

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**THIAGO MARCADELLA**

**PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DE UMA  
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR E AVALIAÇÃO TÉCNICA E  
ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA  
LAMINAR ALTO DE TELHADO VERDE**

Porto Alegre  
Dezembro 2019

**THIAGO MARCADELLA**

**PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DE UMA  
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR E AVALIAÇÃO TÉCNICA E  
ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA  
LAMINAR ALTO DE TELHADO VERDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Maria Cristina de Almeida Silva**

Porto Alegre  
Dezembro 2019

**THIAGO MARCADELLA**

**PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DE UMA  
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR E AVALIAÇÃO TÉCNICA E  
ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA  
LAMINAR ALTO DE TELHADO VERDE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e Comissão Avaliadora

Porto Alegre, Dezembro de 2019

**Prof. Maria Cristina de Almeida Silva**  
Dra. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS  
Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Maria Cristina de Almeida Silva (UFRGS)**  
Dra. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

**Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)**  
Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya

**Prof. Cristiano Poletto (UFRGS)**  
PhD em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Coventry University da Inglaterra

Dedico este trabalho a meus pais, Claudio e Estela, e a minha irmã, Claudia, pelo apoio incondicional ao longo da graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à professora Maria Cristina de Almeida Silva, orientadora deste trabalho, pela sabedoria, disponibilidade e empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional.

Agradeço a minha irmã pelo apoio e ajuda na elaboração deste e de outros tantos trabalhos ao longo da graduação.

Agradeço à empresa Ecotelhado pelos conhecimentos transmitidos e por abrir as portas para mim durante a execução deste trabalho.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e contribuíram para a conclusão desta importante etapa da minha vida.

Um dia, quando olhares para trás, verás que os dias mais belos foram aqueles em que lutaste.  
*Sigmund Freud*

## RESUMO

As instalações hidrossanitárias prediais obtiveram notável desenvolvimento com o surgimento das Normas Técnicas Brasileiras (NBRs) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as quais profissionalizaram tanto as etapas de execução como as de projeto destes sistemas. O presente trabalho aborda inicialmente os mais relevantes aspectos das normas vigentes e da literatura do setor. Com os conceitos definidos, elaborou-se metodologia para projetos hidrossanitários e dimensionamento do Sistema Laminar Alto de telhado verde da empresa Ecotelhado. Posteriormente, projetou-se, com o auxílio de softwares como Excel, AutoCad e SketchUp, as instalações hidrossanitárias de uma edificação multifamiliar, com o telhado verde anteriormente mencionado, a ser construída na cidade de Porto Alegre, RS, Brasil, portanto respeitando os parâmetros estabelecidos tanto pelas Normas Técnicas Brasileiras, quanto pela Prefeitura de Porto Alegre e pela concessionária local, o DMAE. Para este projeto, analisou-se ainda, tanto tecnicamente como financeiramente, a viabilidade de implantação do sistema desenvolvido pela Ecotelhado e adaptado pelo autor. Como resultado final, além do projeto completo dos sistemas de água e esgoto do edifício em estudo, constatou-se que a solução sustentável proposta é compatível tecnicamente e poderia ser implantada como complementação ao sistema de drenagem pluvial predial. Além disso, elencou-se os mais relevantes impactos da sua utilização, como redução dos picos de vazão, aumento de vida útil e conforto térmico e acústico, a fim de tornar a decisão final o mais assertiva possível. Entretanto, por seu alto custo, concluiu-se que sua utilização é inviável em edificações populares, ainda que possível em empreendimentos de médio e alto padrão.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Entrada de água na instalação predial. ....	23
Figura 2 – Nicho de proteção para cavalete conforme Manual de Ligação de Água.....	24
Figura 3 – Sistema direto de distribuição. ....	25
Figura 4 – Sistema indireto de distribuição com reservatório superior. ....	25
Figura 5 – Sistema indireto de distribuição com reservatório superior e inferior. ....	26
Figura 6 – Esquema de barrilete concentrado. ....	29
Figura 7 – Esquema de barrilete ramificado.....	29
Figura 8 – Esquema vertical predial com tubulação de ventilação. ....	30
Figura 9 – Esquema de ligação do esgoto na rede pública (planta). ....	33
Figura 10 – Dispositivos constituintes do sistema de esgoto sanitário. ....	33
Figura 11 – Colunas de ventilação da rede de esgoto cloacal. ....	34
Figura 12 – Caixa de inspeção (planta). ....	35
Figura 13 – Caixa de inspeção (corte). ....	35
Figura 14 – Esquema de ligação do esgoto na rede pública (corte). ....	36
Figura 15 – Sistema Laminar Alto de telhado verde. ....	39
Figura 16 – Corte esquemático do Sistema Laminar Alto.....	40
Figura 17 – Representação dos volumes de amortecimento e permanente. ....	41
Figura 18 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.....	41
Figura 19 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.....	42
Figura 20 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.....	42
Figura 21 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.....	42
Figura 22 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.....	43
Figura 23 – Padrão de montagem do Sistema Laminar Alto.....	44
Figura 24 – Render da edificação em estudo.....	45
Figura 25 – Corte esquemático do Sistema Laminar Alto de telhado verde. ....	116
Figura 26 – Impermeabilização com manta de PVC.....	117
Figura 27 – Volumes desaguados na rede no momento da precipitação.....	123
Figura 28 – Temperaturas observadas no telhado verde (S1 e S2) e cobertura convencional (S3). ....	124
Figura 29 – Sistema de telhado verde instalado em Porto Alegre – RS.....	124
Figura 30 – Captação mensal de poluentes por telhados verdes em Chicago, EUA.....	125
Figura 31 – Absorção de calor na estrutura das coberturas. ....	126
Figura 32 – Ábaco para dimensionamento de reservatórios de reuso em Porto Alegre, RS..	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo <i>per capita</i> de água conforme o uso da edificação. ....	46
Tabela 2 – Estimativa do número de pessoas atendidas por dormitório. ....	46
Tabela 3 – Tabela de ramais prediais, hidrômetros e abrigos do número de pessoas atendidas por dormitório. ....	49
Tabela 4 – Diâmetros comerciais para tubulação de água fria. ....	52
Tabela 5 – Roteiro de cálculo da rede de distribuição interna de água fria. ....	54
Tabela 6 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais. ....	55
Tabela 7 – Peso relativo de acordo com as peças de utilização. ....	56
Tabela 8 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais. ....	61
Tabela 9 – Número de unidades Hunter de contribuição por aparelho. ....	63
Tabela 10 – Número de unidades Hunter de contribuição e diâmetro mínimo do ramal de descarga por aparelho sanitário. ....	64
Tabela 11 – Dimensionamento dos ramais de esgoto. ....	64
Tabela 12 – Dimensionamento dos tubos de queda. ....	65
Tabela 13 – Dimensionamento dos subcoletores e coletores prediais. ....	66
Tabela 14 – Dimensionamento dos ramais de ventilação. ....	66
Tabela 15 – Distância máxima de ligação da tubulação de ventilação. ....	66
Tabela 16 – Dimensionamento das colunas de ventilação cloacais. ....	67
Tabela 17 – Dimensionamento das caixas sifonadas. ....	68
Tabela 18 – Determinação do termo de retorno da chuva de projeto. ....	69
Tabela 19 – Determinação da duração da chuva de projeto. ....	69
Tabela 20 – Determinação da intensidade pluviométrica. ....	69
Tabela 21 – Determinação do coeficiente de rugosidade da tubulação. ....	71
Tabela 22 – Capacidades de condutores horizontais de seção circular. ....	71
Tabela 23 – Capacidades de condutores verticais de seção circular. ....	72
Tabela 24 – Comprimento real da tubulação de sucção. ....	80
Tabela 25 – Comprimento equivalente da tubulação de sucção. ....	80
Tabela 26 – Comprimento real da tubulação de recalque. ....	80
Tabela 27 – Comprimento equivalente da tubulação de recalque. ....	81
Tabela 28 – Perda de carga total na tubulação de sucção. ....	81
Tabela 29 – Perda de carga total na tubulação de recalque. ....	81
Tabela 30 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamento 201. ....	83
Tabela 31 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 202, 302, 402 e 502. ....	84
Tabela 32 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 203, 303, 403 e 503. ....	85
Tabela 33 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 301, 401 e 501. ....	86
Tabela 34 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Salão de festas. ....	87
Tabela 35 – Dimensionamento das colunas. ....	87
Tabela 36 – Dimensionamento do barrilete. ....	88
Tabela 37 – Verificação das pressões no sistema de água fria - 5º Pavimento. ....	89
Tabela 38 – Dispositivos e comprimentos equivalentes considerados. ....	90
Tabela 39 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamento 201. ....	91
Tabela 40 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 202, 302, 402 e 502. ....	92
Tabela 41 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 203, 303, 403 e 503. ....	92
Tabela 42 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 301, 401 e 501. ....	93
Tabela 43 – Verificação das pressões no sistema de água quente - 5º Pavimento. ....	95
Tabela 44 – Verificação das pressões no sistema de água quente - 4º Pavimento. ....	96

Tabela 45 – Dispositivos e comprimentos equivalentes considerados - 5º Pavimento. ....	97
Tabela 46 – Dispositivos e comprimentos equivalentes considerados - 4º Pavimento. ....	98
Tabela 47 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamento 201. ....	99
Tabela 48 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamento 202. ....	99
Tabela 49 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamento 203. ....	100
Tabela 50 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamentos 301, 401 e 501. ....	100
Tabela 51 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamentos 302, 402 e 502. ....	101
Tabela 52 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamentos 303, 403 e 503. ....	101
Tabela 53 – Dimensionamento ramais de descarga - Redes no térreo. ....	101
Tabela 54 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamento 201. ....	102
Tabela 55 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamento 202. ....	102
Tabela 56 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamento 203. ....	103
Tabela 57 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamentos 301, 401 e 501. ....	103
Tabela 58 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamentos 302, 402 e 502. ....	104
Tabela 59 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamentos 303, 403 e 503. ....	104
Tabela 60 – Dimensionamento ramais de esgoto - Redes no térreo. ....	104
Tabela 61 – Dimensionamento tubos de queda de esgoto. ....	105
Tabela 62 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial de esgoto. ....	106
Tabela 63 – Dimensionamento dos ramais de ventilação do esgoto. ....	107
Tabela 64 – Dimensionamento das colunas de ventilação do esgoto. ....	108
Tabela 65 – Cálculo das áreas de influência da chuva. ....	110
Tabela 66 – Cálculo das vazões por área de influência. ....	111
Tabela 67 – Dimensionamento do sistema horizontal de esgoto pluvial. ....	112
Tabela 68 – Dimensionamento do sistema vertical de esgoto pluvial. ....	113
Tabela 69 – Orçamento Sistema Laminar Alto da Ecotelhado. ....	119
Tabela 70 – Orçamento impermeabilização com geomembrana de PVC. ....	119
Tabela 71 – Orçamento reservatório inferior para águas pluviais (4 m <sup>3</sup> ). ....	120
Tabela 72 – Orçamento final do Caso I. ....	120
Tabela 73 – Orçamento reservatório inferior para águas pluviais (21m <sup>3</sup> ). ....	121
Tabela 74 – Orçamento impermeabilização com manta asfáltica. ....	121
Tabela 75 – Orçamento final do Caso II. ....	122

## LISTA DE SÍMBOLOS

$N_P$ : Número de pessoas atendidas pelo sistema [un.]

$N_{DG}$ : Número de dormitórios com área superior a  $12\text{m}^2$  [un.]

$N_{DM}$ : Número de dormitórios com área igual ou inferior a  $12\text{m}^2$  [un.]

$N_{Aptos}$ : Número de apartamentos por pavimento [un.]

$N_{Pav}$ : Número de pavimentos [un.]

$CD$ : Consumo diário da edificação [ $\text{m}^3/\text{dia}$ ]

$C_{per\ capita}$ : Consumo diário *per capita* [ $\text{m}^3/\text{hab.dia}$ ]

$Q_{mín}$ : Vazão mínima que atenda o consumo diário da edificação [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$A_{Seção}$ : Área da seção do condutor [ $\text{m}^2$ ]

$D$ : Diâmetro da seção do condutor [m]

$v_{Mín}$ : Velocidade mínima do escoamento [m/s]

$D_{Mín}$ : Diâmetro mínimo do ramal de entrada [m]

$VMáxR$ : Volume máximo dos reservatórios [ $\text{m}^3$ ]

$VReCR$ : Volume recomendado dos reservatórios [ $\text{m}^3$ ]

$Q_r$ : Vazão mínima de recalque [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$T_{func.}$ : Período de funcionamento do sistema elevatório [h]

$D_r$ : Diâmetro mínimo de recalque [m]

$J$ : Perda de carga unitária [m/m]

$d$ : Diâmetro interno [mm]

$HP_{Total}$ : Perda de carga nas tubulações [m]

$L_R$ : Comprimento real da tubulação [m]

$L_{Eq}$ : Comprimento equivalente referente às conexões [m], calculado a partir das tabelas constantes no Anexo A

$H_{man}$ : Altura manométrica [m]

$HP_S$ : Perda de carga ocorrida na tubulação de sucção [m]

$HP_R$ : Perda de carga ocorrida na tubulação de recalque [m]

$\Delta H$ : Desnível geométrico entre o reservatório inferior e o superior [m]

$\gamma$ : Peso específico da água [ $N/m^3$ ]

$N$ : Potência [cv]

$n$ : Rendimento [ ]

$Q$ : Vazão [L/s]

$C_d$ : Coeficiente de descarga [L/s]

$P$ : Peso relativo de cada peça de utilização do sistema [ ]

$J$ : Perda de carga unitária [ $kPa/m^2$ ]

$Q$ : Vazão [L/s]

$\Delta_{Cot}$ : Diferença das cotas [m]

$P_{Disp}$ : Pressão disponível no início do trecho em estudo [kPa]

$P_{Res}$ : Pressão residual do trecho imediatamente anterior ao estudado [kPa]

$HP_R$ : Perda de carga real [m]

$L_R$ : Comprimento real da tubulação [m]

$HP_{Eq}$ : Perda de carga equivalente [m]

$L_{Eq}$ : Comprimento equivalente referente às conexões [m]

$HP_{\text{Total}}$ : Perda de carga total nas tubulações [m]

$P_{\text{Disp-Res}}$ : Pressão disponível residual [kPa]

J: Perda de carga unitária [kPa/m<sup>2</sup>]

$Q_{\text{Projeto}}$ : Vazão de projeto [L/min]

I: Intensidade da chuva de projeto [mm/h]

A: Área de contribuição [m<sup>2</sup>]

K: Coeficiente de transformação de unidades [ ]

S: Área da seção molhada [m<sup>2</sup>]

$R_H$ : Raio hidráulico [m]

I: Inclinação da calha [m/m]

n: Coeficiente de rugosidade

A: Área do lote [ha]

$V_{\text{res}}$ : Volume de reservação de águas pluviais [m<sup>3</sup>]

A: Área impermeável [m<sup>2</sup>]

$V_{\text{Res-TV}}$ : Volume de reservação no Telhado Verde [m<sup>3</sup>]

$A_{\text{TV}}$ : Área de Telhado Verde [m<sup>2</sup>]

e: Espessura da camada de reservação prevista em projeto [m]

$V_{\text{Res-RP}}$ : Volume de reservação no reservatório pluvial do subsolo [m<sup>3</sup>]

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>22</b>
3.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.....	22
<b>3.1.1 Mecanismos de abastecimento de água fria .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2 Mecanismos de reservação de água fria .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.3 Mecanismos de recalque.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.4 Mecanismos de distribuição interna .....</b>	<b>28</b>
3.2 INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE.....	30
3.3 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO .....	32
3.4 INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	36
3.5 SISTEMA LAMINAR ALTO DE TELHADO VERDE.....	38
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>45</b>
4.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.....	45
<b>4.1.1 Consumo .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.2 Dimensionamento do ramal predial.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.3 Dimensionamento do cavalete .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.4 Dimensionamento do alimentador predial .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.5 Dimensionamento dos reservatórios .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.6 Dimensionamento do sistema de recalque.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.7 Dimensionamento da rede de distribuição interna.....</b>	<b>54</b>
<i>4.1.7.1 Dimensionamento dos sub-ramais.....</i>	<i>55</i>
<i>4.1.7.2 Dimensionamento dos ramais .....</i>	<i>55</i>
<i>4.1.7.3 Dimensionamento das colunas .....</i>	<i>57</i>
<i>4.1.7.4 Dimensionamento do Barrilete .....</i>	<i>57</i>
<i>4.1.7.5 Verificação das pressões disponíveis .....</i>	<i>57</i>
4.2 INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE.....	60
<b>4.2.1 Dimensionamento do sistema de aquecimento tradicional .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.2 Dimensionamento da rede de distribuição interna.....</b>	<b>60</b>

4.2.2.1	<i>Dimensionamento dos sub-ramais</i> .....	61
4.2.2.2	<i>Dimensionamento dos ramais</i> .....	61
4.2.2.3	<i>Verificação das pressões disponíveis</i> .....	62
4.3	INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO .....	62
4.3.1	Dimensionamento do ramal de descarga .....	63
4.3.2	Dimensionamento do ramal de esgoto .....	64
4.3.3	Dimensionamento do tubo de queda .....	65
4.3.4	Dimensionamento do subcoletor e coletor predial.....	65
4.3.5	Dimensionamento dos ramais de ventilação.....	66
4.3.6	Dimensionamento da coluna de ventilação.....	67
4.3.7	Dimensionamento de elementos.....	68
4.3.7.1	<i>Dimensionamento das caixas de inspeção</i> .....	68
4.3.7.2	<i>Dimensionamento das caixas sifonadas</i> .....	68
4.4	INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	68
4.4.1	Determinação dos parâmetros básicos.....	68
4.4.2	Dimensionamento de condutores horizontais .....	70
4.4.3	Dimensionamento dos condutores verticais .....	71
4.4.4	Dimensionamento dos sistemas de amortecimento de vazões.....	72
4.4.4.1	<i>Dimensionamento do volume de reservação no Telhado Verde</i> .....	73
4.4.4.2	<i>Dimensionamento do reservatório pluvial no subsolo</i> .....	73
4.5	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO .....	74
4.5.1	Análise técnica para implantação do Sistema Laminar Alto.....	74
4.5.2	Análise orçamentária para implantação do sistema laminar alto.....	74
5.	MEMÓRIA DE CÁLCULO .....	75
5.1	INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.....	75
5.1.1	Consumo .....	75
5.1.2	Dimensionamento do ramal predial.....	76
5.1.3	Dimensionamento do cavalete .....	76
5.1.4	Dimensionamento do alimentador predial .....	77
5.1.5	Dimensionamento dos reservatórios .....	77
5.1.6	Dimensionamento do sistema de recalque.....	78
5.1.7	Dimensionamento da rede de distribuição interna.....	83
5.1.7.1	<i>Dimensionamento dos ramais e sub-ramais</i> .....	83

5.1.7.2	<i>Dimensionamento das colunas</i> .....	87
5.1.7.3	<i>Dimensionamento do barrilete</i> .....	88
5.1.7.4	<i>Verificação das pressões disponíveis</i> .....	88
5.2	INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE .....	90
5.2.1	Dimensionamento do sistema de aquecimento tradicional .....	90
5.2.2	Dimensionamento da rede de distribuição interna .....	91
5.2.2.1	<i>Dimensionamento dos ramais e sub-ramais</i> .....	91
5.2.2.2	<i>Verificação das pressões disponíveis</i> .....	93
5.3	INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO .....	99
5.3.1	Dimensionamento dos ramais de descarga .....	99
5.3.2	Dimensionamento dos ramais de esgoto .....	102
5.3.3	Dimensionamento dos tubos de queda .....	105
5.3.4	Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial .....	106
5.3.5	Dimensionamento dos ramais de ventilação .....	107
5.3.6	Dimensionamento das colunas de ventilação .....	107
5.3.7	Dimensionamento de elementos .....	108
5.3.7.1	<i>Dimensionamento das caixas de inspeção</i> .....	108
5.3.7.2	<i>Dimensionamento das caixas sifonadas</i> .....	108
5.4	INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	109
5.4.1	Determinação dos parâmetros básicos .....	109
5.4.2	Dimensionamento de condutores horizontais .....	111
5.4.3	Dimensionamento dos condutores verticais .....	113
5.4.4	Dimensionamento dos sistemas de amortecimento de vazões .....	113
5.4.4.1	<i>Dimensionamento do volume de reservação no telhado verde</i> .....	114
5.4.4.2	<i>Dimensionamento do reservatório pluvial no subsolo</i> .....	115
6.	<b>ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO</b> .....	116
6.1	ANÁLISE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO....	116
6.2	ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO .....	118
6.2.1	<b>Orçamento: Caso I</b> .....	119
6.2.2	<b>Orçamento: Caso II</b> .....	120
6.3	DISCUSSÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA .....	122
6.3.1	<b>Amortecimento dos picos de vazão na rede predial e pública</b> .....	122

<b>6.3.2</b>	<b>Conforto térmico micro e macro .....</b>	<b>123</b>
<b>6.3.3</b>	<b>Biodiversidade e melhora na paisagem das cidades .....</b>	<b>124</b>
<b>6.3.4</b>	<b>Captação de CO<sub>2</sub> e melhora da condição atmosférica das cidades .....</b>	<b>125</b>
<b>6.3.5</b>	<b>Conforto acústico .....</b>	<b>126</b>
<b>6.3.6</b>	<b>Aumento da vida útil da edificação .....</b>	<b>126</b>
<b>6.3.7</b>	<b>Reutilização das águas pluviais .....</b>	<b>127</b>
<b>6.3.8</b>	<b>Custo de implantação .....</b>	<b>128</b>
<b>6.3.9</b>	<b>Sobrecarga estrutural.....</b>	<b>128</b>
<b>6.3.10</b>	<b>Resultados encontrados .....</b>	<b>129</b>
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>129</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>131</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>134</b>
	<b>ANEXO A – TABELAS DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS .....</b>	<b>135</b>
	<b>ANEXO B – NOMOGRAMA DE PESOS, VAZÕES E DIÂMETROS.....</b>	<b>138</b>
	<b>ANEXO C – TABELA PARA VERIFICAÇÃO DAS PRESSÕES .....</b>	<b>140</b>
	<b>ANEXO D – TABELAS PARA CÁLCULO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA CHUVA .....</b>	<b>142</b>
	<b>ANEXO E – ÁBACOS DAS BOMBAS DE RECALQUE.....</b>	<b>144</b>
	<b>ANEXO F – MEMORIAL DESCRITIVO E PROJETOS.....</b>	<b>146</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento predial com água limpa, incolor, inodora, com temperatura regulável e fluxo controlável trata-se de um conceito bastante moderno, ainda que os cuidados com relação à saúde relacionados ao fornecimento de água e ao saneamento básico datem de sociedades muito antigas.

A arqueologia, através de escavações, comprova a existência de sistemas de instalações hidráulicas consideravelmente sofisticados na Índia há mais de 3.000 anos. Também foi verificado o uso de tubulações de cobre no abastecimento de água de palácios faraônicos no Egito Antigo e a utilização de instalações hidráulicas sofisticadas nos banhos romanos, na Roma Antiga. Entretanto, como em todas as demais esferas da ciência e cultura, o avanço tecnológico das instalações sofreu grande impacto no período da Idade Média, retomando seu desenvolvimento apenas na segunda metade do século XIX. Para alguns autores, a história das instalações hidrossanitárias prediais surge neste momento, contando, portanto, com apenas 170 anos de existência (LANDI,1993).

Em meio ao grande avanço obtido nos últimos dois séculos, surgem com relevante importância as Normas Técnicas (NBR) de responsabilidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com um objetivo claro e definido: padronizar, organizar e qualificar a produção de documentos, neste caso, projetos hidrossanitários (ABNT, 2019). Em 1982, são aprovadas a NBR 5626, referente às instalações de água fria, e a NBR 7198, referente às instalações de água quente. Posteriormente, em 1983, é publicada a NBR 8160, relativa às instalações de esgotos sanitários.

Tais normas representaram valiosa contribuição no desenvolvimento do nível técnico dos projetos, e conseqüentemente das instalações, uma vez que, conforme afirma Macintyre (1996), impedem a busca abusiva pela redução de custos, seja sacrificando a qualidade dos materiais utilizados, seja subdimensionando o sistema.

As consequências e problemas que decorrem de projetos mal concebidos são a realidade de milhares de imóveis no Brasil, os quais muitas vezes não atendem às exigências mínimas das normas anteriormente citadas:

- Fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada, com pressões e velocidades adequadas ao sistema em questão;
- Evitar ruídos e garantir o conforto do usuário;
- Evitar a contaminação da água do sistema de suprimento pela água já utilizada;
- Permitir o rápido escoamento dos despejos introduzidos, evitando vazamentos e depósitos no interior das tubulações;
- Impedir que gases provenientes do sistema de esgoto atinjam áreas de utilização;
- Promover a economia de água e energia, possibilitar manutenção fácil e econômica.

No que diz respeito à promoção de economia de água e energia, estima-se que, através de “tecnologias verdes” é possível reduzir o consumo de água de uma edificação em até 40%, sendo necessário para isso um investimento inicial de retorno garantido, segundo o Green Building Council Brasil (2019).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho propõe a elaboração de um projeto de instalações hidrossanitárias completo, composto por sistema de abastecimento de água fria e quente, sistema de esgoto sanitário e sistema de esgotamento de águas pluviais, respeitando, sob qualquer hipótese, os padrões mínimos de qualidade impostos pelas seguintes normativas:

- NBR 5626 – Instalações prediais de água fria;
- NBR 7198 – Instalações prediais de água quente;
- NBR 8160 – Sistemas prediais de esgotamento sanitário;
- NBR10844 – Instalações prediais de águas pluviais.

Será desenvolvido também um memorial descritivo dos materiais a serem empregados na etapa de execução das instalações, além de um estudo de viabilidade técnica e orçamentária da implantação do Sistema Laminar Alto, da empresa Ecotelhado no projeto desenvolvido ao longo do trabalho.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho estão definidos da seguinte forma:

- a) Aprofundar aspectos técnicos e teóricos referentes ao tema de projetos hidrossanitários, embasando-se nas normas vigentes e em leituras consolidadas do tema;
- b) Elaborar, a partir de um projeto arquitetônico já definido, o projeto geométrico das instalações conforme conhecimentos adquiridos no item anterior;

- c) Descrever de maneira clara e objetiva um itinerário de cálculo para dimensionamento das redes de abastecimento de água e de esgoto cloacal e pluvial de um sistema predial genérico;
- d) Realizar os cálculos para a edificação em estudo neste trabalho, definindo as dimensões das tubulações, reservatórios e demais constituintes dos sistemas envolvidos;
- e) Propor a implantação do telhado verde conhecido comercialmente como Sistema Laminar Alto com alterações promovidas especificamente para este projeto, visando a reservação de águas pluviais no pavimento de cobertura para substituição ou redução dos tradicionais reservatórios pluviais enterrados;
- f) Estudar a viabilidade técnica e orçamentária da solução proposta, concluindo se é viável ou não a implantação do sistema neste e em outros empreendimentos imobiliários;
- g) Elaboração de memorial descritivo do projeto elaborado com detalhamento dos materiais projetados.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

Como comenta Macintyre (1996), o uso da água potável constitui condição indispensável para o atendimento das mais elementares condições de habitabilidade, higiene e conforto, o que torna essencial um sistema que atenda com qualidade satisfatória seus usuários. As instalações prediais de água fria, segundo a própria Norma Brasileira de Instalação predial de água fria, NBR 5626 (ABNT, 1998), tratam-se de um sistema composto por tubos, reservatórios, peças e equipamentos, destinado a conduzir água fria da fonte de abastecimento ao ponto de consumo. Nesta norma, são relatadas exigências mínimas para elaboração do projeto, como:

- Preservar a potabilidade da água;
- Garantir o fornecimento de água de forma contínua e com pressões e velocidades compatíveis com o sistema;
- Promover a economia de água e energia;
- Possibilitar manutenção fácil e econômica;
- Evitar níveis de ruídos inadequados;
- Proporcionar conforto aos usuários.

Para fins didáticos, é possível decompor o sistema como um todo nos seguintes mecanismos:

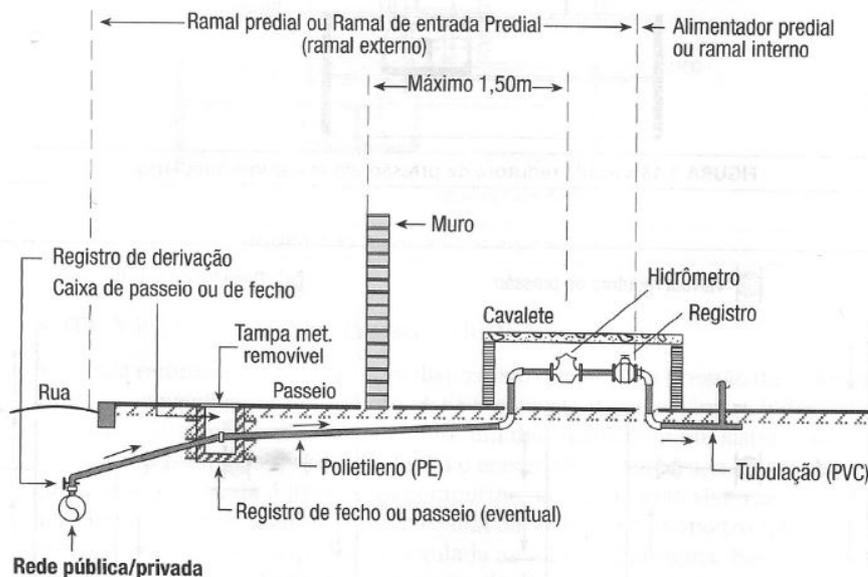
- Mecanismos de abastecimento;
- Mecanismos de reservação;
- Mecanismos de recalque;
- Mecanismos de distribuição interna.

### 3.1.1 Mecanismos de abastecimento de água fria

O sistema de abastecimento nas cidades brasileiras é constituído basicamente por redes adutoras, alimentadoras e distribuidoras, conforme afirma Macintyre (1996). Às adutoras cabe a função de aduzir água dos mananciais até as estações de tratamento, enquanto que às alimentadoras e distribuidoras ficam reservadas as funções de abastecimento de reservatórios e atendimento às derivações de cada prédio, respectivamente.

À derivação da rede pública que atende à edificação dá-se o nome de ramal de abastecimento, cujo primeiro trecho, entre a rede pública e o hidrômetro, é denominado ramal predial. Já o segundo trecho, entre o hidrômetro e a primeira derivação interna, é chamado de ramal interno ou alimentador predial, conforme detalhamento mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Entrada de água na instalação predial.



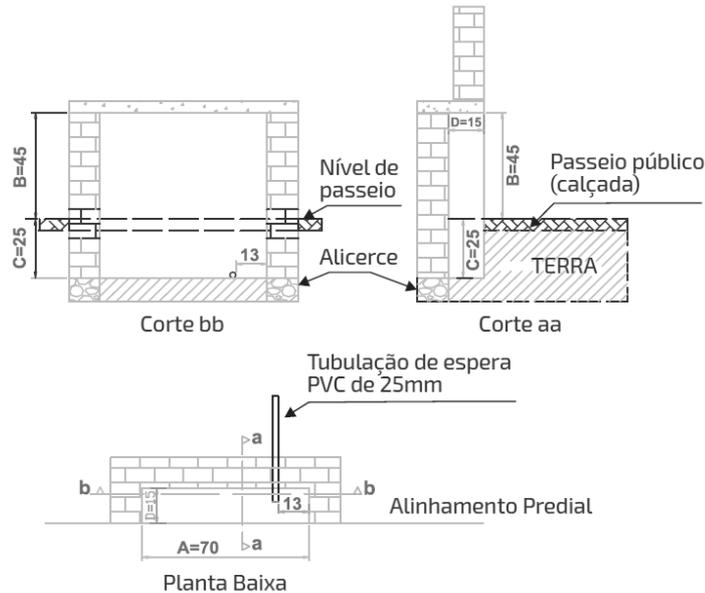
(fonte: BOTELHO e RIBEIRO JR., 2010)

O hidrômetro, dispositivo mencionado anteriormente, é o equipamento medidor do consumo de água referente à derivação em questão. O fornecimento do material compreendido entre o hidrômetro, incluindo este, e a rede pública, é de responsabilidade do órgão público competente, no caso de Porto Alegre, do Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) (PORTO ALEGRE, 1988).

Entretanto, conforme Manual de Ligação de Água proposto pelo DMAE (DMAE, 2005), é de responsabilidade do empreendimento disponibilizar um nicho protegido para abrigo do dispositivo medidor conforme dimensões padronizadas e representadas na Figura 2.

