

COMPARATIVO FINANCEIRO ENTRE UM SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE COMBATE A INCÊNDIO COM E SEM BOMBA DE REFORÇO PARA ATENDER UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR VERTICAL PARA A CIDADE DE JOINVILLE-SC

SANTOS, José Williams Felix dos¹
FARIA, Msc. Michela Steluti Poleti²

RESUMO

Já na antiguidade com a formação dos *vigiles* que patrulhavam as ruas de Roma havia a preocupação em se tomar medidas contra o incêndio. Com o avanço das técnicas e tecnologias de combate, novos sistemas foram desenvolvidos para este fim: do uso de baldes no século XVII ao surgimento das bombas de incêndio no século seguinte na Europa. Hoje é utilizado um conjunto de sistemas instalados nas próprias edificações, desde medidas estruturais de modo a impedir a propagação do fogo chamada de proteções passivas, às proteções ativas refletidas nos sistemas de detecção e combate a incêndio como no caso das instalações hidráulicas alvo de estudo deste trabalho. A finalidade deste artigo é o de desenvolver um comparativo financeiro entre uma instalação que utiliza apenas a gravidade para atender a vazão e pressão mínimas de serviço e outra utilizando bombas de reforço. Para isso foi feito o dimensionamento da rede hidráulica preventiva seguindo exigências da instrução normativa do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Obtido os resultados a opção pela utilização de bombeamento se mostrou com um custo muito maior em relação à elevação do pavimento caixa d'água. Ao término do trabalho foi sugerida a continuação desse estudo contemplando outras situações arquitetônicas e estruturais.

Palavras-chave: hidrantes; bomba de incêndio; vazão.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho abrange o tema de projeto de prevenção e combate a incêndio. Mais especificamente, trata do impacto financeiro quando da necessidade do uso de bomba de reforço no sistema hidráulico de prevenção e combate ao fogo. Para implementar um sistema preventivo se faz necessário e obrigatório seguir um

¹José Williams Felix dos Santos Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, jwillfelix@email.com; ²Professora orientadora: Msc. Michela Steluti, Centro Universitário UNISOCIESC, michela.steluti@sociesc.com.br

conjunto de normas, dentre estas a que trata do sistema hidráulico preventivo. A primeira regulamentação para proteção contra incêndio no Brasil foi o Decreto 10.878 de 7 de fevereiro de 1974 para o estado de São Paulo. Atualmente a norma em vigor em âmbito nacional para sistemas de hidrantes é a NBR 13714 (ABNT, 2000). Para a cidade de Joinville que segue as normas do Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina é utilizada a IN 007 (CBMSC, 2017) que tem como referências as normas da ABNT.

Brentano (2007, p.93), se referindo à Instrução Técnica 22: 2004 do Estado de São Paulo menciona que – o mesmo ocorre para a norma do Estado de Santa Catarina - na determinação do sistema a ser utilizado deve-se fazer o cálculo considerando não apenas o desnível como em alguns lugares. Essas exceções onde é exigido apenas o desnível do reservatório superior acredita o autor que se deva com o intuito de evitar o uso de bombas de reforço minimizando o custo.

Ainda Brentano (2007, p.37) enfatiza que o custo da obra apesar de ser uma grande preocupação, nunca deve sobrepor à segurança dos usuários de uma edificação. É comum ao se contratar um projeto de instalações a questão de o custo ser algo determinante para a escolha. Partindo de que em primeiro lugar se prioriza a segurança dos usuários, o ideal é escolher um sistema que ofereça esta segurança às pessoas, ao patrimônio e se possível que seja mais fácil sua manutenção e com um menor custo. Daí a importância de se verificar também o impacto financeiro na escolha do sistema.

Partindo da adaptação de um projeto arquitetônico idealizado para este estudo, foi desenvolvido o dimensionamento da rede de hidrantes que atenda as exigências de vazão e pressão em norma por meio gravitacional e em outra situação com o auxílio de bombas de reforço. Assim, o objetivo geral deste trabalho é fazer o comparativo financeiro deste sistema hidráulico preventivo com e sem a utilização de bomba de reforço para atender uma edificação multifamiliar vertical para a cidade de Joinville.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O sistema hidráulico faz parte de uma série de sistemas adotados na prevenção e combate a incêndio que reflete na arquitetura das edificações e na

utilização de diversos materiais extintores, dentre eles a água que é o agente extintor mais utilizado para combate ao fogo.

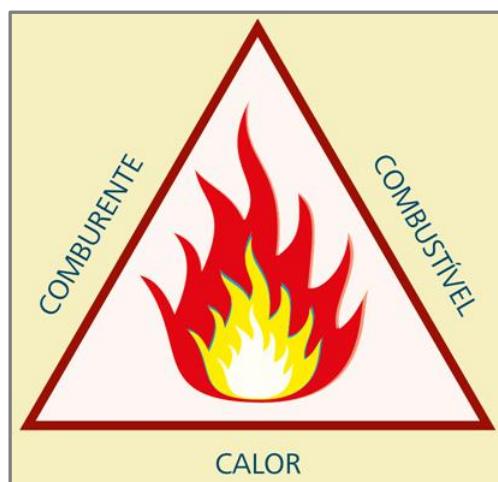
De modo geral procura-se alimentar os hidrantes pela ação da gravidade quando possível e até mesmo por questões de custos, mas em alguns casos devido à configuração da estrutura das construções, quantidade de hidrantes exigidos ou em situações em que se faz do uso de reservatório inferior é preciso utilizar de meios como bombas hidráulicas para se conseguir a pressão e vazão adequadas para um bom funcionamento do sistema e em atendimento às exigências das normas.

2.1 O fogo e o incêndio

De acordo com Brentano (2007, p.39) o fogo é “uma combustão viva que se manifesta através da produção de chamas que geram luz e desprendem calor, além da emissão de fumaça, gases e outros resíduos”.

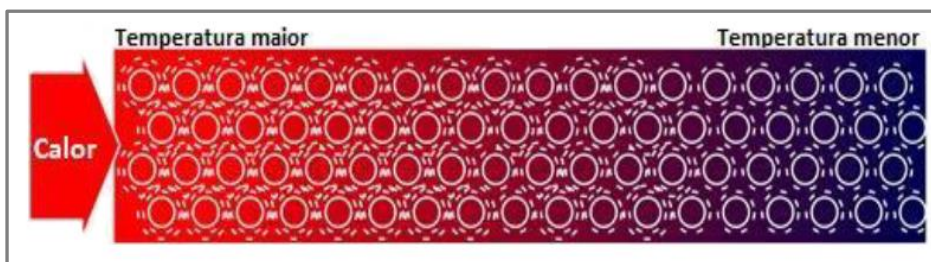
Brentano (2007, p.39) também explica que para que o fogo ocorra devem estar presentes: material combustível, comburente – como o oxigênio – e uma fonte de calor. Esses três elementos fazem parte do chamado triângulo do fogo mostrado na figura 1. Na transferência de calor que ocorre nas moléculas (figura 2) do material combustível se forma uma reação química em cadeia responsável pela propagação do fogo. Esse quarto elemento completa o tetraedro do fogo da figura 3, substituindo o antigo triângulo.

Figura 01 – Triângulo do fogo



Fonte: CFAB-Centro de Treinamento em Emergências (2022)

Figura 02 – Vibração das moléculas sob ação do calor



Fonte: CFBP, CBMES (2012)

Figura 03 – Tetraedro do fogo



Fonte: GetWet-Segurança do Trabalho (2021)

Não necessariamente a presença de fogo será definida como um incêndio à exemplo da figura 4. O incêndio difere por trata-se de um fogo fora de controle como na figura 5 (OLIVEIRA; SILVA; FERREIRA; SANTANA; SARNAGLIA, 2012).

Figura 04 – Fogueira junina como exemplo de fogo controlado



Fonte: Portal Alagoas 24 Horas (2010)

Figura 05 – Incêndio na cidade de São Paulo



Fonte: Portal iG (2022)

2.2 Sistemas de prevenção e combate a incêndio

De acordo com o Manual de Segurança Contra Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco (CCB-PMESP, 2006) as edificações são obrigadas através de leis e normas a adotar medidas de segurança contra incêndio (figura 6) de modo a garantir segurança aos ocupantes, sua saída segura e limitar a propagação do fogo em caso de incêndio, além de minimizar os danos à construção e facilitar o socorro às vítimas. Essas medidas são tomadas de modo que possam ser utilizadas em um primeiro momento pelos ocupantes da edificação e em seguida pelos agentes externos incumbidos de efetuar este trabalho.

Macintyre (1990, p.147) menciona que as instalações contra incêndio “compreendem as que objetivem detectar, informar onde se iniciou o incêndio e debelá-lo com presteza tão logo irrompa, evitando que se propague”.

Brentano (2007, p.37) afirma que “com o objetivo de proteger as pessoas e o patrimônio, deve ser tomada uma série de medidas de proteção contra o fogo”.

Vários elementos aumentam o risco de incêndios: maior número de pessoas nas cidades e conseqüentemente o de construções cada vez mais próximas umas das outras além do uso maior de máquinas e eletrônicos. Diante disso é necessário que sejam tomadas ações de modo a prevenir e combater o incêndio protegendo os patrimônios e principalmente as pessoas (BRENTANO, 2007).

Figura 06 – Itens de segurança contra incêndio.



Fonte: Gazeta do Povo (2012)

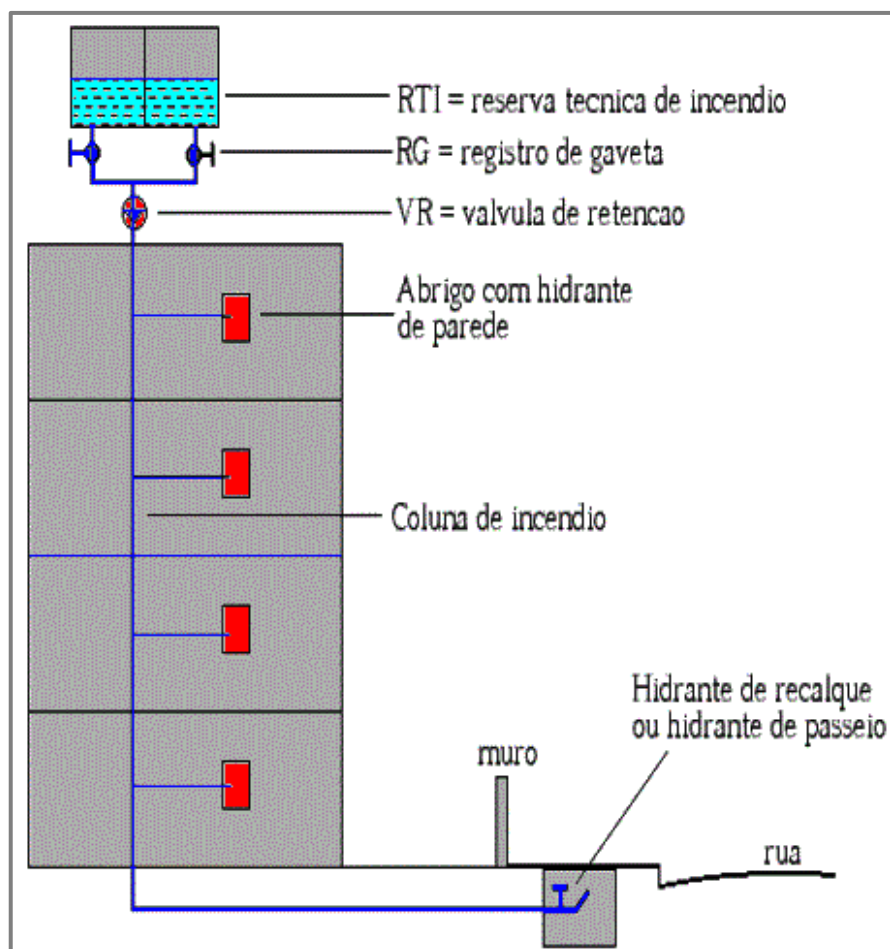
2.3 Sistema hidráulico de combate a incêndio

Macintyre (1990, p.148) diz que a água é o material mais empregado no combate a incêndios “por ser abundante, de baixo custo e por sua grande capacidade de absorver calor”. A água como agente extintor é usado para incêndios da classe A que envolve materiais sólidos tais como papel, madeira, tecido, etc.

