimentará o sistema com água potável da rede abastecedora, sempre que o sistema de coleta de águas pluviais não atender a demanda total da edificação.

O reservatório, terá dimensão mínima de 2/3 do volume do reservatório inferior conforme legislação municipal de São Leopoldo.

A vazão é estabelecida pelo número de equipamentos ligados à rede, cada peça de utilização possui um peso específico, a soma total (ΣP) é obtida através da multiplicação de todos os tipos de peças, conforme Figura 9, esse somatório é convertido na demanda simultânea total do grupo de peças de utilização. Conforme equação a seguir:

$$Q = 0,3\sqrt{(\Sigma P)} \quad (19)$$

Onde: Q é avazão de projeto e ΣP é o somatório dos pesos;

O diâmetro das Colunas de água fria (CAF) será dimensionado através da equação Fair-Whipple-Hasio, a seguir:

$$J = 0,000859 \times Q^{1,75} / D^{4,75} \quad (20)$$

Onde: J é a perda de carga por atrito, admitindo 8%, Q é a Vazão em m³/s e D é o diâmetro interno do tubo em m.

Figura 9 - Pesos relativos para cada ponto de utilização do sistema de distribuição.

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo	
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,30	
	Válvula de descarga	1,70	32	
Banheira	Misturador (água fria)	0,30	1,0	
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1	
Bidê	Misturador (água fria)	0,10	0,1	
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4	
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1	
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,30	1,0	
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3	
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3	
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7	
	Torneira elétrica	0,10	0,1	
Tanque	Torneira	0,25	0,7	
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	0,4	

Fonte: Catálogo tigre adaptado de ABNT-NBR 5626.

Para o dimensionamento da rede de recalque e distribuição do barrilete, é necessário considerar as perdas de cargas do sistema, para isto, os comprimentos relativos são dispostos conforme a Figura 10 apresentada a seguir.

Figura 10 – Perdas de cargas localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido.

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saida de lado	Tê 90° Saida Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saida de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte – Catálogo tigre.

A próxima etapa (etapa V) tratará da viabilidade econômica, o quanto custa para adotar o sistema de coleta, reservação e distribuição para reutilização das águas pluviais e também será abordada a mitigação dos impactos que o sistema contribuirá, junto a rede de drenagem urbana.

4.6 ETAPA V – EFICIÊNCIA E VIABILIDADE ECONÔMICA

Na etapa V, faremos os cálculos de eficiência e viabilidade econômica do sistema de captação de águas pluviais, visando a mitigação dos impactos junto a rede de drenagem urbana, ou seja, quanto de água, está efetivamente sendo lançada.

Eficiência

A eficiência do sistema pode ser calculada através da probabilidade de falha, que é a relação do número de dias que o reservatório não atende o a demanda, e o total da série histórica analisada, calculada a partir da seguinte equação.

$$P_F = \frac{D_{ft}}{T_d} \times 100 \quad (21)$$

Onde: P_F é a probabilidade de falha do sistema, em %; D_{ft} são os dias falhos totais, em dias; T_d é o número total de dias da série.

A eficiência é dada pela equação apresentada a seguir:

$$E = 100 - P_F \quad (22)$$

Onde: E é a eficiência do sistema, em %; P_F é a probabilidade de falha do sistema, em%;

Viabilidade Econômica

Para determinar-se a viabilidade econômica do sistema proposto neste trabalho, será utilizada uma equação matemática a qual relaciona a economia de água por ano, com a demanda de água, e o valor cobrado pela concessionária de água.

$$E_{\text{água}} = D_I \times V \times 12 \quad (23)$$

Onde: $E_{\text{água}}$ é a economia com água potável, após a implantação do sistema de aproveitamento, em Reais por ano (R\$/ANO); D_I é a demanda de água para o abastecimento das bacias sanitárias, em $\text{m}^3/\text{mês}$; V é o valor cobrado pela concessionária pelo consumo de água, em reais por metro cúbico (R\$/ m^3).

Mitigação dos impactos ao sistema de drenagem urbana

A mitigação dos impactos das chuvas será estipulada a partir do volume total retido pelo sistema de coleta de águas pluviais do sistema projetado, apenas o volume que o reservatório não for capaz de reter, será o volume encaminhado a rede de drenagem urbana

Para tanto, será efetuada uma planilha com os valores de precipitações médias mensais, o volume passível de captação através do volume do reservatório adotado para o sistema com a diferença do consumo médio diário da edificação.