Figura 2 – Nicho de proteção para cavalete conforme Manual de Ligação de Água

**Nicho para um cavalete de 3/4" em muro ou fachada**

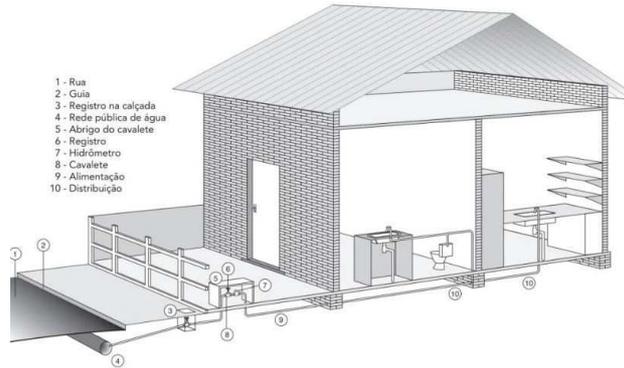


(fonte: DMAE, 2005)

Quanto à modalidade de abastecimento do sistema interno da edificação, pode ser feita a distinção nos seguintes três grupos:

- 1) Sistema direto de distribuição: neste tipo de fornecimento de água, o sistema é abastecido diretamente pela rede pública, exigindo da mesma fluxo e pressões constantes, afinal em caso de oscilação destes parâmetros não há nenhum reservatório disponível para conter tais variações. O croqui deste sistema pode ser observado na Figura 3.

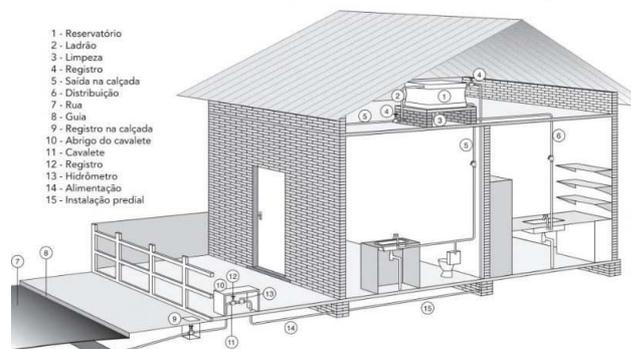
Figura 3 – Sistema direto de distribuição.



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

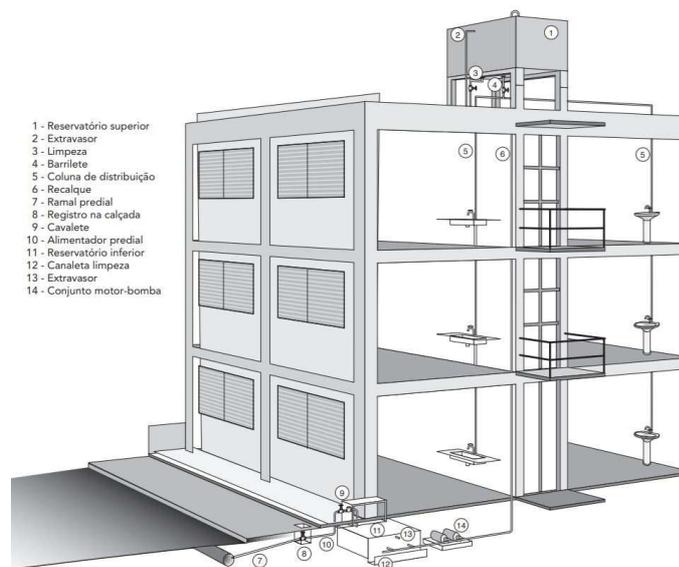
- 2) Sistema indireto de distribuição: nesta modalidade de abastecimento, faz-se uso de um ou mais reservatórios de acumulação para combater as oscilações de pressão e vazão da rede pública, o que permite também que a rede seja dimensionada para um consumo médio, e não para um consumo máximo como seria necessário em caso de abastecimento direto. Dentro deste mesmo tipo de fornecimento pode-se ter ainda casos em que se faz necessário apenas um reservatório a cota elevada para distribuição interna, quando a pressão na rede pública é suficiente para seu abastecimento. Ou, em um segundo caso, em que se torna essencial a instalação de um reservatório a cotas inferiores, de onde a água, através de um sistema de bombeamento, é recalçada para um reservatório superior para ser distribuída nos diversos pontos de consumo da edificação. Os dois casos são representados a seguir nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Figura 4 – Sistema indireto de distribuição com reservatório superior.



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

Figura 5 – Sistema indireto de distribuição com reservatório superior e inferior.



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

- 3) Sistema misto de distribuição: como evidencia o nome, este sistema possui distribuição tanto via reservatório, quanto via derivação direto da rede pública.

Além de determinar o sistema de distribuição, é fundamental à concepção do projeto a definição de como se realizará a medição do consumo na edificação projetada. Em tempos de escassez de recursos naturais básicos como a água, torna-se interessante a opção por medição individualizada do consumo, tanto pelo aspecto sustentável, quanto pelo econômico, uma vez que este mecanismo de medição pode representar economias significativas nas contas de água de uma edificação multifamiliar. Em virtude disso, em julho de 2016, foi aprovada a Lei Federal 13.312 que torna obrigatório o sistema de medição individualizada em imóveis entregues a partir de 2021 (BRASIL, 2016).

### 3.1.2 Mecanismos de reservação de água fria

Conforme alerta a NBR 5626, os reservatórios constituem parte crítica da instalação predial de água fria, principalmente no que diz respeito a padrão de potabilidade. Dessa forma, cuidados especiais devem ser tomados na fase de projeto, tanto na escolha das formas e dimensões, quanto na definição dos métodos executivos e operacionais. Destaca-se abaixo as principais exigências da norma quanto aos dispositivos de reservação e seus sistemas auxiliares:

- O reservatório deve ser um recipiente estanque, de forma a impedir a entrada de líquidos, poeiras, insetos e outros animais em seu interior;
- Tendo em conta a possibilidade de ocorrência de condensação no interior do reservatório, deve-se ter cuidados especiais quanto aos materiais utilizados tendo em vista riscos de contaminação da água;
- Os reservatórios devem ser construídos ou instalados de forma a prover fácil acesso para manutenção e limpeza;
- Considerando o risco de contaminação através do solo, reservatórios enterrados devem ter distância mínima de 60 cm entre as faces externas e internas do compartimento;
- A extremidade da tomada de água no reservatório deve ser elevada em relação ao fundo, de forma a evitar a entrada de resíduos eventualmente existentes na rede de distribuição predial;
- Toda tubulação que abastece o reservatório deve ser equipada com torneira de boia ou qualquer outro dispositivo com o mesmo efeito no controle da entrada de água e manutenção do nível desejado;
- Os reservatórios devem contar ainda com: tubulações de aviso, as quais tem função de descarregar imediatamente a água em local facilmente observável após esta alcançar o nível de extravasão, de limpeza, para permitir seu esvaziamento para manutenção, e de extravasão, para impedir a ocorrência de transbordamento.

### 3.1.3 Mecanismos de recalque

Conforme define Macintyre (1996), denomina-se bombeamento a operação em que um fluido se desloca em virtude da energia concedida a este por uma bomba. Nota-se, portanto, que a operação de bombeamento está associada a inúmeras atividades, não somente à elevação de água especificamente, mas também de esgotos sanitários, óleos, combustíveis, entre outros.

Como parte importante do sistema de água predial, tais mecanismos são abordados em item específico na NBR 5626. Recomenda-se, por exemplo, a utilização de comando liga e desliga automático, condicionado ao nível da água nos reservatórios. Entretanto, o sistema também deve permitir o acionamento manual para fins de manutenção. A Norma ainda comenta, em seu Anexo C, que uma estação de elevação bem projetada não gera ruído excessivo, mas que, quando há uma vazão maior que a prevista, ou quando a pressão de sucção é insuficiente, há risco de haver cavitação e turbulência, e, conseqüentemente, ruído.

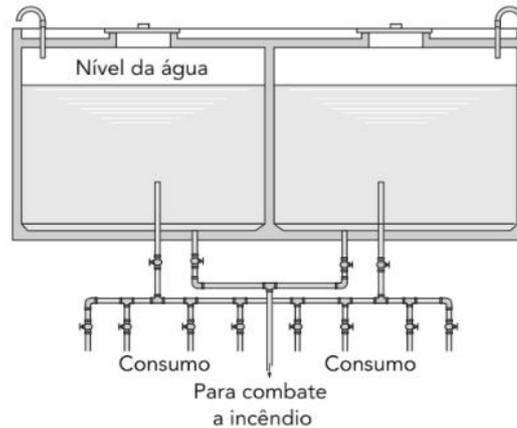
### 3.1.4 Mecanismos de distribuição interna

Conforme comenta Carvalho Júnior (2017), a rede de distribuição interna é constituída pelo conjunto de canalizações que conectam o reservatório aos pontos de consumo, e pode ser decomposta basicamente em:

- Barrilete;
- Colunas de distribuição;
- Ramais;
- Sub-ramais.

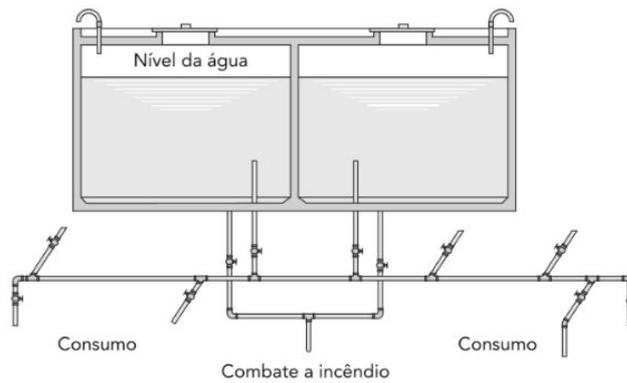
O barrilete é constituído basicamente pelas tubulações de saída do reservatório e seus registros, e é responsável pela distribuição da água nas colunas. Justifica-se seu uso pela economia expressiva em termos de quantidade de registros e tubulações se comparado a um sistema com múltiplas saídas do reservatório. Pode ser ainda do tipo concentrado ou ramificado, conforme Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Esquema de barrilete concentrado.



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

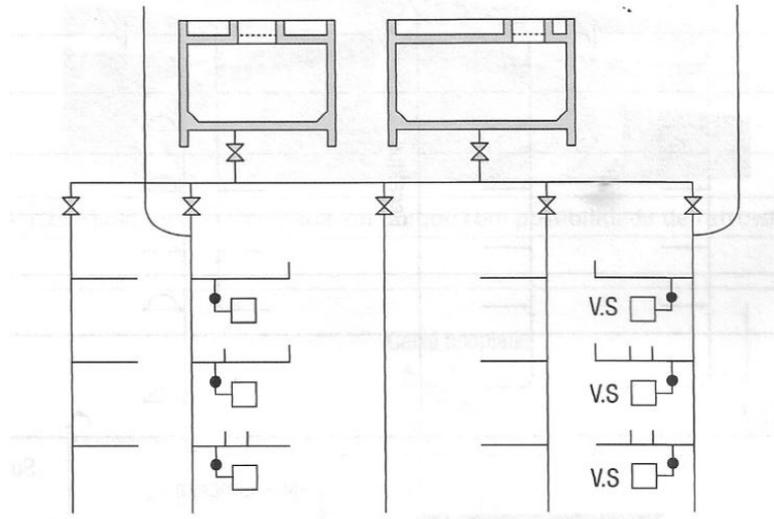
Figura 7 – Esquema de barrilete ramificado.



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

As colunas de distribuição partem do barrilete na direção vertical com sentido descendente alimentando os ramais em seus respectivos pavimentos. Quanto às colunas, deve-se atentar para a necessidade de tubulação de ventilação, conforme Figura 8, à jusante do primeiro ramal com presença de aparelho com possibilidade de retrossifonagem. Além disso, é exigida a colocação de registro gaveta à jusante do primeiro ramal de toda e qualquer coluna, caso haja a necessidade de interrupção da passagem de água em toda a prumada.

Figura 8 – Esquema vertical predial com tubulação de ventilação.



(fonte: BOTELHO e RIBEIRO JR., 2010)

Os ramais derivam das colunas e abastecem seus sub-ramais em cada um dos pavimentos. Analogamente ao caso das colunas, exige-se registro à jusante do primeiro sub-ramal. Os sub-ramais, por sua vez, abastecem cada uma das peças de utilização, as quais, segundo NBR 5626, devem ser posicionadas conforme exigência do usuário, principalmente no que se refere à conforto e segurança.

### 3.2 INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE

Como definem Botelho e Ribeiro Jr. (2010), as instalações prediais de água quente são o conjunto de equipamentos, fontes energéticas e materiais destinados a fornecer ao usuário água artificialmente aquecida. A temperatura máxima de fornecimento é de 70 °C, conforme define a Norma Brasileira de Projeto e execução de instalações prediais de água quente, NBR7198 (ABNT,1993), em que são definidas as funções do sistema:

- Garantir o fornecimento de água contínua em quantidade suficiente e temperatura controlável e com segurança aos usuários;
- Preservar a potabilidade da água;
- Proporcionar nível de conforto adequado aos usuários;

- Racionalizar o consumo de energia.

O sistema de água quente é composto basicamente pela tubulação de água fria, pelo dispositivo aquecedor e pela tubulação de distribuição da água quente e seus dispositivos de segurança. Além, é claro, das peças de utilização, como chuveiros e torneiras de pia.

Quanto ao sistema de aquecimento, pode-se adotar aquecimento local, quando o aquecedor atua em uma peça de utilização específica, aquecimento central privado, quando um único aquecedor abastece todas as peças dentro de uma unidade habitacional, ou ainda, sistema de aquecimento central coletivo, em que o mesmo aquecedor fornece água quente para todas unidades habitacionais.

Em relação aos dispositivos de aquecimento, conforme afirma Carvalho Júnior (2017), efetua-se uma distinção quanto ao tipo de energia e ao modo de aquecimento. Os modelos mais comuns no mercado são:

- Aquecedor elétrico de passagem: colocado diretamente no ponto de utilização, aquece a água de forma instantânea à medida que a mesma escoar. São exemplos desse tipo de aquecedor torneiras e chuveiros elétricos.
- Aquecedor elétrico por acumulação: a água quente é aquecida e reservada nos chamados “boilers” para uso posterior. Tem como principal vantagem o fornecimento de água na temperatura desejada assim que o registro é aberto.
- Aquecedor a gás de passagem: neste tipo de aquecedor a água geralmente é aquecida em um dispositivo localizado na área de serviço da unidade, a partir de onde a água quente parte para abastecimento dos diversos pontos de utilização.
- Aquecedor a gás por acumulação: este método de aquecimento justifica-se somente quando há uma demanda consideravelmente grande de água aquecida, afinal as caldeiras à gás, além de exigirem diversos cuidados quanto à segurança, ocupam grandes espaços. São comumente utilizadas em hotéis e hospitais.

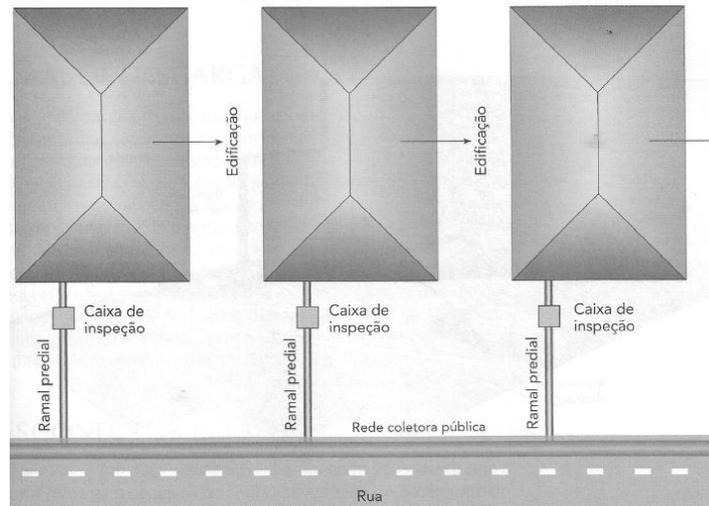
### 3.3 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO

Como definem Botelho e Ribeiro Jr. (2010), a instalação predial de esgoto trata-se do conjunto de dispositivos destinados a coletar as águas servidas e encaminha-las ao destino adequado, atendendo sempre às exigências mínimas quanto a higiene, segurança, economia e conforto. A Norma Brasileira de Sistemas prediais de esgoto sanitário, NBR 8160 (ABNT,1999), define como requisitos obrigatórios os seguintes itens:

- Evitar a contaminação da água;
- Permitir o rápido escoamento da água utilizada e dos despejos introduzidos;
- Impedir que os gases provenientes do sistema de esgoto atinjam áreas de utilização;
- Impossibilitar o acesso de corpos estranhos ao sistema;
- Permitir fácil inspeção;
- Impossibilitar o acesso do esgoto ao sistema de ventilação;
- Permitir a fixação dos aparelhos sanitários por dispositivos que facilitem a remoção para manutenção.

Conforme item 4.1.4 da norma anteriormente citada, a disposição final do efluente pode ser efetuada em sistemas particulares de tratamento, como fossas sépticas e sumidouros, ou na rede pública de coleta de esgoto. Neste último caso, cada edificação apresenta ligação própria com a rede pública, como observa-se na Figura 9.

Figura 9 – Esquema de ligação do esgoto na rede pública (planta).

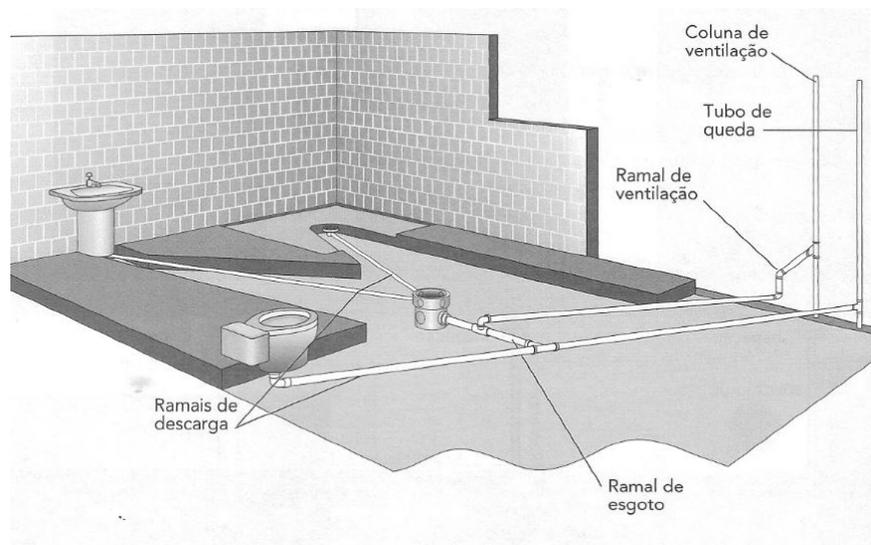


(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

O sistema de esgoto sanitário é constituído essencialmente pelos seguintes dispositivos:

- Ramal de descarga: é a tubulação que recebe os efluentes de aparelhos como lavatórios, bidês, banheiras, bacias sanitárias, entre outros. No caso das bacias, a conexão do ramal de descarga deve ser realizada diretamente no tubo de queda de esgoto, sem passar pela caixa sifonada, como ocorre para os demais aparelhos, conforme observa-se na Figura 10.

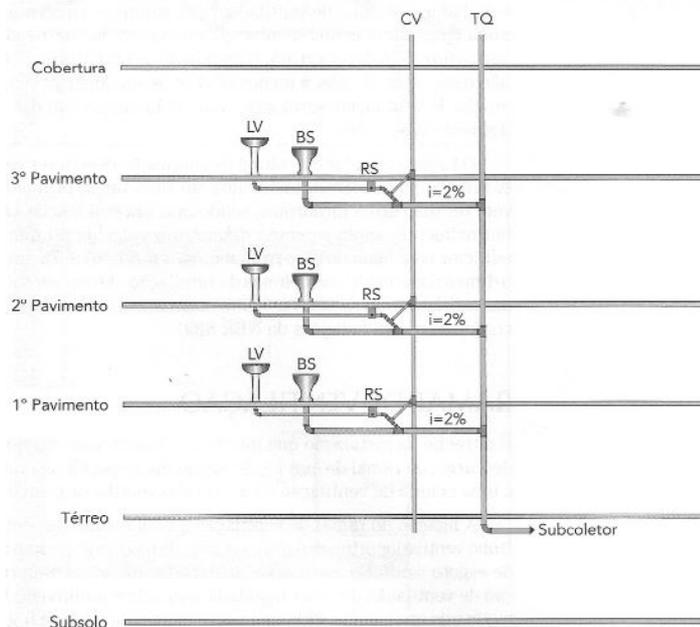
Figura 10 – Dispositivos constituintes do sistema de esgoto sanitário.



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

- Caixa sifonada: trata-se de um dispositivo cilíndrico responsável pelo recebimento dos efluentes de todos aparelhos sanitários, exceto bacias, e pela destinação daqueles através de sua tubulação de saída, o ramal de esgoto. O posicionamento da caixa deve ser apropriado, de forma a possibilitar fácil manutenção.
- Ramal de esgoto: recebe os efluentes provenientes dos ramais de descarga e destina-os ao tubo de queda, quando se trata de pavimentos acima do térreo. Quando em pavimentos térreos, o ramal de esgoto é ligado ao coletor predial através de caixa de inspeção.
- Tubo de queda: tubulação vertical responsável pelo encaminhamento dos efluentes ao pavimento de saída da edificação, geralmente o térreo. Essa tubulação deve ter alinhamento vertical e diâmetro uniforme para garantir bom funcionamento do sistema.
- Coluna de ventilação: tem como função possibilitar a entrada e saída do ar nas tubulações de esgoto visando a proteção contra prováveis rupturas devido ao fecho hídrico dos sifões. Tal qual os tubos de queda, estas devem preferencialmente ser instaladas em prumada única e apresentar diâmetro uniforme, como pode ser observado na Figura 11.

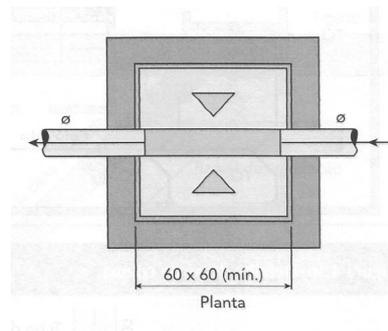
Figura 11 – Colunas de ventilação da rede de esgoto cloacal.



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

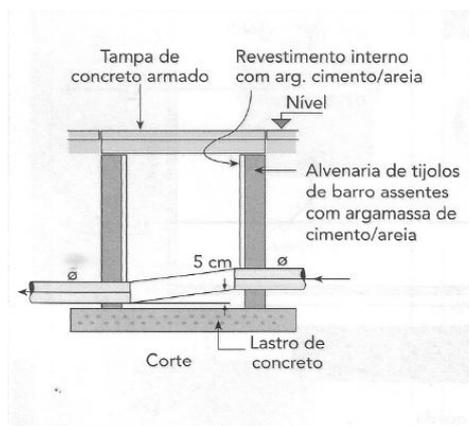
- Caixa de inspeção: destina-se a permitir a inspeção, limpeza e desobstrução das redes e devem ser utilizadas sempre que houver mudança de direção ou declividade ou quando o comprimento de tubulação exceder 12m. Podem ser executadas em plástico, concreto ou em alvenaria, conforme figuras 12 e 13.

Figura 12 – Caixa de inspeção (planta).



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

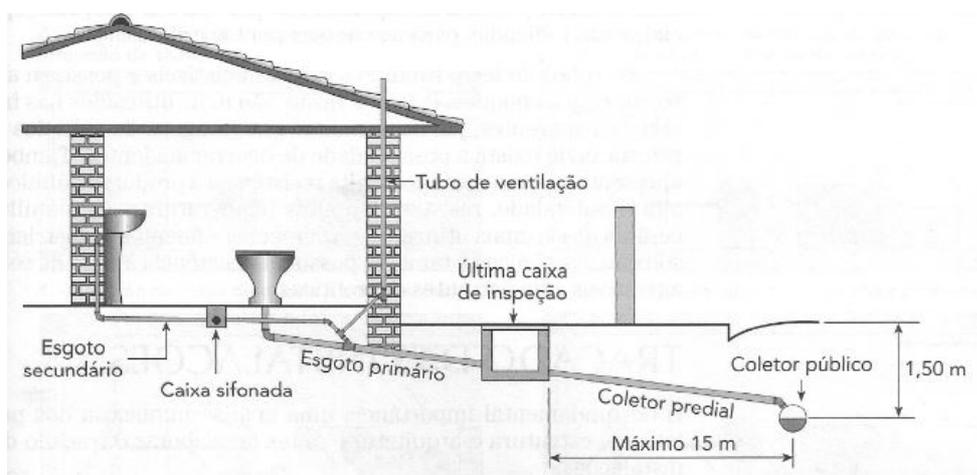
Figura 13 – Caixa de inspeção (corte).



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

- Coletor predial: trecho do sistema que liga a última caixa de inspeção à rede pública. Deve ter diâmetro nominal mínimo de 100mm e comprimento não superior a 15m, conforme Figura 14.

Figura 14 – Esquema de ligação do esgoto na rede pública (corte).



(fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2017)

Quanto aos materiais utilizados no sistema interno de esgoto, atualmente o mercado apresenta soluções em PVC, ferro fundido e manilha cerâmica, sendo o primeiro o material dominante em função de preço, leveza e facilidade de instalação, de acordo com Carvalho Júnior (2017). Em função da baixa resistência do PVC, criou-se a linha PVC-R, com maior espessura e, conseqüentemente, maior resistência, para aplicação em pontos críticos da instalação como pé de tubo de queda, por exemplo.

O nível em que se efetua a ligação da rede à rede pública é outro aspecto de suma importância na concepção do projeto, uma vez que situações em que a conexão é realizada acima do nível da rede interna são extremamente indesejáveis pela necessidade de recalque dos efluentes através de sistema de bombeamento.

### 3.4 INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema predial de águas pluviais tem como principal função dar escoamento às águas da chuva, evitando acúmulo de água e umidade excessiva nas edificações. É formado principalmente por calhas, condutores, grelhas e caixas coletoras, e destina-se exclusivamente a conduzir águas pluviais, sendo estritamente proibido a ligação dessa rede à rede de esgoto, conforme item 4.2.3 da Norma Brasileira de Instalações prediais de águas pluviais, NBR 10844 (ABNT, 1989).

A norma mencionada ainda fixa as principais exigências com relação a essas instalações, são elas:

- Recolher e conduzir a vazão de projeto até os locais permitidos pelos dispositivos legais;
- Garantir estanqueidade;
- Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto da instalação;
- Absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- Quando submetidas a choques mecânicos, apresentar resistência;
- Quando expostas às intempéries, ser constituídas de materiais duráveis
- Quando em contato com outros materiais de construção, ser constituídas de materiais compatíveis;
- Não provocar ruídos excessivos;
- Resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- Ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

Os mecanismos de reutilização das águas recolhidas por este sistema vêm ganhando relevância na concepção dos projetos hidráulicos, uma vez que são recorrentes os casos de cidades com problemas tanto de escassez de água, como de enchentes, estas últimas resultantes principalmente da impermeabilização que o desenvolvimento econômico traz às grandes cidades. A construção de edificações e ruas nem sempre projetadas com o devido engajamento com as causas ambientais, fez com que em São Paulo, por exemplo, fosse instaurada a Lei 12.526/2007, a qual torna obrigatória, em todo e qualquer lote com área impermeabilizada maior que 500 m<sup>2</sup>, um mecanismo de captação e retenção das águas pluviais (SÃO PAULO, 2007). A lei determina três possíveis destinos à água captada, são eles:

- Infiltração no solo;
- Despejo na rede pública após uma hora de chuva;

- Utilização para finalidades não potáveis, como torneiras de jardim.

Em 2014, a Prefeitura de Porto Alegre, através do Decreto 18611/2014 estabeleceu uma nova regulamentação com relação à drenagem pluvial urbana para a cidade. Ficou estabelecido que todo terreno e qualquer terreno que apresentasse superfície impermeável deveria apresentar uma vazão específica máxima de 20,8 L/s.ha, conforme Artigo 2 do referido decreto (PORTO ALEGRE, 2014).

### 3.5 SISTEMA LAMINAR ALTO DE TELHADO VERDE

O Sistema laminar alto trata-se de uma solução diferenciada para telhados verdes desenvolvida pela marca Ecotelhado e compatível com coberturas planas de edifícios e residências em geral. Tem como suas principais virtudes proporcionar uma forma alternativa de retenção de águas pluviais, uma vez que se forma um reservatório de dimensões consideráveis sob a camada de vegetação, e fornecer maior conforto térmico para a edificação em comparação com as demais soluções de telhado verde do mercado (ECOTELHADO, 2018).

Além disso, o Sistema Laminar Alto destaca-se em relação aos demais telhados verdes também por tratar-se de um sistema semi-hidropônico, ou seja, que não utiliza solo para cultivo da vegetação, apenas substrato, tendo assim grande ganho tanto em termos de redução de cargas do sistema, aliviando as solicitações na estrutura da edificação, quanto em termos de cota para reservação da água (ECOTELHADO, 2018).

Em complementação às anteriormente mencionadas, lista-se abaixo outras vantagens obtidas pela implantação do sistema (ECCOS RECYCLLE, 2019):

- Amortecimento dos picos de vazão na rede predial e pública;
- Conforto acústico;
- Aumento da biodiversidade na paisagem das cidades;
- Redução de poeira, gases poluentes e fumaça;
- Pontuação para certificações como a LEED;

- Aumento da vida útil da edificação;
- Armazenamento para reutilização das águas pluviais.

Figura 15 – Sistema Laminar Alto de telhado verde.



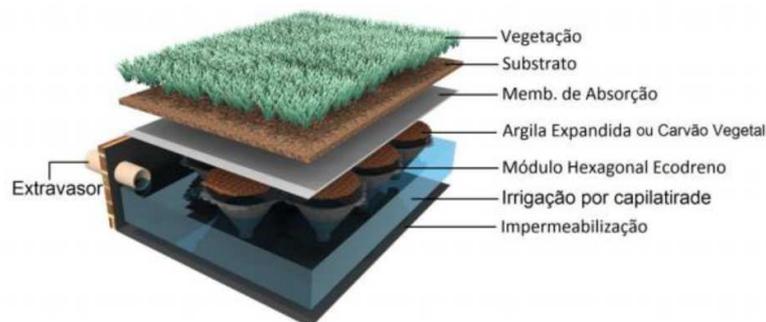
(fonte: ECOTELHADO, 2018)

O sistema é constituído basicamente pelos seguintes elementos, conforme Figura 16 (ECOTELHADO, 2018):

- 1) Ecodrenos: tratam-se de módulos rígidos com aproximadamente 18 cm de altura, que tem como função realizar a drenagem controlada das águas pluviais e suprir as raízes da vegetação para que a irrigação superficial se torne desnecessária.
- 2) Membrana de absorção: espécie de membrana de não tecido reciclado vendida em rolos que tem como finalidade reter água e nutrientes para as raízes da vegetação.
- 3) Membrana Anti Raízes: embora ainda opcional, recomenda-se fortemente o uso desta membrana como forma de proteger a impermeabilização do esforço de puncionamento realizado pelas raízes e evitar futuros problemas com infiltrações.
- 4) Substrato Leve Ecotelhado: substrato composto de materiais orgânicos de alto poder nutritivo e consideravelmente leve, reduzindo assim as cargas na estrutura.
- 5) Argila: utilizada no interior de cada Ecodreno®, trata-se de um importante substrato por sua leveza e alta capacidade de retenção de água.

6) Vegetação: gramínea ou outra desejada.

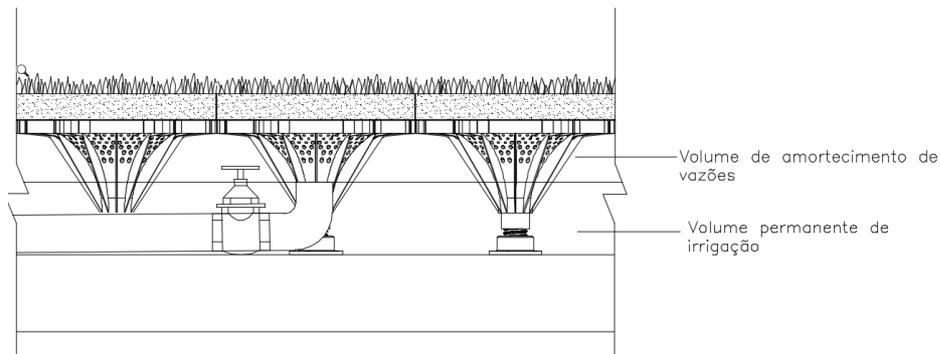
Figura 16 – Corte esquemático do Sistema Laminar Alto.