2.3.1 Elementos do sistema hidráulico preventivo

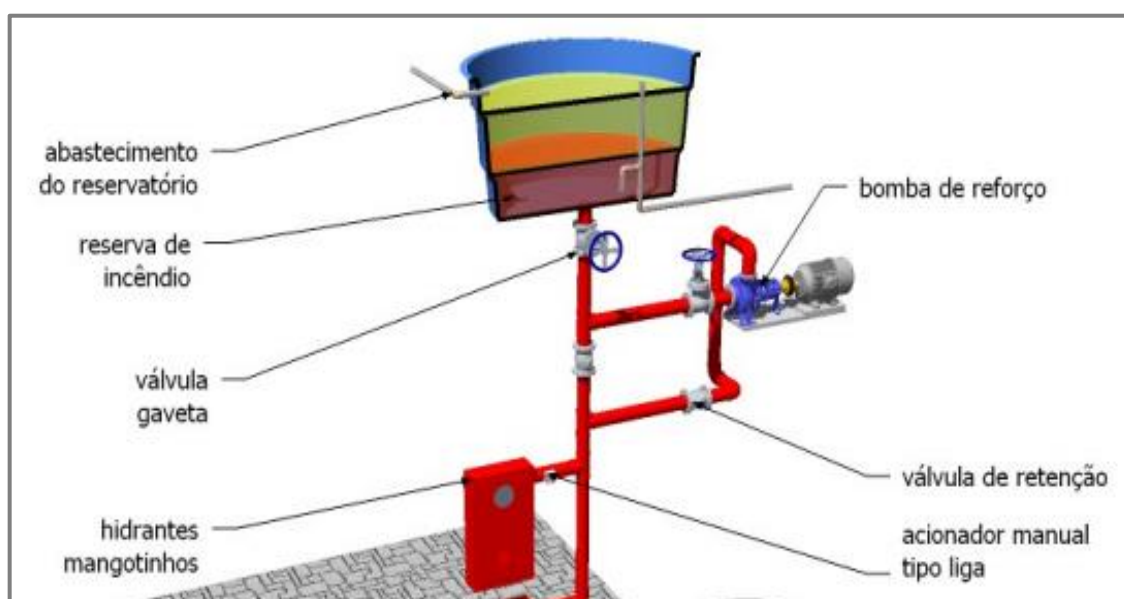
O sistema hidráulico preventivo ou SHP (figura 7) é composto por reservatório de água, sistema de bombas quando necessário (figura 8), pela tubulação que compõe os pontos de hidrantes, desvios nos ambientes, o barrilete e as colunas, pelas válvulas de gaveta e de retenção, além de alarmes (BRENTANO, 2007).

Figura 07 – Desenho esquemático dos componentes do sistema hidráulico



Fonte: Rede Agronomia (2022)

Figura 08 – Componentes do sistema com bomba de reforço



Fonte: CBMPR (2015)

2.3.2 Normas para o sistema hidráulico preventivo

A norma brasileira para o sistema de hidrantes é a NBR 13714 – Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio (2000). O cumprimento desta norma e de outras fica a cargo das corporações estaduais de Bombeiros Militar que por sua vez também possuem suas instruções técnicas. O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina - CBMSC prevê a Instrução Normativa 007 para o SHP (ALBÔNICO; CAUDURO, 2018).

2.3.3 Uso do sistema hidráulico preventivo em edificações residenciais

A instrução normativa IN 001-parte 2 (CBMSC, 2017) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, exige o uso de sistema preventivo em edificações pertencentes à divisão A-2 (edificação multifamiliar vertical) que compreende os edifícios de apartamentos e também à divisão A-3 (edificação coletiva) que são os pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos e residências geriátricas, todos com capacidade máxima de 16 leitos. Nesses casos a exigência se dá quando essas edificações possuírem a partir de 4 pavimentos, com o SHP ligado ao reservatório de consumo com reserva mínima de 2000 litros para incêndio.

Também é exigida a instalação do SHP de acordo com a IN 007, em edificações com carga de incêndio superior a 1.142 MJ/m^2 (CBMSC, 2017).

Ainda a IN 007 (CBMSC, 2017) isenta da instalação do sistema hidráulico preventivo os imóveis com carga de incêndio inferior ou igual a 5 kg/m^2 ; unidades residenciais unifamiliares geminadas com saída diretamente para o exterior e com compartimentação entre as unidades; blocos isolados com área inferior a 750 m^2 ; mezanino, escritórios, sobrelojas e locais de acesso restrito com área inferior ou igual a 100 m^2 e pavimentos superiores de apartamentos duplex e triplex.

2.3.4 Exigências na aplicação do SHP

Nas situações onde se aplica o sistema hidráulico preventivo a NBR 13714 (ABNT, 2000) no capítulo 4 faz exigências de forma breve quanto ao projeto, instalação de recalque, tubulação, esguicho, alarme, abrigo e válvulas.

A IN 007 (CBMSC, 2017) descreve de forma mais detalhada as exigências quanto à instalação hidráulica preventiva e faz algumas exigências quanto ao material e disposição dos componentes do sistema.

2.3.4.1 Tubulação

De acordo com a IN 007 (CBMSC, 2017) os tubos deverão ser metálicos com diâmetro mínimo de 65 mm (2.1/2”), admitindo-se 50 mm (2”) quando da utilização de tubulação de cobre. Poderá ser de material termoplástico quando enterrada a no mínimo 60 cm e com existência de nicho. Também deverão ser pintadas juntamente com suas conexões e válvulas na cor vermelha quando aparentes. Quando a carga de incêndio for maior que 2.284 MJ/m², a tubulação e sua fixação deverão ter proteção ao fogo por 2 horas, dispensado nos ambientes com carga de incêndio desprezível ou quando a tubulação estiver a menos de 2,20 m de altura do piso. A resistência mínima da tubulação deverá ser de 150 mca (15 kgf/cm²).

2.3.4.2 Mangueira e abrigo

Para a mangueira utilizada em edificações residenciais a IN 007 (CBMSC, 2017) determina o tipo 1, pressão de trabalho de 100 mca e com diâmetro 40 mm (1.1/2”) para imóvel com carga até 2.284 MJ/m². Deverá ser flexível de borracha com reforço têxtil e acondicionadas em zigue-zague ou aduchadas dentro de abrigo, conectada ao hidrante e ao esguicho apenas quando for em lance único. Quando a carga de incêndio for superior a 2.284 MJ/m² usa-se o diâmetro de 65 mm (2.1/2”). A mangueira deve ser flexível com junta de união tipo rosca x storz, dentro de abrigo com chave de maqueira, esguicho e hidrante. Ainda o abrigo deverá ter porta fácil de abrir e sem tranca, com abertura para ventilação e feito de material metálico ou de madeira na cor vermelha ou em vidro temperado transparente.

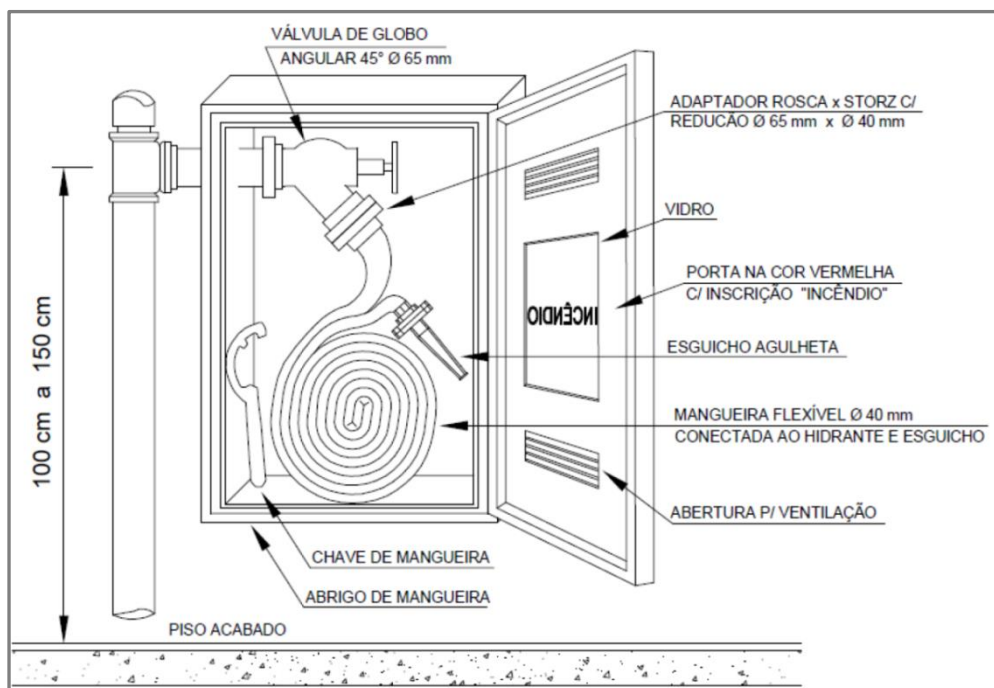
2.3.4.3 Hidrantes

A IN 007 (CBMSC, 2017) menciona que o hidrante deverá ter sua válvula com diâmetro mínimo de 65 mm a não ser que a tubulação seja de cobre onde se admite

50 mm. A tomada d'água deverá ter altura entre 100 cm e 150 cm, medidos a partir do piso acabado. Deverá também apresentar adaptador rosca x storz com saída de 40 mm (1.1/2") para imóvel com carga de incêndio até 2.284 MJ/m². Acima desse valor de carga de incêndio, o hidrante deverá ter saída de 65 mm (2.1/2"). Os hidrantes devem ser localizados na área de circulação ou área comum, com boa visibilidade, fácil acesso e que evite bloqueio em situação de incêndio. É proibido que sejam instalados em rampas, escadas, antecâmaras e patamares, podendo ficar fora do abrigo desde que não seja instalado a mais que 3 m de distância deste.

Os pontos de hidrantes podem ter uma ou duas saídas de água como mostrados na figura 9 (BRENTANO, 2007).