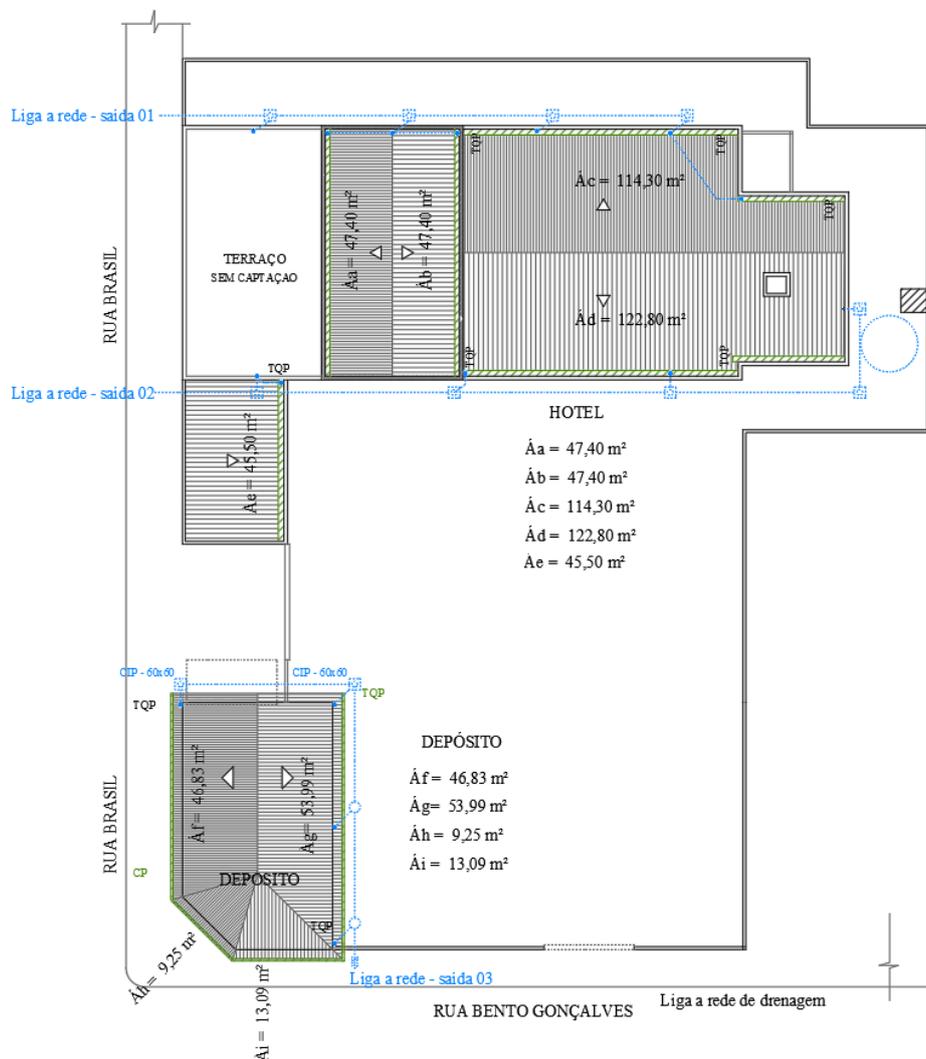
5 RESULTADOS

5.1 ETAPA I - DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

5.1.1 Área de Cobertura

Para o desenvolvimento dos cálculos de dimensionamento do sistema de reservação de águas de chuva, serão adotadas duas coberturas existentes sobre o lote, a primeira cobertura será o telhado do hotel, descontando a área do terraço e a segunda área o depósito, conforme apresentado em croqui de localização na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Coberturas da edificação



Fonte: Autor

A Tabela 9, apresenta o resumo das áreas de projeções da área de estudos, sendo duas projeções de cobertura.

Tabela 9- Resumo das áreas de cobertura em análise no projeto

Área	Descrição	Área em m ²
Cobertura hotel		
1	Telhado a	47,40
2	Telhado b	47,40
3	Telhado c	114,30
4	Telhado d	122,80
5	Telhado e	45,50
Total hotel		377,40 m ²
Cobertura depósito		
6	Telhado f	46,83
7	Telhado g	53,99
8	Telhado h	9,25
9	Telhado i	13,09
		123,16 m ²
Área total		500,56

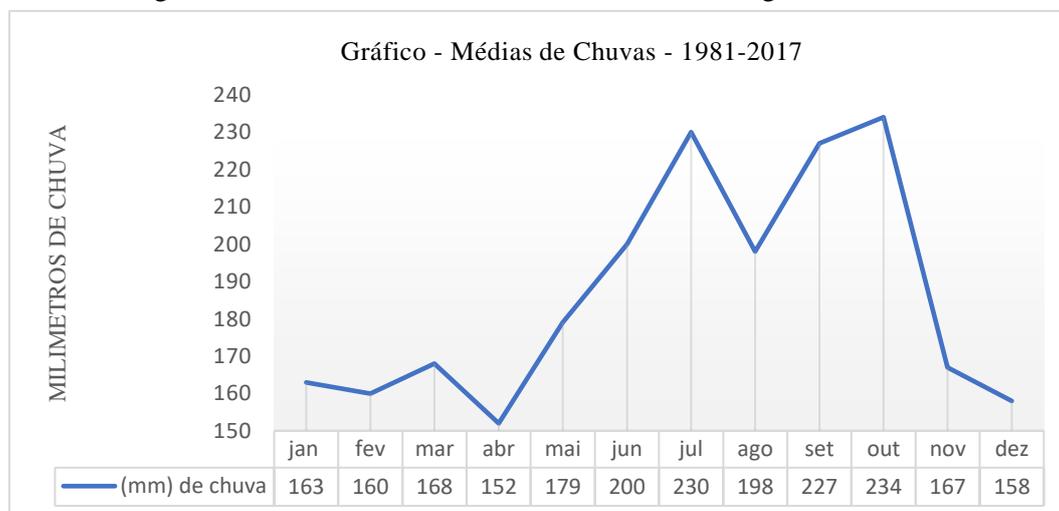
Fonte: Autor

A área total de estudos será adotada como 500,56 m².

Estação pluviométrica

Com a análise dos dados da estação pluviométrica, apresentada na Tabela 2 - Dados da Estação Pluviométrica, foi possível elaborar a série histórica com os dados de chuvas, apresentada no anexo A, elaborado o gráfico da Figura 12, que apresenta a sazonalidade das chuvas de porto alegre e região metropolitana.

Figura 12 – Gráfico da série de dados hidrometeorológicos analisados



Fonte: Autor

A análise do gráfico da série histórica de dados, Tabela 12, apresenta os picos máximos e mínimos de chuvas nos últimos 36 anos, a mínima se concentra no mês de abril, com a menor média, em 152mm de chuva e a máxima acumulada no mês de outubro, com 234 mm de chuva, seguida de julho, com 230 mm de chuva.

Ainda com a análise dos dados através da planilha elaborada no software Excel, calculamos a média total em 108,50 mm de chuva, desvio padrão em 54,41 e média aplicada igual a 162,91mm de chuva. Conforme disposto na Tabela 10 – Dados estatísticos estação pluviométrica

Tabela 10 – Dados estatísticos estação pluviométrica, em mm de chuva

Média	108,5 mm
Desvio padrão	54,41 mm
Média aplicada	162,91 mm

Fonte: Autor

Curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF)

Para TR = 10 anos, duração (t_d) = 5 ≤ t < 2h a = 4247,9; b=0,2097; c=25,2 e d = 1,1199

$$i = \frac{4247,9 \times 10^{0,2097}}{(5+25,2)^{1,1199}} \text{ temos: } 151,5 \text{ mm/h}$$

Para esse projeto, sem prejuízos, será adotado como volume de precipitação média mensal de 151,5 mm/h para elaboração dos estudos.