(fonte: ECOTELHADO, 2018)

A principal funcionalidade do sistema trata-se do armazenamento expressivo de água que ocorre sob a camada vegetal (ECOTELHADO, 2018). Para o projeto desenvolvido neste trabalho, adaptou-se o sistema comercializado pela Ecotelhado a partir da inserção de uma tubulação drenante à cota de 10 cm de altura, a qual permitiu a criação de um sistema de retenção de águas dividido em volume de irrigação e volume de amortecimento das vazões pluviais, conforme Figura 17. O volume compreendido entre a tubulação de amortecimento de vazões e a face inferior da camada superficial de vegetação, denominado volume de amortecimento de vazões, constitui-se elemento valioso para atenuação dos picos de vazão provocados na rede pluvial predial e pública nos dias de chuvas intensas, quando muitas vezes ambos os sistemas são sobrecarregados. Dessa forma, cria-se ali um reservatório pluvial capaz de atuar em conjunto ou, dependendo do volume, até mesmo substituir o poço pluvial em concreto convencional normalmente executado nos subsolos das edificações. Já o volume permanente de irrigação é essencial para manter viva e abastecida com água e nutrientes a camada vegetal da cobertura.

Figura 17 – Representação dos volumes de amortecimento e permanente.



(fonte: própria do autor)

O funcionamento do sistema proposto é representado a partir do esquema a seguir:

1) Em uma situação em que não haja precipitação, o sistema deverá acumular água de acordo com a representação a seguir. Neste momento, tem-se água a uma cota suficientemente alta para irrigação por capilaridade da vegetação e, ao mesmo tempo, um volume disponível para retenção de águas pluviais.

Figura 18 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.



(fonte: própria do autor)

2) Com o início da precipitação, o nível da água se eleva proporcionalmente à intensidade pluviométrica. Com o registro da tubulação de volume de amortecimento devidamente fechado, o volume precipitado é, até o momento, totalmente absorvido pelo que se denominou “volume de amortecimento”.

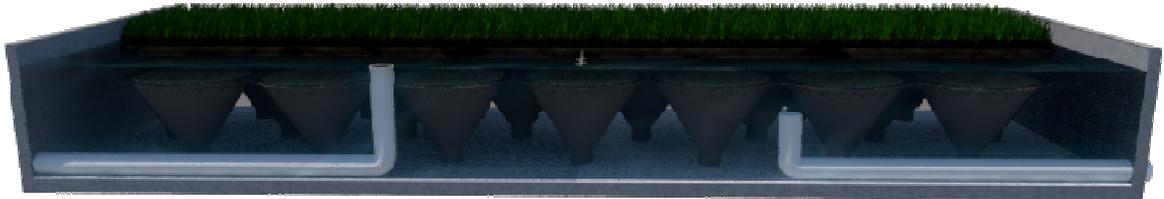
Figura 19 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.



(fonte: própria do autor)

3) Ao atingir a cota de 18cm, o volume de amortecimento previsto no Sistema Laminar é esgotado, e então a rede pluvial predial convencional passa a ser responsável por drenar os volumes precipitados, conforme figura a seguir.

Figura 20 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.



(fonte: própria do autor)

4) Após a passagem da chuva, o responsável pela manutenção do sistema deverá acessar a rede, através de caixa de visita, e abrir o registro para escoamento da água compreendida no volume destinado ao amortecimento de vazões pluviais.

Figura 21 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.



(fonte: própria do autor)

5) Quando escoado todo o volume correspondente ao volume de amortecimento e o nível da água estiver estável, o registro deverá ser novamente fechado para entrar em funcionamento assim que houver uma nova precipitação.

Figura 22 – Representação do funcionamento da adaptação proposta.



(fonte: própria do autor)

Quanto à execução do sistema, são realizadas as seguintes recomendações pelo fornecedor (ECOTELHADO, 2018):

- Após corretamente impermeabilizada e regularizada com camada de cimento e areia, distribui-se na laje a membrana de absorção com sobreposição de 30 cm;
- Disposição dos Ecodrenos sobre a laje encaixados entre si;
- Fechamento do perímetro do sistema em chapa de PEAD com caimento na direção dos Ecodrenos;
- Colocação de argila no interior dos Ecodrenos;
- Aplica-se mais uma camada de membrana de absorção sobre os Ecodrenos® instalados;
- Colocação da grama ou vegetação definida em projeto. Para a região de Porto Alegre, a Ecotelhado recomenda a aplicação de grama esmeralda, em coberturas habitáveis, e vegetação boldo para coberturas não habitáveis, por sua alta resistência às intempéries.

Figura 23 – Padrão de montagem do Sistema Laminar Alto.



(fonte: ECOTELHADO, 2018)

Ainda que este sistema seja tratado como independente de irrigação, é importante prever acompanhamento nos quatro meses posteriores à implantação, pois neste período a vegetação ainda se encontra em período de adaptação e, portanto, pode se tornar necessária algum tipo de intervenção caso esta fase coincida com períodos muito secos e quentes.

Existe grande receio no mercado quanto à formação de culturas sob a camada de vegetação, uma vez que, em teoria, cria-se ali uma grande fonte de água parada, cenário perfeito para formação de culturas e disseminação de doenças. Entretanto, segundo a própria Ecotelhado, este preconceito não tem fundamentação teórica, uma vez que todo e qualquer tipo de inseto ou sujeira fica retido na membrana de absorção, a qual permite somente a passagem de água para o interior do sistema. Dessa forma, a previsão de manutenção e limpeza do sistema torna-se nula, viabilizando ainda mais sua aplicação.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Conforme esclarecimentos da arquiteta Juliana Peres em visita à Ecotelhado.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia descrita a seguir será elaborada para dimensionamento das redes de abastecimento de água e coleta de esgoto de uma edificação residencial multifamiliar localizada em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A edificação em estudo está dividida em três torres de sete pavimentos, sendo um deles subsolo, conforme Figura 24. A área total construída é de aproximadamente 1.830 m<sup>2</sup>. Ressalta-se o fato de que a medição de consumo de água será realizada individualmente e o sistema de abastecimento será do tipo indireto, com reservatório inferior e superior.

Figura 24 – Render da edificação em estudo.



(fonte: própria do autor)

### 4.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

#### 4.1.1 Consumo

Para definição do consumo de água da edificação projetada, utiliza-se o Decreto N.º 9369/88 da Prefeitura de Porto Alegre, o qual estabelece parâmetros base para dimensionamento de instalações hidrossanitárias vinculadas ao Departamento Municipal de Água e Esgotos, o DMAE. Segundo o Artigo 43 do referido documento, o consumo mínimo *per capita* a ser considerado deve ser definido de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Consumo *per capita* de água conforme o uso da edificação.

Uso da edificação	Consumo
Apartamentos e residências	200 L per capita
Cinemas, teatros e templos	2 L por lugar
Escola - externatos	50 L per capita
Escola - internatos	200 L per capita
Escola - sem internatos e creches	100 L per capita
Escritórios e lojas	50 L per capita
Estabelecimentos de banho	300 L por pessoa
Fábricas	50 L por pessoa
Garagens	25 L por vaga
Hotéis e motéis	200 L per capita
Hospitais	250 L por leito
Lavanderias	30 L por kg de roupa seca
Mercado	5 L por m <sup>2</sup> de área
Posto de serviço para automóveis	150 L por veículo
Restaurantes e similares	25 L por refeição

(fonte: PORTO ALEGRE, 1988)

Enquanto que, a estimativa do número de pessoas que usufruem da edificação baseia-se no Artigo 44 do mesmo decreto, que define os seguintes parâmetros para apartamentos e residências (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativa do número de pessoas atendidas por dormitório.

Apartamentos e residências	
Dormitórios de até 12m <sup>2</sup> :	02 pessoas
Dormitórios com mais de 12m <sup>2</sup> :	03 pessoas

(fonte: PORTO ALEGRE, 1988)

A partir dos valores adotados, aplica-se a Equação 1:

$$N_P = (3 \cdot N_{DG} + 2 \cdot N_{DM}) \cdot N_{Aptos/Pav} \cdot N_{Pav} \quad (1)$$

Em que:

$N_P$ : Número de pessoas atendidas pelo sistema [un.]

$N_{DG}$ : Número de dormitórios com área superior a 12m<sup>2</sup> [un.]

$N_{DM}$ : Número de dormitórios com área igual ou inferior a  $12m^2$  [un.]

$N_{Aptos}$ : Número de apartamentos por pavimento [un.]

$N_{Pav}$ : Número de pavimentos [un.]

Posteriormente, a partir do número de pessoas, calcula-se o volume de consumo diário da edificação, utilizando-se a Equação 2:

$$CD = C_{per\ capita} \cdot N_P \quad (2)$$

Em que:

CD: Consumo diário da edificação [ $m^3/dia$ ]

$C_{per\ capita}$ : Consumo diário *per capita* [ $m^3/hab.dia$ ]

#### 4.1.2 Dimensionamento do ramal predial

Conforme afirmam Botelho e Ribeiro Jr. (2010), para dimensionamento do ramal predial de um sistema de abastecimento indireto adota-se as seguintes premissas:

- O abastecimento da rede é contínuo ao longo das 24 horas do dia;
- A vazão do ramal é suficiente para suprir o consumo diário.

Fixadas essas premissas, calcula-se a vazão necessária para suprir o consumo diário calculado anteriormente através da Equação 3:

$$Q_{mín} = \frac{CD}{86.400} \quad (3)$$

Em que:

$Q_{mín}$ : Vazão mínima que atenda o consumo diário da edificação [ $m^3/s$ ]

Posteriormente, aplica-se a Equação 4, fórmula da área da seção circular, uma das fórmulas básicas da hidráulica, e a substitui na Equação 5.

$$A_{Seção} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4)$$

Em que:

$A_{Seção}$ : Área da seção do condutor [m<sup>2</sup>]

D: Diâmetro da seção do condutor [m]

$$Q_{Min} = v_{Min} \cdot A_{Seção} \quad (5)$$

Em que:

$v_{Min}$ : Velocidade mínima do escoamento [m/s]

Assim, obtém-se a Equação 6, para a determinação do diâmetro mínimo do ramal de entrada.

$$D_{Min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{Min}}{\pi \cdot v_{min}}} \quad (6)$$

Em que:

$D_{Min}$ : Diâmetro mínimo do ramal de entrada [m]

$v_{min}$ : Velocidade mínima do escoamento [m/s]

Adotando-se como velocidade mínima o valor de 0,6 m/s, conforme recomendam Botelho e Ribeiro Jr. (2010), encontra-se o valor de diâmetro mínimo para o ramal de entrada. A escolha do diâmetro mais adequado possível é essencial para garantir um enchimento do reservatório dentro do tempo esperado. Como o ramal predial é de responsabilidade da concessionária, torna-se imprescindível consultar a responsável na região para definição do diâmetro de

projeto. Em Porto Alegre, segundo o Artigo 17 do Decreto em vigor Nº 9369, o DMAE disponibiliza os diâmetros de 20 mm e de 32 mm.

### 4.1.3 Dimensionamento do cavalete

É muito comum entre as concessionárias o uso de tabelas onde, em função do diâmetro do ramal predial, define-se o diâmetro do cavalete e seu abrigo, conforme observa-se na Tabela 3, extraída de Botelho e Ribeiro Jr. (2010).

Tabela 3 – Tabela de ramais prediais, hidrômetros e abrigos do número de pessoas atendidas por dormitório.

<b>Tabela de ramais prediais, hidrômetros e abrigos</b>				
<b>Ramal predial</b>	<b>Hidrômetro</b>		<b>Cavalete</b>	<b>Abrigo</b>
Diâmetro	Consumo provável	Vazão característica	Diâmetro	Dimensões
[mm]	[m <sup>3</sup> /dia]	[m <sup>3</sup> /h]	[mm]	[m]
20	5	3	20	0,85 x 0,65 x 0,30
25	8	5	25	0,85 x 0,65 x 0,30
25	16	10	32	0,85 x 0,65 x 0,30
25	30	20	40	0,85 x 0,65 x 0,30
50	50	30	50	2,00 x 0,90 x 0,40

(fonte: BOTELHO E RIBEIRO JR., 2010)

Entretanto, de acordo com instrução fornecida pelo DMAE, para estabelecimentos atendidos por ramais de diâmetro 20 mm, o diâmetro do cavalete deve, conseqüentemente, ter os mesmos 20 mm e o abrigo deve ter 45cm x 70cm x 15cm, conforme Figura 2 já apresentada.

### 4.1.4 Dimensionamento do alimentador predial

O diâmetro do alimentador deve ser exatamente igual ao do ramal, uma vez que ambos cumprem funções muito similares.

#### 4.1.5 Dimensionamento dos reservatórios

Segundo determinação do item 5.2.5.1 da NBR 5626, o volume de água reservado pelo sistema deve ser no mínimo equivalente ao necessário para suprir a demanda padrão ao longo de 24 horas, ou seja, o consumo diário da edificação. A respeito do volume máximo de reservação, a Norma não define nenhum limite, entretanto cita que devem ser garantidas invariavelmente as condições de potabilidade da água no seu período de detenção no reservatório e o respeito a eventuais disposições legais que fixem algum limite quanto ao volume permitido. Ainda assim, Botelho e Ribeiro Jr. (2010) sugerem a adoção dos seguintes valores como máximo e recomendado, respectivamente:

$$VMáx_R = 3. CD \quad (7)$$

$$VRec_R = 2. CD \quad (8)$$

Em que:

$VMáx_R$ : Volume máximo dos reservatórios [m<sup>3</sup>]

$VRec_R$ : Volume recomendado dos reservatórios [m<sup>3</sup>]

Nos casos de distribuição indireta com reservatório superior e inferior, o Decreto 9369 do DMAE define que o volume do reservatório inferior deve comportar entre 40% e 60% do consumo diário (CD). Além disso, define-se no Decreto, a obrigatoriedade de divisão em 2 compartimentos para reservatórios com volume superior a 6.000 L e presença de tampa de inspeção, canalização extravasora, de aviso, de expurgo e ventilação.

De acordo com Botelho e Ribeiro Jr. (2010), quanto aos complementos acima mencionados, adota-se os seguintes parâmetros para dimensionamento:

- Tubulação de limpeza: o diâmetro desse conduto é inversamente proporcional ao tempo de esvaziamento que desejasse adotar para o reservatório, entretanto é bastante comum a adoção de um diâmetro mínimo padrão de 32mm, justificável devido à possível existência de lodo no fundo do reservatório;

- Canalização extravasora: é comum a adoção de um diâmetro imediatamente superior ao da canalização de recalque para reservatórios superiores, e de um imediatamente superior ao do alimentador predial para reservatórios inferiores;
- Canalização de aviso: não tem diâmetro específico, afinal serve somente como alerta para o nível da água.

#### 4.1.6 Dimensionamento do sistema de recalque

Para o iniciar o dimensionamento do sistema de elevação determina-se o diâmetro da tubulação de recalque. De acordo com o item 5.3.3 da NBR 5626, o tempo de enchimento para edifícios como o do projeto em questão não deve ser superior a 6 horas. Para o cálculo direto do diâmetro de recalque aplica-se as Equações 9 e 10:

$$Q_r = \frac{CD}{T_{func.} \cdot 3600} \quad (9)$$

Em que:

$Q_r$ : Vazão mínima de recalque [ $m^3/s$ ]

CD: Consumo diário [ $m^3$ ]

$T_{func.}$ : Período de funcionamento do sistema elevatório [h]

$$D_r = 1,3 \cdot \sqrt[4]{Q_r \cdot \frac{T_{func.}}{24}} \quad (10)$$

Em que:

$D_r$ : Diâmetro mínimo de recalque [m]

A partir do diâmetro de recalque obtido através da equação, adota-se o diâmetro comercial imediatamente superior ao valor calculado. Para determinação do diâmetro da tubulação de

sucção, isto é, a tubulação que leva água até o sistema, antes do bombeamento, adota-se o diâmetro comercial imediatamente superior ao encontrado para a tubulação de recalque. Os diâmetros comerciais em PVC para tubulações de água fria são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Diâmetros comerciais para tubulação de água fria.

<b>Diâmetros das tubulações com juntas soldáveis para instalações de água fria</b>			
Polegadas	$\Phi_{\text{ext}}$ [mm]	e [mm]	$\Phi_{\text{int}}$ [mm]
1/2"	20	1,5	17
3/4"	25	1,7	21,6
1"	32	2,1	27,8
1 1/4"	40	2,4	35,2
1 1/2"	50	3	44
2"	60	3,3	53,4
2 1/2"	75	4,2	66,6
3"	85	4,7	75,6
4"	110	6,1	97,8

(fonte: TIGRE, 2019)

Para o dimensionamento da bomba é essencial estimar-se primeiramente a perda de carga que ocorre tanto na tubulação de recalque, como na de sucção. Para tanto, adotando-se a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao, conforme recomenda a NBR 5626, estima-se a perda de carga unitária que ocorre ao longo dos trechos empregando-se a Equação 11.

$$J = \frac{8,69 \cdot 10^6 \cdot Q_R^{1,75} \cdot d^{-4,75}}{9,81} \quad (11)$$

Em que:

J: Perda de carga unitária [m/m]

$Q_R$ : Vazão mínima recalcada [L/s]

d: Diâmetro interno [mm]

Após a determinação da perda de carga unitária para sucção e para recalque, a partir do comprimento real de tubulação e dos comprimentos equivalentes das conexões, calcula-se a perda de carga total para cada um dos trechos através da Equação 12.

$$HP_{Total} = J \cdot (L_R + L_{Eq}) \quad (12)$$

Em que:

$HP_{Total}$ : Perda de carga nas tubulações [m]

$L_R$ : Comprimento real da tubulação [m]

$L_{Eq}$ : Comprimento equivalente referente às conexões [m], calculado a partir das tabelas constantes no Anexo A

Obtida a altura referente às perdas de carga, utilizando a Equação 13, determina-se a altura manométrica a qual o sistema deverá atender.

$$H_{man} = HP_S + HP_R + \Delta H \quad (13)$$

Em que:

$H_{man}$ : Altura manométrica [m]

$HP_S$ : Perda de carga ocorrida na tubulação de sucção [m]

$HP_R$ : Perda de carga ocorrida na tubulação de recalque [m]

$\Delta H$ : Desnível geométrico entre o reservatório inferior e o superior [m]

Conhecida a altura manométrica e a vazão que deve ser atendida, através dos ábacos dos fornecedores é possível determinar facilmente o modelo necessário. Também a partir de ábacos fornecidos pelos fabricantes, determina-se o rendimento do sistema. De conhecimento do rendimento, aplicando-se a Equação 14 determina-se a potência do conjunto elevatório.

$$N = \frac{\gamma \cdot Q_R \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta} \quad (14)$$

Em que:

$\gamma$ : Peso específico da água [N/m<sup>3</sup>]

N: Potência [cv]

n: Rendimento [ ]

#### 4.1.7 Dimensionamento da rede de distribuição interna

O método de dimensionamento da rede interna apresentado a seguir fundamenta-se na rotina de cálculos sugerida pela própria NBR 5626, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Roteiro de cálculo da rede de distribuição interna de água fria.

Passo	Atividade	Coluna a preencher
1º	Preparar o esquema isométrico da rede e numerar sequencialmente cada nó ou ponto de utilização desde o reservatório ou desde a entrada do cavalete	-
2º	Introduzir a identificação de cada trecho da rede na planilha	1
3º	Determinar a soma dos pesos relativos de cada trecho, usando a Tabela A.1	2
4º	Calcular para cada trecho a vazão estimada, em litros por segundo, com base na equação apresentada em A.1.2	3
5º	Partindo da origem de montante da rede, selecionar o diâmetro interno da tubulação de cada trecho, considerando que a velocidade da água não deva ser superior a 3 m/s. Registrar o valor da velocidade e o valor da perda de carga unitária (calculada pelas equações indicadas em A.2.1) de cada trecho	4, 5 e 6
6º	Determinar a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário.	7
7º	Determinar a pressão disponível na saída de cada trecho, somando ou subtraindo à pressão residual na sua entrada o valor do produto da diferença de cota pelo peso específico da água (10kN/m <sup>3</sup> )	8
8º	Medir o comprimento real do tubo que compõe cada trecho considerado	9
9º	Determinar o comprimento equivalente de cada trecho somando ao comprimento real os comprimentos equivalentes das conexões	10
10º	Determinar a perda de carga de cada trecho, multiplicando os valores das Colunas 6 e 10 da planilha	11
11º	Determinar a perda de carga provocada por registros e outras singularidades dos trechos	12
12º	Obter a perda de carga total de cada trecho, somando os valores das colunas 11 e 12 da planilha	13
13º	Determinar a pressão disponível residual na saída de cada trecho, subtraindo a perda de carga total (Coluna 13) da pressão disponível (Coluna 8)	14
14º	Se a pressão residual for menor que a pressão requerida no ponto de utilização, ou se a pressão for negativa, repetir os passos 5º ao 13º, selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação de cada trecho	-

(fonte: ABNT NBR 5626, 1998)

#### 4.1.7.1 Dimensionamento dos sub-ramais

Para definição dos diâmetros das tubulações dos sub-ramais de cada uma das peças de utilização adota-se medidas mínimas pré-estabelecidas através de ensaios laboratoriais, as quais são apresentadas na Tabela 6, ou, utiliza-se o mesmo método utilizado para dimensionamento dos ramais, em função do peso relativo da peça de utilização.

Tabela 6 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais.

Diâmetros mínimos dos sub-ramais		
Peça de utilização	Diâmetro	
	DN [mm]	Ref. [pol.]
Aquecedor de alta pressão	20	1/2
Aquecedor de baixa pressão	25	3/4
Banheira	20	1/2
Bebedouro	20	1/2
Bidê	20	1/2
Caixa de descarga	20	1/2
Chuveiro	20	1/2
Filtro de pressão	20	1/2
Lavatório	20	1/2
Máquina de lavar pratos/roupas	25	3/4
Mictório autoaspirante	32	1
Mictório não aspirante	20	1/2
Pia de cozinha	20	1/2
Tanque de despejo ou de lavar roupas	25	3/4
Válvula de descarga	40	1 1/4

(fonte: BOTELHO E RIBEIRO JR., 2010)

#### 4.1.7.2 Dimensionamento dos ramais

Para dimensionamento dos ramais da rede interna se adotará o método do consumo simultâneo provável, também conhecido como método do consumo máximo provável, uma vez que é extremamente incomum o uso simultâneo de todos os aparelhos no caso específico deste estudo.

Como explica a norma em seu Anexo A, a demanda simultânea estimada no método escolhido, obtida através dos pesos relativos e do coeficiente de descarga, é fruto da experiência acumulada na área de instalações hidráulicas e do estudo das teorias da probabilidade.

O método consiste basicamente em somar os pesos relativos de cada uma das peças, os quais são função direta da carga hidráulica que estes representam para a rede, para obter um valor referente ao peso total da instalação, o qual denomina-se somatório total dos pesos. Multiplicando este valor pelo coeficiente de descarga, conforme Equação 15, obtém-se a demanda simultânea total do grupo de peças considerado.

$$Q = C_d \cdot \sqrt{\sum P} \quad (15)$$

Em que:

Q: Vazão de demanda simultânea [L/s]

$C_d$ : Coeficiente de descarga (0,3) [L/s]

P: Peso relativo de cada peça de utilização do sistema, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Peso relativo de acordo com as peças de utilização.

Diâmetros mínimos dos sub-ramais		
Peça de utilização	Diâmetro	
	DN [mm]	Ref. [pol.]
Aquecedor de alta pressão	20	1/2
Aquecedor de baixa pressão	25	3/4
Banheira	20	1/2
Bebedouro	20	1/2
Bidê	20	1/2
Caixa de descarga	20	1/2
Chuveiro	20	1/2
Filtro de pressão	20	1/2
Lavatório	20	1/2
Máquina de lavar pratos/roupas	25	3/4
Mictório autoaspirante	32	1
Mictório não aspirante	20	1/2
Pia de cozinha	20	1/2
Tanque de despejo ou de lavar roupas	25	3/4
Válvula de descarga	40	1 1/4

(fonte: ABNT NBR 5626, 1998)

A partir dos valores encontrados para o somatório de pesos e para a vazão, utilizando o Nomograma de Pesos, Vazões e Diâmetros, o qual encontra-se no Anexo B deste trabalho, obtém-se facilmente os diâmetros correspondentes.

#### 4.1.7.3 Dimensionamento das colunas

O mecanismo para dimensionamento das colunas é análogo ao dos ramais. Os pesos, antes correspondentes a cada uma das peças, passam a ser referentes a cada uma das derivações da coluna, no caso, ramais.

#### 4.1.7.4 Dimensionamento do Barrilete

Inicialmente define-se qual tipologia se adotará, ramificada ou simplificada. Posteriormente, de maneira análoga ao método utilizado para colunas e ramais, calcula-se o peso de cada uma das colunas para dimensionar o barrilete trecho a trecho. É importante adotar, no caso de reservatórios com duas câmaras, a pior situação possível para dimensionamento da tubulação do barrilete, ou seja, quando um dos trechos se encontra com um registro fechado.

#### 4.1.7.5 Verificação das pressões disponíveis

Determinados os diâmetros, realiza-se a verificação das pressões nas instalações, de forma a garantir um funcionamento conforme as exigências da NBR 5626. A priori devem ser verificadas situações quanto a pressão mínima e máxima de cada uma das peças de utilização, entretanto, sabe-se que casos de pressão acima da máxima (40 mca para a maioria das peças) são encontrados somente em edifícios acima de 40m de altura, não se enquadrando, portanto, no caso em estudo. Contudo, as pressões mínimas devem invariavelmente ser verificadas, uma vez que afetam o funcionamento principalmente de chuveiros (2 mca), que por apresentarem altas vazões em pontos com geometria desfavorável, tendem a representar o ponto mais crítico de pressão da instalação.

A verificação é realizada de acordo com a tabela representada no Anexo C deste trabalho.

Após o dimensionamento da rede e preenchimento das Colunas 1,2,3,4 e 5, calcula-se, a partir da equação de Fair-Whipple-Hsiao, apresentada na Equação 16, a perda de carga unitária nas tubulações de plástico.

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad (16)$$

Em que:

J: Perda de carga unitária [kPa/m<sup>2</sup>]

Q: Vazão [L/s]

D: Diâmetro [mm]

Com o valor encontrado para a perda de carga unitária, preenche-se a Coluna 6 da tabela.

O preenchimento da Coluna 7, diferença de cota, ocorre em função da variação de cota dos pontos do trecho em estudo. Quando houver deslocamento para pontos a cotas mais altas, esta deverá ser preenchida com valores negativos, enquanto que para cotas mais baixas tem-se valores positivos.

$$\Delta_{Cot} > 0 \text{ em descidas}$$

$$\Delta_{Cot} < 0 \text{ em subidas}$$

Em que:

$\Delta_{Cot}$ : Diferença das cotas [m]

A Coluna 8, pressão disponível, é preenchida pela soma da pressão residual (Coluna 14) ao final do trecho de tubulação imediatamente anterior com o ganho ou perda de pressão originado pela diferença de cota da Coluna 7, conforme Equação 17.

$$P_{Disp} = P_{Res} + \Delta_{Cot} \cdot 10 \quad (17)$$

Em que:

$P_{Disp}$ : Pressão disponível no início do trecho em estudo [kPa]

$P_{Res}$ : Pressão residual do trecho imediatamente anterior ao estudado [kPa]

As Colunas 9 e 10 são preenchidas pelo comprimento real e equivalente da tubulação, respectivamente. O primeiro trata-se do comprimento físico da tubulação, já o segundo é o

comprimento equivalente referente às perdas de carga originadas em conexões. A perda varia de acordo com diâmetro e tipo de conexão e é determinada conforme as tabelas do Anexo A deste trabalho.

Com os comprimentos calculados, multiplica-se, nas Colunas 11 e 12, os comprimentos real e equivalente pela perda de carga unitária calculada anteriormente e representada na Coluna 6, obtendo-se assim, a perda de carga total nas tubulações e nas conexões, respectivamente. Na Coluna 13 apresenta-se a perda de carga total, soma das duas colunas anteriores. A seguir, as equações utilizadas:

$$HP_R = L_R \cdot J \quad (18)$$

$$HP_{Eq} = L_{Eq} \cdot J \quad (19)$$

$$HP_{Total} = HP_R + HP_{Eq} \quad (20)$$

Em que:

$HP_R$ : Perda de carga real [m]

$L_R$ : Comprimento real da tubulação [m]

$HP_{Eq}$ : Perda de carga equivalente [m]

$L_{Eq}$ : Comprimento equivalente referente às conexões [m]

$HP_{Total}$ : Perda de carga total nas tubulações [m]

Na Coluna 14, calcula-se a pressão disponível no final do trecho em análise, através da Equação 21, ao realizar-se a subtração da pressão disponível no início do trecho, na Coluna 8, pela perda de carga ao longo do mesmo, na Coluna 13.

$$P_{Disp-Res} = P_{Disp} - HP_{Total} \quad (21)$$

Em que:

$P_{Disp-Res}$ : Pressão disponível residual [kPa]

Na Coluna 15, indica-se a pressão mínima exigida pela peça de utilização para fins de comparação. Em casos que o valor não é atendido, é necessário estudar alternativas de forma a alcançar o valor mínimo.

## 4.2 INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE

### 4.2.1 Dimensionamento do sistema de aquecimento tradicional

O sistema de aquecimento sugerido inicialmente para o projeto em estudo trata-se de um aquecedor individual de passagem a gás, tanto pela economia quanto pelo conforto proporcionado. Para seu dimensionamento, é necessário estimar-se a vazão de água quente necessária para abastecimento de cada unidade através do método do consumo máximo provável, aplicando a Equação 15 novamente.

$$Q = C_d \cdot \sqrt{\sum P} \quad (15)$$

Em que:

Q: Vazão de demanda simultânea [L/s]

C<sub>d</sub>: Coeficiente de descarga (0,3) [L/s]

P: Peso relativo de cada peça de utilização do sistema, conforme Tabela 7

A partir da vazão encontrada, busca-se no mercado um produto que atenda à vazão resultante com um consumo racional de gás, visando economia e alta rentabilidade para o sistema.

### 4.2.2 Dimensionamento da rede de distribuição interna

Conforme afirma Carvalho Júnior (2017), apesar de tratar-se de um sistema independente do de abastecimento de água fria, o traçado e método de dimensionamento do sistema de água aquecida obedece basicamente aos mesmos princípios.

#### 4.2.2.1 Dimensionamento dos sub-ramais

Bem como nas instalações de água fria, estão estabelecidos diâmetros nominais mínimos padrão para os sub-ramais das peças mais utilizadas de água quente, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais.

<b>Diâmetros mínimos dos sub-ramais</b>		
<b>Peça de utilização</b>	<b>Diâmetro</b>	
	<b>DN [mm]</b>	<b>Ref. [pol.]</b>
Aquecedor de alta pressão	20	1/2
Aquecedor de baixa pressão	25	3/4
Banheira	20	1/2
Bebedouro	20	1/2
Bidê	20	1/2
Caixa de descarga	20	1/2
Chuveiro	20	1/2
Filtro de pressão	20	1/2
Lavatório	20	1/2
Máquina de lavar pratos/roupas	25	3/4
Mictório autoaspirante	32	1
Mictório não aspirante	20	1/2
Pia de cozinha	20	1/2
Tanque de despejo ou de lavar roupas	25	3/4
Válvula de descarga	40	1 1/4

(fonte: ALMEIDA SILVA, 2019)

#### 4.2.2.2 Dimensionamento dos ramais

De maneira análoga, repete-se o mesmo processo apresentado anteriormente para água fria. A partir da Equação 16 e fazendo uso da Tabela 7, estima-se a vazão necessária para atendimento do uso de água quente.

Consultando o nomograma de pesos, vazões e diâmetros, presente no Anexo B, determina-se o diâmetro dos ramais trecho a trecho.

#### 4.2.2.3 Verificação das pressões disponíveis

Para a verificação das pressões utiliza-se a Tabela 1 da NBR 5626 já apresentada anteriormente, sendo a única diferença o cálculo da perda de carga unitária nas tubulações de PPR. Para este cálculo, utiliza-se a Equação 22.

$$J = 6,92 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad (22)$$

Em que:

J: Perda de carga unitária [kPa/m<sup>2</sup>]

Q: Vazão [L/s]

D: Diâmetro [mm]

Definida a perda de carga unitária, segue-se rigorosamente o processo explicitado no item 4.1.7.5 deste trabalho.

### 4.3 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO

O dimensionamento do sistema de esgoto predial é realizado em função das Unidades Hunter de Contribuição (UHC), as quais representam o nível de contribuição de águas servidas de cada um dos aparelhos sanitários, conforme Tabela 9 extraída da NBR 8160.

Tabela 9 – Número de unidades Hunter de contribuição por aparelho.