Figura 09 – Componentes do ponto de hidrante em abrigo



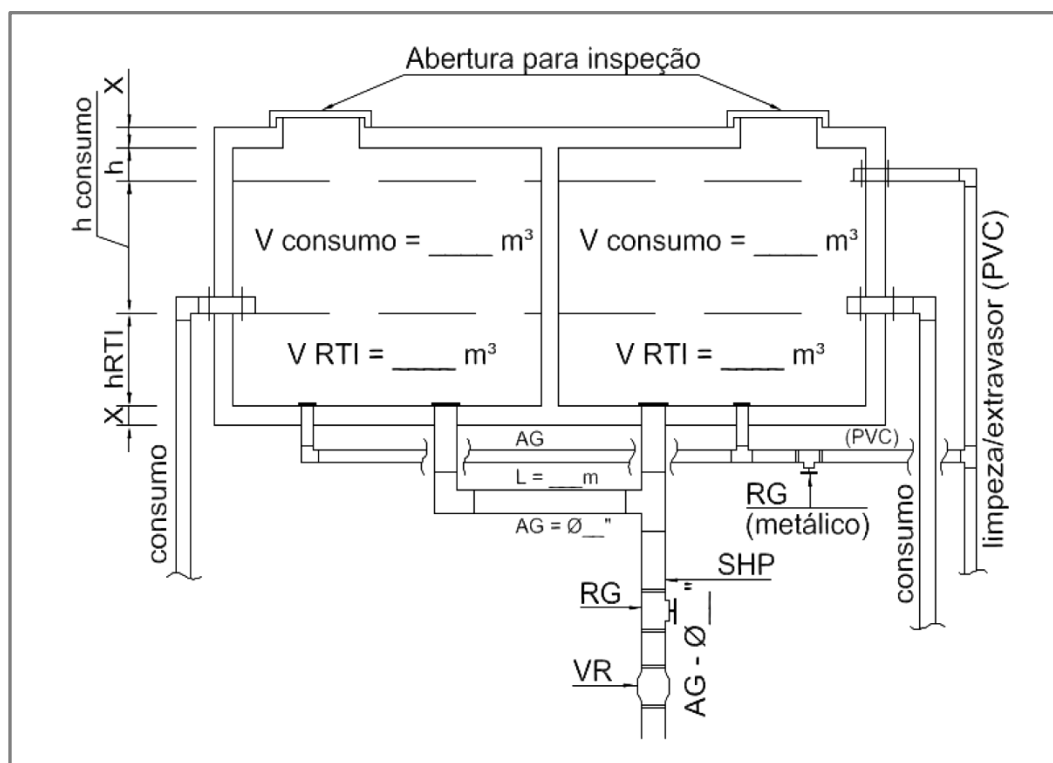
Fonte: CBMSC (2017)

2.3.5 Reserva técnica de incêndio

Nas edificações que possuem rede hidráulica de combate a incêndio é previsto uma reserva de água para alimentação dos hidrantes como na figura 10. Esse volume tem um valor fixo de acordo com a classe de risco e área da edificação (figura 11) que se trata de um volume para um tempo mínimo necessário para

combater e manter o fogo sob controle até a chegada do Corpo de Bombeiros (BRENTANO, 2007).

Figura 10 – Modelo de reservatório com reserva técnica de incêndio



Fonte: CBMSC (2014)

Figura 11 – Tabela 4 da IN 007 – volume mínimo da RTI

Risco de incêndio	Área $\leq 2.500 \text{ m}^2$	$2.500 \text{ m}^2 \leq \text{Área} \leq 5.000 \text{ m}^2$	$5.000 \text{ m}^2 \leq \text{Área} \leq 10.000 \text{ m}^2$	$10.000 \text{ m}^2 \leq \text{Área} \leq 25.000 \text{ m}^2$	$25.000 \text{ m}^2 \leq \text{Área} \leq 50.000 \text{ m}^2$	Área $> 50.000 \text{ m}^2$
Até 1.142 MJ/m ²	RTI = 5 m ³	RTI = 10 m ³	RTI = 15 m ³	RTI = 20 m ³	RTI = 25 m ³	RTI = 30 m ³
1.143 a 2.284 MJ/m ²	RTI = 18 m ³	RTI = 36 m ³	RTI = 54 m ³	RTI = 72 m ³	RTI = 90 m ³	RTI = 108 m ³
Acima de 2.284 MJ/m ²	RTI = 36 m ³	RTI = 72 m ³	RTI = 108 m ³	RTI = 144 m ³	RTI = 180 m ³	RTI = 216 m ³

Fonte: CBMSC (2020)

2.3.6 Vazão nos hidrantes

Escreve Brentano (2007, p.93) que algumas legislações exigem uma vazão mínima de 70 l/min de água no hidrante mais desfavorável, o que se consegue com uma pressão mínima de 4 m.c.a.. Essa vazão medida no esguicho é a mesma que

consta como mínima na norma do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina conforme figura 12.

Figura 12 – Tabela 3 da IN 007 – vazões mínimas no esguicho

Tipo	Característica	Carga de Incêndio	Diâmetro mangueira	Nº de saídas	Tipo de esguicho	Vazão mínima no esguicho
I	Hidrante	Até 1.142 MJ/m ²	40 mm (1½")	Simples	Agulheta (Ø requinte = ½")	70 L/min
II	Mangotinho	Até 1.142 MJ/m ²	25 mm (1")	Simples	Regulável	80 L/min
III	Hidrante	1.143 a 2.284 MJ/m ²	40 mm (1½")	Simples	Regulável	300 L/min
IV	Hidrante	Acima de 2.284 MJ/m ²	65 mm (2½")	Dupla	Regulável	600 L/min
Adota-se: 1 MPa = 10 bar = 10 kgf/cm ² = 100 mca = 145 psi						

Fonte: CBMSC (2020)

2.3.7 Bomba de incêndio

“Os sistemas de pressurização podem operar de três formas: por gravidade, por bombas ou por tanque de pressão. Eles têm a função de fornecer energia para o transporte de água.” (SOARES, 2019)

Quando por gravidade não se alcança a pressão mínima exigida em norma ou quando do uso de reservatório inferior para alimentação dos hidrantes, as bombas de incêndio têm a função de proporcionar a vazão e pressão necessárias para o funcionamento do sistema (CONROY, 2018).

Quando a bomba principal é utilizada para abastecer diretamente os hidrantes mais desfavoráveis hidraulicamente, essa é denominada como bomba de reforço. A bomba de pressurização, também chamada de *jockey* é utilizada em situações onde se necessita manter a rede pressurizada em um valor preestabelecido; é empregada juntamente com uma bomba principal nos casos da alimentação dos hidrantes se darem por reservatório inferior (SOARES, 2019).

2.3.7.1 Instalação da bomba de incêndio

A IN 007 (CBMSC, 2017) prevê duas bombas com sucção independente, sendo uma elétrica ligada à rede da concessionária e outra reserva à combustão ou

elétrica ligada a um gerador de emergência ou grupo de baterias. Deverá ser instalada em sucção positiva (bomba afogada) com registro de gaveta ou esfera para manutenção e válvula de retenção para bloqueio de recalque. As bombas devem ser localizadas em lugar próprio com espaço para sua manutenção e pé direito mínimo de 120 cm, resistente ao fogo por no mínimo 2 horas, porta de acesso metálica, escapamento do motor direcionado para o exterior da edificação e com dispositivo para desarme manual das bombas.

2.3.7.2 Funcionamento da bomba de incêndio

De acordo com IN 007 (CBMSC, 2017) as bombas principal e reserva devem funcionar à plena carga com autonomia de 2 horas para carga de incêndio até 1142 MJ/m², 4 horas para carga de incêndio de 1143 a 2284 MJ/m² e 6 horas para carga de incêndio maior de 2284 MJ/m². Devem ser instalados registro de gaveta ou de esfera para manutenção e válvula de retenção para bloqueio de recalque. A partida das bombas principal e reserva deve ser automática, com desligamento apenas manual através de painel de comando localizado na casa de bombas.

2.3.8 Dimensionamento do SPH

A NBR 13714 (ABNT, 2000) determina que o dimensionamento da rede de hidrantes deve levar em consideração entre outros elementos, o caminhamento da tubulação e seus diâmetros com a finalidade de se obter vazão e pressão necessárias para o funcionamento do sistema. Os hidrantes, considerando o comprimento das mangueiras, devem ser dispostos de modo que atendam todos os pontos a ser protegidos. São considerados para cálculo a vazão do uso simultâneo dos hidrantes mais desfavoráveis com menor pressão dinâmica no esguicho de acordo com os valores descrito na tabela da figura 12. Para isso são calculados a perda de carga nos tubos, esguicho e mangueiras e a velocidade da água na tubulação (equação 4) que não deve ultrapassar 5 m/s na rede e 4 m/s na sucção da bomba de incêndio. A mesma norma prevê as fórmulas de Colebrook, também chamada de “fórmula universal” (equação 1) e de Hazen Williams (equações 2 e 3) a seguir:

$$h_f = f \frac{L.v^2}{D.2g} \quad (1)$$

Onde:

hf: perda de carga em metros de coluna d'água (m.c.a.);

f: fator de atrito;

L: comprimento virtual da tubulação em metros (m);

v: velocidade do fluido em metros por segundo (m/s);

D: diâmetro interno da tubulação, em metros (m);

g: aceleração da gravidade, em metros por segundo ao quadrado (m/s²).

$$J = 605.Q^{1,85}.C^{-1,85}.d^{-4,87}.10^5 \quad (2)$$

Onde:

J: perda de carga em quilopascals por metro (kPa/m);

Q: vazão em litros por minuto (l/min);

C: fator de Hazen Williams;

d: diâmetro interno da tubulação em milímetros (mm).

$$J = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85}.D^{4,87}} \quad (3)$$

Onde:

J: perda de carga em metros por metro (m/m);

Q: vazão em metros cúbicos por segundo (m³/s);

D: comprimento virtual da tubulação em metros (m);

v: velocidade do fluido em metros por segundo (m/s);

D: diâmetro interno da tubulação, em metros (m).

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

Onde:

v: velocidade da água em metros por segundo (m/s);

Q: vazão em metros cúbicos por segundo (m³/s);

A: área interna da tubulação em metros quadrados (m²).

A figura 13 da NBR 13714 (ABNT, 2000) traz os valores do fator “C” de Hazen Williams.

Figura 13 – Tabela 3 da NBR 13714 – coeficiente “C”

Tipo de tubo	Fator “C”
Ferro fundido ou dúctil sem revestimento interno	100
Aço preto (sistema de tubo seco)	100
Aço preto (sistema de tubo molhado)	120
Galvanizado	120
Plástico	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento interno de cimento	140
Cobre	150
NOTA - Os valores do fator “C” de Hazen Williams são válidos para tubos novos.	

Fonte: ABNT (2000)

A IN 007 (CBMSC, 2014) traz também o coeficiente de rugosidade para mangueiras de borracha conforme figura 14.

Figura 14 – Tabela 3 da IN 007/DAT/CBMSC – coeficiente de rugosidade

Tipo de tubulação	Coeficiente de rugosidade
Ferro fundido e Aço preto	100
Aço galvanizado	120
Mangueiras de incêndio (borracha)	140
Cobre e PVC	150

Fonte: CBMSC (2014)

Para cálculo da vazão, Macintyre (1990, p.18) traz as fórmulas de Fair-Whipple-Hsiao (equação 5) para tubulações em aço galvanizado e ferro fundido até 4” (100 mm) e também a fórmula de Hazen-Williams (equação 6) indicada para tubulações acima de 2” (50 mm).