5.2 ETAPA II - POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E ANÁLISE DE DEMANDA

5.2.1 Demanda de água da edificação

Através dos dados apresentados na Tabela 3 – Tabela do consumo e custo de água potável e esgoto sanitário dos últimos 12 meses do hotel, é possível estabelecer os resultados conforme descrito na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11 – Valores de máxima, mínima e média de demanda total da edificação

Item	Descrição	Volume em m ³
1	Volume máximo	337,00
2	Volume mínimo	16,00
3	Média mensal	119,00

Fonte: Autor

Em 1986 Brown e Caldwell dos Estados Unidos, fizeram a seguinte estimativa de consumo, apresentada por Dziegielewski, 1993 conforme Tabela 12 a seguir:

Tabela 12 -Consumo estimado de água em uma residência

Consumo interno de uma residência	% de consumo
Bacia Sanitária	35
Lavagem de roupas	22
Chuveiros	18
Torneiras	13
Banhos	10
Lavagem de pratos	2
Total	100

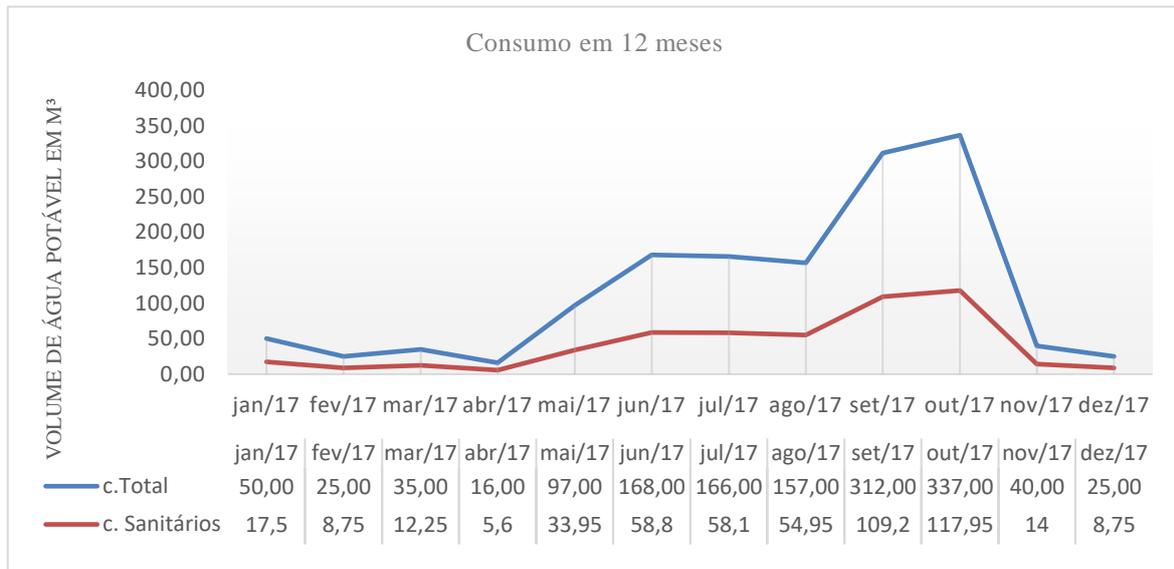
Fonte: Tomaz (1999)

Para satisfazer o máximo de demanda possível, utilizaremos o pico de consumo da edificação, que foi de 337,00 m³ no mês. Aplicando então:

$$V = 337,00 \text{ m}^3 \times 35\% = 117,95 \text{ m}^3$$

O gráfico da Figura 13 apresenta a relação dos consumos totais de água, aplicado com os resultados da Tabela 3 – Tabela do consumo e custo de água potável e esgoto sanitário dos últimos 12 meses do hotel dos últimos doze meses, a segunda série, apresenta os dados relativos ao uso de água nas bacias sanitárias do hotel, sendo considerada a média de uso em 35%.

Figura 13 – Gráfico da relação consumo total de água pluvial e consumo de água exclusivo para bacias sanitárias



Fonte: Autor

A demanda estipulada para o cálculo de dimensionamento e adotado como consumo apenas para as bacias sanitárias da edificação será de 117,95 m³/mês.

5.2.2 Vazão de projeto

Sendo: Q igual a vazão de pico, em l/min; I a intensidade pluviométrica de 151,5 mm/h; A, área de contribuição de 500,56 m², então:

$$Q = \frac{0,1515 \times 500,56}{60} \text{ temos: } 1,26 \text{ m}^3/\text{min}$$

A vazão de projeto é igual a 1,26 m³/min, temos 0,024 m³/s

5.3 ETAPA III – DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A etapa III, destina-se ao cálculo e comparação dos métodos de dimensionamento, seguindo assim a ABNT-NBR 15527 e legislação municipal de São Leopoldo temos:

5.3.1 Método de Rippl

A compreensão do comportamento da relação entre o volume de chuvas captável e a demanda necessária para o abastecimento das bacias sanitárias pode ser analisado através da Tabela 13, onde foram elaborados cálculos de dimensionamento para cada mês do ano. Adotando $C = 0,8$ e área de cobertura igual a $500,56 \text{ m}^2$ temos:

Tabela 13 – Cálculo do volume do reservatório pelo método de Rippl

Mês	Precipitação (em m)	(D_t) 35%	$(Q_t = CxPx A)$	$(S_t = D_t - Q_t)$
Janeiro	0,163	17,5	65,24	47,74
Fevereiro	0,160	8,75	64,07	55,32
Março	0,168	12,25	67,28	55,03
Abril	0,152	5,6	60,87	55,27
Mai	0,179	33,95	71,68	37,73
Junho	0,200	58,8	80,09	21,29
Julho	0,230	58,1	92,10	34,00
Agosto	0,198	54,95	79,29	24,34
Setembro	0,227	109,2	90,90	-18,30
Outubro	0,234	117,95	93,70	-24,25
Novembro	0,167	14	66,87	52,87
Dezembro	0,158	8,75	63,27	54,52

Fonte: Autor

O cálculo do volume do reservatório varia com a média mensal de precipitação, adotando então o volume máximo de S_t , sendo igual a $55,27 \text{ m}^3$, ou 55.270 litros.