Aparelho sanitário		Número de unidades Hunter de contribuição
Bacia sanitária		6
Banheira de residência		2
Bebedouro		0,5
Bidê		1
Chuveiro	De residência	2
	Coletivo	4
Lavatório	De residência	1
	De uso geral	2
Mictório	Válvula de descarga	6
	Caixa de descarga	5
	Descarga automática	2
	De calha	2
Pia de cozinha residencial		3
Pia de cozinha industrial	Preparação	3
	Lavagem de panelas	4
Tanque de lavar roupas		3
Máquina de lavar louças		2
Máquina de lavar roupas		3

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

A simplificação proposta torna o dimensionamento da rede bastante trivial, uma vez que os diâmetros passam a ser determinados em função do número total de UHC dos aparelhos atendidos de acordo com as tabelas fornecidas pela NBR8160, as quais variam de acordo com o trecho do sistema em dimensionamento.

Além do diâmetro, deve-se atentar à declividade das tubulações dos trechos horizontais, uma vez que o sistema de esgoto trabalha basicamente por gravidade. De acordo com a NBR 8160, as tubulações com DN menor que 75 devem ter declividade mínima de 2%, enquanto que as de DN 100 devem possuir declividade mínima de 1%.

### 4.3.1 Dimensionamento do ramal de descarga

Para dimensionamento dos ramais de descarga, utiliza-se a Tabela 10, extraída da NBR 8160.

Tabela 10 – Número de unidades Hunter de contribuição e diâmetro mínimo do ramal de descarga por aparelho sanitário.

Aparelho sanitário		Número de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga
Bacia sanitária		6	100
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	400
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50
Máquina de lavar roupas		3	50

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

Salienta-se que as mudanças de direção ocorridas na horizontal devem ter peça com ângulo central de 45°, enquanto que para mudanças na vertical o ângulo admitido passa a ser 90°.

### 4.3.2 Dimensionamento do ramal de esgoto

Analogamente, soma-se todas as UHC referentes ao trecho em dimensionamento, e, utilizando a Tabela 11, determina-se o diâmetro.

Tabela 11 – Dimensionamento dos ramais de esgoto.

Diâmetro nominal mínimo do tubo	Número máximo de unidades Hunter de contribuição
40	3
50	6
75	20
100	160

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

### 4.3.3 Dimensionamento do tubo de queda

O dimensionamento dos tubos de queda da edificação também é função do somatório de UHC encontrado ao longo do trecho estudado e é realizado através da Tabela 12.

Tabela 12 – Dimensionamento dos tubos de queda.

Diâmetro nominal do tubo	Número máximo de unidades Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1900
200	2200	3600
250	3800	5600
300	6000	8400

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

Ressalta-se o fato de que nenhum tubo de queda deve ter diâmetro inferior ao da maior tubulação ligada a ele. Logo, por exemplo, jamais um vaso sanitário deverá descarregar em um tubo de queda com diâmetro inferior a um DN100.

### 4.3.4 Dimensionamento do subcoletor e coletor predial

Para o dimensionamento dos coletores e subcoletores, tem-se um mecanismo distinto, uma vez que o dimensionamento passa a ser realizado em função tanto do somatório de UHC, quanto da inclinação do trecho.

Adotando a maior inclinação possível, respeitando o valor máximo de 5%, e conhecendo o valor final do somatório, através da Tabela 13 é possível definir o diâmetro.

Tabela 13 – Dimensionamento dos subcoletores e coletores prediais.

Diâmetro nominal do tubo	Número máximo de unidades Hunter de contribuição em função das declividades mínimas			
	[%]			
[mm]	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

### 4.3.5 Dimensionamento dos ramais de ventilação

Para o dimensionamento dos ramais de ventilação, utiliza-se a Tabela 14.

Tabela 14 – Dimensionamento dos ramais de ventilação.

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

Ao locar os ramais de ventilação, é necessária atenção especial quanto à distância máxima entre um desconector e o tubo de ventilação, conforme Tabela 15.

Tabela 15 – Distância máxima de ligação da tubulação de ventilação.

Diâmetro nominal do ramal de descarga	Distância máxima
[mm]	[m]
40	1
50	1,2
75	1,8
100	2,4

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

### 4.3.6 Dimensionamento da coluna de ventilação

Para o dimensionamento das colunas, inclui-se no método o comprimento máximo permitido para a tubulação. Logicamente, quanto maior o comprimento necessário, maior deve ser o diâmetro para o mesmo número de UHC, conforme Tabela 16.

Tabela 16 – Dimensionamento das colunas de ventilação cloacais.

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto [mm]	Número de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação [mm]							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido [m]							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7600	-	-	-	-	43	171	-	-
250	4000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26000	-	-	-	-	5	22	70	152

(fonte: ABNT NBR 8160, 1999)

### 4.3.7 Dimensionamento de elementos

#### 4.3.7.1 Dimensionamento das caixas de inspeção

Para edificações de pequeno e médio porte, recomenda-se caixas de inspeção com pelo menos 60cm livres internamente em cada um dos lados no caso de caixas prismáticas. Para as cilíndricas, o diâmetro interno mínimo é de 60cm. A profundidade varia de acordo com os subcoletores, não devendo ser superior a 1,0m.

#### 4.3.7.2 Dimensionamento das caixas sifonadas

Os diâmetros das caixas sifonadas são determinados de acordo com a Tabela 17.

Tabela 17 – Dimensionamento das caixas sifonadas.

Unidades Hunter do efluente	DN
Até 6 UHC	100
Até 10 UHC	125
Até 15 UHC	150

(fonte: BOTELHO E RIBEIRO JR., 2010)

## 4.4 INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 4.4.1 Determinação dos parâmetros básicos

O dimensionamento do sistema de águas pluviais, segundo NBR 10884, é iniciado através da determinação da intensidade da chuva de projeto. Para a determinação da intensidade “I”, é necessário o estabelecimento da duração e do tempo de retorno da precipitação considerada, realizado de acordo com os itens 5.1.2 e 5.1.3 da NBR em questão, apresentados nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 – Determinação do termo de retorno da chuva de projeto.

<b>Determinação do tempo de retorno da chuva de projeto</b>	
<b>T [anos]</b>	<b>Classe</b>
1	Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados
5	Coberturas e terraços
25	Coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989)

Tabela 19 – Determinação da duração da chuva de projeto.

<b>Duração da precipitação de projeto</b>
5 min

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989)

Com os parâmetros acima mencionados definidos e consultando a Tabela 20, define-se a intensidade  $I$  de projeto.

Tabela 20 – Determinação da intensidade pluviométrica.

<b>Local</b>	<b>Intensidade pluviométrica [mm/h]</b>		
	<b>Período de retorno [ano]</b>		
	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>25</b>
Alegre - RS	174	238	313
Bagé - RS	126	204	234
Curitiba - PR	132	204	228
Florianópolis - SC	114	120	144
Porto Alegre - RS	118	146	167
Rio de Janeiro (Ipanema) - RJ	119	125	160
Santa Maria - RS	114	122	145
São Paulo - Congonhas	122	132	-

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989)

Determinada a intensidade de projeto, calcula-se as áreas de contribuição, onde, de acordo com o item 5.2.1 da NBR 10844, é obrigatória a consideração dos incrementos relativos à

inclinação da cobertura e paredes que interceptam água da chuva. Para o cálculo das áreas de contribuição, a NBR10844 adota os critérios presentes no Anexo D deste trabalho.

Definidas as áreas de contribuição do projeto em estudo, aplica-se a Equação 23 para a determinação da vazão de projeto.

$$Q_{Projeto} = \frac{I \cdot A}{60} \quad (23)$$

Em que:

$Q_{Projeto}$ : Vazão de projeto [L/min]

I: Intensidade da chuva de projeto [mm/h]

A: Área de contribuição [m<sup>2</sup>]

#### 4.4.2 Dimensionamento de condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores é realizado através da Equação 24, adotando-se como premissa uma altura de lâmina da água igual a 2/3 do diâmetro.

$$Q_{Projeto} = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

Em que:

K: Coeficiente de transformação de unidades (60.000) [ ]

S: Área da seção molhada [m<sup>2</sup>]

$R_H$ : Raio hidráulico [m]

I: Inclinação da calha [m/m]

n: Coeficiente de rugosidade, conforme Tabela 21.

Tabela 21 – Determinação do coeficiente de rugosidade da tubulação.

Material	Coefficiente de rugosidade (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: ABNT NBR 10844, 1989)

A NBR 10844 apresenta, com o intuito de facilitar o dimensionamento, os resultados tabelados constantes na Tabela 22, onde através da vazão, declividade e rugosidade, é facilmente determinado o diâmetro da tubulação.

Tabela 22 – Capacidades de condutores horizontais de seção circular.

Diâmetro interno [mm]	Vazão [L/min]											
	n= 0,011				n= 0,012				n= 0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989)

#### 4.4.3 Dimensionamento dos condutores verticais

Para dimensionamento de lajes impermeabilizadas de cobertura, os ábacos fornecidos na NBR 10844 tornam-se inutilizáveis, uma vez que um dos dados de entrada se trata da altura da lâmina da água na calha. Com isso, de acordo com Botelho e Ribeiro Jr. (2010), adota-se a tabela constante a seguir como forma de simplificação no dimensionamento dos condutores verticais, associando a metragem quadrada de área atingida pela chuva ao diâmetro do tubo de queda necessário. Entretanto, se mantém o diâmetro mínimo estabelecido em norma de 75 mm, de acordo com item 5.6.3 da NBR 10844.

Tabela 23 – Capacidades de condutores verticais de seção circular.

Diâmetro interno [mm]	Vazão [L/min]											
	n= 0,011				n= 0,012				n= 0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989)

#### 4.4.4 Dimensionamento dos sistemas de amortecimento de vazões

Conforme estabelece o Decreto 18611/2014 de Porto Alegre, calcula-se a vazão máxima de esgoto pluvial através da Equação 25.

$$Q_{m\acute{a}x} = 20,8.A \quad (25)$$

Em que:

$Q_{m\acute{a}x}$ : Vazão máxima lançada na rede pública de esgoto pluvial [L/s]

A: Área do lote [ha]

Obtida a vazão máxima para o lote em questão, compara-se valores. Para casos onde a vazão máxima é menor que a vazão de projeto do trecho de ligação na rede pública, torna-se obrigatório o desenvolvimento de alguma alternativa de amortecimento das vazões de águas pluviais.

Para terrenos com área menor que 100ha, o Decreto 18611/2014 define, no Artigo 4.1, a Equação 26, utilizada para cálculo do volume de reservação mínimo.

$$V_{res} = 0,0425.A_{imp} \quad (26)$$

Em que:

$V_{res}$ : Volume de reservação de águas pluviais [m<sup>3</sup>]

A: Área impermeável [m<sup>2</sup>]

Para atendimento ao volume exigido, pode-se optar por inúmeras soluções. Neste projeto, serão abordadas as duas constantes a seguir.

#### 4.4.4.1 Dimensionamento do volume de reservação no Telhado Verde

O sistema de Telhado Verde contará constantemente com um volume disponível para reservação da água, conforme Figura 17. Para o cálculo do volume disponível no sistema, aplica-se a Equação 27.

$$V_{Res-TV} = e \cdot A_{TV} \quad (27)$$

Em que:

$V_{Res-TV}$ : Volume de reservação no Telhado Verde [m<sup>3</sup>]

$A_{TV}$ : Área de Telhado Verde [m<sup>2</sup>]

e: Espessura da camada de reservação prevista em projeto [m]

#### 4.4.4.2 Dimensionamento do reservatório pluvial no subsolo

Para a determinação do volume a ser reservado no reservatório inferior pluvial, utiliza-se a Equação 28.

$$V_{Res-RP} = V_{Res} - V_{Res-TV} \quad (28)$$

Em que:

$V_{Res-RP}$ : Volume de reservação no reservatório pluvial do subsolo [m<sup>3</sup>]

## 4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO

### 4.5.1 Análise técnica para implantação do Sistema Laminar Alto

Para a verificação da compatibilidade do telhado verde proposto neste estudo com o projeto desenvolvido, elencou-se as principais exigências do sistema quanto à planicidade e capacidade de carga da estrutura suporte, aos materiais empregados para impermeabilização e às características geométricas e arquitetônicas da cobertura da edificação. Posteriormente, verificou-se se a edificação projetada atendia tais requisitos para, dessa forma, garantir que tecnicamente o projeto proposto é passível de ser executado em uma situação real.

### 4.5.2 Análise orçamentária para implantação do sistema laminar alto

No estudo da viabilidade orçamentária, criou-se dois casos para fins de comparação. Para o Caso I, adotou-se a abordagem sustentável, ou seja, aplicação de sistema de impermeabilização com geomembrana de PVC e Sistema Laminar Alto na cobertura. Para o Caso II, optou-se por uma abordagem tradicional, com impermeabilização em manta asfáltica e cobertura em contrapiso de concreto. A orçamentação do Sistema Laminar Alto e da impermeabilização em geomembrana de PVC foi realizada pelo departamento comercial da Ecotelhado, enquanto que sistemas como reservatórios subterrâneos e manta asfáltica foram orçados com base nos valores praticados pela Empresa X, construtora e incorporadora de Porto Alegre, RS, Brasil.

## 5. MEMÓRIA DE CÁLCULO

### 5.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

#### 5.1.1 Consumo

Para o cálculo do consumo de água da edificação, utilizando a Tabela 1 e por tratar-se de uma edificação residencial, determinou-se:

$$C_{per\ capita} = 200 \frac{L}{hab.\ dia}$$

Em que:

$C_{per\ capita}$ : Consumo diário per capita [L/hab.dia]

Para a estimativa do número de habitantes que usufruirão da edificação, utilizou-se a Tabela 2. A partir dos valores a seguir, levantados através do projeto arquitetônico, e da aplicação da Equação 1, chegou-se ao seguinte valor para o número de pessoas atendidas pelo sistema:

$$N_{DG} = 8 \text{ dormitórios}$$

$$N_{DM} = 16 \text{ dormitórios}$$

$$N_P = 56 \text{ pessoas}$$

Em que:

$N_{DG}$ : Número de dormitórios com área superior a 12m<sup>2</sup> [un.]

$N_{DM}$ : Número de dormitórios com área igual ou inferior a 12m<sup>2</sup> [un.]

$N_P$ : Número de pessoas atendidas pelo sistema [un.]

Obtido o número de pessoas atendidas, aplicando a Equação 2, obteve-se o consumo diário da edificação.

$$CD = 11,2 \frac{m^3}{dia}$$

Em que:

CD: Consumo diário da edificação [m<sup>3</sup>/dia]

### 5.1.2 Dimensionamento do ramal predial

Para dimensionamento do ramal predial, utilizou-se as Equações 4, 5 e 6, obtendo-se os seguintes resultados, para uma velocidade mínima igual a 0,6 m/s, conforme recomendam Botelho e Ribeiro Jr. (2010).

$$Q_{min} = 0,00013 \frac{m^3}{s}$$

$$D_{min} = 16,59 \text{ mm}$$

Como este diâmetro não está comercialmente disponível, adotou-se:

$$DN = 20 \text{ mm}$$

### 5.1.3 Dimensionamento do cavalete

Fazendo uso da instrução fornecida pelo DMAE, representada na Figura 2, adotou-se:

$$DN_c = 20 \text{ mm}$$

$$D_{Abrigo} = 45 \times 70 \times 15 \text{ cm}$$

Em que:

DN<sub>c</sub>: Diâmetro do cavalete [mm]

D<sub>Abrigo</sub>: Dimensões do abrigo para cavalete [cm]

### 5.1.4 Dimensionamento do alimentador predial

Conforme item 4.1.4, adotou-se o mesmo DN do ramal predial, logo:

$$DN_{Ra} = 20 \text{ mm}$$

Em que:

$DN_{Ra}$ : Diâmetro do ramal predial [mm]

### 5.1.5 Dimensionamento dos reservatórios

Utilizando as Equações 7 e 8, chegou-se aos seguintes valores de volume máximo e recomendado, segundo Botelho e Ribeiro Jr. (2010).

$$VMáx_R = 33,60 \text{ m}^3$$

$$VRec_R = 22,4 \text{ m}^3$$

Em que:

$VMáx_R$ : Volume máximo dos reservatórios [ $\text{m}^3$ ]

$VRec_R$ : Volume recomendado dos reservatórios [ $\text{m}^3$ ]

Entretanto, questões arquitetônicas do projeto em questão inviabilizaram a construção de reservatórios que fossem capazes de armazenar tal quantidade de água. Em virtude disso, adotou-se:

$$V_R \approx 1CD = 11,0 \text{ m}^3$$

Em que:

$V_R$ : Volume dos reservatórios [ $\text{m}^3$ ]

Também em virtude da arquitetura, 60% do volume reservado estará na parte superior da edificação e 40% na parte inferior. Dessa forma, serão instalados dois reservatórios de 3  $\text{m}^3$  na parte superior de edificação e um de 5  $\text{m}^3$  na base.

Para as tubulações “complementares” ao sistema de reservação foram adotadas as seguintes dimensões:

$$DN_L = 32 \text{ mm}$$

$$DN_E = 32 \text{ mm}$$

$$DN_A = 20 \text{ mm}$$

Em que:

$DN_L$ : Diâmetro nominal da tubulação de limpeza [mm]

$DN_E$ : Diâmetro nominal da tubulação extravasora [mm]

$DN_A$ : Diâmetro nominal da tubulação de aviso [mm]

Para a tubulação de limpeza adotou-se o diâmetro padrão de 32 mm. Para o extravasor, conforme mencionado no item 4.1.5, adota-se o DN imediatamente superior ao DN de recalque. Para a tubulação de aviso adotou-se DN20, uma vez que o diâmetro não tem nenhum impacto no desempenho de sua função.

### 5.1.6 Dimensionamento do sistema de recalque

Conforme exige a NBR 5626, adotou-se para o tempo de funcionamento do sistema de recalque:

$$T_{func.} = 6 \text{ horas}$$

Em que:

$T_{Func.}$ : Período de funcionamento do sistema elevatório [h]

Aplicando a Equação 9, encontrou-se o seguinte valor para a vazão de recalque:

$$Q_r = 0,00052 \frac{m^3}{s} = 1,87 \frac{m^3}{h}$$

Utilizando a Equação 10, encontrou-se o diâmetro mínimo para a tubulação de recalque. Como o valor encontrado não é um diâmetro comercial, adotou-se o imediatamente superior.

$$D_r = 20,93 \text{ mm}$$

$$DN_r = 25 \text{ mm}$$

Em que:

$D_r$ : Diâmetro mínimo de recalque [mm]

$DN_r$ : Diâmetro nominal de recalque [mm]

Para a tubulação de sucção, adotou-se o DN imediatamente superior ao  $DN_r$ . Neste caso, adotou-se então:

$$DN_s = 32 \text{ mm}$$

Em que:

$DN_s$ : Diâmetro nominal da tubulação de sucção [mm]

Para a determinação das perdas de carga unitárias nas tubulações de sucção e recalque, utilizando a Equação 11 e os valores encontrados nos cálculos constantes acima, encontrou-se os seguintes valores.

$$J_{suc} = 0,039 \frac{m}{m}$$

$$J_{rec} = 0,129 \frac{m}{m}$$

Em que:

$J_{suc}$ : Perda unitária na tubulação de sucção [m/m]

$J_{rec}$ : Perda unitária na tubulação de recalque [m/m]

Posteriormente, realizou-se o cálculo do comprimento real e equivalente de cada uma das duas tubulações, conforme Tabelas 24, 25, 26 e 27. Para o cálculo do comprimento equivalente utilizou-se as tabelas do Anexo A.

Tabela 24 – Comprimento real da tubulação de sucção.

<b>Lreal - Tubulação de sucção (DN 32)</b>		
<b>Pavimento</b>	<b>Comprimento [m]</b>	
	<b>Horizontal</b>	<b>Vertical</b>
SS	1	0,5
T	0	0
2º Pav.	0	0
3º Pav.	0	0
4º Pav.	0	0
5º Pav.	0	0
Cob.	0	0
Res.	0	0
<b>TOTAL [m]:</b>		1,5

(fonte: própria do autor)

Tabela 25 – Comprimento equivalente da tubulação de sucção.

<b>Lequivalente - Tubulação de sucção (DN32)</b>			
<b>Peça</b>	<b>Quant.</b>	<b>Leq</b>	
		<b>Unitário [m]</b>	<b>Total [m]</b>
Válvula de pé e crivo	1	15,5	15,5
Joelho 90º	1	2	2
Tê saída bilateral	1	4,6	4,6
Registro gaveta	1	0,4	0,4
<b>TOTAL [m]:</b>			22,5

(fonte: própria do autor)

Tabela 26 – Comprimento real da tubulação de recalque.

<b>Lreal - Tubulação de recalque (DN 25)</b>		
<b>Pavimento</b>	<b>Comprimento [m]</b>	
	<b>Horizontal</b>	<b>Vertical</b>
SS	4,85	2,4
T	10,55	2,9
2º Pav.	0	2,9
3º Pav.	0	2,9
4º Pav.	0	2,9
5º Pav.	0	2,95
Cob.	6,55	2,55
Res.	10,12	0,5
<b>TOTAL [m]:</b>		52,07

(fonte: própria do autor)

Tabela 27 – Comprimento equivalente da tubulação de recalque.

<b>Lequivalente - Tubulação de recalque (DN25)</b>			
<b>Peça</b>	<b>Quant.</b>	<b>Leq</b>	
		<b>Unitário</b>	<b>Total</b>
Válvula de retenção leve	1	3,8	3,8
Curva 90°	10	0,6	6
Joelho 90°	6	1,5	9
Tê passagem direta	1	0,9	0,9
<b>TOTAL [m]:</b>			<b>19,7</b>

(fonte: própria do autor)

A perda de carga total de cada um dos trechos foi calculada através da Equação 12. Os resultados encontrados estão disponíveis nas Tabelas 28 e 29.

Tabela 28 – Perda de carga total na tubulação de sucção.

<b>Perda de carga total - Sucção</b>	
Leq [m]:	22,5
Lreal [m]:	1,5
Jsuc [m]:	0,039
<b>Perda de carga total [m]:</b>	<b>0,93</b>

(fonte: própria do autor)

Tabela 29 – Perda de carga total na tubulação de recalque.

<b>Perda de carga total - Recalque</b>	
Leq [m]:	19,7
Lreal [m]:	52,1
Jrec [m]:	0,129
<b>Perda de carga total [m]:</b>	<b>9,24</b>

(fonte: própria do autor)

De conhecimento do desnível geométrico entre o reservatório inferior e superior e das perdas de carga calculadas anteriormente, calculou-se, através da Equação 13, a altura manométrica exigida pelo sistema de recalque predial.

$$HP_S = 0,93 \text{ m}$$

$$HP_R = 9,24 \text{ m}$$

$$\Delta H = 36,5 - 16,5 = 20,00 \text{ m}$$

$$H_{man} = 30,17 \text{ m}$$

Em que:

$H_{\text{man}}$ : Altura manométrica [m]

$HP_s$ : Perda de carga ocorrida na tubulação de sucção [m]

$HP_R$ : Perda de carga ocorrida na tubulação de recalque [m]

$\Delta H$ : Desnível geométrico entre o reservatório inferior e o superior [m]

Através dos dados fornecidos no ábaco do modelo escolhido, neste caso do modelo BC-92 da Schneider Motobombas, determina-se o rendimento do sistema. O ábaco do modelo mencionado está representado no Anexo E deste trabalho. A partir do rendimento extraído do ábaco, aplicando a Equação 14, determinou-se a potência do sistema.

$$\gamma = 1000 \frac{N}{m^3}$$

$$Q_r = 0,00052 \frac{m^3}{s}$$

$$n = 23 \%$$

$$N = 0,91 \text{ cv} \approx 1 \text{ cv}$$

Em que:

$\gamma$ : Peso específico da água [N/m<sup>3</sup>]

$N$ : Potência [cv]

$n$ : Rendimento [ % ]

## 5.1.7 Dimensionamento da rede de distribuição interna

### 5.1.7.1 Dimensionamento dos ramais e sub-ramais

Utilizando o método do consumo simultâneo provável descrito no item 4.1.7.2 deste trabalho e respeitando os diâmetros mínimos dos sub-ramais definidos na Tabela 8, calculou-se, via Tabelas 30, 31, 32, 33 e 34, os diâmetros de todos ramais e sub-ramais da rede de distribuição interna de água fria.

Tabela 30 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamento 201.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA FRIA - RAMAIS E SUB-RAMAIS								
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?
APTO 201	Sub-ramais	Banho A	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim
			BD	0,8	0,268	20	0,85	Sim
			DF	0,5	0,212	20	0,68	Sim
			FG	0,3	0,164	20	0,52	Sim
			FH	0,2	0,134	20	0,43	Sim
		ED	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Banho B	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim
			BD	0,8	0,268	20	0,85	Sim
			DH	0,3	0,164	20	0,52	Sim
			DE	0,5	0,212	20	0,68	Sim
			EF	0,3	0,164	20	0,52	Sim
		Churrasqueira C	EG	0,2	0,134	20	0,43	Sim
			AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim
		Lavabo D	AB	0,8	0,268	20	0,85	Sim
			BC	0,3	0,164	20	0,52	Sim
			BD	0,5	0,212	20	0,68	Sim
			DE	0,3	0,164	20	0,52	Sim
		Cozinha e serviço E	DF	0,2	0,134	20	0,43	Sim
			AB	5,5	0,704	25	1,43	Sim
			BC	2,1	0,435	25	0,89	Sim
			BD	3,4	0,553	25	1,13	Sim
			DE	0,7	0,251	25	0,51	Sim
			DF	2,7	0,493	25	1,00	Sim
			FJ	1	0,300	25	0,61	Sim
			FG	1,7	0,391	25	0,80	Sim
		Ramais	Diversos	GH	1	0,300	25	0,61
	GI			0,7	0,251	20	0,80	Sim
	1-2			9,4	0,920	32	1,14	Sim
	2-3			5,5	0,704	25	1,43	Sim
	2-4			3,9	0,592	25	1,21	Sim
4-5	2,4			0,465	25	0,95	Sim	
5-6	1,2			0,329	20	1,05	Sim	
5-7	1,2			0,329	20	1,05	Sim	
4-8	1,5			0,367	20	1,17	Sim	
8-9	0,8			0,268	20	0,85	Sim	
8-10	0,7	0,251	20	0,80	Sim			

(fonte: própria do autor)

Tabela 31 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 202, 302, 402 e 502.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA FRIA - RAMAIS E SUB-RAM AIS										
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?		
APTOS 202/302/402/502	Sub-ramais	Banho F	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim		
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim		
			BD	0,8	0,268	20	0,85	Sim		
			DE	0,2	0,134	20	0,43	Sim		
			DF	0,6	0,232	20	0,74	Sim		
			FG	0,3	0,164	20	0,52	Sim		
				Banho G	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim
					BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim
					BD	0,8	0,268	20	0,85	Sim
					DE	0,3	0,164	20	0,52	Sim
					DF	0,5	0,212	20	0,68	Sim
					FG	0,2	0,134	20	0,43	Sim
				Serviço H	AB	3,8	0,585	25	1,19	Sim
					BC	2,1	0,435	25	0,89	Sim
					BD	1,7	0,391	25	0,80	Sim
					DE	0,7	0,251	25	0,51	Sim
					DF	1	0,300	25	0,61	Sim
				Cozinha I	AB	1,7	0,391	25	0,80	Sim
					BC	0,7	0,251	20	0,80	Sim
			BD		1	0,300	25	0,61	Sim	
		Ramais	Diversos	1-2	5,5	0,704	25	1,43	Sim	
					2-3	1,7	0,391	20	1,25	Sim
					2-4	3,8	0,585	25	1,19	Sim
					1-5	2,4	0,465	25	0,95	Sim
				5-6	1,2	0,329	20	1,05	Sim	
				5-7	1,2	0,329	20	1,05	Sim	

(fonte: própria do autor)

Tabela 32 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 203, 303, 403 e 503.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA FRIA - RAMAIS E SUB-RAMAIS								
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?
APTOS 203/303/403/503	Sub-ramais	Banho J	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim
			BD	0,8	0,268	20	0,85	Sim
			DE	0,3	0,164	20	0,52	Sim
			DF	0,5	0,212	20	0,68	Sim
			FG	0,2	0,134	20	0,43	Sim
		FH	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Banho K	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim
			BD	0,8	0,268	20	0,85	Sim
			DH	0,3	0,164	20	0,52	Sim
			DE	0,5	0,212	20	0,68	Sim
			EF	0,2	0,134	20	0,43	Sim
		Serviço L	AB	1,7	0,391	25	0,80	Sim
			BC	1	0,300	25	0,61	Sim
			BD	0,7	0,251	25	0,51	Sim
		Cozinha M	AB	3,8	0,585	25	1,19	Sim
			BC	2,1	0,435	25	0,89	Sim
			BD	1,7	0,391	25	0,80	Sim
			DE	0,7	0,251	20	0,80	Sim
		Lavabo N	DF	1	0,300	25	0,61	Sim
			AB	0,8	0,268	20	0,85	Sim
			BC	0,3	0,164	20	0,52	Sim
			BD	0,5	0,212	20	0,68	Sim
		Churrasqueira O	DE	0,3	0,164	20	0,52	Sim
			DF	0,2	0,134	20	0,43	Sim
			AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim
	Ramais		Diversos	1-2	9,4	0,920	32	1,14
		2-3		2,4	0,465	25	0,95	Sim
		3-4		1,2	0,329	20	1,05	Sim
		3-5		1,2	0,329	20	1,05	Sim
		2-6		7	0,794	32	0,99	Sim
6-7		0,8		0,268	20	0,85	Sim	
6-8		6,2		0,747	32	0,93	Sim	
8-9		3,8		0,585	25	1,19	Sim	
8-10		2,4		0,465	25	0,95	Sim	
10-11		1,7		0,391	20	1,25	Sim	
10-12	0,7	0,251	20	0,80	Sim			

(fonte: própria do autor)

Tabela 33 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 301, 401 e 501.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA FRIA - RAMAIS E SUB-RAMAIS										
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?		
APTOS 301/401/501	Sub-ramais	Banho P	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim		
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim		
			DB	0,8	0,268	20	0,85	Sim		
			DE	0,3	0,164	20	0,52	Sim		
			DF	0,5	0,212	20	0,68	Sim		
			FG	0,3	0,164	20	0,52	Sim		
		Banho Q	AB	1,2	0,329	20	1,05	Sim		
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim		
			BD	0,8	0,268	20	0,85	Sim		
			DH	0,3	0,164	20	0,52	Sim		
			DE	0,5	0,212	20	0,68	Sim		
			EF	0,3	0,164	20	0,52	Sim		
		Cozinha R	AB	3,8	0,585	25	1,19	Sim		
			BC	2,1	0,435	25	0,89	Sim		
			BD	1,7	0,391	25	0,80	Sim		
			DE	0,7	0,251	20	0,80	Sim		
			DF	1	0,300	25	0,61	Sim		
		Serviço S	AB	1,7	0,391	25	0,80	Sim		
	BC		1	0,300	25	0,61	Sim			
	BD		0,7	0,251	25	0,51	Sim			
	Lavabo T	AB	0,8	0,268	20	0,85	Sim			
		BC	0,3	0,164	20	0,52	Sim			
		BD	0,5	0,212	20	0,68	Sim			
		DE	0,2	0,134	20	0,43	Sim			
		DF	0,3	0,164	20	0,52	Sim			
	Churrasqueira U	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim			
	Ramais	Diversos	1-2	9,4	0,920	32	1,14	Sim		
			2-3	2,4	0,465	25	0,95	Sim		
3-4			1,2	0,329	20	1,05	Sim			
3-5			1,2	0,329	20	1,05	Sim			
2-6			7	0,794	32	0,99	Sim			
6-7			0,7	0,251	20	0,80	Sim			
6-8			6,3	0,753	32	0,94	Sim			
8-9			0,8	0,268	20	0,85	Sim			
8-10			5,5	0,704	25	1,43	Sim			
10-11			1,7	0,391	20	1,25	Sim			
10-12			3,8	0,585	25	1,19	Sim			

(fonte: própria do autor)

Tabela 34 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Salão de festas.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA FRIA - RAMAIS E SUB-RAMAIS									
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?	
SALÃO DE FESTAS	Subramais	Lavabo	AB	0,8	0,268	20	0,85	Sim	
			BF	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
			BC	0,5	0,212	20	0,68	Sim	
			CD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
			CE	0,2	0,134	20	0,43	Sim	
	Ramais	Cozinha	Diversos	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim
				1-2	1,5	0,367	20	1,17	Sim
				2-3	0,8	0,268	20	0,85	Sim
				2-4	0,7	0,251	20	0,80	Sim

(fonte: própria do autor)

## 5.1.7.2 Dimensionamento das colunas

Analogamente, repetiu-se o mesmo processo de cálculo para determinar o diâmetro das colunas de alimentação do sistema. Os resultados encontram-se reproduzidos na Tabela 35.