Brentano (2007, p.258-260) recomenda para o cálculo da perda de carga em mangueiras de incêndio a equação já citada de Hazen-Williams (equação 3). Para o esguicho a perda de carga pode ser obtida através da formula geral das perdas de carga singulares (equação 7). Nesta equação a velocidade é calculada na seção menor do esguicho adotando para o coeficiente do esguicho o valor de $k_{esg} = 0,10$ para esguicho tipo tronco-cônico ou cilíndrico.

$$Q = 27,1113.J^{0,532}.D^{2,595} \quad (5)$$

Onde:

Q: vazão em metros cúbicos por segundo (m³/s);

J: perda de carga em metros por metro (m/m);

D: diâmetro em metros (m).

$$Q = 0,278531.C.D^{2,63}.J^{0,54} \quad (6)$$

Onde:

Q: vazão (m³/s);

C: fator de Hazen Williams;

D: diâmetro (m);

J: perda de carga (m/m).

$$hp_{esg} = k_{esg} \cdot \frac{(v_{esg})^2}{2g} \quad (7)$$

Onde:

hp esg: perda de carga no esguicho (m.c.a.);

k esg: coeficiente típico do esguicho tronco-cônico, adimensional;

v esg: velocidade na seção menor do esguicho (m/s);

g: aceleração da gravidade em metros por segundo ao quadrado (m/s²).

Ao adotar o valor de $k_{esg} = 0,10$ obtém-se a equação 8 reduzida para perda de carga no esguicho (BRENTANO, 2007).

$$hp_{esg} = 0,0083 \cdot \frac{Q^2}{(d_{esg})^4} \quad (8)$$

Onde:

hp esg: perda de carga no esguicho (m.c.a.);

Q: vazão (m³/s);

d: diâmetro do esguicho (m);

Ainda Brentano (2007, p.247) através da redução da fórmula de Bernoulli para o estudo de escoamento de água em canalizações, chega à equação 9 usada para o cálculo de vazão.

$$Q = 0,2088.Cd.(d^2).\sqrt{h} \quad (9)$$

Onde:

Q: vazão em litros por minuto (l/min);

Cd: coeficiente de descarga, admissional. Para esguicho de hidrante, orifício redondo liso, Cd=0,97;

d: diâmetro interno do orifício em milímetros (mm);

h: altura da coluna d'água em metros de coluna d'água (m.c.a.).

A IN 007 (CBMSC, 2014) traz a equação 10 para o cálculo da vazão mínima no hidrante mais desfavorável e com a equação 11 é possível obter a vazão nos hidrantes abaixo. Para isso a norma estipula as pressões dinâmicas mínimas (H) de acordo com nível de risco da ocupação para chegar o resultado. A versão de 2017 desta norma já traz as vazões mínimas preestabelecidas na tabela 3 (figura 12). Com a mesma formula é possível estipular o valor da pressão mínima ao isolar o H (equação 12).

$$Q_{\min} = 0,2046.d^2.\sqrt{H} \quad (10)$$

$$Q = 0,2046.d^2.\sqrt{H + pd} \quad (11)$$

Onde:

Q mín: vazão mínima no hidrante em litros por minuto (l/min);

Q: vazão no hidrante (l/min);

d: diâmetro do requinte (mm);

H: pressão dinâmica mínima (m.c.a.);

pd: pé direito (m).

$$H = \left(\frac{Q}{0,2046.d^2} \right)^2 \quad (12)$$

Onde:

H: pressão dinâmica (m.c.a.);

Q: vazão no hidrante (l/min);

d: diâmetro do requinte (mm).

2.3.8.1 Dimensionamento da bomba de incêndio

Segundo Netto (2015, p.262) “um ‘grupo motor-bomba’ (também conhecido por ‘conjunto elevatório’) deverá ser capaz de transferir o trabalho necessário para transitar (transferir) uma determinada massa de líquido entre dois pontos”. Além da diferença de nível e da ação da gravidade este conjunto elevatório deverá vencer as perdas de carga ou perda por atrito na tubulação e nas peças. Para isso calcula-se a potência da bomba a ser utilizada através das equações 13 e 14.

$$Pb = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta} \quad (13)$$

Onde:

Pb: potência do conjunto motor-bomba (CV);

γ : peso específico do líquido a ser elevado (água ou esgoto: 1000 kgf/m³);

Q: vazão (m³/s);

H man: altura manométrica (m.c.a.);

η : rendimento do conjunto elevatório.

$$H_{man} = (Hs + Hr) + (hs + hr) + H \quad (14)$$

Onde:

H man: altura manométrica (m.c.a.);

Hs: altura de sucção (m);

Hr: altura de recalque (m);

hs: perda de carga na sucção (m.c.a.);

hr: perda de carga na sucção (m.c.a.);

H: pressão requerida no hidrante mais desfavorável (m.c.a.).

+Hs e +Hr com fluxo de água ascendente (↑)

-Hs e -Hr com fluxo de água descendente (↓)

Para o bom funcionamento da bomba são observados os valores do NPSH, sigla em inglês que designa a energia disponível na sucção. São considerados os valores do NPSH requerido fornecido pelo fabricante da bomba e o NPSH disponível, que é calculado (equação 15) e que deverá ser maior ou igual ao NPSH requerido (NETTO, 1998).

$$NPSH_{disponível} = H + \frac{p_a - p_v}{\gamma} \cdot 10 - hf \quad (15)$$

Onde:

+H: altura de água na sucção afogada [+H] ou sucção negativa [-H] (m);

pa: pressão atmosférica no local (m.c.a.);

pv: pressão de vapor (m.c.a.);

γ : peso específico: 1,0;

hf: soma das perdas de carga na sucção (m.c.a.).

2.4 Dimensões dos pilares e armadura

Há alguns procedimentos de cálculo para se obter de forma aproximada através de um pré-dimensionamento, o carregamento e as dimensões dos pilares de acordo com as equações 16, 17 e 18 (MOURA, 2018).

$$Nk = q \cdot A \cdot n \quad (16)$$

$$Nd = \gamma f \cdot \gamma n \cdot a \cdot Nk \quad (17)$$

$$Ac = \frac{Nd}{(0,85 \cdot fcd + 0,84)} \quad (18)$$

Onde:

Nk: carga atuante no pilar (kN);

q: carga usual para edifícios residenciais ou comerciais (12 kN/m²);

A: área de influência do pilar (m²);

n: quantidade de pavimentos;

Nd: carga estimada no pilar (kN);

gf: majorador normal do concreto (usualmente 1,4);

gn: coeficiente de majoração adicional para pilares;

a: fator de correção considerando os Momentos atuantes no pilar;

Ac: área de concreto (cm²);

fcd: resistência de cálculo à compressão do concreto (kN/cm²).

De posse dos valores das cargas atuantes no pilar é possível calcular sua armadura e dimensões finais através das equações 19 a 24 (GUIMARÃES, 2016).

$$\lambda = 3,46 \left(\frac{L_{fl}}{b} \right) \quad (19)$$

$$\varpi = \frac{100}{150 - \lambda} \quad (20)$$

$$Nr = 2(N)1,3 \quad [\text{para } bw < 20] \quad (21)$$

$$Nr = 2(N) \quad [\text{para } bw > 20] \quad (22)$$

$$\rho = \frac{\varpi(Nr) - Ac(f_{ck})}{f_y(Ac)} \quad (23)$$

$$As = \rho(Ac) \quad (24)$$

Onde:

λ : índice de esbeltez;

L_{fl} : comprimento de flambagem (m);

$b = bw$: menor seção do pilar (cm);

ϖ : taxa mecânica;

Nr : carga de ruptura (kgf);

ρ : taxa de armadura (kN);

Ac : área de concreto (cm²);

F_{ck} : resistência característica do concreto à compressão (kgf/cm²);

f_y : tensão de compressão do aço (kgf/cm²);

As : área de seção de aço (cm²).

3 METODOLOGIA

Este item apresenta as informações referentes à classificação da pesquisa, o local onde foi realizado e às etapas de desenvolvimento do trabalho cuja finalidade é o de fazer o dimensionamento de uma rede de combate a incêndio em duas situações distintas, com e sem a necessidade do uso de bomba de reforço de incêndio fazendo o comparativo financeiro entre eles.

3.1 Caracterização da pesquisa

Este é um trabalho de natureza aplicada e caracterizado como exploratório, onde visa fazer um comparativo financeiro através de uma abordagem qualitativa pelo dimensionamento de um sistema hidráulico preventivo de acordo com as normas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

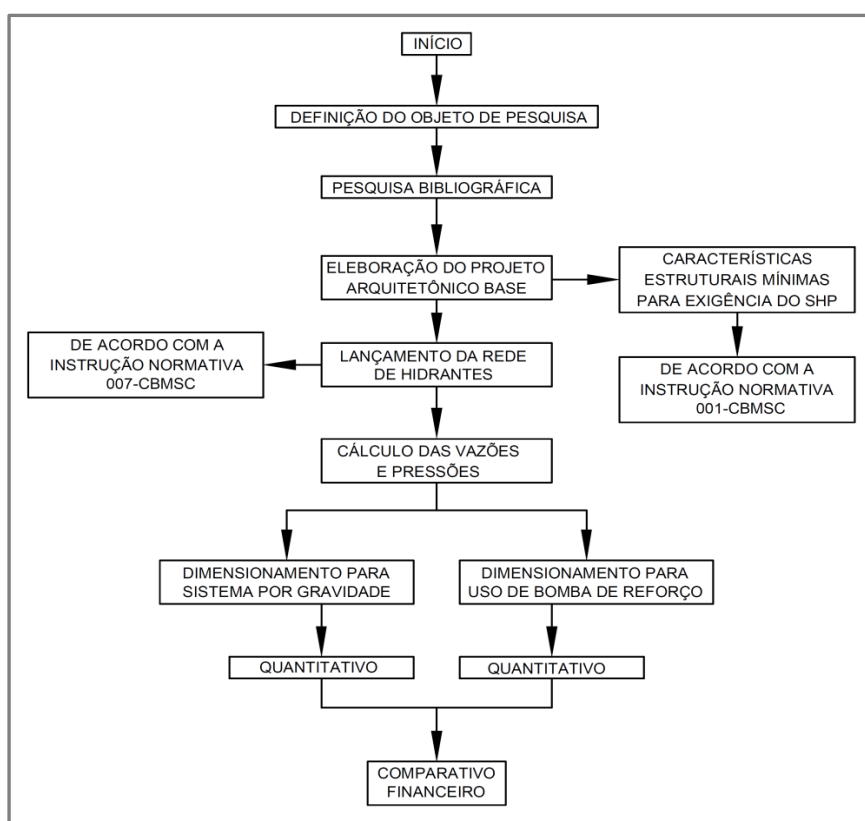
3.2 Local da pesquisa

Foi desenvolvido um projeto arquitetônico de um edifício residencial multifamiliar com as características mínimas exigidas para aplicação do sistema hidráulico preventivo pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

3.3 Etapas do trabalho de pesquisa

As etapas deste trabalho estão identificadas no fluxograma da figura 15.