5.3.2 Método de Simulação

A compreensão do comportamento da relação entre o volume de chuvas captável e a demanda necessária para o abastecimento das bacias sanitárias pode ser analisado através da Tabela 14, onde foram elaborados cálculos de dimensionamento para cada mês do ano. Adotando $C = 0,8$ e área de cobertura igual a $500,56 \text{ m}^2$ temos:

Tabela 14 – Cálculo do volume do reservatório pelo método de simulação

Mês	Precipitação (em m)	(D_t) 35%	$(Q_t = CxPx A)$	(S_{t-1})	$S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t$
Janeiro	0,163	17,5	65,24	47,74	95,48
Fevereiro	0,160	8,75	64,07	7,58	62,91
Março	0,168	12,25	67,28	47,44	102,47
Abril	0,152	5,60	60,87	7,83	63,09
Mai	0,179	33,95	71,68	29,90	67,63
Junho	0,200	58,80	80,09	-8,61	12,68
Julho	0,230	58,10	92,10	42,62	76,62
Agosto	0,198	54,95	79,29	-18,28	6,06
Setembro	0,227	109,20	90,90	-0,02	-18,32
Outubro	0,234	117,95	93,70	-24,23	-48,47
Novembro	0,167	14,00	66,87	77,10	129,98
Dezembro	0,158	8,75	63,27	-22,58	31,94

Fonte: Autor

O cálculo do volume do reservatório varia com a média mensal de precipitação, adotando então o volume máximo de S_t , sendo igual a 129,98 m³, ou 129.980 litros.

5.3.3 Método Azevedo Neto

Onde: P é o valor numérico da precipitação média anual, em mm adotada como 151,5 mm; T é o número de meses de pouca chuva ou seca, adotado como 05; A é área de coleta em projeção, em 500,56 m²; V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório em litros (L). Então temos:

$$V = 0,042 \times 0,1515 \times 500,56 \times 5 \quad \text{temos } V = 15.925,31 \text{ litros}$$

O dimensionamento do reservatório, através do método de Azevedo Neto, resulta em reservatório com capacidade de 15,92 m³, ou 15.925,31 litros.

5.3.4 Método Prático Alemão

Para elaboração da equação, será adotado o volume aproveitável de água de chuva anual, conforme V em litros;

$$V = \{[(500,56 \times 0,1515 \times 0,8) \times 24h] \times 30 \text{ dias}\} = 43.690,46 \times 12 \text{ meses} = 560.280 \text{ litros}$$

Assim, adotando $V = 560.280$ litros de água como volume anual de água de chuva temos a aplicação do método prático alemão:

$$V_{\text{adotado}} = 560.280 \text{ litros/ano} \times 0,06 \quad \text{então } V = 33.616,8 \text{ litros}$$

Através do método prático Alemão, o volume do reservatório será de $33,62 \text{ m}^3$ ou $33.616,80$ litros.

5.3.5 Método Prático Inglês

Adotando P como a precipitação média anual em $151,5 \text{ mm}$; A sendo a área de coleta em projeção de $570,60 \text{ m}^2$; V será o volume de água aproveitável e o volume de água na cisterna, expresso em litros (L); temos:

$$V = 0,05 \times 0,1515 \times 500,56 \quad \text{então } V = 3.791,75 \text{ litros}$$

Adotando o método prático inglês, o volume do reservatório de reserva de águas pluviais será de $3,79 \text{ m}^3$, ou $3.791,75$ litros de água.

5.3.6 Método Prático Australiano

Adotando C , coeficiente de escoamento superficial, igual a $0,80$; P é a precipitação média mensal, pelo cálculo da IDF, em $151,5 \text{ mm}$; I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm ; A , área de coleta igual a $500,67 \text{ m}^2$, Q será o volume mensal produzido pela chuva; então:

$$Q = 500,56 \times 0,80 \times (0,1515 - 0,002) \quad \text{temos } Q = 59,86 \text{ m}^3$$

Através do método prático australiano, o volume do reservatório será de $59,86 \text{ m}^3$ ou 59.860 litros de água.

Onde: Q_t é o volume mensal de chuva produzido no mês, adotado o valor de $59.860,1$ litros; V_t o volume de água que está no tanque no fim do mês t ; V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t ; D_t a demanda mensal; apresentado na Tabela 15 – Cálculo Método prático Australiano.

Tabela 15 – Cálculo Método prático Australiano

Mês	(D_t) 35%	$(V_{t-1})m^3$	$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$
Janeiro	17,5	47,74	30,30
Fevereiro	8,75	7,58	-1,11 = 0
Março	12,25	47,44	35,25
Abril	5,6	7,83	2,29
Mai	33,95	29,90	-3,99 = 0
Junho	58,8	-8,61	-67,35 = 0
Julho	58,1	42,62	-15,42 = 0
Agosto	54,95	-18,28	-73,17 = 0
Setembro	109,2	-0,02	-109,16 = 0
Outubro	117,95	-24,23	-142,12 = 0
Novembro	14	77,10	63,16
Dezembro	8,75	-22,58	-31,27 = 0

Fonte: Autor

Para o primeiro mês foi considerado o tanque vazio.

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

O volume do tanque escolhido será o máximo de V_t que se dá em 111,72 m³;

Confiança: Onde P_r é a probabilidade de falha; N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, $V_t = 0$; N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses; então:

$$P_r = \frac{8}{12} \times 100 \quad \text{então } P_r = 0,66$$

Confiança = $(1 - 0,66)$ – Confiança igual a 34%

A NBR 15527, recomenda que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%, no caso do cálculo realizado, a confiança está em 34%.

5.3.7 Lei Municipal 8.665 de 17 de agosto de 2017 de São Leopoldo.

Onde V , é o volume do reservatório em m^3 , k é o coeficiente de abatimento, correspondente a 0,15, A_i , é a área impermeabilizada em m^2 , h é a altura de chuva, correspondente a 0,06 m.

$$V = 0,15 \times (500,56) \times 0,06 \text{ então } V = 4,50 \text{ m}^3$$

O volume total de reservação, adotando o dimensionamento previsto no código de edificações do município de São Leopoldo, adota o volume de 4,50 m^3 ou 4.500 litros.