Tabela 35 – Dimensionamento das colunas.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA FRIA - COLUNAS							
Apartamento	Classificação	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?
201	Coluna	C201-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
202	Coluna	C202-1	7,9	0,84	32	1,05	Sim
203	Coluna	C203-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
301	Coluna	C301-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
302	Coluna	C302-1	7,9	0,84	32	1,05	Sim
303	Coluna	C303-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
401	Coluna	C401-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
402	Coluna	C402-1	7,9	0,84	32	1,05	Sim
403	Coluna	C403-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
501	Coluna	C501-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
502	Coluna	C502-1	7,9	0,84	32	1,05	Sim
503	Coluna	C503-1	9,4	0,92	32	1,14	Sim
Salão de festas	Coluna	Csf-1	1,5	0,37	20	1,17	Sim

(fonte: própria do autor)

### 5.1.7.3 Dimensionamento do barrilete

O mesmo processo de cálculo foi repetido para o cálculo dos diâmetros necessários no barrilete do sistema, conforme Tabela 36.

Tabela 36 – Dimensionamento do barrilete.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA FRIA - BARRILETE					
TRECHO	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?
1-2	108,3	3,12	50	1,59	Sim
2-3	108,3	3,12	50	1,59	Sim
2-4	108,3	3,12	50	1,59	Sim

(fonte: própria do autor)

### 5.1.7.4 Verificação das pressões disponíveis

Seguindo rigorosamente o processo de cálculo apresentado no item 4.1.7.5 deste trabalho, verificou-se a pressão na rede de água fria para atendimento aos pontos mais críticos da rede, isto é, os chuveiros dos banheiros de geometria mais adversa do 5º pavimento. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 37.

Tabela 37 – Verificação das pressões no sistema de água fria - 5º Pavimento.

VERIFICAÇÃO DAS PRESSÕES NOS PONTOS CRÍTICOS DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	
Trecho	ΣPesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Δ Cota	Pressão disponível	Comprimento da tubulação		Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização	Pressão OK?	
								Real	Equivalente	Tubulação	Registros e outros	Total				
[ ]	[ ]	[L/s]	[mm]	[m/s]	[kPa/m]	[m]	[kPa]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[ ]	
Chuveiro - Banho J - 503	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK
	2-1 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK
	1-2 (Cobertura)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	35,39	15,00	0,70	7,97	0,37	8,34	27,05	5	OK
	2-1 (Cobertura - 5º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,40	31,05	0,30	3,70	0,16	1,97	2,13	28,92	5	OK
	1-2 (5º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	28,92	0,70	0,70	0,37	0,37	0,74	28,18	5	OK
	2-3 (5º Pav.)	2,4	0,46	25	0,95	0,52	0,00	28,18	5,00	3,70	2,60	1,92	4,52	23,65	5	OK
	3-5 (5º Pav.)	1,2	0,33	20	1,05	0,82	0,00	23,65	2,25	1,00	1,84	0,82	2,66	20,99	5	OK
	A-B (5º Pav.)	1,2	0,33	20	1,05	0,82	1,50	35,99	1,50	0,70	1,23	0,57	1,80	34,19	5	OK
B-C (5º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,31	-1,00	24,19	1,20	4,80	0,38	1,50	1,88	22,32	20	OK	
Chuveiro - Banho F - 502	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK
	2-1 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK
	1-3 (Cobertura)	7,9	0,84	32	1,05	0,46	0,00	35,39	7,50	1,40	3,42	0,64	4,06	31,33	5	OK
	3-1 (Cobertura - 5º Pav.)	7,9	0,84	32	1,05	0,46	0,40	35,33	0,30	1,40	0,14	0,64	0,78	34,55	5	OK
	1-5 (5º Pav.)	2,4	0,46	25	0,95	0,52	0,00	34,55	0,75	0,60	0,39	0,31	0,70	33,85	5	OK
	5-7 (5º Pav.)	1,2	0,33	20	1,05	0,82	0,00	33,85	6,25	1,30	5,11	1,06	6,18	27,67	5	OK
	A-B (5º Pav.)	1,2	0,33	20	1,05	0,82	1,50	42,67	1,50	0,70	1,23	0,57	1,80	40,87	5	OK
	B-C (5º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,31	-1,00	30,87	1,20	4,80	0,38	1,50	1,88	29,00	20	OK
Chuveiro - Banho Q - 501	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK
	2-1 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK
	1-4 (Cobertura)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	35,39	20,00	1,40	10,63	0,74	11,37	24,02	5	OK
	4-1 (Cobertura - 5º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,40	28,02	0,40	1,40	0,21	0,74	0,96	27,06	5	OK
	1-2 (5º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	27,06	0,75	1,50	0,40	0,80	1,20	25,86	5	OK
	2-3 (5º Pav.)	2,4	0,46	25	0,95	0,52	0,00	25,86	4,50	0,60	2,34	0,31	2,65	23,21	5	OK
	3-5 (5º Pav.)	1,2	0,33	20	1,05	0,82	0,00	23,21	2,00	2,90	1,64	2,37	4,01	19,20	5	OK
	A-B (5º Pav.)	1,2	0,33	20	1,05	0,82	1,50	34,20	1,50	0,70	1,23	0,57	1,80	32,40	5	OK
B-C (5º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,31	-1,00	22,40	1,20	4,80	0,38	1,50	1,88	20,53	20	OK	

(fonte: própria do autor)

Na Tabela 38, encontram-se explicitados os dispositivos e valores totais de comprimentos equivalentes considerados no cálculo da perda de carga no sistema.

Tabela 38 – Dispositivos e comprimentos equivalentes considerados.

	Trecho	Dispositivos	Comprimento equivalente [m]
Geral	4-2 (Reservatórios)	1 saída de reservatório, 1 tê passagem direta, 2 curvas 90° e 1 registro gaveta	9,0
	2-1 (Reservatórios)	3 curvas 90°	3,9
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	2 curvas 90°	2,6
Chuveiro - Banho J - 503	1-2 (Cobertura)	2 curvas 90°	1,4
	2-1 (Cobertura - 5º Pav.)	2 curvas 90°	1,4
	1-2 (5º Pav.)	1 curva 90°	0,7
	2-3 (5º Pav.)	1 curva 90° e 1 tê passagem lateral	3,7
	3-5 (5º Pav.)	2 curvas 90°	1,0
	A-B (5º Pav.)	1 curva 90° e 1 registro gaveta	0,7
	B-C (5º Pav.)	2 cotovelos 90° e 1 tê passagem lateral	4,8
Chuveiro - Banho F - 502	1-3 (Cobertura)	2 curvas 90°	1,4
	3-1 (Cobertura - 5º Pav.)	2 curvas 90°	1,4
	1-5 (5º Pav.)	1 curva 90°	0,6
	5-7 (5º Pav.)	1 tê passagem direta e 1 curva 90°	1,3
	A-B (5º Pav.)	1 curva 90° e 1 registro gaveta	0,7
	B-C (5º Pav.)	2 cotovelos 90° e 1 tê passagem lateral	4,8
Chuveiro - Banho Q - 501	1-4 (Cobertura)	2 curvas 90°	1,4
	4-1 (Cobertura - 5º Pav.)	2 curvas 90°	1,4
	1-2 (5º Pav.)	1 tê passagem direta	1,5
	2-3 (5º Pav.)	1 curva 90°	0,6
	3-5 (5º Pav.)	1 tê passagem lateral e 2 curvas 90°	2,9
	A-B (5º Pav.)	1 curva 90° e 1 registro gaveta	0,7
	B-C (5º Pav.)	2 cotovelos 90° e 1 tê passagem lateral	4,8

(fonte: própria do autor)

## 5.2 INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE

### 5.2.1 Dimensionamento do sistema de aquecimento tradicional

Utilizando a Equação 15, encontrou-se a vazão requerida pelo sistema de água aquecida. Os valores obtidos para o projeto em questão encontram-se a seguir.

$$\Sigma P = 2,1$$

$$Q = 0,435 \frac{L}{s} = 26,1 \frac{L}{min}$$

Onde:

P: Peso relativo de cada peça de utilização do sistema []

Q: Vazão de demanda simultânea [L/s]

Para atendimento à vazão de água quente encontrada, optou-se pelo modelo REU-2402 FEH, da marca Rinnai, que atende a vazões de até 32,5 l/min.

## 5.2.2 Dimensionamento da rede de distribuição interna

### 5.2.2.1 Dimensionamento dos ramais e sub-ramais

Conforme itens 4.2.2.1 e 4.2.2.2 deste trabalho, utilizando o método do consumo simultâneo e verificando se os resultados encontrados atendiam aos diâmetros mínimos exigidos pelas peças de utilização, calculou-se os diâmetros de cada um dos trechos do sistema. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas 39, 40, 41 e 42.

Tabela 39 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamento 201.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA QUENTE - RAMAIS E SUB-RAMAIS									
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?	
APTO 201	Sub-ramais	Banho A	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Banho B	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Cozinha e serviço E	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
		Ramais	Diversos	1-2	1,4	0,355	20	1,13	Sim
				2-3	0,7	0,251	20	0,80	Sim
	2-4			0,7	0,251	20	0,80	Sim	

(fonte: própria do autor)

Tabela 40 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 202, 302, 402 e 502

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA QUENTE - RAMAIS E SUB-RAM AIS									
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?	
APTOS 202/302/402/502	Sub-ramais	Banho F	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Banho G	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Cozinha I	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
		Ramais	Diversos	1-2	2,1	0,435	25	0,89	Sim
				2-3	0,7	0,251	20	0,80	Sim
	2-4			1,4	0,355	20	1,13	Sim	
	4-5			0,7	0,251	20	0,80	Sim	
	4-6			0,7	0,251	20	0,80	Sim	

(fonte: própria do autor)

Tabela 41 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 203, 303, 403 e 503.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA QUENTE - RAMAIS E SUB-RAM AIS									
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?	
APTOS 203/303/403/503	Sub-ramais	Banho J	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Banho K	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Cozinha M	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
		Ramais	Diversos	1-2	1,4	0,355	20	1,13	Sim
				2-3	0,7	0,251	20	0,80	Sim
	2-4			0,7	0,251	20	0,80	Sim	

(fonte: própria do autor)

Tabela 42 – Dimensionamento ramais e sub-ramais - Apartamentos 301, 401 e 501.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA DE ÁGUA QUENTE - RAMAIS E SUB-RAM AIS									
Apartamento	Classificação	Ambiente	Trecho	$\Sigma P$	Q [L/s]	DN [mm]	V [m/s]	V < 3 m/s ?	
APTOS 301/401/501	Sub-ramais	Banho P	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Banho Q	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
			BC	0,4	0,190	20	0,60	Sim	
			BD	0,3	0,164	20	0,52	Sim	
		Cozinha R	AB	0,7	0,251	20	0,80	Sim	
		Ramais	Diversos	1-2	1,4	0,355	20	1,13	Sim
				2-3	0,7	0,251	20	0,80	Sim
	2-4			0,7	0,251	20	0,80	Sim	

(fonte: própria do autor)

### 5.2.2.2 Verificação das pressões disponíveis

Para verificação das pressões utilizou-se rigorosamente o mesmo método utilizado na verificação das pressões no sistema de água fria, apenas com a alteração no coeficiente do cálculo da perda de carga unitária (Coluna 6), que passou a ser  $6,92 \times 10^{-6}$ . Entretanto, este coeficiente é válido apenas para as tubulações de água quente, ou seja, as perdas de carga unitárias nas tubulações de água fria envolvidas no sistema de aquecimento seguem sendo calculadas com o coeficiente  $8,68 \times 10^{-6}$ .

Através dos cálculos realizados, verificou-se que a pressão mínima de 2 mca não será atendida nos chuveiros do 5º pavimento para a tubulação de água quente, portanto especificamente neste pavimento será necessária a instalação de pressurizadores para que a pressão mínima nos chuveiros seja atingida, uma vez que a cota do reservatório possui limitações quanto a aprovação do projeto em relação a prefeitura e não pode ser alterada.

Analisando a Tabela 43, fica evidente que o não atendimento da pressão necessária ocorreu pelo fato de as colunas de distribuição, principalmente das torres dos apartamentos com final 01 e 02, estarem horizontalmente muito distantes da prumada do reservatório, o que ocasiona grandes perdas devido aos grandes deslocamentos horizontais em tubulações de grande diâmetro e vazão.

Para os demais pavimentos (4º, 3º, 2º e térreo) não serão necessários pressurizadores, uma vez que a diferença de cota passa a atender às necessidades mínimas de pressão, conforme observou-se nos resultados obtidos e representados na Tabela 44.

Tabela 43 – Verificação das pressões no sistema de água quente - 5º Pavimento.

VERIFICAÇÃO DAS PRESSÕES NOS PONTOS CRÍTICOS DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	
Trecho	ΣPesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Δ Cota	Pressão disponível	Comprimento da tubulação		Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização	Pressão OK?	
[ ]	[ ]	[L/s]	[mm]	[m/s]	[kPa/m]	[m]	[kPa]	Real	Equivalente	Tubulação	Registros e outros	Total	[kPa]	[kPa]	[ ]	
Chuveiro - Banho J - 503	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK
	2-1 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK
	1-2 (Cobertura)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	35,39	15,00	1,40	7,97	0,74	8,72	26,67	5	OK
	2-1 (Cobertura - 5º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,40	30,67	0,30	1,40	0,16	0,74	0,90	29,77	5	OK
	1-2 (5º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	29,77	0,75	4,60	0,40	2,44	2,84	26,93	5	OK
	2-6 (5º Pav.)	7	0,79	32	0,99	0,41	0,00	26,93	2,00	1,50	0,82	0,62	1,44	25,49	5	OK
	6-8 (5º Pav.)	6,2	0,75	32	0,93	0,37	0,00	25,49	0,40	4,60	0,15	1,70	1,85	23,64	5	OK
	8-9 (5º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	0,00	23,64	1,00	0,60	0,78	0,47	1,24	22,40	5	OK
	A-B (5º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	1,00	32,40	1,00	1,40	0,78	1,09	1,87	30,53	5	OK
	B-C (5º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,46	0,00	30,53	0,20	3,60	0,09	1,67	1,76	28,78	5	OK
	A-1 (5º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,37	-1,00	18,78	1,00	2,60	0,37	0,96	1,33	17,45	5	OK
	1-2 (5º Pav.)	1,4	0,35	20	1,13	0,75	0,00	17,45	5,00	2,00	3,73	1,49	5,23	12,22	5	OK
	2-4 (5º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	0,00	12,22	1,50	3,40	0,61	1,38	1,99	10,23	5	OK
	A-B (5º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	1,50	25,23	1,50	0,50	0,61	0,20	0,81	24,42	5	OK
	B-C (5º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,25	-1,00	14,42	1,20	4,80	0,30	1,20	1,50	12,92	20	Pressão insuficiente
Chuveiro - Banho F - 502	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK
	2-1 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK
	1-3 (Cobertura)	7,9	0,84	32	1,05	0,46	0,00	35,39	7,50	1,40	3,42	0,64	4,06	31,33	5	OK
	3-1 (Cobertura - 5º Pav.)	7,9	0,84	32	1,05	0,46	0,40	35,33	0,30	1,40	0,14	0,64	0,78	34,55	5	OK
	1-2 (5º Pav.)	5,5	0,70	25	1,43	1,07	0,00	34,55	4,00	2,40	4,30	2,58	6,87	27,68	5	OK
	2-4 (5º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	0,00	27,68	1,00	2,10	0,78	1,63	2,41	25,27	5	OK
	A-B (5º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	1,00	35,27	1,00	0,80	0,78	0,62	1,40	33,87	5	OK
	B-C (5º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,46	0,00	33,87	0,20	4,60	0,09	2,13	2,22	31,65	5	OK
	A-1 (5º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,37	-1,00	21,65	1,00	2,30	0,37	0,85	1,22	20,43	5	OK
	1-2 (5º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,37	0,00	20,43	2,00	1,20	0,74	0,44	1,18	19,25	5	OK
	2-4 (5º Pav.)	1,4	0,35	20	1,13	0,75	0,00	19,25	4,25	1,80	3,17	1,34	4,52	14,73	5	OK
	4-6 (5º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	0,00	14,73	6,00	2,90	2,44	1,18	3,62	11,11	5	OK
	A-B (5º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	1,50	26,11	1,50	0,50	0,61	0,20	0,81	25,30	5	OK
	B-C (5º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,25	-1,00	15,30	1,00	4,80	0,25	1,20	1,45	13,85	20	Pressão insuficiente
	Chuveiro - Banho Q - 501	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5
2-1 (Reservatórios)		108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK
1-1 (Reservatórios - Cobertura)		108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK
1-4 (Cobertura)		9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	35,39	17,00	1,40	9,04	0,74	9,78	25,61	5	OK
4-1 (Cobertura - 5º Pav.)		9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,40	29,61	0,40	1,40	0,21	0,74	0,96	28,66	5	OK
1-2 (5º Pav.)		9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	28,66	0,50	4,60	0,27	2,44	2,71	25,94	5	OK
2-6 (5º Pav.)		7	0,79	32	0,99	0,41	0,00	25,94	0,25	1,50	0,10	0,62	0,72	25,23	5	OK
6-8 (5º Pav.)		6,3	0,75	32	0,94	0,37	0,00	25,23	1,30	1,50	0,49	0,56	1,05	24,18	5	OK
8-10 (5º Pav.)		5,5	0,70	25	1,43	1,07	0,00	24,18	0,40	2,40	0,43	2,58	3,01	21,17	5	OK
10-12 (5º Pav.)		3,8	0,58	25	1,19	0,78	0,00	21,17	0,40	0,60	0,31	0,47	0,78	20,39	5	OK
A-B (5º Pav.)		3,8	0,58	25	1,19	0,78	1,00	30,39	0,70	0,80	0,54	0,62	1,17	29,23	5	OK
B-C (5º Pav.)		2,1	0,43	25	0,89	0,46	0,00	29,23	0,20	4,60	0,09	2,13	2,22	27,01	5	OK
A-1 (5º Pav.)		2,1	0,43	25	0,89	0,37	-1,00	17,01	1,00	2,30	0,37	0,85	1,22	15,79	5	OK
1-2 (5º Pav.)		1,4	0,35	20	1,13	0,75	0,00	15,79	8,50	2,00	6,35	1,49	7,84	7,95	5	OK
2-4 (5º Pav.)		0,7	0,25	20	0,80	0,41	0,00	7,95	2,50	3,40	1,02	1,38	2,40	5,55	5	OK
A-B (5º Pav.)		0,7	0,25	20	0,80	0,41	1,50	20,55	1,50	0,50	0,61	0,20	0,81	19,73	5	OK
B-C (5º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,25	-1,00	9,73	1,00	4,80	0,25	1,20	1,45	8,29	20	Pressão insuficiente	

(fonte: própria do autor)

Tabela 44 – Verificação das pressões no sistema de água quente - 4º Pavimento.

VERIFICAÇÃO DAS PRESSÕES NOS PONTOS CRÍTICOS DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12		13	14	15	15
									Comprimento da tubulação			Perda de carga					
Trecho	ΣPesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Δ Cota	Pressão disponível	Comprimento da tubulação Real	Equivalente	Tubulação	Registros e outros	Total	Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização	Pressão OK?		
[ ]	[ ]	[L/s]	[mm]	[m/s]	[kPa/m]	[m]	[kPa]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[ ]		
Chuveiro - Banho J - 403	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK	
	2-1 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK	
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK	
	1-2 (Cobertura)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	35,39	15,00	1,40	7,97	0,74	8,72	26,67	5	OK	
	2-1 (Cobertura - 4º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	3,35	60,17	3,35	1,40	1,78	0,74	2,52	57,65	5	OK	
	1-2 (4º Pav.)	9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	57,65	0,75	4,60	0,40	2,44	2,84	54,81	5	OK	
	2-6 (4º Pav.)	7	0,79	32	0,99	0,41	0,00	54,81	2,00	1,50	0,82	0,62	1,44	53,37	5	OK	
	6-8 (4º Pav.)	6,2	0,75	32	0,93	0,37	0,00	53,37	0,40	4,60	0,15	1,70	1,85	51,52	5	OK	
	8-9 (4º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	0,00	51,52	1,00	0,60	0,78	0,47	1,24	50,28	5	OK	
	A-B (4º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	1,00	60,28	1,00	1,40	0,78	1,09	1,87	58,41	5	OK	
	B-C (4º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,46	0,00	58,41	0,20	3,60	0,09	1,67	1,76	56,66	5	OK	
	A-1 (4º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,37	-1,00	46,66	1,00	2,60	0,37	0,96	1,33	45,33	5	OK	
	1-2 (4º Pav.)	1,4	0,35	20	1,13	0,75	0,00	45,33	5,00	2,00	3,73	1,49	5,23	40,10	5	OK	
	2-4 (4º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	0,00	40,10	1,50	3,40	0,61	1,38	1,99	38,11	5	OK	
	A-B (4º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	1,50	53,11	1,50	0,50	0,61	0,20	0,81	52,29	5	OK	
	B-C (4º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,25	-1,00	42,29	1,20	4,80	0,30	1,20	1,50	40,80	20	OK	
Chuveiro - Banho F - 402	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK	
	2-1 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK	
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK	
	1-3 (Cobertura)	7,9	0,84	32	1,05	0,46	0,00	35,39	7,50	1,40	3,42	0,64	4,06	31,33	5	OK	
	3-1 (Cobertura - 4º Pav.)	7,9	0,84	32	1,05	0,46	3,35	64,83	3,35	1,40	1,53	0,64	2,17	62,66	5	OK	
	1-2 (4º Pav.)	5,5	0,70	25	1,43	1,07	0,00	62,66	4,00	2,40	4,30	2,58	6,87	55,79	5	OK	
	2-4 (4º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	0,00	55,79	1,00	2,10	0,78	1,63	2,41	53,38	5	OK	
	A-B (4º Pav.)	3,8	0,58	25	1,19	0,78	1,00	63,38	1,00	0,80	0,78	0,62	1,40	61,98	5	OK	
	B-C (4º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,46	0,00	61,98	0,20	4,60	0,09	2,13	2,22	59,76	5	OK	
	A-1 (4º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,37	-1,00	49,76	1,00	2,30	0,37	0,85	1,22	48,54	5	OK	
	1-2 (4º Pav.)	2,1	0,43	25	0,89	0,37	0,00	48,54	2,00	1,20	0,74	0,44	1,18	47,36	5	OK	
	2-4 (4º Pav.)	1,4	0,35	20	1,13	0,75	0,00	47,36	4,25	1,80	3,17	1,34	4,52	42,84	5	OK	
	4-6 (4º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	0,00	42,84	6,00	2,90	2,44	1,18	3,62	39,22	5	OK	
	A-B (4º Pav.)	0,7	0,25	20	0,80	0,41	1,50	54,22	1,50	0,50	0,61	0,20	0,81	53,41	5	OK	
	B-C (4º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,25	-1,00	43,41	1,00	4,80	0,25	1,20	1,45	41,96	20	OK	
	Chuveiro - Banho Q - 401	4-2 (Reservatórios)	108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,00	20,00	2,50	9,00	1,35	4,87	6,23	13,77	5	OK
2-1 (Reservatórios)		108,3	3,12	50	1,59	0,54	0,00	13,77	5,50	3,90	2,98	2,11	5,09	8,68	5	OK	
1-1 (Reservatórios - Cobertura)		108,3	3,12	50	1,59	0,54	2,95	38,18	2,55	2,60	1,38	1,41	2,79	35,39	5	OK	
1-4 (Cobertura)		9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	35,39	17,00	1,40	9,04	0,74	9,78	25,61	5	OK	
4-1 (Cobertura - 4º Pav.)		9,4	0,92	32	1,14	0,53	3,35	59,11	3,35	1,40	1,78	0,74	2,52	56,59	5	OK	
1-2 (4º Pav.)		9,4	0,92	32	1,14	0,53	0,00	56,59	0,50	4,60	0,27	2,44	2,71	53,88	5	OK	
2-6 (4º Pav.)		7	0,79	32	0,99	0,41	0,00	53,88	0,25	1,50	0,10	0,62	0,72	53,16	5	OK	
6-8 (4º Pav.)		6,3	0,75	32	0,94	0,37	0,00	53,16	1,30	1,50	0,49	0,56	1,05	52,11	5	OK	
8-10 (4º Pav.)		5,5	0,70	25	1,43	1,07	0,00	52,11	0,40	2,40	0,43	2,58	3,01	49,10	5	OK	
10-12 (4º Pav.)		3,8	0,58	25	1,19	0,78	0,00	49,10	0,40	0,60	0,31	0,47	0,78	48,32	5	OK	
A-B (4º Pav.)		3,8	0,58	25	1,19	0,78	1,00	58,32	0,70	0,80	0,54	0,62	1,17	57,16	5	OK	
B-C (4º Pav.)		2,1	0,43	25	0,89	0,46	0,00	57,16	0,20	4,60	0,09	2,13	2,22	54,94	5	OK	
A-1 (4º Pav.)		2,1	0,43	25	0,89	0,37	-1,00	44,94	1,00	2,30	0,37	0,85	1,22	43,72	5	OK	
1-2 (4º Pav.)		1,4	0,35	20	1,13	0,75	0,00	43,72	8,50	2,00	6,35	1,49	7,84	35,88	5	OK	
2-4 (4º Pav.)		0,7	0,25	20	0,80	0,41	0,00	35,88	2,50	3,40	1,02	1,38	2,40	33,48	5	OK	
A-B (4º Pav.)		0,7	0,25	20	0,80	0,41	1,50	48,48	1,50	0,50	0,61	0,20	0,81	47,67	5	OK	
B-C (4º Pav.)	0,4	0,19	20	0,60	0,25	-1,00	37,67	1,00	4,80	0,25	1,20	1,45	36,22	20	OK		

(fonte: própria do autor)

Na Tabela 45, encontram-se explicitados os dispositivos considerados e o comprimento equivalente encontrado para cada um dos trechos envolvidos nos cálculos da Tabela 43.

Tabela 45 – Dispositivos e comprimentos equivalentes considerados - 5º Pavimento.

	Trecho	Dispositivos	Comprimento equivalente [m]
Geral	4-2 (Reservatórios)	1 saída de reservatório, 1 tê passagem direta, 2 curvas 90° e 1 registro gaveta	9,0
	2-1 (Reservatórios)	3 curvas 90°	3,9
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	2 curvas 90°	2,6
Chuveiro - Banho J - 503	1-2 (Cobertura)	2 curvas 90°	1,4
	2-1 (Cobertura - 5º Pav.)	2 curvas 90°	1,4
	1-2 (5º Pav.)	1 tê passagem lateral	4,6
	2-6 (5º Pav.)	1 tê passagem direta	1,5
	6-8 (5º Pav.)	1 tê saída lateral	4,6
	8-9 (5º Pav.)	1 curva 90°	0,6
	A-B (5º Pav.)	1 cotovelo 90° e 1 registro gaveta	1,4
	B-C (5º Pav.)	1 tê passagem lateral e 1 cotovelo 90°	3,6
	A-1 (5º Pav.)	1 cotovelo 90°, 1 registro gaveta e 1 cotovelo 90°	2,6
	1-2 (5º Pav.)	4 curvas 90°	2,0
	2-4 (5º Pav.)	1 tê passagem lateral e 2 curvas 90°	3,4
	A-B (5º Pav.)	1 curva 90°	0,5
	B-C (5º Pav.)	2 cotovelos 90° e 1 tê passagem lateral	4,8
Chuveiro - Banho F - 502	1-3 (Cobertura)	2 curvas 90°	1,4
	3-1 (Cobertura - 5º Pav.)	2 curvas 90°	1,4
	1-2 (5º Pav.)	4 curvas 90°	2,4
	2-4 (5º Pav.)	1 tê passagem direta e 2 curvas 90°	2,1
	A-B (5º Pav.)	1 curva 90° e 1 registro gaveta	0,8
	B-C (5º Pav.)	1 tê passagem lateral e 1 cotovelo 90°	4,6
	A-1 (5º Pav.)	1 cotovelo 90°, 1 registro gaveta e 1 curva 90°	2,3
	1-2 (5º Pav.)	2 curvas 90°	1,2
	2-4 (5º Pav.)	1 tê passagem direta e 2 curvas 90°	1,8
	4-6 (5º Pav.)	1 tê passagem lateral e 1 curva 90°	2,9
	A-B (5º Pav.)	1 curva 90°	0,5
	B-C (5º Pav.)	1 tê passagem lateral e 2 cotovelos 90°	4,8
	Chuveiro - Banho Q - 501	1-4 (Cobertura)	2 curvas 90°
4-1 (Cobertura - 5º Pav.)		2 curvas 90°	1,4
1-2 (5º Pav.)		1 tê passagem lateral	4,6
2-6 (5º Pav.)		1 tê passagem direta	1,5
6-8 (5º Pav.)		1 tê passagem direta	1,5
8-10 (5º Pav.)		1 tê passagem lateral	2,4
10-12 (5º Pav.)		1 curva 90°	0,6
A-B (5º Pav.)		1 curva 90° e 1 registro gaveta	0,8
B-C (5º Pav.)		1 tê passagem lateral e 1 cotovelo 90°	4,6
A-1 (5º Pav.)		1 cotovelo 90°, 1 registro gaveta e 1 curva 90°	2,3
1-2 (5º Pav.)		4 curvas 90°	2,0
2-4 (5º Pav.)		1 tê passagem lateral e 2 curvas 90°	3,4
A-B (5º Pav.)		1 curva 90°	0,5
B-C (5º Pav.)		1 tê passagem lateral e 2 cotovelos 90°	4,8

(fonte: própria do autor)

Na Tabela 46, estão representados os valores de comprimento equivalente adotados para a verificação das pressões no 4º pavimento, realizada na Tabela 44.

Tabela 46 – Dispositivos e comprimentos equivalentes considerados - 4º Pavimento.

	Trecho	Dispositivos	Comprimento equivalente [m]
Geral	4-2 (Reservatórios)	1 saída de reservatório, 1 tê passagem direta, 2 curvas 90° e 1 registro gaveta	9,0
	2-1 (Reservatórios)	3 curvas 90°	3,9
	1-1 (Reservatórios - Cobertura)	2 curvas 90°	2,6
Chuveiro - Banho J - 403	1-2 (Cobertura)	2 curvas 90°	1,4
	2-1 (Cobertura - 4º Pav.)	2 curvas 90°	1,4
	1-2 (4º Pav.)	1 tê passagem lateral	4,6
	2-6 (4º Pav.)	1 tê passagem direta	1,5
	6-8 (4º Pav.)	1 tê saída lateral	4,6
	8-9 (4º Pav.)	1 curva 90°	0,6
	A-B (4º Pav.)	1 cotovelo 90° e 1 registro gaveta	1,4
	B-C (4º Pav.)	1 tê passagem lateral e 1 cotovelo 90°	3,6
	A-1 (4º Pav.)	1 cotovelo 90°, 1 registro gaveta e 1 cotovelo 90°	2,6
	1-2 (4º Pav.)	4 curvas 90°	2,0
	2-4 (4º Pav.)	1 tê passagem lateral e 2 curvas 90°	3,4
	A-B (4º Pav.)	1 curva 90°	0,5
	B-C (4º Pav.)	2 cotovelos 90° e 1 tê passagem lateral	4,8
	Chuveiro - Banho F - 402	1-3 (Cobertura)	2 curvas 90°
3-1 (Cobertura - 4º Pav.)		2 curvas 90°	1,4
1-2 (4º Pav.)		4 curvas 90°	2,4
2-4 (4º Pav.)		1 tê passagem direta e 2 curvas 90°	2,1
A-B (4º Pav.)		1 curva 90° e 1 registro gaveta	0,8
B-C (4º Pav.)		1 tê passagem lateral e 1 cotovelo 90°	4,6
A-1 (4º Pav.)		1 cotovelo 90°, 1 registro gaveta e 1 curva 90°	2,3
1-2 (4º Pav.)		2 curvas 90°	1,2
2-4 (4º Pav.)		1 tê passagem direta e 2 curvas 90°	1,8
4-6 (4º Pav.)		1 tê passagem lateral e 1 curva 90°	2,9
A-B (4º Pav.)		1 curva 90°	0,5
B-C (4º Pav.)	1 tê passagem lateral e 2 cotovelos 90°	4,8	
Chuveiro - Banho Q - 401	1-4 (Cobertura)	2 curvas 90°	1,4
	4-1 (Cobertura - 4º Pav.)	2 curvas 90°	1,4
	1-2 (4º Pav.)	1 tê passagem lateral	4,6
	2-6 (4º Pav.)	1 tê passagem direta	1,5
	6-8 (4º Pav.)	1 tê passagem direta	1,5
	8-10 (4º Pav.)	1 tê passagem lateral	2,4
	10-12 (4º Pav.)	1 curva 90°	0,6
	A-B (4º Pav.)	1 curva 90° e 1 registro gaveta	0,8
	B-C (4º Pav.)	1 tê passagem lateral e 1 cotovelo 90°	4,6
	A-1 (4º Pav.)	1 cotovelo 90°, 1 registro gaveta e 1 curva 90°	2,3
	1-2 (4º Pav.)	4 curvas 90°	2,0
	2-4 (4º Pav.)	1 tê passagem lateral e 2 curvas 90°	3,4
	A-B (4º Pav.)	1 curva 90°	0,5
	B-C (4º Pav.)	1 tê passagem lateral e 2 cotovelos 90°	4,8

(fonte: própria do autor)

## 5.3 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO

### 5.3.1 Dimensionamento dos ramais de descarga

Para dimensionamento dos ramais de descarga, conforme descrito no item 4.3.1 utilizou-se a Tabela 10 e chegou-se aos resultados apresentados nas Tabelas 47, 48, 49, 50, 51, 52 e 53.