Figura 15 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: O autor (2022)

3.3.1 Características do projeto arquitetônico

Trata-se de um edifício multifamiliar vertical com pavimentos divididos de acordo com os apêndices A, B, C, D e E. Possui área construída total de 853,37 m² e altura do edifício de 19,50m. Sua ocupação é classificada pela tabela da figura 16.

Figura 16 – Tabela 1 da IN 2, parte 2

Anexo B - Ocupações				
TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS OCUPAÇÕES				
Grupo	Ocupação/ Uso	Divisão	Descrição	Destinação
A	Residencial	A-1	Multifamiliar horizontal e unifamiliar	Condomínios horizontais, casas geminadas e residências unifamiliares mistas
		A-2	Multifamiliar vertical	Edifícios de apartamentos em geral
		A-3	Coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas. Capacidade máxima de 16 leitos

Fonte: CBMSC (2019)

A tabela da figura 17 mostra a necessidade do uso de sistema hidráulico preventivo de acordo com as características da edificação.

Figura 17 – Tabela 4, IN 001, parte 2: exigências dos sistemas

Continuação do Anexo C						
TABELA 4 - GRUPO B COM ÁREA $\geq 750 \text{ m}^2$ OU ALTURA $\geq 12,00 \text{ m}$						
Grupo de ocupação e uso		Grupo B - Serviços de Hospedagem				
Divisão		B-1 (hotéis, motéis...), B-2 (hotel com cozinha em apartamentos, apart-hotéis...)				
Medidas de segurança Contra Incêndio	Instrução Normativa	Classificação quanto à altura (em metros)				
		Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 30	> 30
Acesso de viatura na edificação	IN 35	x	x	x	x	x
Alarme de incêndio	IN 12	x	x	x	x	x
Brigada de incêndio ¹	IN 28	x	x	x	x	x
Chuveiros automáticos	IN 15	-	-	-	-	x
Compartimentação horizontal ou de áreas	IN 14	-	x ²	x ³	x ³	x
Compartimentação vertical	IN 14	-	-	-	x ⁴	x ⁴
Controle de fumaça*	-	-	-	-	-	x ⁵
Controle de materiais de acabamento	IN 18	x	x	x	x	x
Deteção automática de incêndio	IN 12	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x
Elevador de emergência	IN 9	-	-	-	-	x ⁷
Extintores (V)	IN 6	x	x	x	x	x
Gás combustível	IN 8	x	x	x	x	x
Hidráulico preventivo	IN 7	x	x	x	x	x
Iluminação de emergência (V)	IN 11	x	x	x	x	x
Instalação elétrica de baixa tensão (V)	IN 19	x	x	x	x	x
Plano de emergência	IN 31	-	-	-	x	x
Saídas de emergência	IN 9	x	x	x	x	x
Sinalização para abandono de local (V)	IN 13	x	x	x	x	x
Proteção estrutural (TRRF)	IN 14	x	x	x	x	x

Fonte: CBMSC (2019)

3.3.2 Características do sistema hidráulico preventivo

Dadas as características da edificação e necessidade de cobertura dos hidrantes e suas respectivas mangueiras, o sistema foi lançado de acordo com o quadro 1 e ilustrado nos apêndices.

Quadro 1 – Elementos do SHP para a edificação

Elementos	Descrição
Tubulação	Metálica com diâmetro de 65 mm (2.1/2").
Mangueiras	Tipo 1, diâmetro 40 mm (1.1/2").
Esguicho	Agulheta , $\varnothing$ requinte: 1/2" (aprox.13mm)
Abrigo de mangueiras	1 mangueira de 15m nos pavimentos tipo; 2 mangueiras de 15 m no pavimento térreo; chave de maqueira, esguicho e ponto do hidrante.
Hidrantes	Válvula diâmetro 65 mm.
	Adaptador rosca x storz com saída de 40 mm (1.1/2").
	Tomada d'água com altura de 125 cm nos hidrantes de parede e 60 cm no hidrante de recalque.
	Hidrantes de parede localizados na área de circulação dos pavimentos e hidrante de recalque junto à entrada da edificação.
R.T.I.	Volume 5000 L de acordo com a tabela 4 da IN 007.

Fonte: O autor (2022)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através de cálculos realizados de acordo com a bibliografia especializada em projetos hidráulicos de combate a incêndio e normas competentes, com o auxílio do *software* Microsoft Excel.

4.1 Cálculo e análise da vazão e pressão no hidrante mais desfavorável

Para se alcançar a vazão mínima de 70 l/min exigida pela norma (figura 12), chegou-se através do calculo da pressão dinâmica (equação 12) ao valor aproximado de 4,10 m.c.a. como indicado na figura 18, sendo a pressão de 2,54 m.c.a. disponível insuficiente. Para atender a vazão mínima é necessário elevar a caixa d'água mais 1,61m conforme resultados da planilha da mesma figura 18.

Figura 18 – Cálculo do sistema hidráulico preventivo

1) PERDAS DE CARGA NO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL

Qtd. Hidrantes	5
Qtd. desfavoráveis	3

Q mais desfav.	0,001167 m³/s
ΣQ desfavoráveis	0,0035 m³/s

a) Perda de carga no esguicho

Q mín.		D	
l/min	m³/s	(mm)	(m)
70	0,0011667	13	0,013

J esg. (m.c.a.)
0,395547

b) Perda de carga na mangueira

Q (m³/s)	D (mm)	C	L mang. (m)	J mang.	
				unit. (m/m)	Δ J (m.c.a.)
0,00117	40	140	15	0,027	0,4120

c) Perda de carga na tubulação

Trecho	Q (m³/s)	Ø (mm)	v (m/s)	Comprimentos			C	J unit. (m/m)	Δ J (m.c.a.)
				Tubo (m)	Equiv. (m)	Total			
RTI - A	0,003501	63	1,12	6,55	12,2	18,75	120	0,0299	0,561
A - H01	0,001167	63	0,37	0,1	10,71	10,81	120	0,0039	0,042

d) Perda de carga total

$$J_{total} = J_e + \Delta J_{mang} + \Delta J_{tub}$$

J total	1,4106 m.c.a.
---------	---------------

2) PRESSÃO NO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL

J total	1,4106 m.c.a.
Desnível	3,95 m
Q mínimo	70 l/min
d requinte	13 mm
H mínimo	4,098 m.c.a.

H disponível	2,5394 m.c.a.
Q calculado	55,101 l/min

3) CALCULO DA ALTURA (h) A SER ACRESCIDA

Ø (mm)	Q (m³/s)	C (m)	J (m/m)
63	0,0035	120	0,02989

H mínimo	4,098 m.c.a.
H disponível	2,5394 m.c.a.
h	1,61 m
ΔJ tubo adicional	0,0481 m.c.a.

$$H_{final} = (H_{disp.} + h) - \Delta J_{adicional}$$

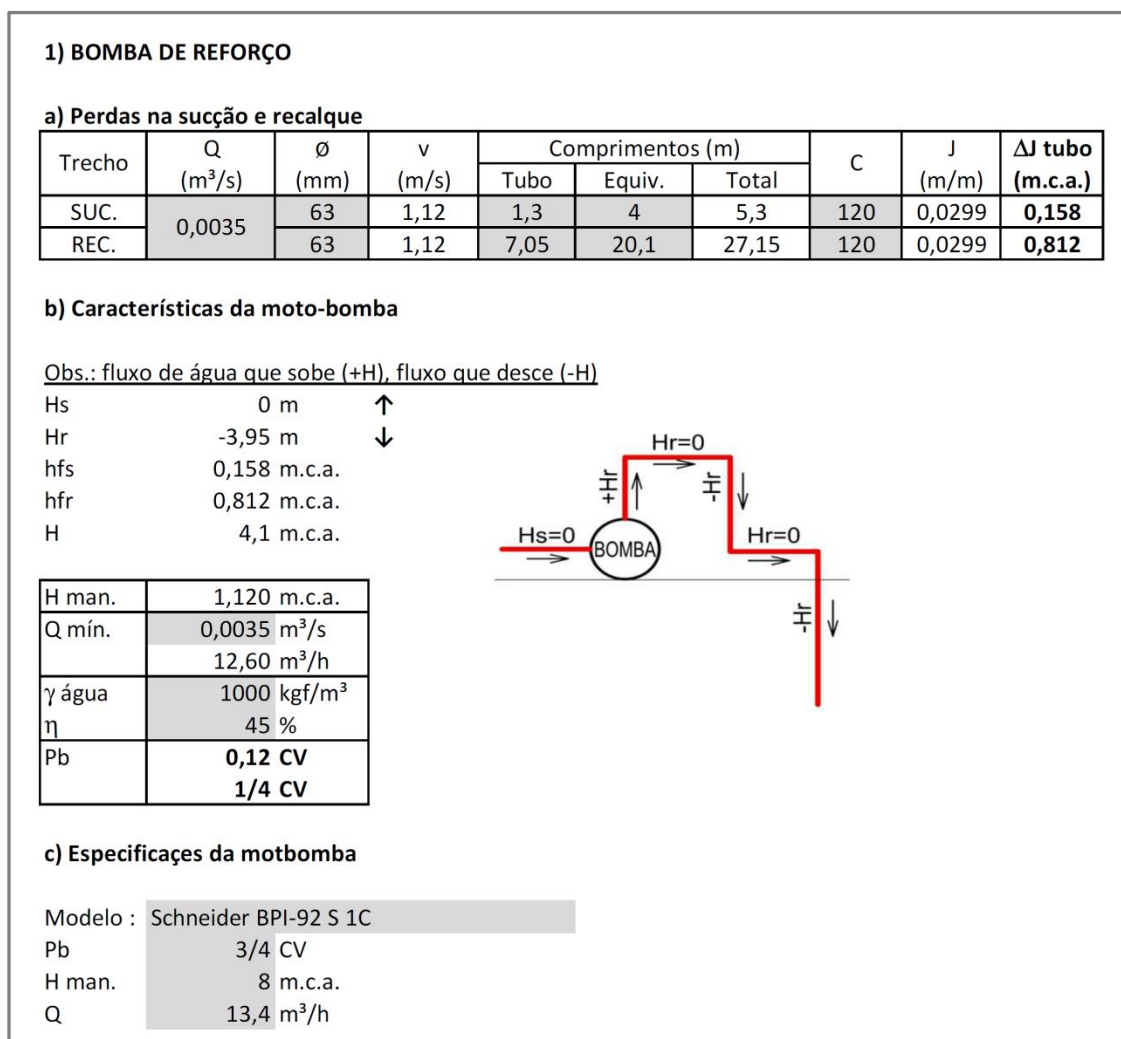
H final	4,1013 m.c.a.
Q final	70,025 l/min

OK!

4.2 Cálculo do sistema de bombeamento

Dado a insuficiência de vazão e pressão em função da altura da tomada d'água ao ponto do hidrante mais desfavorável fez-se o cálculo da potência e características mínimas do conjunto motobomba mostrado na figura 19.

Figura 19 – Cálculo da bomba de reforço



Fonte: O autor (2022)

4.3 Dimensionamento dos pilares

A elevação da altura da caixa d'água impacta diretamente na altura dos pilares e alvenaria desse pavimento. Para obtenção da carga normal dos pilares foi utilizado o método de obtenção de cargas por meio de área de influências de acordo com os resultados apresentados na figura 20.