5.3.8 Resumo do dimensionamento do reservatório

Tendo os dimensionamentos elaborados nos itens anteriores podemos elaborar a Tabela 16, com o resumo de todos os resultados obtidos para cada metodologia de cálculo.

Tabela 16 - Resumo do dimensionamento do reservatório

Método	Volume em m^3	Volume em L
Rippl	55,27	55.270,00
Simulação	129,98	129.980,00
Azevedo Neto	15,92	15.925,30
Prático Alemão	33,616	33.616,80
Prático Australiano	111,72	111.720,00
Prático Inglês	3,97	3.971,75
Lei 8.665 de São Leopoldo	4,5	4.500,00

Fonte: Autor

Na

Tabela 16, pode se observar a distinção dos volumes obtidos, sendo o maior reservatório com 129,98 m^3 , calculado através do método de simulação e o menor volume, calculado pelo método Prático Inglês, com volume de 3,97 m^3 .

O método de dimensionamento proposto pela legislação municipal de São Leopoldo, apresenta um volume de 4.50 m^3 , que fica mais próximo do método prático inglês com 3,97 m^3 e de Azevedo Neto com 15,92 m^3 .

Para o funcionamento do sistema de coleta e distribuição das águas pluviais serão adotados dois reservatórios, o primeiro no térreo, como reservatório inferior, que receberá a água diretamente do sistema e fazendo o armazenamento e o segundo, sendo instalado

no volume de reservatórios da edificação, que receberá água através do sistema de recalque do reservatório inferior e a distribuirá para o barrilete e as colunas de água para abastecimento das bacias sanitárias.

A partir da legislação municipal de São Leopoldo, o volume do reservatório inferior, deve ser de 4,50 m³, fazendo o arredondamento, sem prejuízos e admitindo um volume comercial de 5,0 m³, ou 5000 litros e reservatório superior admitindo 2/3 do volume inferior, sendo de 5,0 m³, ou 3.000 litros.

Então, o volume total de reservação de água, se dá pelo somatório dos reservatórios inferior e superior, sendo de 8,0 m³, ou 8.000 litros.

5.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Para o dimensionamento do sistema, serão levados em consideração duas fases de dimensionamento, a primeira fase, trata do sistema de coleta, sendo calhas, condutores verticais e horizontais, peneira, sistema First Flush até o reservatório inferior e a segunda fase, irá abordar o sistema de recalque, reservatório superior e barrilete de distribuição do sistema até as bacias sanitárias

5.4.1 Calhas e condutores

Para aplicação da

Tabela 4- Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min). devemos ter para cada seção de cobertura a vazão de projeto. A edificação possui telhas de aluzinc e calhas metálicas, os tubos de queda existentes são de PVC rígido com diâmetro de 100 mm embutidos no *shaft* predial de esgoto.

Conforme indicações do croqui do anexo B, devem ser elaboradas as adequações junto a rede de coleta de águas pluviais existentes a fim de direcionar ao reservatório inferior.

5.4.2 Sistema *First Flush*

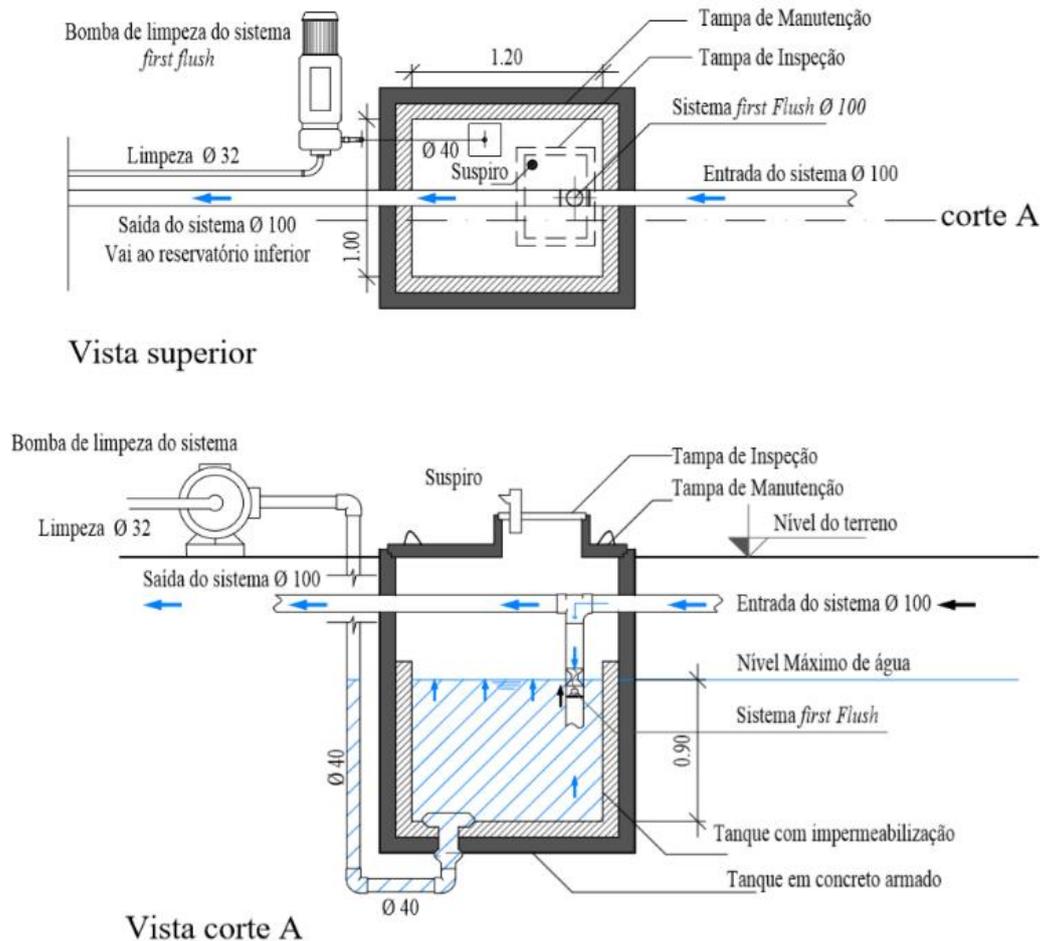
Ambientes com poluição, utiliza-se 0,05 g/ft² temos:

Sendo: 1g/ft² igual a 41,14 litros/m²

$$V_{\text{first Flush}} = (500,56\text{m}^2 \times 14,41 \text{ l/m}^2) \times 0,05 \text{ temos } 1029,70 \text{ litros}$$

Por condições de projeto, o sistema *First flush* deverá ser adaptado a um reservatório com capacidade de 1.030 litros, este, servido por bomba de limpeza de acionamento por intervenção de mão de obra, sempre após os eventos de chuva, conforme disposto no croqui da Figura 14 a seguir.