Tabela 47 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamento 201.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
APTO 201	Banhos, Serviço e Cozinha	Ramal de descarga	1-3	1	40
		Ramal de descarga	2-3	2	40
		Ramal de descarga	5-6	6	100
		Ramal de descarga	10-11	2	40
		Ramal de descarga	9-11	1	40
		Ramal de descarga	12-13	6	100
		Ramal de descarga	17-18	2	40
		Ramal de descarga	20-23	2	50
		Ramal de descarga	21-23	3	50
		Ramal de descarga	22-23	2	50
		Ramal de descarga	26-27	1	40
	Ramal de descarga	28-29	6	100	
	Churrasqueira	Ramal de descarga	31-32	3	50

(fonte: própria do autor)

Tabela 48 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamento 202.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
APTO 202	Banhos	Ramal de descarga	1-3	2	40
		Ramal de descarga	2-3	1	40
		Ramal de descarga	6-7	6	100
		Ramal de descarga	9-11	1	40
		Ramal de descarga	10-11	2	40
		Ramal de descarga	12-13	6	100
	Cozinha	Ramal de descarga	15-17	2	50
		Ramal de descarga	16-17	3	50
		Ramal de descarga	18-19	3	40
		Ramal de descarga	20-21	3	50

(fonte: própria do autor)

Tabela 49 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamento 203.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO					
Apartamento	Ambiente	Classificação	Trecho	$\Sigma$ UHC	D [mm]
APTO 203	Banhos, Serviço, Cozinha e Churrasqueira	Ramal de descarga	1-3	2	40
		Ramal de descarga	2-3	1	40
		Ramal de descarga	13-14	1	40
		Ramal de descarga	12-14	2	40
		Ramal de descarga	9-10	6	100
		Ramal de descarga	6-8	6	100
		Ramal de descarga	16-17	3	50
		Ramal de descarga	23-25	2	50
		Ramal de descarga	24-25	3	50
		Ramal de descarga	26-27	3	40
		Ramal de descarga	30-31	1	40
		Ramal de descarga	32-33	6	100
Ramal de descarga	29-35	3	50		

(fonte: própria do autor)

Tabela 50 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamentos 301, 401 e 501.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO					
Apartamento	Ambiente	Classificação	Trecho	$\Sigma$ UHC	D [mm]
APTOS 301/401/501	Banho	Ramal de descarga	20-22	1	40
		Ramal de descarga	21-22	2	40
		Ramal de descarga	24-25	6	100
	Banho	Ramal de descarga	27-29	2	40
		Ramal de descarga	28-29	1	40
		Ramal de descarga	30-31	6	100
	Cozinha, Serviço e Lavabo	Ramal de descarga	32-33	1	40
		Ramal de descarga	34-35	6	100
		Ramal de descarga	37-43	2	50
		Ramal de descarga	36-37	3	50
		Ramal de descarga	38-39	3	40
	Churrasqueira	Ramal de descarga	44-45	3	50

(fonte: própria do autor)

Tabela 51 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamentos 302, 402 e 502.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTOS 302/402/502</b>	Banho	Ramal de descarga	1-3	2	40
		Ramal de descarga	2-3	1	40
		Ramal de descarga	4-5	6	100
	Banho	Ramal de descarga	7-9	1	40
		Ramal de descarga	8-9	2	40
		Ramal de descarga	10-11	6	100
	Cozinha, Serviço e Lavabo	Ramal de descarga	12-14	2	50
		Ramal de descarga	13-14	3	50
		Ramal de descarga	15-16	3	40
Ramal de descarga		18-19	3	40	

(fonte: própria do autor)

Tabela 52 – Dimensionamento ramais de descarga - Apartamentos 303, 403 e 503.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTOS 303/403/503</b>	Churrasqueira	Ramal de descarga	1-2	3	50
	Banho	Ramal de descarga	4-6	2	40
		Ramal de descarga	5-6	1	40
		Ramal de descarga	7-8	6	100
	Banho	Ramal de descarga	12-13	2	40
		Ramal de descarga	12-14	1	40
		Ramal de descarga	10-15	6	100
	Cozinha, Serviço e Lavabo	Ramal de descarga	16-17	1	40
		Ramal de descarga	18-19	6	100
		Ramal de descarga	20-21	3	40
		Ramal de descarga	22-24	2	50
		Ramal de descarga	23-24	3	50
		Ramal de descarga	25-26	3	40

(fonte: própria do autor)

Tabela 53 – Dimensionamento ramais de descarga - Redes no térreo.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>TÉRREO</b>	Diversos	Ramal de descarga	3-4	3	50
		Ramal de descarga	6-7	1	40
		Ramal de descarga	8-9	6	100

(fonte: própria do autor)

### 5.3.2 Dimensionamento dos ramais de esgoto

Para o dimensionamento dos ramais de esgoto, somou-se as UHC referentes a cada um dos trechos e definiu-se o diâmetro de acordo com a Tabela 11. Os diâmetros definidos para cada um dos trechos encontram-se nas Tabelas 54, 55, 56, 57, 58, 59 e 60.

Tabela 54 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamento 201.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTO 201</b>	Banhos, Serviço e Cozinha	Ramal de esgoto	3-4	3	40
		Ramal de esgoto	4-6	3	40
		Ramal de esgoto	6-8	9	100
		Ramal de esgoto	11-13	3	40
		Ramal de esgoto	13-14	9	100
		Ramal de esgoto	18-19	2	40
		Ramal de esgoto	23-24	7	75
		Ramal de esgoto	27-29	1	40
		Ramal de esgoto	25-29	7	100
	Churrasqueira	Ramal de esgoto	32-33	3	50

(fonte: própria do autor)

Tabela 55 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamento 202.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTO 202</b>	Banhos	Ramal de esgoto	3-4	3	40
		Ramal de esgoto	11-13	3	40
		Ramal de esgoto	8-13	9	100
	Cozinha	Ramal de esgoto	17-18	5	50
		Ramal de esgoto	18-21	8	50
		Ramal de esgoto	21-22	11	75

(fonte: própria do autor)

Tabela 56 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamento 203.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTO 203</b>	Banhos, Serviço, Cozinha e Churrasqueira	Ramal de esgoto	3-5	3	40
		Ramal de esgoto	11-14	3	40
		Ramal de esgoto	9-11	3	40
		Ramal de esgoto	7-9	9	100
		Ramal de esgoto	17-18	3	50
		Ramal de esgoto	25-27	5	50
		Ramal de esgoto	27-28	8	75
		Ramal de esgoto	28-34	8	75
		Ramal de esgoto	31-33	1	40
		Ramal de esgoto	33-35	7	100
		Ramal de esgoto	34-35	10	100
		Ramal de esgoto	22-34	18	100

(fonte: própria do autor)

Tabela 57 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamentos 301, 401 e 501.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b><math>\Sigma</math>UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTOS 301/401/501</b>	Banho	Ramal de esgoto	22-23	3	40
		Ramal de esgoto	23-25	3	40
		Ramal de esgoto	25-26	9	100
	Banho	Ramal de esgoto	29-31	3	40
		Ramal de esgoto	26-31	9	100
	Cozinha, Serviço e Lavabo	Ramal de esgoto	33-35	1	40
		Ramal de esgoto	35-41	7	100
		Ramal de esgoto	37-39	5	50
		Ramal de esgoto	39-40	8	75
		Ramal de esgoto	37-40	8	75
		Ramal de esgoto	37-41	11	75
		Ramal de esgoto	41-42	18	100
	Churrasqueira	Ramal de esgoto	45-46	3	50

(fonte: própria do autor)

Tabela 58 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamentos 302, 402 e 502.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b>∑UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTOS 302/402/502</b>	Banho	Ramal de esgoto	3-5	3	40
		Ramal de esgoto	5-6	9	100
	Banho	Ramal de esgoto	9-11	3	40
	Cozinha, Serviço e Lavabo	Ramal de esgoto	14-15	5	50
		Ramal de esgoto	15-17	8	75
		Ramal de esgoto	17-19	8	75
		Ramal de esgoto	11-19	11	75

(fonte: própria do autor)

Tabela 59 – Dimensionamento ramais de esgoto - Apartamentos 303, 403 e 503.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b>∑UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>APTOS 303/403/503</b>	Churrasqueira	Ramal de esgoto	2-3	3	50
	Banho	Ramal de esgoto	6-7	3	40
		Ramal de esgoto	7-9	9	100
	Banho	Ramal de esgoto	11-12	3	40
		Ramal de esgoto	10-11	3	40
		Ramal de esgoto	9-10	9	100
	Cozinha, Serviço e Lavabo	Ramal de esgoto	17-19	1	40
		Ramal de esgoto	19-20	7	100
		Ramal de esgoto	20-28	10	100
		Ramal de esgoto	24-26	5	50
		Ramal de esgoto	26-27	8	75
		Ramal de esgoto	27-28	8	75
		Ramal de esgoto	28-29	18	100

(fonte: própria do autor)

Tabela 60 – Dimensionamento ramais de esgoto - Redes no térreo.

<b>DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANITÁRIO</b>					
<b>Apartamento</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Classificação</b>	<b>Trecho</b>	<b>∑UHC</b>	<b>D [mm]</b>
<b>TÉRREO</b>	Diversos	Ramal de esgoto	4-5	3	50
		Ramal de esgoto	7-9	1	40
		Ramal de esgoto	5-9	7	100
		Ramal de esgoto	2-5	10	75

(fonte: própria do autor)

### 5.3.3 Dimensionamento dos tubos de queda

O dimensionamento dos tubos de queda ocorre de maneira análoga, entretanto utiliza-se a Tabela 12 para determinação dos diâmetros em função do somatório de UHC em cada uma das tubulações de queda. Conforme comentado na metodologia de cálculo, é estritamente proibido que ocorra uma redução no diâmetro nominal no sentido do fluxo do esgoto sanitário. Portanto, tubos de queda como TQ1, TQ2, TQ4, TQ5, TQ6 e TQ7, apesar de não apresentarem demanda suficiente de UHC para que fosse adotado DN100, foram dimensionados de tal forma pois estão associados a bacias sanitárias. Os resultados encontrados estão representados na Tabela 61.

Tabela 61 – Dimensionamento tubos de queda de esgoto.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA VERTICAL DE ESGOTO SANITÁRIO			
Identificação	Classificação	Trecho	D [mm]
TQ1	Coluna	4° - 5°	100
	Coluna	3° - 4°	100
	Coluna	2° - 3°	100
TQ2	Coluna	4° - 5°	100
	Coluna	3° - 4°	100
	Coluna	2° - 3°	100
TQ3	Coluna	4° - 5°	40
	Coluna	3° - 4°	40
	Coluna	2° - 3°	50
	Coluna	T - 2°	50
TQ 1/2	Coluna	T - 2°	100
TQ4	Coluna	4° - 5°	100
	Coluna	3° - 4°	100
	Coluna	2° - 3°	100
TQ5	Coluna	4° - 5°	100
	Coluna	3° - 4°	100
	Coluna	2° - 3°	100
TQ 9	Coluna	T - 2°	50
TQ 4/5	Coluna	T - 2°	100
TQ6	Coluna	4° - 5°	100
	Coluna	3° - 4°	100
	Coluna	2° - 3°	100
TQ7	Coluna	4° - 5°	100
	Coluna	3° - 4°	100
	Coluna	2° - 3°	100
TQ8	Coluna	4° - 5°	40
	Coluna	3° - 4°	40
	Coluna	2° - 3°	50
TQ 6/7/8	Coluna	T - 2°	100
TQ - G	Coluna	T - 2°	150

(fonte: própria do autor)

### 5.3.4 Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial

Para subcoletores e coletor predial, realizou-se o somatório das UHC e utilizou-se a Tabela 13 para determinação dos diâmetros. O caimento utilizado foi de 1%. Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 62.

Tabela 62 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial de esgoto.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO SANTÁRIO					
Apartamento	Ambiente	Classificação	Trecho	$\Sigma$ UHC	D [mm]
APTO 203	Banhos, Serviço, Cozinha e Churrasqueira	Subcoletor	4-5	54	100
		Subcoletor	5-7	57	100
		Subcoletor	7-8	66	100
		Subcoletor	18-19	9	100
		Subcoletor	15-18	12	100
		Subcoletor	8-15	72	100
		Subcoletor	15-21	84	100
		Subcoletor	20-21	54	100
APTO 202	Banhos	Subcoletor	5-7	27	100
		Subcoletor	4-7	33	100
		Subcoletor	4-8	36	100
		Subcoletor	8-14	27	100
APTO 201	Banhos, Serviço e Cozinha	Subcoletor	7-8	54	100
		Subcoletor	8-14	63	100
		Subcoletor	14-16	72	100
		Subcoletor	15-16	54	100
		Subcoletor	16-19	126	100
		Subcoletor	19-24	128	100
		Subcoletor	24-25	135	100
REDES NO TÉRREO	Diversos	Subcoletor	1-2	138	100
		Subcoletor	2-10	148	100
		Subcoletor	10-11	11	100
		Subcoletor	10-12	159	100
		Subcoletor	12-13	72	100
		Subcoletor	12-14	231	150
		Subcoletor	14-15	142	100
		Subcoletor	14-16	373	150
REDES NO SUBSOLO	Diversos	Subcoletor	1-2	385	150
		Subcoletor	2-3	385	150
		Coletor	3-4	385	150

(fonte: própria do autor)

### 5.3.5 Dimensionamento dos ramais de ventilação

Utilizando as Tabelas 14 e 15, e calculando os somatórios de UHC associados a cada um dos trechos de ramal de ventilação, determinou-se os diâmetros ramal a ramal conforme Tabela 63.

Tabela 63 – Dimensionamento dos ramais de ventilação do esgoto.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL VENTILAÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO									
Apartamento	Ambiente	Classificação	Trecho	$\Sigma$ UHC	L[m]	D [mm]	D ramal [mm]	Lmáx [m]	L < Lmáx?
APTOS 301/401/501	Banhos	Ramal de ventilação	1-2	9	0,5	50,0	40,0	1,0	OK
		Ramal de ventilação	1-3	9	0,3	50,0	40,0	1,0	OK
	Cozinha e serviço	Ramal de ventilação	4-5	11	0,8	50,0	75,0	1,8	OK
	Lavabo	Ramal de ventilação	6-7	7	0,1	50,0	40,0	1,0	OK
	Churrasqueira	Ramal de ventilação	8-9	3	0,7	50,0	50,0	1,2	OK
APTOS 302/402/502	Banho	Ramal de ventilação	1-2	9	0,2	50,0	40,0	1,0	OK
	Banho, cozinha e serviço	Ramal de ventilação	3-4	9	0,1	50,0	40,0	1,0	OK
		Ramal de ventilação	4-5	11	0,8	50,0	75,0	1,8	OK
APTOS 303/403/503	Banhos	Ramal de ventilação	1-2	9	0,3	50,0	40,0	1,0	OK
		Ramal de ventilação	1-3	9	0,5	50,0	40,0	1,0	OK
	Lavabo, cozinha e serviço	Ramal de ventilação	6-8	7	1,0	50,0	75,0	1,8	OK
		Ramal de ventilação	6-7	3	1,0	50,0	75,0	1,8	OK
		Ramal de ventilação	5-6	10	1,0	50,0	75,0	1,8	OK
	Churrasqueira	Ramal de ventilação	4-5	18	1,0	75,0	75,0	1,8	OK
		Ramal de ventilação	9-10	3	0,5	50,0	50,0	1,2	OK
APTOS 201	Banhos	Ramal de ventilação	1-2	9	0,1	50,0	40,0	1,0	OK
		Ramal de ventilação	1-3	9	0,1	50,0	40,0	1,0	OK
	Cozinha e serviço	Ramal de ventilação	4-5	7	0,1	50,0	75,0	1,8	OK
	Lavabo	Ramal de ventilação	6-7	7	0,2	50,0	40,0	1,0	OK
	Churrasqueira	Ramal de ventilação	8-9	3	0,7	50,0	50,0	1,2	OK
APTOS 202	Banho	Ramal de ventilação	1-2	9	0,2	50,0	40,0	1,0	OK
	Banho	Ramal de ventilação	3-4	9	0,4	50,0	40,0	1,0	OK
	Cozinha e serviço	Ramal de ventilação	5-6	8	1,0	50,0	50,0	1,2	OK
APTOS 203	Banhos	Ramal de ventilação	1-2	9	0,3	50,0	40,0	1,0	OK
		Ramal de ventilação	1-3	9	0,2	50,0	40,0	1,0	OK
	Lavabo, cozinha e serviço	Ramal de ventilação	6-7	7	1,0	50,0	75,0	1,8	OK
		Ramal de ventilação	5-6	10	1,0	50,0	75,0	1,8	OK
		Ramal de ventilação	4-5	18	1,0	75,0	75,0	1,8	OK
	Churrasqueira	Ramal de ventilação	8-9	3	0,2	50,0	50,0	1,2	OK

(fonte: própria do autor)

### 5.3.6 Dimensionamento das colunas de ventilação

Para o dimensionamento da coluna de ventilação utilizou-se a Tabela 16 com os valores de diâmetro nominal do ramal de origem, somatório de UHC e comprimento necessário de tubulação, e a partir disso determinou-se os diâmetros das colunas, que invariavelmente devem ser uniformes em suas respectivas prumadas, conforme Tabela 64.

Tabela 64 – Dimensionamento das colunas de ventilação do esgoto.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA VERTICAL DE VENTILAÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO (VENTs)						
L necessário: 15m						
Identificação	Classificação	Trecho	ΣUHC	Dramal origem [mm]	Altura [m]	D [mm]
VENT 1	Diversos	2° - 5°	72	100	15	75
VENT2	Diversos	2° - 5°	40	100	15	75
VENT3	Diversos	2° - 5°	72	100	15	75
VENT 4	Diversos	2° - 5°	12	50	15	50
VENT 5	Diversos	2° - 5°	28	100	15	75
VENT 6	Diversos	2° - 5°	69	100	15	75
VENT 7	Diversos	2° - 5°	36	75	15	50
VENT 8	Diversos	2° - 5°	8	100	15	75
VENT 9	Diversos	2° - 5°	72	100	15	75
VENT 10	Diversos	2° - 5°	12	50	15	50

(fonte: própria do autor)

### 5.3.7 Dimensionamento de elementos

#### 5.3.7.1 Dimensionamento das caixas de inspeção

Para as caixas de inspeção, seguindo instruções definidas no item 4.3.7.1, determinou-se as seguintes dimensões:

$$Dim_{CI} = 0,6 \times 0,6 \times 1,0 \text{ m}$$

Em que:

Dim<sub>CI</sub>: Dimensões das caixas de inspeção [m]

#### 5.3.7.2 Dimensionamento das caixas sifonadas

Para as caixas sifonadas de banheiros, como nenhuma ultrapassará o limite de 6 UHC, o diâmetro padrão para o projeto em questão será:

$$DN_{CS} = 100 \text{ mm}$$

Em que:

DN<sub>CS</sub>: Dimensões das caixas sifonadas [mm]

## 5.4 INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 5.4.1 Determinação dos parâmetros básicos

De acordo com os itens 5.1.2 e 5.1.3 da NBR 10844, definiu-se os seguintes parâmetros para o projeto deste estudo.

$$T = 5 \text{ anos}$$

Em que:

T: Tempo de retorno da chuva de projeto [anos]

$$t = 5 \text{ min}$$

Em que:

t: Duração da precipitação de projeto

Através dos parâmetros anteriormente definidos e consultando a Tabela 20 deste trabalho, definiu-se a intensidade pluviométrica de projeto.

$$I = 146 \text{ mm/h}$$

Em que:

I: Intensidade pluviométrica [mm/h]

O cálculo das áreas de contribuição foi realizado conforme projeto arquitetônico da edificação e critérios de áreas de influência estabelecidos em norma e representados no Anexo D deste trabalho. Os resultados encontram-se na Tabela 65.

Tabela 65 – Cálculo das áreas de influência da chuva.

ID Área	Área [m <sup>2</sup> ]	Incremento de área [m <sup>2</sup> ]	Área total [m <sup>2</sup> ]
AH1	24,8	0	24,8
AH2	3,4	5,0	8,4
AH3	19,4	0	19,4
AH3'	19,4	0	19,4
AH3''	19,4	0	19,4
AH3'''	19,4	0	19,4
AH4	6,2	0	6,2
AH5	9,2	0	9,2
AH6	28,0	0	28,0
AH6'	28,0	0	28,0
AH7	1,8	0	1,8
AH8	19,6	0	19,6
AH8'	19,6	0	19,6
AH8''	19,6	0	19,6
AH8'''	19,6	0	19,6
AH9	8,4	0	8,4
AH10	8,3	0	8,3
AH11	8,4	0	8,4
AH12	8,4	0	8,4
AH13	11,8	0	11,8
AH14	33,0	0	33,0
AH14'	33,0	0	33,0
AH15	25,9	0	25,9
AH16	28,0	0	28,0
AH17	11,9	0	11,9

(fonte: própria do autor)

Aplicando a Equação 23, encontrou-se a vazão de projeto para cada uma das áreas com captação de água da chuva, conforme Tabela 66.

Tabela 66 – Cálculo das vazões por área de influência.

ID Área	Área total [m <sup>2</sup> ]	Q [L/min]
AH1	24,8	60,2
AH2	8,4	20,4
AH3	19,4	47,2
AH3'	19,4	47,2
AH3"	19,4	47,2
AH3'''	19,4	47,2
AH4	6,2	15,1
AH5	9,2	22,4
AH6	28,0	68,2
AH6'	28,0	68,2
AH7	1,8	4,5
AH8	19,6	47,7
AH8'	19,6	47,7
AH8"	19,6	47,7
AH8'''	19,6	47,7
AH9	8,4	20,4
AH10	8,3	20,1
AH11	8,4	20,4
AH12	8,4	20,4
AH13	11,8	28,7
AH14	33,0	80,4
AH14'	33,0	80,4
AH15	25,9	62,9
AH16	28,0	68,0
AH17	11,9	28,9

(fonte: própria do autor)

#### 5.4.2 Dimensionamento de condutores horizontais

Para simplificação dos cálculos, fazendo uso da Tabela 22 deste trabalho, definiu-se os diâmetros, conforme resultados apresentados na Tabela 67.

Tabela 67 – Dimensionamento do sistema horizontal de esgoto pluvial.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA HORIZONTAL DE ESGOTO PLUVIAL				
ID Trecho	Área [m <sup>2</sup> ]	Incremento de área [m <sup>2</sup> ]	Q [L/min]	D condut. Horizontal [mm] i=0,5%   n=0,011
1-3	24,8	-	60,2	75,0
2-3	3,4	5,0	20,4	50,0
5-6	19,4	-	47,2	75,0
5-7	19,4	-	47,2	75,0
4-5	38,8	-	94,5	75,0
8-10	19,4	-	47,2	75,0
9-10	19,4	-	47,2	75,0
10-11	38,8	-	94,5	75,0
12-13	6,2	-	15,1	50,0
13-14	9,2	-	22,4	50,0
13-15	28,0	-	68,2	75,0
16-19	9,2	-	22,4	50,0
18-19	33,1	-	80,7	75,0
19-20	42,4	-	103,1	100,0
17-20	28,0	-	68,2	75,0
21-22	1,8	-	4,5	50,0
23-25	19,6	-	47,7	75,0
24-25	19,6	-	47,7	75,0
25-26	39,2	-	95,3	100,0
27-29	19,6	-	47,7	75,0
28-29	19,6	-	47,7	75,0
29-30	39,2	-	95,3	100,0
31-32	8,4	-	20,4	50,0
33-34	8,3	-	20,1	50,0
35-36	8,4	-	20,4	50,0
37-38	8,4	-	20,4	50,0
39-40	11,8	-	28,7	50,0
40-41	82,2	-	200,0	100,0
42-44	1,8	-	4,5	50,0
43-44	39,2	-	95,3	100,0
45-46	47,1	-	114,6	100,0
47-48	33,0	-	80,4	75,0
48-49	97,4	-	237,1	150,0
49-51	97,4	-	237,1	150,0
50-51	33,0	-	80,4	75,0
51-52	130,5	-	317,5	150,0
53-55	72,4	-	176,2	100,0
54-55	47,1	-	114,6	100,0
55-59	119,5	-	290,8	150,0
56-58	25,9	-	62,9	75,0
57-58	43,4	-	105,7	100,0
58-59	69,3	-	168,6	100,0
59-61	188,8	-	459,5	150,0
60-61	77,2	-	187,9	100,0
61-66	266,0	-	647,3	150,0
62-64	41,0	-	99,8	100,0
63-64	28,0	-	68,0	75,0
64-65	69,0	-	167,9	100,0
65-67	130,5	-	317,5	150,0
65-66	199,5	-	485,3	150,0
67-69	465,5	-	1132,7	200,0
68-69	11,9	-	28,9	50,0
69-70	477,3	-	1161,5	200,0

(fonte: própria do autor)

### 5.4.3 Dimensionamento dos condutores verticais

Fazendo uso da Tabela 23, extraída de Botelho e Ribeiro Jr. (2010), dimensionou-se os condutores verticais de acordo com sua área de drenagem de água da chuva. Os resultados encontram-se na Tabela 68.

Tabela 68 – Dimensionamento do sistema vertical de esgoto pluvial.

DIMENSIONAMENTO - SISTEMA VERTICAL DE ESGOTO PLUVIAL				
ID	Local	Área [m <sup>2</sup> ]	D condut. Vertical [mm]	Capacidade de vazão (L/s)
TQP1	Apartamentos final 01	72,4	100,0	3,8
TQP2	Apartamentos final 01	33,9	75,0	1,8
TQP3	Apartamentos final 02	70,4	100,0	3,8
TQP5	Apartamentos final 02	82,2	100,0	3,8
TQP6	Apartamentos final 03	1,8	75,0	1,8
TQP7	Apartamentos final 03	64,4	100,0	3,8
TQP7'	Apartamentos final 03	130,5	150,0	11,5
TQP8	Apartamentos final 03	39,2	75,0	1,8
TQP6/8	Apartamentos final 03	41,0	75,0	1,8
TQP-G	Geral - Térreo ao subsolo	2953,2	200,0	25,2

(fonte: própria do autor)

### 5.4.4 Dimensionamento dos sistemas de amortecimento de vazões

Aplicando-se a Equação 25, chegou-se à seguinte vazão máxima de projeto:

$$Q_{m\acute{a}x} = 61,8 \text{ L/min}$$

Em que:

$Q_{m\acute{a}x}$ : Vazão máxima lançada na rede pública [L/min]

Analisando os resultados obtidos em 5.4.2, conclui-se que a vazão de projeto da edificação, equivalente à vazão no trecho final do sistema de esgoto pluvial, é consideravelmente maior que a vazão máxima permitida para lançamento direto na rede pública e, portanto, deverão ser previstas medidas para amortecimento destas vazões.

$$Q_{Projeto} = Q_{69-70} = 1.161,5 \text{ L/min}$$

Em que:

$Q_{\text{Projeto}}$ : Vazão de projeto [L/min]

Para cálculo do volume de reservação previsto em projeto, visando a atenuação dos picos de vazão na rede pública provocados por chuvas intensas, aplicou-se a Equação 26, utilizando como dado de entrada a área impermeável de 495,3 m<sup>2</sup>.

$$V_{\text{Res}} = 21,0 \text{ m}^3$$

Em que:

$V_{\text{Res}}$ : Volume de reservação de águas pluviais [L/min]

De forma a atender o volume de reservação exigido no Decreto 18611/2014, optou-se pela combinação de dois sistemas:

- Sistema Laminar Alto de Telhado Verde
- Reservatório pluvial no subsolo

#### 5.4.4.1 Dimensionamento do volume de reservação no telhado verde

Para o projeto em questão, adotou-se espessura de camada de reservação e área de telhado verde constantes a seguir:

$$e = 8 \text{ cm}$$

$$A_{\text{TV}} = 212 \text{ m}^2$$

Em que:

$e$ : Espessura da camada de reservação prevista em projeto [cm]

$A_{\text{TV}}$ : Área de Telhado Verde [m<sup>2</sup>]

Portanto, aplicando-se a Equação 27, com os dados de entrada definidos acima, encontrou-se:

$$V_{Res-TV} = 16,96 \text{ m}^3 \cong 17\text{m}^3$$

Em que:

$V_{Res-TV}$ : Volume de reservação no Telhado Verde [ $\text{m}^3$ ]

#### 5.4.4.2 Dimensionamento do reservatório pluvial no subsolo

Obtido o volume reservado sob o telhado verde, define-se os seguintes valores:

$$V_{Res} = 21,0 \text{ m}^3$$

$$V_{Res-TV} = 17,0\text{m}^3$$

Em que:

$V_{res}$ : Volume de reservação de águas pluviais [ $\text{m}^3$ ]

Aplicando os valores acima na Equação 28, encontrou-se:

$$V_{Res-RP} = 4\text{m}^3$$

Em que:

$V_{Res-RP}$ : Volume de reservação no reservatório pluvial do subsolo [ $\text{m}^3$ ]

## 6. ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO

### 6.1 ANÁLISE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO

Como mencionado, o Sistema Laminar Alto é compatível com coberturas de edifícios em geral. Entretanto, a principal exigência deste sistema é de que a laje suporte seja plana, uma vez que sua principal característica consiste no armazenamento em quantidade considerável de água no reservatório formado sob a camada de vegetação, que se torna inviável quando trata-se de coberturas com inclinação (ECOTELHADO, 2018).

A solução construtiva se assemelha bastante a um piso flutuante, em que a cobertura vegetal apoia-se nos Ecodrenos, formando assim um volume de reservação de água de até 18cm de altura capaz de armazenar 180 L/m<sup>2</sup> (ECOTELHADO, 2018), o que torna o sistema independente de irrigação artificial, a exceção do período de adaptação da vegetação, onde pode ser necessária irrigação artificial, conforme mencionado no referencial teórico.

Representa-se, na Figura 25, um corte do sistema para melhor visualização da solução:

Figura 25 – Corte esquemático do Sistema Laminar Alto de telhado verde.



(fonte: ECOTELHADO, 2018)

Ainda que o sistema busque a redução da espessura e cargas de seus elementos construtivos, a carga exercida pelo mesmo sobre a estrutura é relativamente alta devido principalmente à

quantidade de água armazenada. Para fins de projeto estrutural, deve ser considerada uma carga permanente de 250 kg/m<sup>2</sup> (ECOTELHADO, 2018).

Apesar de não fazer parte da solução construtiva estudada, a impermeabilização realizada na laje suporte do sistema deve ser analisada a fim garantir a estanqueidade, uma vez que a quantidade de água armazenada é considerável, assim como será a pressão exercida nos pontos de infiltração, se existentes. Por seu baixo custo e tradição no mercado da construção, a manta asfáltica é a solução utilizada na maioria dos casos para lajes impermeabilizadas de cobertura. Entretanto, pesa de forma negativa o fato deste tradicional sistema ter pequena vida útil, manutenção complicada e ser extremamente suscetível ao ataque de raízes. A Ecotelhado, como desenvolvedora e fornecedora do sistema, recomenda e comercializa as geomembranas de PVC para impermeabilização de lajes suporte de telhados verdes, pois estas apresentam alta maleabilidade e resistência ao ataque de raízes, além de garantir a estanqueidade por mais tempo. Segundo fabricante, a manta de PVC (Figura 26) executada com termo fusão tem vida-útil até três vezes maior que a manta asfáltica (ECOTELHADO, 2019).

Figura 26 – Impermeabilização com manta de PVC.