Figura 20 – Pré-dimensionamento dos pilares a serem elevados

1.2 Carga estimada (Nd)

Majoração

$\alpha = 1,3$ para pilares intermediários;

$\alpha = 1,6$ para pilares de extremidade;

$\alpha = 1,8$ para pilares de canto;

b (cm)	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25

b: menor dimensão

b	20 cm	
γ_f	1,40	usualmente 1,4 para concreto
γ_n	1,00	
α	1,60	
Nk	438 kN	

$$Nd = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \alpha \cdot Nk$$

Nd	981,12 kN
-----------	------------------

1.3 Área de concreto

Obs.: $A_{c \text{ mín.}} = 360 \text{ cm}^2$

fck	25 Mpa
γ_f	1,40
fcd	17,86 Mpa
	1,79 kN/cm ²

$$A_{c \text{ est.}} = Nd / (0,85 \cdot f_{cd} + 0,84)$$

$$A_{c \text{ est.}} = 416,11 \text{ cm}^2$$

Ac usada	416,11 cm²
-----------------	------------------------------

$h = A \text{ pilar} / b$

b	20 cm
h	20,80533 cm

Fonte: O autor (2022)

De posse da carga estimada dos pilares é possível calcular sua armadura e dimensões finais (bw x h) mostrados na figura 21 e figura 22.

Figura 21 – Cálculo da armadura do pilar

2. CÁLCULO DA ARMADURA DO PILAR

Nd	981,12 kN
	98.112,00 kgf

2.1 Índice de Esbeltez

$$\lambda = 3,46 * (Lfl/b)$$

$$Lfl \leq \begin{cases} l_0 + h \\ l \end{cases}$$

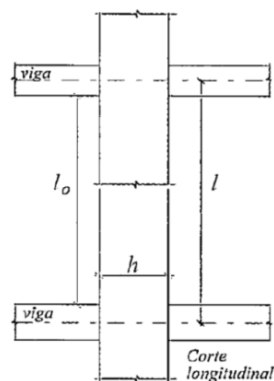
h: altura da seção transversal do pilar

b: menor seção do pilar

Lfl 3,00 m

b 0,15 m

λ	69,2
-----------	------



a) $50 \leq \lambda < 100$: ok

b) $100 \leq \lambda < 140$: não ok!

2.2 Cálculo da taxa mecânica (ω)

$$\omega = 100 / (150 - \lambda)$$

ω	1,238
----------	-------

CARGA DE RUPTURA

a) $bw < 20$: $Nr = 2(N)1,3$

a) $bw > 20$: $Nr = 2(N)$

bw 20

h 35

Nr	255.091,20 kgf
----	----------------

2.3 Taxa de armadura

$$\rho = [\omega (Nr) - Ac (fck)] / f'y (Ac)$$

$$\rho < 6\%$$

fck	25 Mpa
	250 kgf/cm ²
f'y	4200 kgf/cm ²

ρ	0,0478595
	4,79 %

ok!

Figura 22 – Cálculo da seção de armadura

2.4 Área de aço

$A_s = \rho (A_c)$
A_s **33,50 cm²**

$A_{ef} = 0,95 (A_s)$
A ef. **31,83 cm²**

$Qtd. \varnothing = A_{ef} / A\varnothing$
Qtd. $\varnothing$ **15,83**
 16 barras

A total **32,17 cm²**

Fonte: O autor (2022)

4.4 Custos para elevação da caixa d'água

Para o orçamento foi utilizado como referência a Planilha Orçamentária Sintética SEI nº 0012535674/2022 - SED.UIN, da Prefeitura de Joinville, de 8 de abril de 2022 que utiliza dados de sua composição própria além dos valores do Sistema Nacional de pesquisa de Custos e Índices (SINAPI), mostrado na figura 23.

Figura 23 – Custo por gravidade

SERVIÇO	UNID.	QTD.	PREÇO (R\$)		
			Unit.	Total	Referência
Concretagem de pilares, fck=35MPa, com uso de bomba em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25m ² - lançamento, adensamento e acabamento	m ³	0,451	542,00	244,33	Composição Prefeitura de Joinville / 12-2021
Armação de pilar de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 16mm - montagem	kg	40,649	11,72	476,41	SINAPI/SC-12-2021
Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares em chapa de madeira compensada plastificada	m ²	9,016	54,21	488,7574	SINAPI/SC - 2022
Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos de 9x19x19 de paredes sem vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira	m ²	26,984	95,88	2587,19	Composição Prefeitura de Joinville / 12-2021
Chapisco aplicado em alvenaria (sem vãos) e estruturas de concreto de fachada. Argamassa traço 1:4 com preparo manual	m ²	31,492	7,06	222,33	SINAPI/SC-12-2021
Emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicado manualmente em fachada sem presença de vão, espessura de 25mm	m ²	31,492	37,16	1170,23	SINAPI/SC-12-2021
			CUSTO : R\$ 5.189,25		

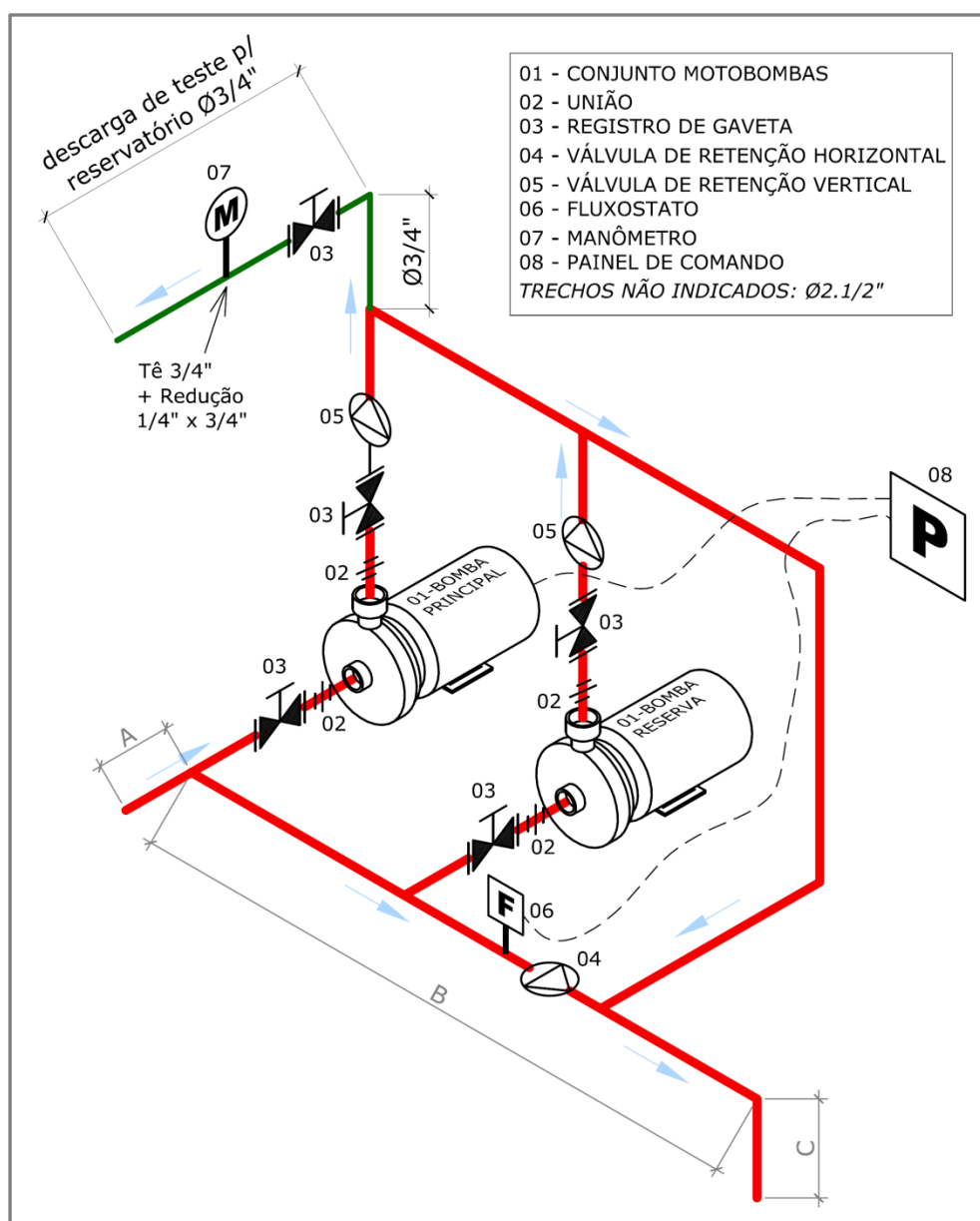
Fonte: O autor (2022)

4.5 Custos para implantação do sistema de bomba de reforço

Para a composição dos custos foram tomados os preços de lojas especializadas em materiais para sistemas de prevenção e combate a incêndio indicados na figura 25.

Foi considerado para o orçamento apenas os itens e trechos relacionados às bombas de incêndio. Os trechos A, B e C em diante mostrados na figura 24 não foram contabilizados visto que compõe também o sistema por gravidade à exceção do fluxostato.

Figura 24 – Esquema motobombas



Fonte: O autor (2022)

As características do conjunto motobomba comercialmente mais próximo ao calculado são indicados no quadro 2.

Quadro 2 – Características da bomba de reforço

MODELO	Potência (CV)	Monofásico	Trifásico	Ø sucção (pol)	Ø recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	h máxima sucção (m.c.a.)	Ø rotor (mm)	h man. total (m.c.a.)
									8
									Q (m³/h)
BPI BC-92 S 1C	3/4	x	x	1.1/2	1	26	8	119	13,4

Fonte: Tabela de seleção de bombas Schneider Motobombas (2022)

Figura 25 – Custo através de bombeamento

SERVIÇO	UNID.	QTD.	PREÇO (R\$)		
			Unit.	Total	Referência
Bomba Centrífuga Schneider BPI-92 S 1C - 3/4 CV Trifásico / H man.=8 m.c.a. , Q=13,4m³/h	UN.	2	1775,94	3551,88	Hidroviva
Painel de combate a incêndio Profit 3/4 CV 220V trifásico	UN.	2	943,20	1886,40	Bomba Shopping
Gerador de energia à gasolina 3,6 kVA (4,89 CV) monofásico partida elétrica 4 tempos 3 kVA (4,08 CV) monofásico	UN.	1	2069,10	2069,10	AgrotamA
Fluxostato tipo palheta 1"	UN.	1	141,27	141,27	Quality Tubos
Manômetro vertical 1/4" NPT	UN.	1	49,50	49,50	Ferramentas Gerais
Botoeira para bomba com martelo - bivolt (12/24V)	UN.	1	48,00	48,00	Quality Tubos
Tubo de aço galvanizado a fogo 3/4"	UN.	2	24,00	48,00	Quality Tubos
Tubo de aço galvanizado a fogo 2.1/2"	m	3,5	93,33	326,67	Quality Tubos
Registro de gaveta bruto 3/4"	UN.	1	37,96	37,96	Quality Tubos
Registro de gaveta bruto 2.1/2"	UN.	4	246,70	986,80	Quality Tubos
Válvula de retenção vertical 2.1/2"	UN.	2	345,71	691,42	Quality Tubos
União galvanizado em bronze 1"	UN.	2	32,78	65,56	Quality Tubos
União galvanizado em bronze 1.1/2"	UN.	2	58,27	116,54	Quality Tubos
Cotovelo galvanizado 90° 3/4"	UN.	1	6,31	6,31	Quality Tubos
Cotovelo galvanizado 90° 2.1/2"	UN.	2	48,16	96,32	Quality Tubos
Tê galvanizado 90° 2.1/2"	UN.	5	73,38	366,90	Quality Tubos
Tê redução galvanizado 90° 3/4" x 1/4"	UN.	1	11,27	11,27	Quality Tubos
Bucha de redução galvanizada 2.1/2" x 3/4"	UN.	1	25,23	25,23	Quality Tubos
Bucha de redução galvanizada 2.1/2" x 1"	UN.	2	25,23	50,46	Quality Tubos
Bucha de redução galvanizada 2.1/2" x 1.1/2"	UN.	2	25,23	50,46	Quality Tubos
CUSTO : R\$ 10.626,05					

Fonte: O autor (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante este estudo verificou-se que o custo para implementar um sistema de bombeamento de reforço para a rede hidráulica preventiva foi muito maior que a elevação da estrutura para caixa d'água. Nesse caso específico o custo dobrou. O maior impacto financeiro se deu em razão dos próprios equipamentos para bombeamento como as duas motobombas - sendo uma reserva não ligada à rede elétrica pública, prevista em norma por questão de segurança - painéis de comando para as bombas e o gerador à combustão usado para a bomba reserva, que somados chegam a quase 70% do valor.