Figura 14 – Adaptação do *First Flush* no reservatório de descarte



Fonte: Autor

5.5 SISTEMA DE RECALQUE

O volume diário de consumo de água será a média de $V = 117,95\text{m}^3$ diário apenas para as bacias sanitárias, e o tempo de 12h, baseando se no horário de atendimento do sistema temos:

$$Q = \frac{117.950 \text{ l dia}}{24 \text{ h}} = 4.914,58 \text{ l/h}$$

Assim, a vazão Q será 4.914,58 l/h, ou 4,91 m^3/h ou $1,36 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Com a vazão de recalque estabelecida, é possível dimensionar o diâmetro de recalque do sistema.

5.5.1 Diâmetro de recalque do sistema de abastecimento

Onde: D_r é o diâmetro nominal do recalque, em m; Q_R é a vazão de recalque adotada em $4,91\text{m}^3/\text{s}$; $X' = 12\text{ h}$.

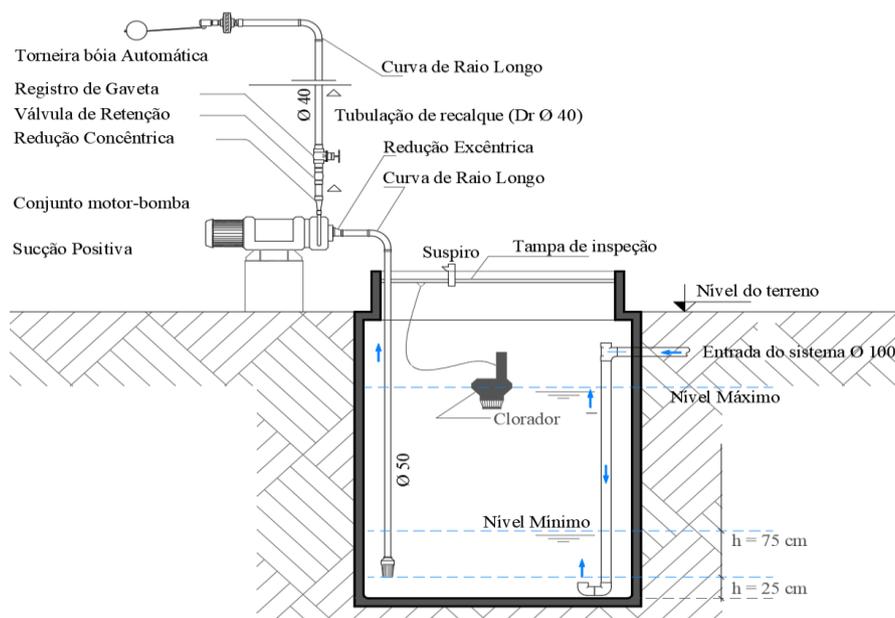
$$D_r = 1,3 \times \sqrt[4]{1,36 \cdot 10^{-3}} \times \sqrt[4]{\frac{12}{24}} \quad \text{então } D_r = 0,040\text{ m}$$

Para execução do sistema, adota-se o diâmetro nominal de mercado para tubulação de recalque (D_r) em 40 mm ou 1½", assim o diâmetro de Sucção (D_s) será imediatamente superior diâmetro de D_r , sendo $D_s = 50\text{ mm}$, ou 1½".

5.5.2 Potência da bomba

Definidos os diâmetros de sucção e de recalque, devemos agora calcular a altura total da tubulação, levando em conta o peso específico dos elementos que compõem o sistema de transporte. Para isso, utilizaremos a Figura 15, onde apresenta o croqui de instalação do sistema de bombeamento a partir do reservatório inferior

Figura 15 – croqui de instalação do conjunto motor-bomba no reservatório inferior



Fonte: Autor

A partir do croqui da Figura 15, podemos determinar os itens da Tabela 17
Comprimento total da tubulação apresentada a seguir:

Tabela 17 Comprimento total da tubulação

Item	Elemento	Quant.	Comprimento equivalente	Comprimento equivalente total
Sucção (diâmetro 50 mm)				
1	Válvula de pé com crivo	1	7,3	7,3
2	Curva raio longo 90°	1	0,5	0,5
3	Redução excêntrica	1	-	-
4	Tubulação sucção	1	2	2
Total sucção em metros				9,8 m
Recalque (diâmetro 40 mm)				
5	Redução concêntrica	1	-	-
6	Válvula de retenção	1	2,5	2,5
7	Registro de gaveta	1	0,1	0,1
8	Curva Raio Longo 90°	1	0,5	0,5
9	Saída da tubulação	1	0,8	0,8
10	Tubulação recalque	1	50	30
Total recalque em metros				53,90 m
Comprimento total em metros				63,90 m

Fonte: Autor

5.5.3 Potência da bomba

Onde: N é a potência em cv (cavalo força); Qr é a vazão recalçada igual a $1,36 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; Hm é a altura manométrica igual a 63,90 m; γ é o peso específico da água 1000 kgf/m^3 η é o rendimento do conjunto elevatório igual a 52% conforme Tabela 6- Rendimento estimado da bomba em função da vazão de bombeamento;

$$N = \frac{1000 \times 1,36 \cdot 10^{-3} \times 63,90}{75 \times 0,52} \text{ então } N = 2,22 \text{ cv}$$

Necessário fazer o acréscimo de mais 50 % de potência sobre o cálculo, então a potência total necessária será de 2,22 cv, ou seja, deverá ser aplicado no mínimo 5,0 cv de potência.