(fonte: PIRES, 2019)

Devem ser analisados ainda, para fins de projeto, orçamentação e execução, os seguintes aspectos (ECOTELHADO, 2018):

- Tanto a membrana de absorção, quanto a membrana anti raízes, dev em ser instaladas com sobreposição de 30 cm, conforme indicado em projeto;
- Os prolongadores dos ralos pluviais devem se sobressair com relação à laje na medida exata que se pretende dar à lamina d'água acumulada. Recomenda-se a altura de 16 cm para um melhor aproveitamento do sistema;

- Recomenda-se dimensionamento convencional para sistema de drenagem pluvial da edificação, desconsiderando, portanto, a redução do estresse hidráulico promovida pelo acúmulo de água sob a vegetação;
- A área de instalação do sistema deverá obrigatoriamente ter perímetro fechado com platibanda devidamente impermeabilizada e com altura mínima de 25cm;
- Deverá ser previsto pelo menos um ponto de abastecimento de água para cada perímetro fechado para o período de adaptação da vegetação, caso se torne necessário;
- De acordo com a Ecotelhado, não há previsão de caixa de inspeção para o sistema, uma vez que as manutenções são raras e o sistema é modulável, portanto é completamente viável o acesso à parte inferior levantando a vegetação, a membrana de absorção e removendo um dos Ecodrenos para visualizar o interior do sistema. Posterior à inspeção, o sistema é facilmente reorganizado.<sup>2</sup>

## 6.2 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA LAMINAR ALTO

A fim de garantir a assertividade da decisão por implantar ou não o Sistema Laminar Alto neste projeto, realizou-se orçamentação de material e mão-de-obra junto à empresa desenvolvedora do sistema, a Ecotelhado. Considerou-se, neste estudo, todas as implicações técnicas e geradoras de custo do sistema, tais como a obrigatoriedade da impermeabilização em geomembrana de PVC. A seguir, tratou-se como Caso I a implantação do Sistema Laminar Alto, na cobertura da edificação, associado a um reservatório inferior de dimensões reduzidas no subsolo e, como Caso II, considerou-se a implantação do sistema convencional para contenção de águas pluviais, um único reservatório no subsolo e cobertura em laje impermeabilizada.

---

<sup>2</sup> Conforme esclarecimentos da arquiteta Juliana Pereira em visita à Ecotelhado.

## 6.2.1 Orçamento: Caso I

Dividiu-se a solução proposta, para fins de orçamentação, em função dos seus três principais constituintes: Sistema Laminar Alto, impermeabilização em geomembrana de PVC e reservatório inferior para águas pluviais (4m<sup>3</sup>). Para os sistemas executados pela Ecotelhado, utilizou-se orçamento elaborado pelo fornecedor, conforme Tabelas 69 e 70.

Tabela 69 – Orçamento Sistema Laminar Alto da Ecotelhado.

<b>Orçamento - Sistema Laminar Alto - Ecotelhado</b>				
Sistema:	Sistema Laminar Alto com grama			
Tipo de base:	Laje			
Inclinação da base [°]:	0 (Plana)			
Área orçada [m <sup>2</sup> ]:	212			
<b>Materiais e serviços</b>				
Descrição	Quantidade	Unid.	Custo unitário	Custo total
Membrana antirraízes - Lona megaplast 200 micras	234	m <sup>2</sup>	R\$ 7,23	R\$ 1.691,82
Ecodrenos	2252	unid.	R\$ 11,12	R\$ 25.042,24
Geoflex FX	467	m <sup>2</sup>	R\$ 7,78	R\$ 3.633,26
Argila expandida	9010	L	R\$ 0,89	R\$ 8.018,90
Grama esmeralda	223	m <sup>2</sup>	R\$ 24,00	R\$ 5.352,00
Forth gel	5	kg	R\$ 104,45	R\$ 522,25
Parafuso nivelador de Ecodreno	2252	unid.	R\$ 5,08	R\$ 11.440,16
Forth gel	5	kg	R\$ 104,45	R\$ 522,25
Materiais para consumo	1	vb	R\$ 511,45	R\$ 511,45
Serviço de instalação	1	vb	R\$ 6.996,00	R\$ 6.996,00
			<b>Custo total:</b>	<b>R\$ 63.730,33</b>

(fonte: ECOTELHADO, 2019)

Tabela 70 – Orçamento impermeabilização com geomembrana de PVC.

<b>Orçamento - Impermeabilização com geomembrana de PVC - Ecotelhado</b>				
Sistema:	Impermeabilização de laje plana com geomembrana de PVC			
Tipo de base:	Laje			
Área em planta orçada [m <sup>2</sup> ]:	212			
Perímetro da área orçada [m]:	114,7			
Altura da impermeabilização na platibanda [m]:	0,5			
<b>Materiais e serviços</b>				
Descrição	Quantidade	Unid.	Custo unitário	Custo total
Geoflex FX	620	m <sup>2</sup>	R\$ 7,78	R\$ 4.823,60
Membrana de PVC para impermeabilização - ESE 301	310	m <sup>2</sup>	R\$ 91,12	R\$ 28.247,20
Adesivo AM 120	4	m <sup>2</sup>	R\$ 973,34	R\$ 3.893,36
Silicone Mastiflex - Tubo	5	unid.	R\$ 66,43	R\$ 332,15
Serviço de instalação	1	vb	R\$ 10.774,60	R\$ 10.774,60
			<b>Custo total:</b>	<b>R\$ 48.070,91</b>

(fonte: ECOTELHADO, 2019)

Para a orçamentação do reservatório subterrâneo pluvial, adotou-se a composição da base de dados da Empresa X, em que a partir de uma metragem quadrada de formas e de um volume de concreto, é possível estimar quantidade e custo total para as atividades discriminadas na Tabela 71.

Tabela 71 – Orçamento reservatório inferior para águas pluviais (4 m<sup>3</sup>).

<b>Orçamento - Reservatório subterrâneo de águas pluviais em concreto armado</b>					
Área de formas [m <sup>2</sup> ]:	20,04				
Volume de concreto [m <sup>3</sup> ]:	3,00				
Massa de aço para armação [kg]:	278,87				
<b>Materiais e serviços</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Custo total</b>	
Formas para execução de estrutura em concreto armado - Material	20,04	m <sup>2</sup>	R\$ 62,36	R\$	1.249,66
Armadura CA50/60 - 10 mm - Material	278,87	kg	R\$ 2,73	R\$	761,74
Concreto 30MPa com bomba - Material	3,00	m <sup>3</sup>	R\$ 303,60	R\$	910,80
Execução de estrutura em concreto armado - Mão de obra	3,00	m <sup>3</sup>	R\$ 550,00	R\$	1.650,00
Impermeabilização cristalizante - Material e mão de obra	20,04	m <sup>2</sup>	R\$ 94,50	R\$	1.893,78
				<b>Custo total:</b>	R\$ 6.465,97

(fonte: própria do autor)

Somando-se os custos totais de cada um dos elementos constituintes da solução proposta no Caso I, chegou-se aos valores constantes na Tabela 72.

Tabela 72 – Orçamento final do Caso I.

<b>Custo final de implantação - Caso I</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Custo total</b>
Sistema Laminar Alto:	R\$ 63.730,33
Impermeabilização em geomembrana de PVC:	R\$ 48.070,91
Reservatório inferior para águas pluviais (4m <sup>3</sup> ):	R\$ 6.465,97
<b>Custo total:</b>	R\$ 118.267,21

(fonte: própria do autor)

## 6.2.2 Orçamento: Caso II

Para o Caso II considerou-se a implantação de um único reservatório inferior de águas pluviais com dimensões consideravelmente superiores para retenção da totalidade dos volumes precipitados, dispensando qualquer forma alternativa de retenção de vazões no

pavimento de cobertura da edificação, como proposto no Caso I. Assim, para o orçamento dessa solução, utilizando novamente a composição explicitada na Tabela 71, calculou-se o custo total do reservatório inferior (21m<sup>3</sup>) conforme Tabela 73.

Tabela 73 – Orçamento reservatório inferior para águas pluviais (21m<sup>3</sup>).

<b>Orçamento - Reservatório subterrâneo de águas pluviais em concreto armado</b>				
Área de formas [m <sup>2</sup> ]:	74,04			
Volume de concreto [m <sup>3</sup> ]:	11,11			
Massa de aço para armação [kg]:	1030,30			
<b>Materiais e serviços</b>				
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Custo total</b>
Formas para execução de estrutura em concreto armado - Material	74,04	m <sup>2</sup>	R\$ 62,36	R\$ 4.617,00
Armadura CA50/60 - 10 mm - Material	1030,30	kg	R\$ 2,73	R\$ 2.814,32
Concreto 30MPa com bomba - Material	11,11	m <sup>3</sup>	R\$ 303,60	R\$ 3.371,78
Execução de estrutura em concreto armado - Mão de obra	11,11	m <sup>3</sup>	R\$ 550,00	R\$ 6.108,30
Impermeabilização cristalizante - Material e mão de obra	74,04	m <sup>2</sup>	R\$ 94,50	R\$ 6.996,78
<b>Custo total:</b>				<b>R\$ 23.908,18</b>

(fonte: própria do autor)

Entretanto, considerou-se também no custo desta proposta a impermeabilização realizada no pavimento de cobertura para fins de equalização e posterior comparação com o Caso I, uma vez que apesar de não ser necessária a impermeabilização com geomembrana de PVC, obrigatória para telhados verdes, ainda é imprescindível a impermeabilização da laje de cobertura, a qual foi orçada com manta asfáltica, de acordo com valores da base de dados da Empresa X. Os custos encontrados para a impermeabilização da laje de cobertura com manta asfáltica estão explicitados na Tabela 74.

Tabela 74 – Orçamento impermeabilização com manta asfáltica.

<b>Orçamento - Impermeabilização de laje de cobertura com manta asfáltica</b>				
Sistema:	Impermeabilização de laje plana com manta asfáltica			
Tipo de base:	Laje			
Área em planta orçada [m <sup>2</sup> ]:	212,00			
Perímetro da área orçada [m]:	114,70			
Altura da impermeabilização na platibanda [m]:	0,5			
<b>Materiais e serviços</b>				
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Custo total</b>
Impermeabilização com manta asfáltica - Material	269,35	m <sup>2</sup>	R\$ 25,00	R\$ 6.733,75
Impermeabilização com manta asfáltica - Mão de obra	269,35	m <sup>2</sup>	R\$ 56,00	R\$ 15.083,60
<b>Custo total:</b>				<b>R\$ 21.817,35</b>

(fonte: própria do autor)

Somando-se os custos totais, chegou-se aos valores da Tabela 75.

Tabela 75 – Orçamento final do Caso II.

<b>Custo final de implantação - Caso II</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Custo total</b>
Reservatório inferior para águas pluviais (21 m³):	R\$ 23.908,18
Impermeabilização com manta asfáltica:	R\$ 21.817,35
<b>Custo total:</b>	<b>R\$ 45.725,53</b>

(fonte: própria do autor)

Conclui-se, portanto, que a implantação da solução proposta no Caso I teria um custo consideravelmente mais alto em relação à solução convencional proposta no Caso II. Entretanto, deve ser realizada uma análise mais aprofundada e criteriosa para uma tomada de decisão assertiva, conforme subcapítulo 6.3.

### 6.3 DISCUSSÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA

A seguir, elencou-se os aspectos mais relevantes na tomada de decisão em relação a implantação ou não da solução proposta ao longo deste trabalho, contrapondo seus benefícios com seu alto custo, principal barreira enfrentada pelo sistema no mercado da construção.

#### 6.3.1 Amortecimento dos picos de vazão na rede predial e pública

O aumento desenfreado da densidade populacional nos grandes centros urbanos, e a consequente impermeabilização dos solos destas regiões, tornam os sistemas de drenagem convencionais das cidades incapazes de conter o escoamento superficial e os picos de vazões em eventos de grande precipitação (JOBIM, 2013). É neste contexto que surgem os telhados verdes, capazes de atenuar os escoamentos superficiais devido à grande capacidade de retenção de água pela vegetação e pelo reservatório do próprio sistema construtivo do telhado, no caso do Sistema Laminar Alto.

No trabalho de Vieira et al. (2018), realizou-se simulação de funcionamento do Sistema Laminar Alto ao longo de dois anos em Aracaju, Sergipe. Considerou-se um telhado com

Sistema Laminar Alto implantado com cotas dos drenos a uma altura de 16cm e com capacidade de esvaziamento total, ou seja, apenas precipitações com altura pluviométrica superior a 160 mm acarretariam em volumes desaguados instantaneamente na rede pública. Conforme resultados encontrados no estudo, obteve-se uma redução de 97% do volume drenado pela rede pública no momento da precipitação. Além disso, conforme observa-se na Figura 27, para o único evento em que o Sistema Laminar Alto não foi capaz de amortecer a totalidade do volume precipitado, houve uma significativa redução do volume desaguado na rede pública.

Figura 27 – Volumes desaguados na rede no momento da precipitação.



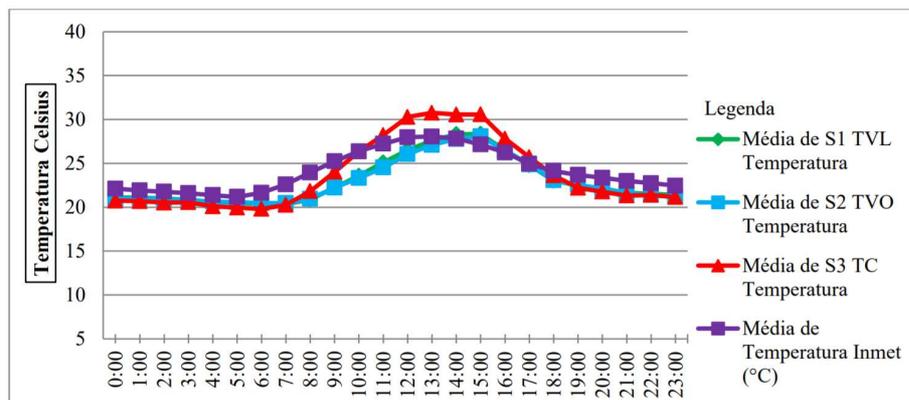
(fonte: VIEIRA et al., 2018)

### 6.3.2 Conforto térmico micro e macro

No contexto dos grandes centros urbanos, em que a cobertura vegetal é escassa e a densidade de construções é alta, torna-se interessante a implantação de telhados verdes por seu alto poder de atenuação da temperatura, o que os credenciam como combatentes a fenômenos climáticos como as ilhas de calor, por exemplo (GOING GREEN, 2018). Sob uma perspectiva mais reduzida, este tipo de cobertura tem impacto considerável no conforto térmico da edificação, refletindo tanto em condições de uso mais sustentáveis, ao reduzir o consumo de energia em até 30% (GREEN BUILDING COUNCIL, 2019), quanto no prolongamento da vida útil da edificação, ao conter substancialmente as dilatações térmicas da edificação, principalmente nos pavimentos superiores. De acordo com resultados obtidos

por Catuzzo (2013), é significativa a diferença observada quando comparada uma cobertura com telhado verde e uma cobertura convencional em concreto, como observa-se na Figura 28.

Figura 28 – Temperaturas observadas no telhado verde (S1 e S2) e cobertura convencional (S3).



(fonte: CATUZZO, 2013)

### 6.3.3 Biodiversidade e melhora na paisagem das cidades

Apesar de constituir-se um fator de difícil mensuração, as coberturas verdes trazem benefícios psicológicos para os moradores de áreas urbanas. Até mesmo quando estas não são acessíveis, é constatado uma melhora no bem-estar e autoestima da população pelo impacto positivo que as áreas verdes causam na paisagem dos grandes centros urbanos (OBERNDOFER et al., 2007).

Figura 29 – Sistema de telhado verde instalado em Porto Alegre – RS.



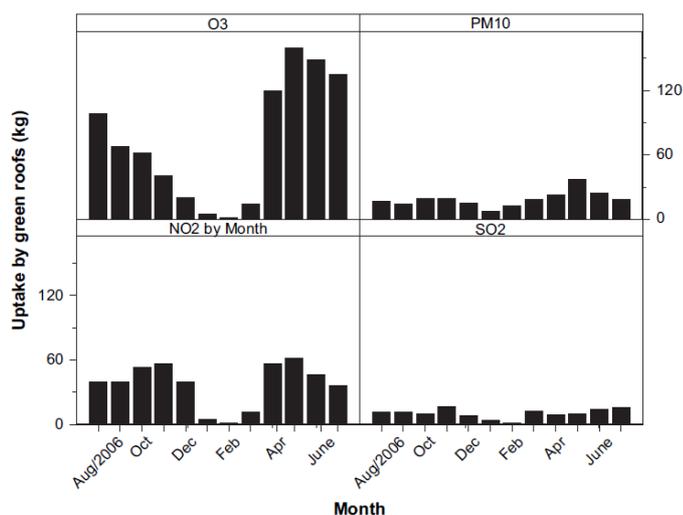
(fonte: ECOTELHADO, 2019)

Além disso, estudos comprovam que a implantação de sistemas como o Laminar Alto em meios urbanos promove a recuperação biodiversidade, principalmente de aves, insetos e aranhas (COFFMAN e WAITE, 2010). De acordo com Oberndofer (2007), raras espécies de aranhas e besouros principalmente costumam ser encontradas em telhados verdes. Entretanto, salienta-se que isto ocorre no exterior do sistema, já que internamente o mesmo é completamente isolado pela membrana de absorção.<sup>3</sup>

### 6.3.4 Captação de CO<sub>2</sub> e melhora da condição atmosférica das cidades

A vegetação presente na camada superficial dos telhados verdes também tem impacto relevante na captação de gases poluentes da atmosfera. Conforme constatado por Li et al. (2014), a concentração de gás carbônico cai substancialmente no entorno dos telhados verdes, apresentando reduções de 9,3% em comparação com demais áreas da cidade. De acordo com estudo realizado em Chicago entre os meses de agosto de 2006 e julho de 2007 (Figura 30), uma área total equivalente a 19,8 hectares de telhado verde foi capaz de retirar da atmosfera, ao longo do período observado, o equivalente a 1.675 kg de gases indesejáveis, tais como ozônio (O<sub>3</sub>) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) (YANG et al., 2008).

Figura 30 – Captação mensal de poluentes por telhados verdes em Chicago, EUA.



(fonte: YANG et al., 2008)

<sup>3</sup> Conforme esclarecimentos da arquiteta Juliana Pereira em visita à Ecotelhado.

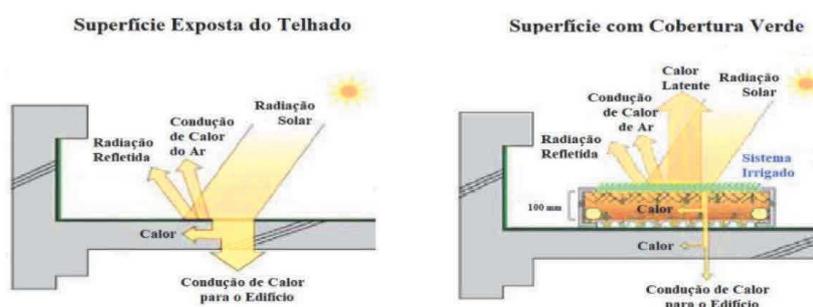
### 6.3.5 Conforto acústico

De acordo com Peck e Callaghan (1999), estima-se que, em sistemas convencionais de telhado verde, uma camada com 12cm de substrato e vegetação é capaz de reduzir a poluição sonora em até 40dB, sendo o substrato o responsável por bloquear as frequências mais baixas, enquanto a própria vegetação bloqueia as maiores frequências. No caso em estudo neste trabalho, espera-se um resultado ainda melhor em termos de abatimento da poluição sonora, uma vez que haverá, somada às camadas de substrato e vegetal, um volume considerável de água no interior do sistema.

### 6.3.6 Aumento da vida útil da edificação

A atenuação das temperaturas principalmente nas coberturas de edificações com sistema de telhado verde é significativa, conforme Figura 28, o que tem influência direta na vida útil da cobertura da edificação. De acordo com Savi (2012), o pavimento de cobertura além de estar sob ação direta da radiação solar, sofre grandes variações diárias de temperatura, as quais são absorvidas diretamente pela estrutura da edificação no caso de coberturas convencionais. No entanto, no caso de telhados verdes, a absorção de calor pela estrutura é significativamente reduzida, conforme Figura 31, o que torna a vida útil destes telhados duas vezes maior que a de uma cobertura convencional (SAVI, 2012).

Figura 31 – Absorção de calor na estrutura das coberturas.



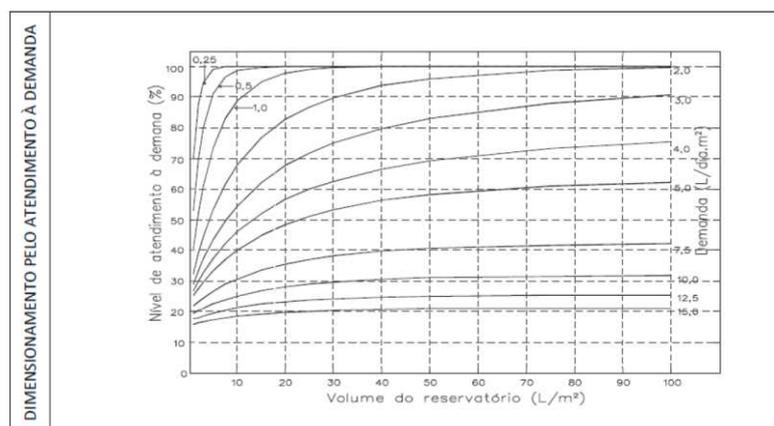
(fonte: SILVA et al, 2017)

### 6.3.7 Reutilização das águas pluviais

A retenção de até 180 L/m<sup>2</sup> caracteriza o Sistema Laminar Alto como uma cisterna para acúmulo de águas pluviais que, conforme adaptações realizadas em projeto, podem tornar a água nele armazenada passível de reutilização para fins não potáveis, como lavagem de áreas condominiais e irrigação dos jardins. Além disso, pelo fato de estar reservada na cobertura da edificação, a água armazenada tem pressão considerável em função de sua cota geométrica, dispensando a necessidade bombas de recalque no caso de uso desta nos pavimentos inferiores da edificação.

Nos casos em que houver previsão de reutilização de água da chuva, dimensiona-se o volume de água a ser reservado por metro quadrado de área de captação via método dos ábacos, adotando valores de entrada para a demanda e para o nível de atendimento à demanda (LAWALL, 2018). Analisando o ábaco, é de fácil constatação que, por usa alta capacidade de reservação, o Sistema Laminar Alto é capaz de atender demandas razoavelmente altas com um bom nível de atendimento.

Figura 32 – Ábaco para dimensionamento de reservatórios de reuso em Porto Alegre, RS.



(fonte: DORNELLES, 2012)

### **6.3.8 Custo de implantação**

O sistema proposto, conforme explicitado na Tabela 72, apresenta um custo total de R\$ 118.267,21 para a edificação projetada, superando em R\$ 72.541,68 o orçamento da solução convencional proposta no Caso II, a qual teve custo total estimado em R\$ 45.725,53. A diferença encontrada consolida o cenário relatado pela Ecotelhado, em que mencionou-se como principal barreira para difusão do sistema, a resistência encontrada em função de seu alto custo.<sup>4</sup>

### **6.3.9 Sobrecarga estrutural**

Conforme comentado em 6.1, para fins de projeto estrutural, deve ser considerada uma carga permanente de 250 kg/m<sup>2</sup> (ECOTELHADO, 2018), correspondente ao peso do sistema como um todo, gerando um custo extra em relação a uma cobertura convencional que, embora não abordado neste estudo, poderia ser calculado em função do custo de kN por m<sup>2</sup> em estrutura de concreto armado na região de aplicação do sistema. Este aspecto é um dificultador ainda maior em situações de implantação do Sistema Laminar Alto em construções já existentes, uma vez que teriam ainda de ser previstos reforços estruturais nas lajes e vigas de suporte do sistema.

### **6.3.10 Resultados encontrados**

Conclui-se, ao final da discussão proposta, que o emprego do Sistema Laminar Alto torna-se inviável em edificações de padrão popular, afinal, ainda que existam inúmeros benefícios na sua implantação, seu custo é discrepante em relação às soluções mais tradicionais encontradas no mercado, ainda que estas não tenham o devido engajamento que a causa sustentável merece. Por outro lado, para edificações de padrão superior, em que há maior investimento na criação de um produto imobiliário diferenciado, a implantação de sistemas como este pode ser viável, justificada pelos benefícios estéticos e construtivos que o mesmo promove no curto e longo prazo.

---

<sup>4</sup> Conforme esclarecimentos da arquiteta Juliana Pereira em visita à Ecotelhado.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento técnico em projetos hidrossanitários é de grande importância à atuação do engenheiro civil no mercado de trabalho, seja atuando na fase de elaboração, seja atuando em sua execução. Neste sentido, o presente trabalho permitiu não somente a aplicação prática dos conhecimentos desenvolvidos ao longo da graduação, mas promoveu um aprofundamento considerável nesta área tão importante e carente de profissionais qualificados.

Além disso, pode-se perceber, ao propor a implantação do Sistema Laminar Alto, que soluções diferenciadas no setor da construção enfrentam inúmeras barreiras, sendo a principal delas o custo, o qual muitas vezes é reduzido ao máximo em detrimento de outros aspectos igualmente relevantes, como qualidade técnica e sustentabilidade. Para a proposta desenvolvida, por exemplo, concluiu-se que a mesma era inviável em empreendimentos de padrão popular em função do impacto que um investimento como este teria no resultado do negócio. Assim, torna-se essencial o incentivo por parte do governo, a fim de viabilizar e alavancar soluções sustentáveis como o Sistema Laminar Alto, as quais teriam um impacto extremamente positivo nas grandes cidades em pontos críticos como escoamento superficial de águas pluviais, temperatura e fenômenos como ilhas de calor, quantidade de gases poluentes na atmosfera e também na estética da cidade, e por consequência na qualidade de vida de seus habitantes.

Conforme Lawall (2018), o Brasil já tem regulamentação para incentivo fiscal de soluções sustentáveis, a qual, entretanto, mostra-se insuficiente, uma vez que o país, nesse sentido, tem bastante necessidade de desenvolvimento em comparação com países como Canadá, por exemplo, onde no ano de 2010, tornou-se obrigatória a implantação de telhados verdes em novos empreendimentos comerciais e residenciais. Dois após a criação da lei, já haviam sido instalados mais de 113.000 m<sup>2</sup> de telhados verdes na cidade, os quais estima-se que geraram 125 novos empregos, uma redução de 125 mil m<sup>3</sup> de águas pluviais na rede pública a cada ano e uma economia energética na ordem de 1,5 milhões de kWh (ECOTELHADO, 2014).

Analisando o caso dos países supracitados, torna-se evidente que a alavancagem, no Brasil, de sistemas sustentáveis como o abordado ao longo deste trabalho, dependerá de incentivos contundentes do poder público, uma vez que atualmente é financeiramente inviável a implantação de soluções como o Sistema Laminar Alto em projetos de grande escala, como

pavilhões industriais ou condomínios residenciais populares, por exemplo, os quais realmente produziriam um impacto positivo significativo no meio ambiente se projetados sustentavelmente.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA SILVA, Maria Cristina. **Aulas**. Aulas da disciplina de Instalações hidrossanitárias do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente – Procedimento. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normalização, conceito, definição**. Disponível em < <https://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>>. Acesso em 03 dez. 2019.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO JR., Geraldo de Andrade. **Instalações Hidráulicas Prediais**. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 13.312**, de 12 de junho de 2016. Institui a medição individualizada obrigatória. Brasília, 2016. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Lei/L13312.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13312.htm)>. Acesso em 03 dez. 2019.
- CARVALHO JÚNIOR, Roberto. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 11. Ed. São Paulo: Blucher, 2017.
- CATUZZO, Humberto. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo**. 2013. Dissertação de doutorado – Área de Concentração em Geografia Física da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.
- COFFMAN, Reid; WAITE, Tom. Vegetated Roofs as Reconciled Habitats: Rapid Assays Beyond Mere Species Counts. **Urban habitats.**, v.6, n.10, 2010.
- DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS. **Como Solicitar Ligação Nova de Água**. Porto Alegre, 2005.
- ECCOS RECYCLLE. **Ecotelhado Laminar Alto**. Campo Bom, 2019. Disponível em <<https://www.eccosrecycle.com.br/constru%C3%A7%C3%B5es-verdes.html#header2-5t>>. Acesso em 03 dez. 2019.
- ECOTELHADO. **Impermeabilização de telhado verde: tipos, características e sistemas**. Porto Alegre, 2019. Disponível em <<https://ecotelhado.com/impermeabilizacao-de-telhado-verde-tipos-caracteristicas-e-sistemas/>>. Acesso em 03 dez. 2019.

ECOTELHADO. **Manual e especificações do Sistema Laminar Alto**. Porto Alegre, 2018. Disponível em <<https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/sistema-laminar-alto/>>. Acesso em 03 dez. 2019.

ECOTELHADO. **Orçamentação dos sistemas vendidos pela Ecotelhado**. Porto Alegre, 2019. Disponível em <<https://ecotelhado.com/orcamento/>>. Acesso em 07 dez. 2019.

ECOTELHADO. **O exemplo de Toronto sobre leis de telhados verdes**. Porto Alegre, 2014. Disponível em <<https://ecotelhado.com/o-exemplo-de-toronto-sobre-leis-de-telhados-verdes/>>. Acesso em 07 dez. 2019.

GOING GREEN. Telhado verde traz conforto e qualidade ambiental para edificações. Porto Alegre, 2018. Disponível em <<http://goinggreen.com.br/2018/10/23/telhado-verde-traz-conforto-e-qualidade-ambiental-para-edificacoes/>>. Acesso em 03 dez. 2019.

GREEN COUNCIL BRASIL. **Conheça a Certificação LEED**. Disponível em <<https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso em 03 dez. 2019.

JOBIM, Alan Lamberti. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. 2013. Dissertação de pós-graduação – Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013..

LANDI, Francisco Romeu. **A evolução histórica das Instalações Hidráulicas**. 1993. Boletim técnico – Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

LAWALL, Vitória. **Avaliação do uso de alternativas sustentáveis em residências para diminuição da pegada ecológica**. 2018. Trabalho de diplomação – Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

LI, Yanling et al. Green roofs against pollution and climate change. A review. **INRA Science & Impact**. Verlag, v.34, n.4, p. 695-705, 2014.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas: prediais e industriais**. 3. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

OBERNDORFER, Erica et al. Green roof as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. **BioScience**. Washignton DC, v.57, n.10, p. 823-833, 2007.

PECK, Steven; Callaghan, Chris. **Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada**. 1999. Boletim técnico – Peck & Associates. Ottawa, 1999.

PIRES. **Impermeabilização de Estruturas de Concreto**. São Paulo, 2019. Disponível em <<http://www.pires.com/impermeabilizacao-de-estruturas-de-concreto/>>. Acesso em 03 dez. 2019.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Decreto n. 9369/88**, de 29 de dezembro de 1988. Orienta tarefas as tarefas dos profissionais de instalação hidrossanitária. Porto Alegre, 1988. Disponível em

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/cip9369-decreto.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cip9369-decreto.pdf)>. Acesso em 03 dez. 2019.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Decreto n. 18.611**, de 09 de abril de 2014. Regulamenta o controle da drenagem urbana. Porto Alegre, 2014. Disponível em <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000033997.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em 03 dez. 2019.

SÃO PAULO. Estado de São Paulo. **Lei n° 12.526**, de 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, 2007. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>>. Acesso em 03 dez. 2019.

SAVI, Adriane Cordonni. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. 2012. Monografia de especialização – Área de Concentração em Construções Sustentáveis da Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2012.

SILVA, Franciele Cristina et al. **Telhados verdes e seus benefícios à sociedade e ao meio ambiente**. 2017. Artigo. Araçatuba, 2017.

VIEIRA, Zacarias Caetano et al. Simulação do uso de telhados verdes para atenuação de enchentes urbanas: o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe como estudo de caso. **Revista Tecnologia**. Fortaleza, v.39, n.2, p. 1-12, 2018.