A arquitetura desta edificação em estudo e disposição da rede de hidrantes foi feita de maneira muito simples de modo a se ter a menor perda de carga possível na rede com os hidrantes situados muito próximos à coluna de incêndio, mas em algumas situações reais isso não é possível como a necessidade de um maior número de hidrantes e maior caminhamento da tubulação, o que resulta numa maior perda de carga no sistema. Nessas situações é possível que o uso de bombeamento de reforço seja mais compensatório devido à necessidade de uma maior elevação da caixa d'água fazendo com que o custo fique muito próximo ao da implantação de bombeamento ou também que isso acarrete em se ultrapassar o limite de altura do edifício de acordo com a lei municipal, obrigando o construtor a abrir mão de um pavimento por exemplo, o que seria desvantajoso economicamente.

Caberia uma continuação desse estudo contemplando outras situações arquitetônicas e/ou estruturais de modo a obter uma visão mais ampla do impacto dessas diferenças nos custos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Gilson. **Tetraedro do fogo: o que é, para que serve e quais elementos fazem parte**. Disponível em: <<https://www.getwet.com.br/tetraedro-do-fogo/>>. Acesso em: 17 set. 2022.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13714: Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2000.

BRENTANO, Telmo. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações**. 3.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

CONROY, Mark. **Desempenho de bombas contra incêndio**. NFPA, 2018. Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20190330183555/http://www.nfpajla.org:80/pt/arquivos/sistemas-hidraulicos-supressao-e-de-extincao/988-maximo-rendimiento-de-bombas>> Acesso em: 06 out. 2022.

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Normas de Segurança contra Incêndios – Instrução Normativa IN 01, parte 2: Procedimentos Administrativos: Sistema e Medidas de Segurança contra Incêndio e Pânico**, 2019. Disponível em: <<https://documentoscblmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/bd234e04aeeaffe49be9d51b9dedcfdb.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2022.

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Normas de Segurança contra Incêndios – Instrução Normativa IN 07: Sistema Hidráulico Preventivo**, 2014. Disponível em: < <https://www.cbm.sc.gov.br/index.php/sci/instrucoes-normativas>>. Acesso em: 12 set. 2022.

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Normas de Segurança contra Incêndios – Instrução Normativa IN 07: Sistema Hidráulico Preventivo**, 2017. Disponível em: <<https://documentoscblmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/0c14ea406d7beec0b980fd087594d986.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2022.

Corpo de Bombeiros Militar do Paraná. **Norma de Procedimento Técnico NPT 022: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**, 2015. Disponível em: <https://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/NPT_022.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Normas de Segurança contra Incêndios – Nota Técnica nº50: Regular a carga de incêndio em relação ao dimensionamento de sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico**, 2020. Disponível em: <<https://documentoscbmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/b6554a9b0ab8078aff0f0e822e5c817b.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2022.

COUTO, José Luiz Viana do. **Reserva Técnica de Incêndio**. Disponível em: <<https://agronomos.ning.com/profiles/blogs/combate-a-inc-ndio-com-sprinkler>>. Acesso em: 8 set. 2022.

Fogueira é tema de concurso cultural. **Alagoas 24 Horas**, 2010. Disponível em: <<https://www.alagoas24horas.com.br/598634/fogueira-e-tema-de-concurso-cultural/>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

GUAREZI, Natália Júlia. **Perda de carga no esguicho associado ao hidrante no projeto de incêndio**, 2022. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360003666194-Perda-de-carga-no-esguicho-associado-ao-hidrante-no-projeto-de-inc%C3%AAndio#:~:text=Por%20padr%C3%A3o%2C%20a%20plataforma%20Alto%20Qi,esguicho%20igual%20a%200%2C1>>. Acesso em: 09 nov. 2022.

GUIMARÃES, Luiz Algemiro Cubas. **Estrutura de Concreto Armado - Notas de Aula**. Joinville: UNISOCIESC, 2016.

MACINTYRE, Archibald J. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1990.

MIRANDA, Nilton *et al.* **Manual de Segurança Contra Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco**. PMESP, 2006. Disponível em: <<https://www.bombeiros.com.br/imagens/manuais/manual-48.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

MOURA, José de. **Pré-dimensionamento de pilares, vigas e lajes de concreto**, 2018. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/pre-dimensionamento-concreto-armado/>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1998.

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 9.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2015.

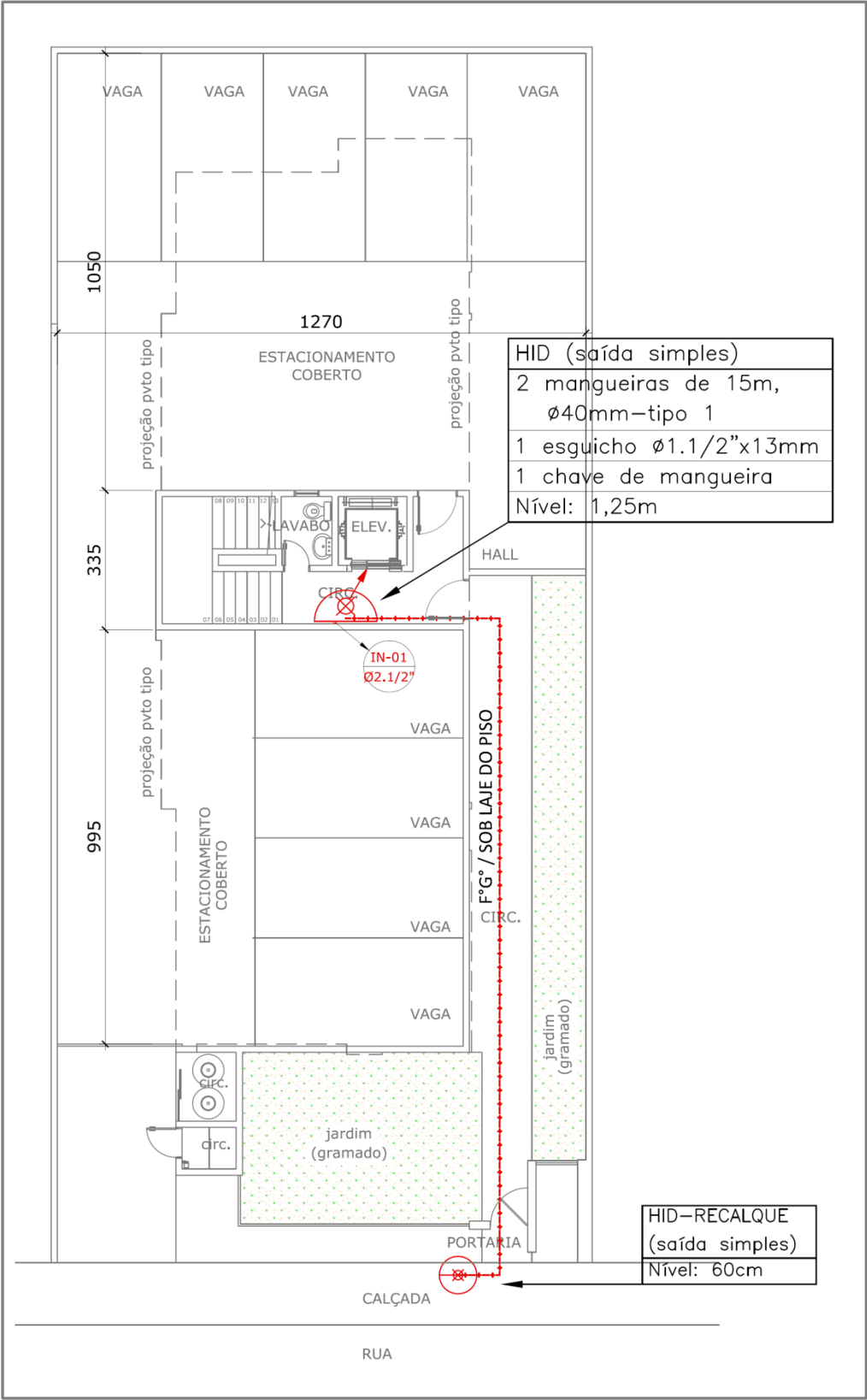
RIO, Sergio. **O que é Carga de Incêndio? Entenda como essa questão pode impactar no estoque e aprenda a fazer o cálculo**. OFOS, 2020. Disponível em:<[https://ofos.com.br/carga-de-incendio/#:~:text=A%20carga%20%C3%A9%20determinada%20por,por%20metro%20quadrado%20\(m%C2%B2\)>](https://ofos.com.br/carga-de-incendio/#:~:text=A%20carga%20%C3%A9%20determinada%20por,por%20metro%20quadrado%20(m%C2%B2)>)>. Acesso em: 17 set. 2022.

SIMAS, A.; BRODBECK, P. **Metade das escolas estaduais não tem segurança contra incêndios**, 2012. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/metade-das-escolas-estaduais-nao-tem-seguranca-contra-incendios-1jywm93zrc8uql8ngrzzjos3y/>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SOARES, Paulo Renato. Cavitação em bombas de incêndio: o que é e como evitar. **Portal Incêndio**, 1999. < <https://portalincendio.com.br/cavitacao-em-bombas-de-incendio-o-que-e-e-como-evitar-artigos-tecnicos#:~:text=A%20cavita%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20um%20fen%C3%B4meno,%C3%A0%20sua%20press%C3%A3o%20de%20vapor.>>>. Acesso em: 25 ago. 2022.