Tabela 18 – Resumo do dimensionamento de recalque

Elemento	Resultado	Unidade
Vazão de projeto	$1,36.10^{-3}$	m ³ /s
Diâmetro de Recalque (Dr)	40	mm
Diâmetro de Sucção (Ds)	50	mm
Potência da Bomba	5,0	cv

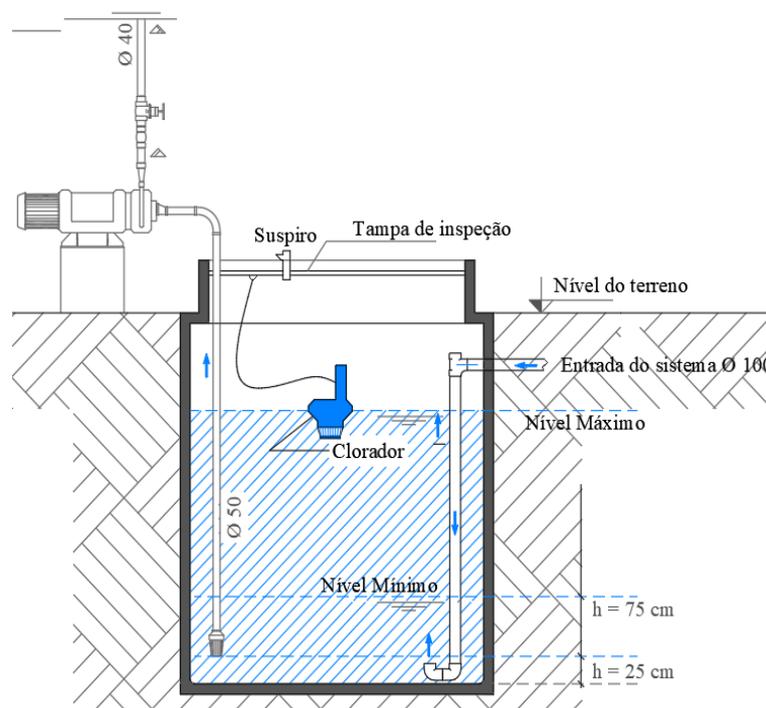
Fonte: Autor

5.5.4 Tratamento

O clorador adotado para o sistema de reaproveitamento de águas pluviais será o clorador que utiliza pastilhas, por ser de fácil acesso, manutenção e sem necessidade de mão de obra especializada para realização das manutenções.

Segundo a fabricante, Nautilus, o clorador automático possui capacidade para até nove tabletes grandes de 200 gramas, e possui válvula reguladora de fluxo de água deve proporcionar 14 dias de cloração continua para um volume de 140m³, ou 140.000 litros de água apresentado na Figura 16 abaixo no croqui de instalação do clorador.

Figura 16 – Esquema instalação Clorador no Barrilete de distribuição



Fonte: autor

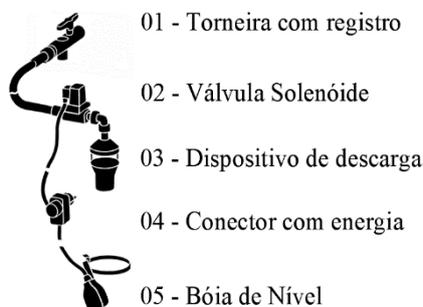
A frequência de manutenção do sistema deverá atender a Tabela 8– Frequência de manutenção.

5.6 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Após o reservatório inferior, o sistema de recalque elevará essa água até o reservatório superior onde abastecerá as colunas de água até as bacias sanitárias. O reservatório superior foi dimensionado anteriormente e possui o volume de 3.000 litros. O sistema de distribuição de águas pluviais até as bacias sanitárias deve ser independente das instalações de água potável e não é permitida conexão cruzada entre os sistemas.

Para o pleno funcionamento do sistema, será previsto um kit de interligação do sistema com água potável, conforme Figura 1 – Cisterna de Masada 2.000 a.C.Figura 17, sistema automático para que a partir do nível do reservatório superior estiver crítico, o sistema será abastecido com água potável, fornecida pela rede abastecedora.

Figura 17 - Kit de interligação com sistema de água potável



Fonte: adaptado de Engeplas - www.engeplas.com.br

O sistema será instalado no reservatório superior de água pluvial e abastecido através de um ramal do barrilete de água potável da edificação com diâmetro de 32mm. O sistema também necessita de instalação elétrica disponível para uso.

5.6.1 Distribuição de água pluvial

Somatório dos pesos coluna de água com ligação de 31 bacias sanitárias tipo caixa acoplada no lado direito, total de 46 Bacias sanitárias e lado esquerdo total de 58 bacias sanitárias temos:

$$\Sigma P_{\text{esquerda}} = 46 \times 0,3 = 13,8 \text{ l/s}$$

Logo a vazão será

$$Q_{\text{esquerda}} = 0,3\sqrt{(13,8)} \text{ então: } Q = 1,11 \text{ l/s ; ou } Q = 0,00111 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aplicando a equação de Fair-Wiplle-Hasio, e arbitrando $J = 8\%$, ou seja $0,08$ m/m, a vazão $Q = 0,00111$ m³/s temos

$$0,08 = 0,000859 \times 0,00111^{1,75} / D^{4,75} = D = 31 \text{ mm}$$

O diâmetro da tubulação de distribuição do lado esquerdo deve ser de 31 mm, porém, conforme disposto em NBR 5626, o diâmetro adotado será de 50 mm (DN 50mm). Aplicando a mesma metodologia para o outro lado da edificação, apenas para o fim de conferencia, temos:

$$\Sigma P_{direito} = 58 \times 0,3 = 17,4 \text{ l/s}$$

Logo a vazão será

$$Q_{esquerda} = 0,3\sqrt{(17,4)} \text{ então: } Q = 1,25 \text{ l/s ; ou } Q = 0,00125 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aplicando a equação de Fair-Wiplle-Hasio, e arbitrando $J = 8\%$, ou seja $0,08$ m/m, a vazão $Q = 0,00125$ m³/s temos

$$0,08 = 0,000859 \times 0,00125^{1,75} / D^{4,75} = D = 32 \text{ mm}$$

O diâmetro da tubulação de distribuição do lado direito deve ser também de 32 mm, porém, conforme disposto em NBR 5626, o diâmetro adotado será de 50 mm (DN 50mm).

Figura 18 – Croqui do barrilete de distribuição

5.7 EFICIÊNCIA E VIABILIDADE ECONÔMICA

A dimensionar....

CONCLUSÕES

A concluir

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

15527, A. N. **ÁGUA DE CHUVA - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2007.

9.433, L. N. (8 de Janeiro de 1997). **DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**. Acesso em 01 de Outubro de 2017. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm

ANNECCHINI, K. P. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins não potáveis**. Vitória - ES: Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil.2005.

ASA, B. **ASA BRASIL**. Disponível em <www.asabrasil.org.br>. Acesso em 20 de 09 de 2017. 2012.

BABTISTA, M., NASCIMENTO, N., & BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hidricos - Magia Editoração. 2011.

BATISTA, D. M., OLIVEIRA, C. G., SOUZA, C., SAFFER, M., PEREIRA, O. J., & FARRA, R. A. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. São Leopoldo: Prefeitura Municipal de São Leopoldo - Consórcio Pro-Sinos. 2014.

BAZZAN, T. **Mapeamento das Áreas com Risco de Inundação do Rio dos Sinos no Município de São Leopoldo**. Porto Alegre: Universidade Ferderal do Rio Grande do Sul - UFRGS. 2011.

BERTOLDI, L., PINHEIRO, I. G., & PINHEIRO, A. **Volumes e Eficiencias para Reservatórios de Aproveitamento de Água de chuva no estado de Santa Catarina – Brasil**. *REA –Revista de estudos ambientais (Online)*, 56-66. 2012.

BEZERRA, S. M., CHRISTAN, P. D., TEIXEIRA, C. A., & FARAHBAKHS, K. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR**. *Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4*, 219-231.2010.

BOTELHO, M. H. **ÁGUAS DE CHUVA - Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.2001.

BRASIL, LEI Nº 8.665, D. 1. (29 de 08 de 2017). **LEI Nº 8.665, DE 16 DE AGOSTO DE 2017**. Disponível em leismunicipais.com.br/SaoLeopoldo: <https://leismunicipais.com.br/a1/rs/s/sao-leopoldo/lei-ordinaria/2017/866/8665/lei-ordinaria-n-8665-2017-revoga-a-lei-n-8473-de-22-de-junho-de-2016-que-determina-a-adocao-de-reservatorios-de-agua-das-chuvas-visando-o-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-incentiva-o-aproveitamento-da-agua-da-chuva-para-usos-nao-potaveis>. Acesso em 30 de 09 de 2017.

CAMPOS, C. R., & SILVA, M. V. **Impacto de Sistemas Meteorológicos no Regime Hídrico do Rio Grande do Sul em 2006**. *RBGf - Revista Brasileira de Geofísica*, 121-136, 2010.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos.2013.

CHAIB, E. B., RODRIGUES, F. C., MAIA, B. H., & NASCIMENTO, N. D. **Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, RBRH vol. 20 n°3 Porto Alegre jul./set. 2015 p. 605 – 614, 2015.

COUTO, V. B. **Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva para o Ginásio de Esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville**. 2012. Disponível em pliniotomaz.com.br: <http://pliniotomaz.com.br/tccs/>.2012. Acesso em 15 de Agosto de 2017.

DIOGO, V. H. **Aproveitamento de Água de Chuva para Fins Não Potáveis, no Edifício Sede Institucional da Procuradoria Geral de Justiça do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. 2013.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de Água de Chuva no Meio Urbano e seu Efeito na Drenagem Pluvial.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2012.

FASOLA, G. B., GHISI, E., MARINOSKI, A. K., & BORINELLI, J. B. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC.** *Ambiente Construído*, 65-78.2011.

GOMES, U. A., DOMÈNECH, L., PENA, J. L., HELLER, L., & PALMIER, L. R. A **Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional** . *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19*, 7-16.2014.

JÚLIO GOMES, D. C. **Dimensionamento de Reservatórios de Armazenamento de Águas Pluviais, usando um Critério Financeiro** . *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 15 n.1*, 89-100.2010.

LUCAS, A. H., GUTIERREZ, L. A., RHÖM, S. A., & LOLLO, J. A. **Proposta para Seleção de Áreas Potenciais para Implantação de Trincheiras de Infiltração: Estudo de Caso - Campus da UFSCar, São Carlos — SP** . *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 135-141.2010.

MIEZWA, J. C., & HESPANHOL, I. **ÁGUA NA INDÚSTRIA - USO RACIONAL E REÚSO.** São Paulo: Oficina de Textos.2012.

MINIKOWSKI, M., & MAIA, A. G. **Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva.** *Revista Acadêmica, Ciência Animal*, 181-188.2009.

NETO, A. **Aproveitamento imediato da Água de Chuva.** *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, 073-086.2013.

PEIXE, C. R. **Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais: estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá,RJ** . Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenharia.2012.

POMPÊO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos/Associação Brasileira de Recursos Hídricos*, 15-23.2000.

PRÓ-SINOS, C. (s.d.). **CONSÓRCIO PRÓ-SINOS**. Disponível em CONSÓRCIO PRÓ-SINOS: <www.consorciosprosinos.com.br>. Acesso em 20 de 09 de 2017.

RUPP, R. F., MUNARIM, U., & GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, v. 11, n. 4, 47-64.2011.

SARI, V., SEEGER, L. M., PAIVA, E. M., & ROSA, A. L. **Eficiência de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em municípios do estado do Rio Grande do Sul/Brasil**. *REGA - Revista de Gestão de Água da América Latina*, 37-52.2010.

SEMAE. (s.d.). **Sistema de Abastecimento de água**. Disponível em <<http://www.semae.gov.br>>. Acesso em 25 de 09 de 2017.

SUSTENTÁVEL, S. (s.d.). **Sempre Sustentável**. Disponível em Sempre Sustentável <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>> Acesso em 01 de Outubro de 2017.

NBR 5626, A. - **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.1998.

TOMAZ, E. P. **Aproveitamento de água de Chuva em Áreas Urbanas para fins não potáveis**. São Paulo.2011.

TUCCI, C. E. **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5-27.2002.

VELOSO, N. D., & MENDES, R. L. **Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia: Experiências nas Ilhas de Belém/PA.** *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.1*, 229-242.2014.