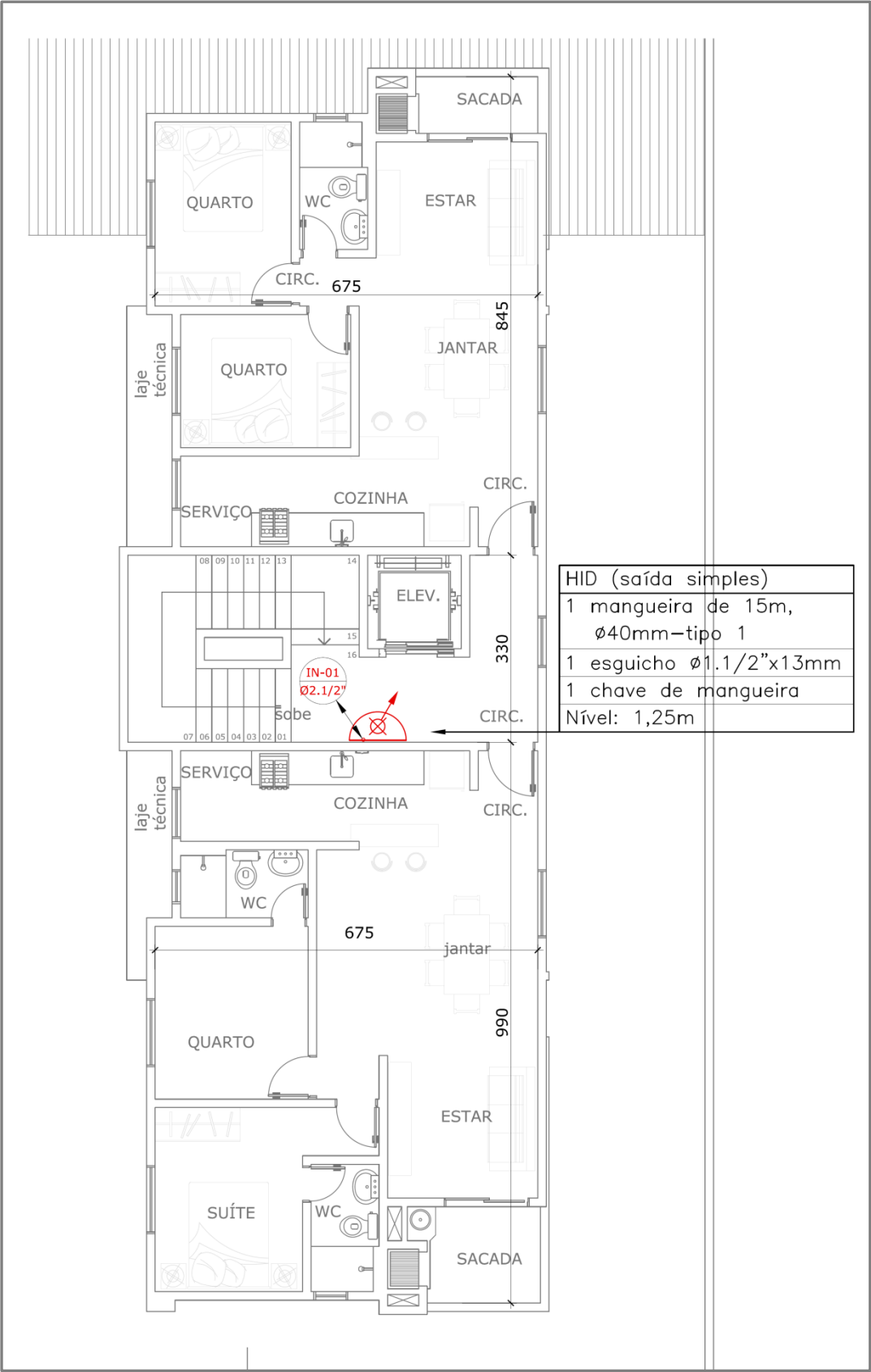
SOUSA, Alana. “Era o inferno de Dante”: Aos 45 anos do incêndio do Joelma, leia entrevista inédita com sobrevivente. **Portal Incêndio**, 1999. < <https://portalincendio.com.br/era-o-inferno-de-dante-aos-45-anos-do-incendio-do-joelma-leia-entrevista-inedita-com-sobrevivente-noticias>>>. Acesso em: 25 ago. 2022.

APÊNDICE A – SHP do pavimento térreo

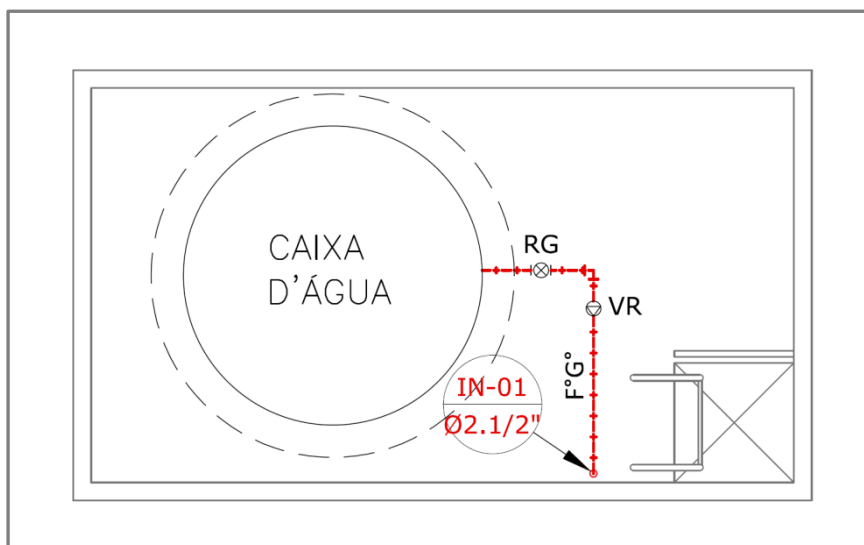


Fonte: O autor (2022)

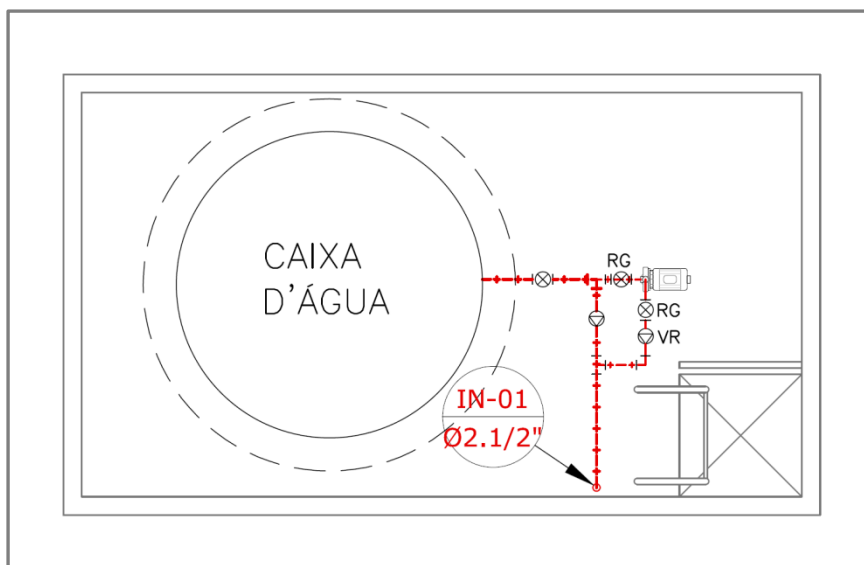
APÊNDICE B – SHP do pavimento tipo



Fonte: O autor (2022)

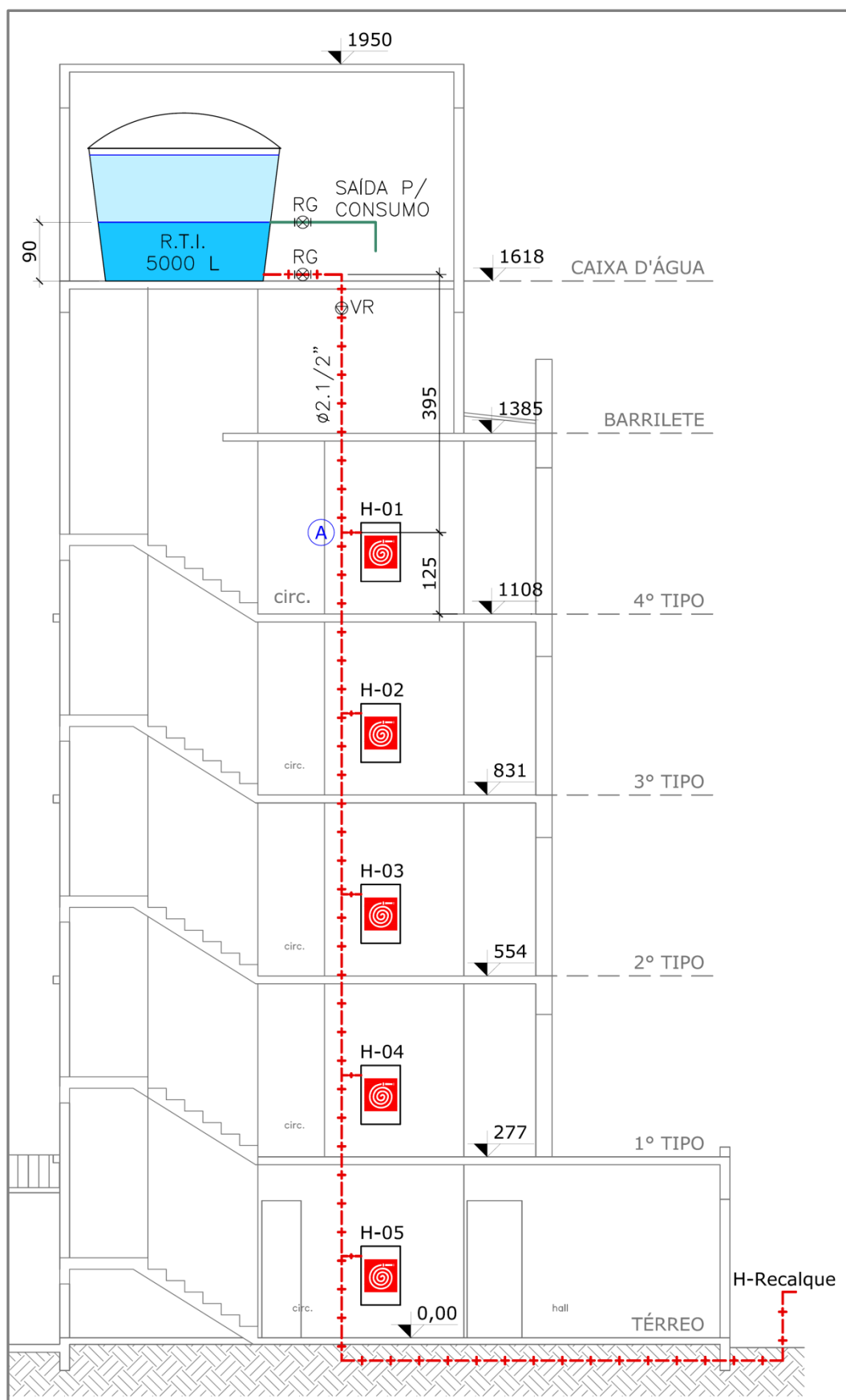
APÊNDICE C – SHP do pavimento caixa d'água

Fonte: O autor (2022)

APÊNDICE D – SHP com bomba de reforço do pavimento caixa d'água

Fonte: O autor (2022)

APÊNDICE E – Esquema vertical do SHP



Fonte: O autor (2022)