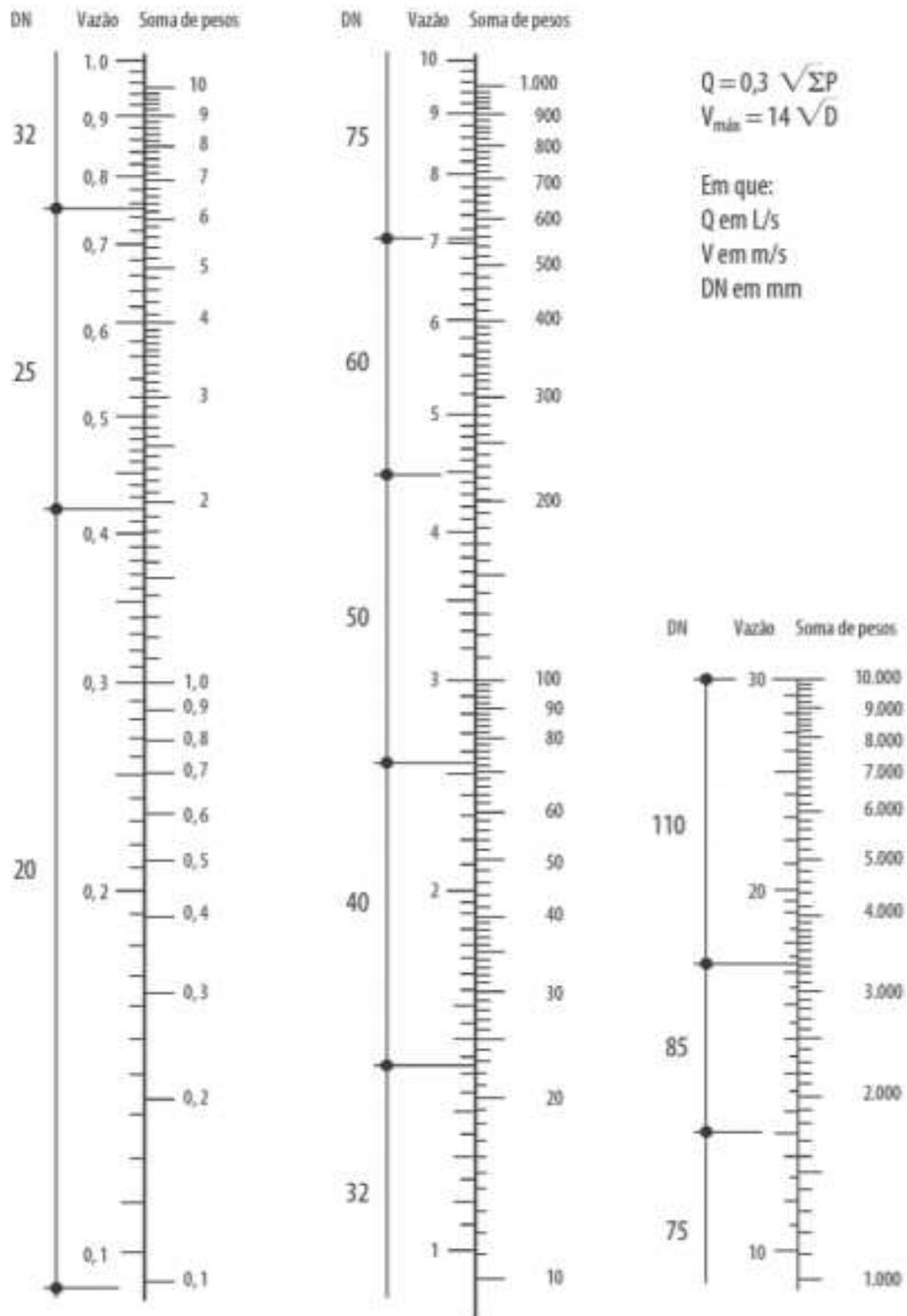
YANG, Jun et al. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. **Atmospheric Environment**. Chicago, v.7, n.3, 2008.

## 9. ANEXOS

## **ANEXO A – TABELAS DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS**

Diâmetro nominal	Ref. (pol.)	Cálculo de custos																	
		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e orno	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto		
DN (mm)															Tipo leve	Tipo pesado			
15	(1/2)	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		
20	(3/4)	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		
25	(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		
32	(1 1/4)	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		
40	(1 1/2)	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		
50	(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		
60	(2 1/2)	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		
75	(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	14,5	40,0	0,9	20,0		
100	(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		
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2		
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9		

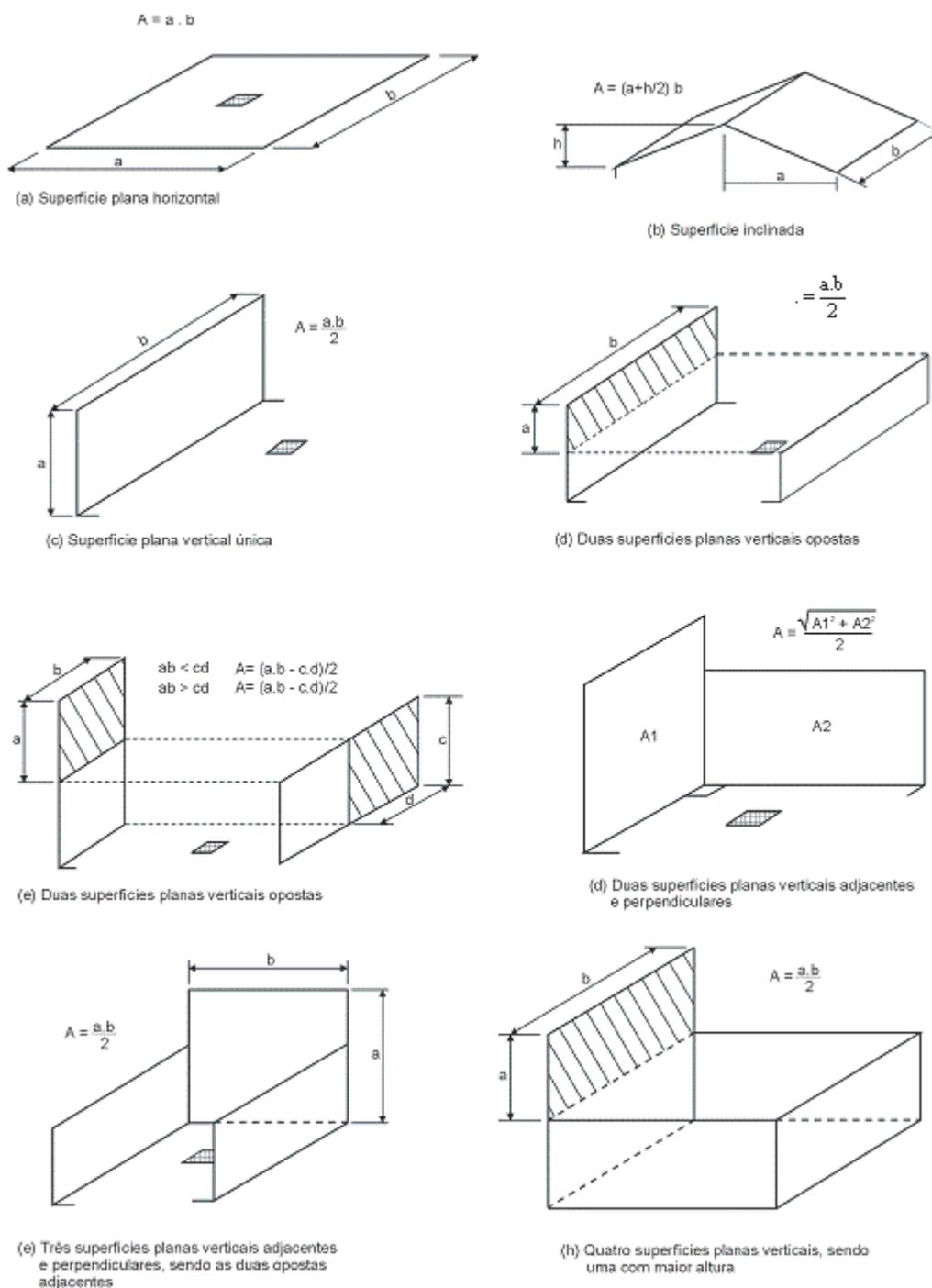
## **ANEXO B – NOMOGRAMA DE PESOS, VAZÕES E DIÂMETROS**



## **ANEXO C – TABELA PARA VERIFICAÇÃO DAS PRESSÕES**

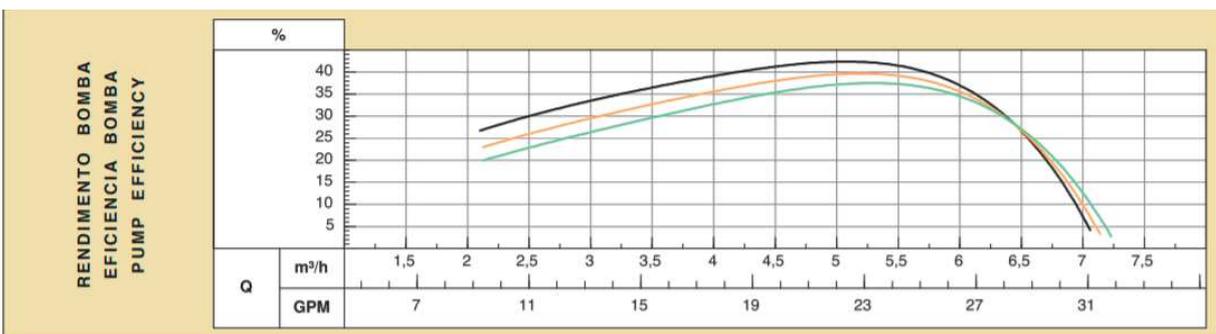
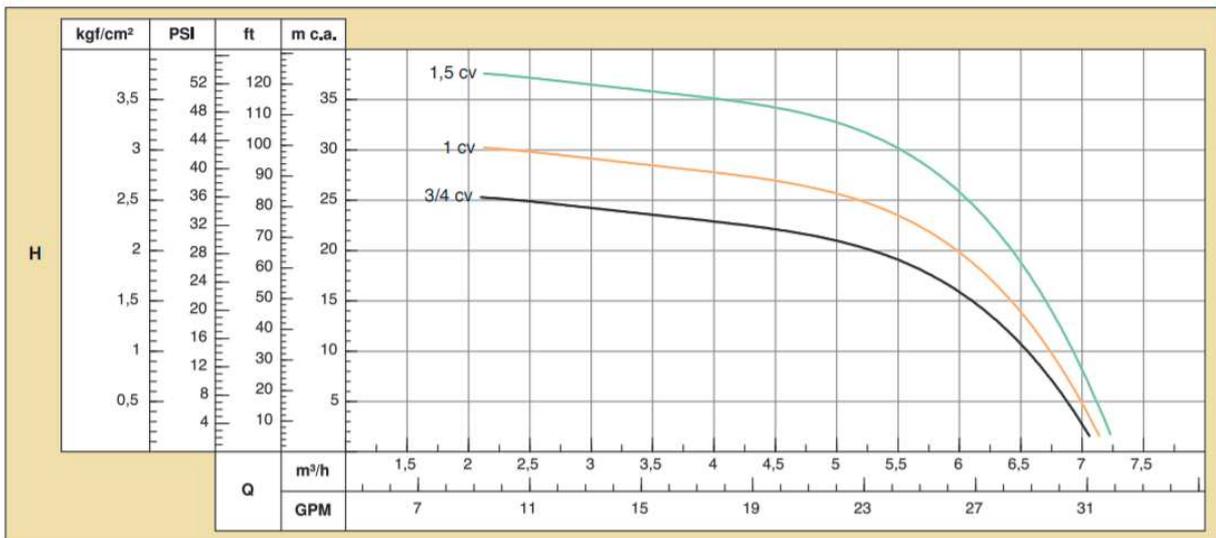


**ANEXO D – TABELAS PARA CÁLCULO DAS ÁREAS DE IN-  
FLUÊNCIA DA CHUVA**



## **ANEXO E – ÁBACOS DAS BOMBAS DE RECALQUE**

<b>SCHNEIDER</b> MOTOBOMBAS	<b>MODELO</b>	<b>BC-92 S/T 1A</b>	<b>87100106</b>	<b>sch NAC</b>	
	<b>MODEL</b>			<b>60 Hz</b>	
				<b>II polos/poles</b>	
Sucção/Succión/Suction	1 1/2"	Potência/Potencia/Power [kW(cv)]	0,55 (3/4)	0,75 (1)	1,1(1,5)
Recalque/Descarga/Discharge	1"	Rotor/Impulsor/Impeller [mm]	123	135	150



## **ANEXO F – MEMORIAL DESCRITIVO E PROJETOS**

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA.

**MEMORIAL DESCRITIVO**  
**PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS**

**EDIFÍCIO RESIDENCIAL SOHO**

**CLIENTE: BETINELLI INCORPORAÇÕES**

Revisão 01  
05/12/2019

## 1. APRESENTAÇÃO

Este memorial tem por finalidade descrever as soluções adotadas para a elaboração do projeto das instalações hidrossanitárias do empreendimento Soho – Betinelli Incorporações, localizado na Rua General Mauro Correa, 855, Porto Alegre – RS.

Os projetos foram executados em conjunto com os seguintes profissionais:

Arq. Lúcia Cardoso – CAU 32192 – Projeto arquitetônico

Eng. Carlos Farias – CREA-RS 93839 – Projeto estrutural

Eng. Cesar Moura – CREA-RS 93283 – Projeto de instalações de gás

A coordenação foi de responsabilidade do engenheiro Gabriel Betinelli (CREA-RS 23929), representando a Betinelli Incorporações.

Os projetos a que se referem este documento foram realizados de acordo com as seguintes normativas:

- NBR 5626/98 – Instalações prediais de água fria
- NBR 7198/93 – Instalações prediais de água quente
- NBR 8160/99 – Instalações prediais de esgoto sanitário
- NBR 0611/81 – Instalações prediais de águas pluviais

## 2. INFORMAÇÕES GERAIS DO EMPREENDIMENTO

**Tipologia:** Residencial

**Estrutura:** Concreto armado moldado in loco

**Número de pavimentos:** 7 pavimentos, sendo 1 subsolo

**Número de torres/blocos:** 3 torres

**Área construída:** 1.830 m<sup>2</sup>

**Área privativa:** 1.100 m<sup>2</sup>

**Tipo de abastecimento:** Abastecimento indireto com bombeamento

**Concessionária local:** DMAE

## 3. INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

### 3.1.1 Entrada de água

A entrada da água será realizada através do ramal predial (DN20), conforme indicado na prancha H-03 Planta de localização.

### 3.1.2 Material da rede

Os tubos e conexões da rede de distribuição serão em PVC Linha Soldável Água Fria (Tigre).

### 3.1.3 Materiais de acabamento

Registros gaveta de banheiros, cozinhas, churrasqueiras e lavabos serão entregues com Base Registro Gaveta Deca  $\frac{3}{4}$  e Acabamento Stick (metálico) Deca para registro gaveta.

Misturadores monocomando dos banheiros serão entregues com Base Monocomando de Chuveiro Deca  $\frac{3}{4}$  e Acabamento Unic (metálico) Deca para monocomando.

Áreas de serviço serão entregues com Torneira para Tanque Modelo Izy Deca e com Tanque 40L Cerâmico Deca.

Lavatórios serão entregues com Cuba Quadrada Suspensa Deca L.73S e Misturador Monocomando Unic Deca.

Pias de cozinha serão entregues com Cuba de embutir Tramontina Lavínia Aço Inox 40x34cm e Misturador Cozinha Izy para parede.

Serão deixadas esperas de água fria para instalação de duchas higiênicas nos banheiros. Instalação e acabamentos ficarão por conta do proprietário.

Para salão de festas e lavabo do condomínio, serão utilizados os mesmos acabamentos das unidades. Com exceção da ducha higiênica, que será entregue no Modelo Stick da Deca.

### **3.1.4 Medição de consumo**

A medição será realizada individualmente através dos medidores localizados no pavimento de cobertura. Serão instalados 12 medidores SAGA multijato DN32, um para cada unidade. A medição de consumo do salão de festas e demais pontos de utilização das áreas comuns será realizada via subtração do valor total consumido pelo empreendimento.

### **3.1.5 Reservatórios**

02 Reservatórios superiores em PEBD (Polietileno de baixa densidade) da Tigre com capacidade de 3.000 L cada, destinado ao consumo de água potável.

01 Reservatório inferior, também em PEBD da Tigre, com volume de 5.000 L destinado ao consumo de água potável.

Registros gaveta para eventuais manutenções na rede serão Registro Gaveta Deca Bruto Residencial/Predial.

### **3.1.6 Sistema de recalque**

02 bombas centrífugas para recalque de água potável modelo BC 92 S/T localizadas junto ao reservatório inferior.

**Modelo:** BC 92 S/T – Schneider moto bombas

**Altura manométrica:** 30,00 m

**Vazão:** 2,3 m<sup>3</sup>/h

**Potência:** 1 cv

**DN sucção:** DN32

**DN recalque:** DN25

## **4. INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE**

### **4.1.1 Material da rede**

Os tubos e conexões da rede de distribuição de água quente presente no interior das unidades serão executadas na linha PPR Termofusão da Tigre, conforme definido em projeto.

#### **4.1.2 Materiais de acabamento**

Registros gaveta das redes individuais de água quente serão entregues com Base Registro Gaveta Deca e Acabamento Stick (metálico) Deca para registro gaveta.

#### **4.1.3 Pressurizadores – 5º Pavimento**

Por questões de atendimento à pressão mínima nos chuveiros do 5º pavimento, serão instalados 03 pressurizadores da marca Rinnai nas unidades 501, 502 e 503, conforme informações abaixo:

**Modelo:** RFS-245W

**Marca:** Rinnai

**Potência:** 245 W

**Voltagem:** 110V

**Pressão máxima:** 12 m.c.a

**Vazão máxima:** 62 L/min

#### **4.1.4 Aquecedores a gás**

O sistema de aquecimento será de passagem a gás individualizado. Para atendimento das vazões estimadas por projeto, optou-se pelo seguinte modelo:

**Modelo:** REU-2402 FEH

**Marca:** Rinnai

**Potência Nominal Condição Padrão:** 46.143 kcal/h

**Vazão aproximada de Água:** 32,5 L/min

**Rendimento:** 84%

**Tensão de alimentação:** Bivolt

## **5. INSTALAÇÕES DE ESGOTO CLOACAL**

### **5.1.1 Material da rede**

Os tubos e conexões da rede de distribuição de esgoto cloacal serão em PVC rígido série “N” (Tigre) específica para esgoto, com exceção dos subcoletores, que serão executados em PVC rígido série “R” (Tigre).

### **5.1.2 Materiais de acabamento**

Os ralos secos serão em PVC rígido Ø 100 x 40 da linha articulada (Tigre).

As caixas sifonadas serão em PVC rígido Ø 100 x 100 x 50 mm com grelha de metal cromado (Tigre), conforme indicado em projeto.

As caixas de gordura das áreas de serviço e churrasqueiras serão em PVC rígido Ø 250 x 185 x 75 mm com tampa cega metálica cromada (Tigre), conforme indicado em projeto.

### **5.1.3 Caixas de inspeção**

Serão 02 caixas de inspeção executadas no piso do subsolo com 60 x 60 cm. A altura da caixa deverá variar conforme cota dos subcoletores, mas não deverá ultrapassar o limite de 1,00 m. Deverão ser executadas em tijolos maciços ou concreto armado com revestimento interno argamassado.

## **6. INSTALAÇÕES DE ESGOTO PLUVIAL**

### **6.1.1 Material da rede**

Assim como na rede cloacal, os tubos e conexões de distribuição de esgoto pluvial serão em PVC rígido série “N” (Tigre), com exceção dos condutores horizontais, que serão executados em PVC rígido série “R” (Tigre).

### **6.1.2 Materiais de acabamento**

Nas sacadas e demais lajes impermeabilizadas onde haverá coleta de esgoto pluvial, serão instaladas caixas sifonadas em PVC rígido Ø 150 x 150 x 50 mm com grelha metálica (Tigre). Nas áreas de maior coleta de volume de água da chuva, serão instaladas caixas sifonadas em PVC rígido Ø 150 x 185 x 75 mm com grelha metálica (Tigre).

Os drenos da laje terão estarão a uma cota 10 cm superior à laje impermeabilizada nos locais onde haverá Telhado Verde, conforme projeto específico do Sistema Laminar Alto.

### **6.1.3 Caixas de inspeção**

Serão executadas 02 caixas de inspeção pluvial no subsolo com dimensões de 60 x 60 cm. A altura da caixa deverá variar conforme cota dos subcoletores, mas não deverá ultrapassar o limite de 1,00 m. Deverá ser executada em tijolos maciços ou concreto armado com revestimento interno argamassado.

### **6.1.4 Poço pluvial**

Conforme detalhado nos projetos, será executado um poço de coleta das águas pluviais no subsolo da edificação. O poço terá as dimensões internas de 1,50 x 2,75 x 1,00 m, e será executado em concreto armado, conforme detalhamento presente no projeto estrutural. O reservatório receberá as águas das áreas de influência da chuva assim que o armazenamento previsto no telhado verde esteja esgotado. Está prevista ainda a utilização da água armazenada neste reservatório para irrigação dos jardins.

## LEGENDA CLOACAL/PLUVIAL

—————	REDE DE AGUA FRIA	—————	REDE DE ESGOTO CLOACAL
- - - - -	REDE DE AGUA QUENTE	- - - - -	REDE DE ESGOTO PLUVIAL
BS	BACIA SANITÁRIA	- - - - -	TUBULAÇÃO DE VENTILAÇÃO
LAV	LAVATÓRIO		TUBO DE QUEDA CLOACAL
PIA	PIA DE COZINHA		TUBO DE QUEDA PLUVIAL
CH	CHUVEIRO		COLUMNA DE VENTILAÇÃO
TQ	TANQUE	CS	CAIXA SIFONADA #150
FI	FILTRO	CG	CAIXA DE GORDURA SIFONADA #250
MLR	MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	CI-P	CAIXA DE INSPEÇÃO PLUVIAL 60x60
MLL	MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA	CI-C	CAIXA DE INSPEÇÃO CLOACAL 60x60
DH	DUCHA HIGIÊNICA	DT	DRENO DO TELHADO

ALTURA DOS PONTOS DE ÁGUA			
CAIXA DE DESCARGA	0,20m	BACIA SANITÁRIA	0,33m
PIA	0,60m 1,10m	CHUVEIRO	2,10m
TANQUE	1,10m	LAVATÓRIO	0,60m
FILTRO	1,30m	MAQ. LAVAR ROUPA	0,80m
DUCHA HIGIÊNICA	0,50m	MAQ. LAVAR LOUÇA	0,60m

### NOTA 1

AUMENTO DE SEÇÃO DO TUBO DE QUEDA DE ESGOTO DE DN40 PARA DN50

0	EMISSÃO DA PRANCHA	OUTUBRO/2019	THIAGO
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL

# MARCADELLA ENGENHARIA

## INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

OBRA

SOHO

LOCAL

RUA GENERAL MAURO CORREA, 855  
PORTO ALEGRE – RS

PROPRIETÁRIO BETINELLI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.

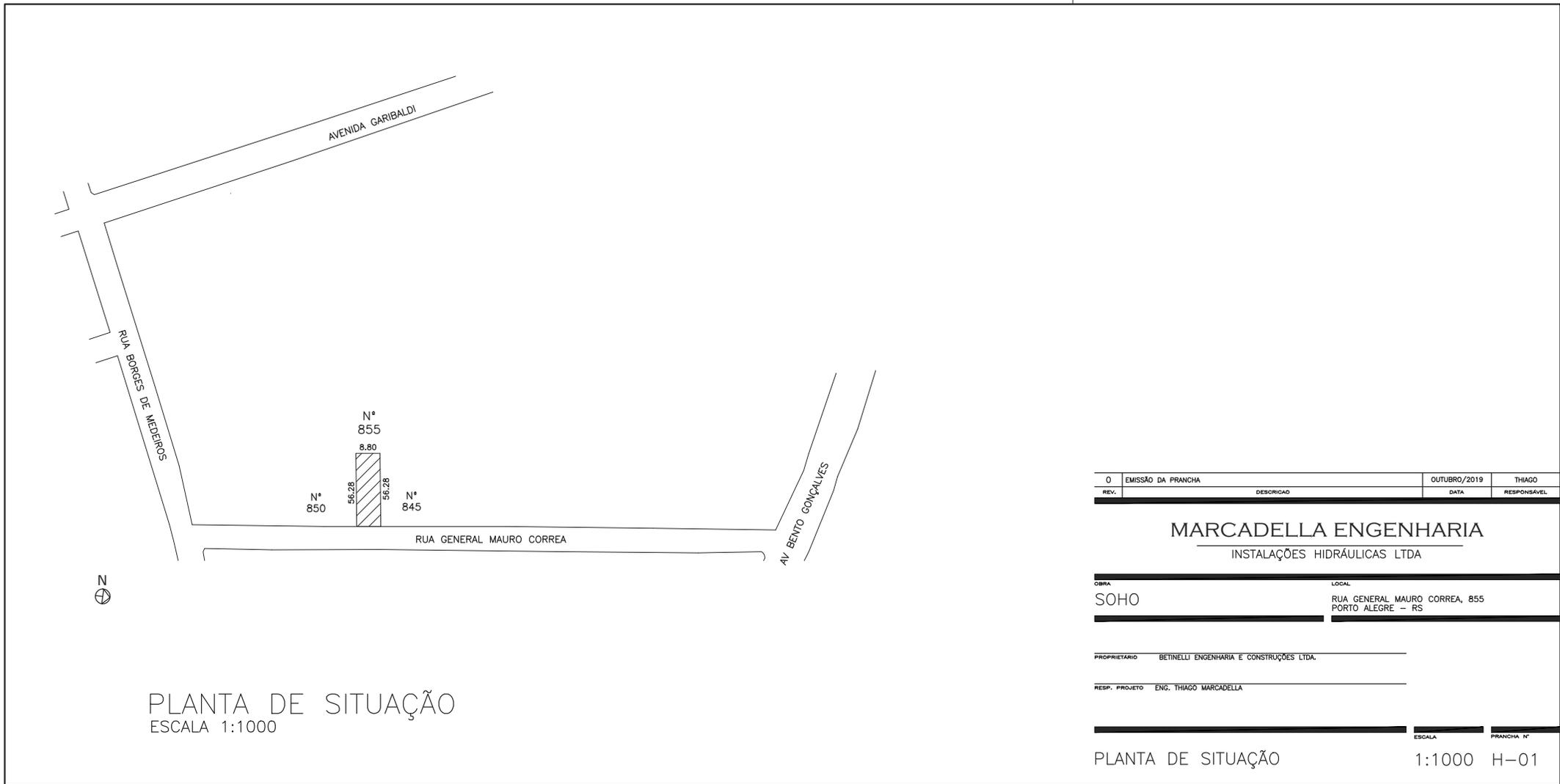
ESCALA

PRANCHA N°

RESP. PROJETO ENG. THIAGO MARCADELLA

H-00

NOTAS, CONVENÇÕES E LEGENDAS



0	EMISSÃO DA PRANCHA	OUTUBRO/2019	THIAGO
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

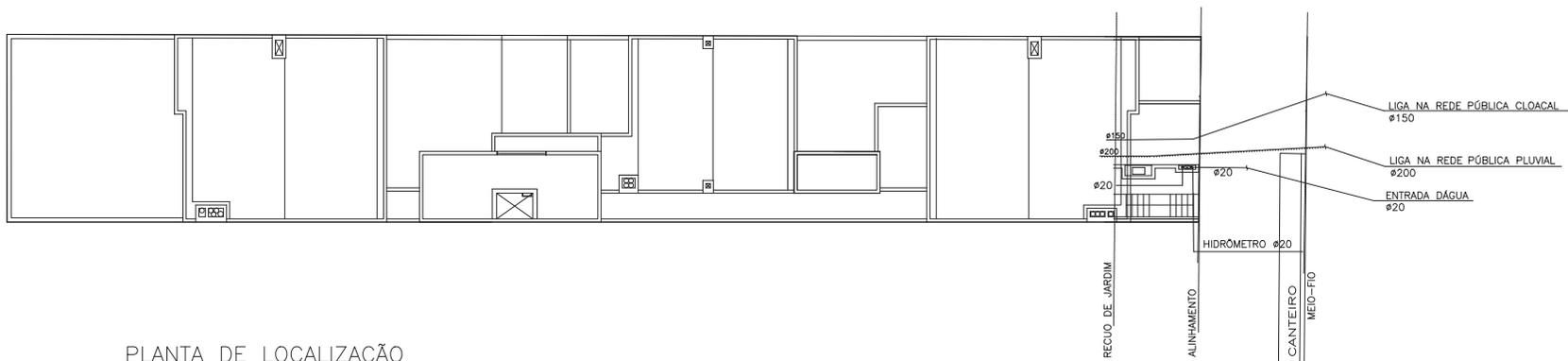
OBRA	LOCAL
SOHO	RUA GENERAL MAURO CORREA, 855 PORTO ALEGRE - RS

PROPRIETÁRIO: BETINELLI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.

RESP. PROJETO: ENG. THIAGO MARCADELLA

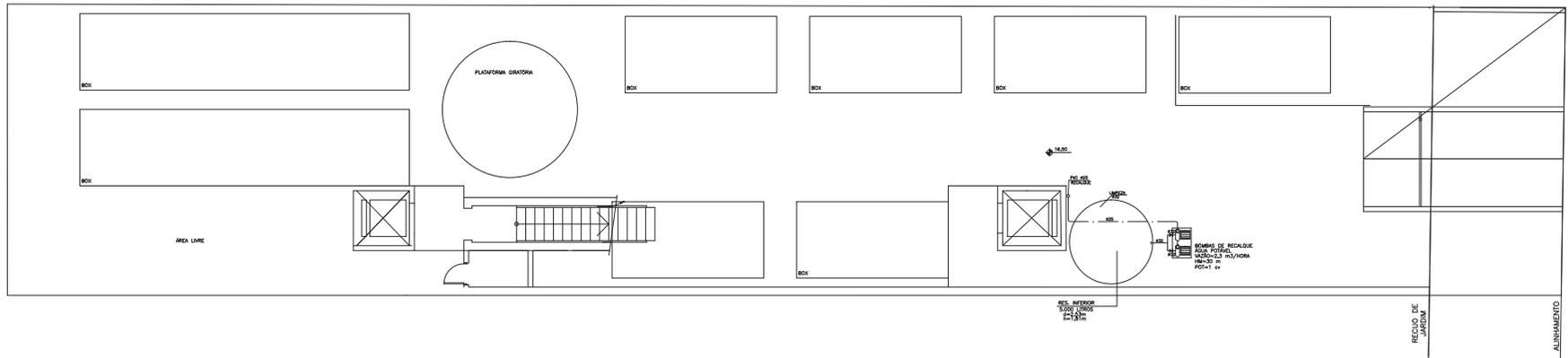
ESCALA	PRANCHA N°
1:1000	H-01

PLANTA DE SITUAÇÃO

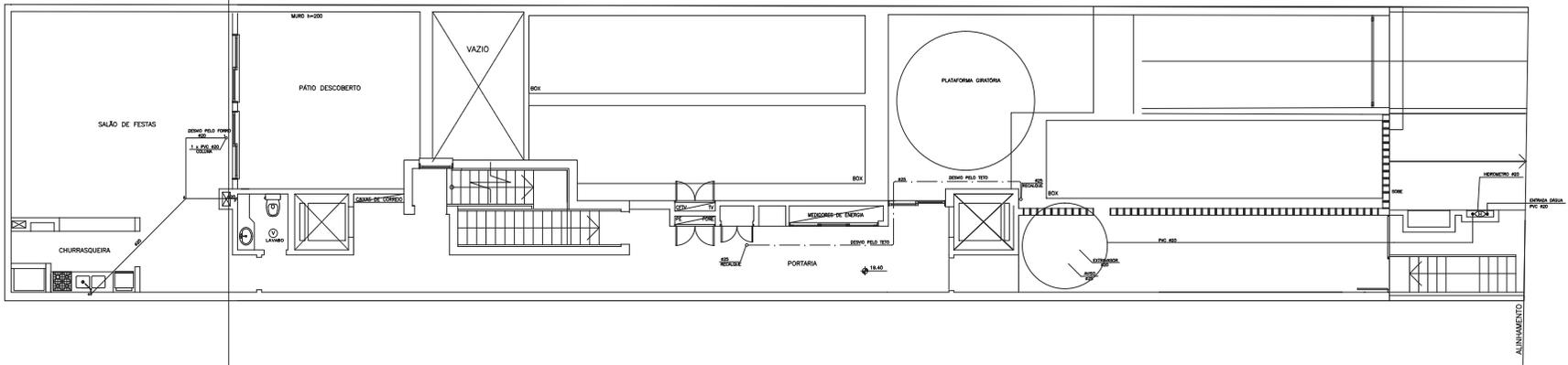


PLANTA DE LOCALIZAÇÃO  
 ESCALA 1:100

0	EMISSO DA PLANHA	OUTUBRO/2018	TIPO
REV.	CONTÉUDO	DATA	RESPONSÁVEL
<b>MARCADELLA ENGENHARIA</b> INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA			
<b>SOHO</b>		LOCAL RUA GENERAL MAURO CORREIA, 855 PORTO ALEGRE - RS	
PROJETADO: <u>REINELI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA</u>			
RESP. PROJETO: <u>ENG. THIAGO MARCADELLA</u>			
PLANTA DE LOCALIZAÇÃO		ESCALA	PARTE Nº
		1:100	H-02



DATA	FECHA	ESTADO	PROJETO
0	14/05/2014	PROJETO	REDES DE ÁGUA
<b>MARCADELLA ENGENHARIA</b>			
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA			
<b>CLIENTE</b>		<b>ENDEREÇO</b>	
SOHO		RUA GENERAL MARIANO CORREIA, 855 PORTO ALEGRE - RS	
<b>PROJETO</b>			
REDES DE ÁGUA   SUBSÓLO			
<b>PROJETO</b>		<b>ESCALA</b>	
1:50		H-03	



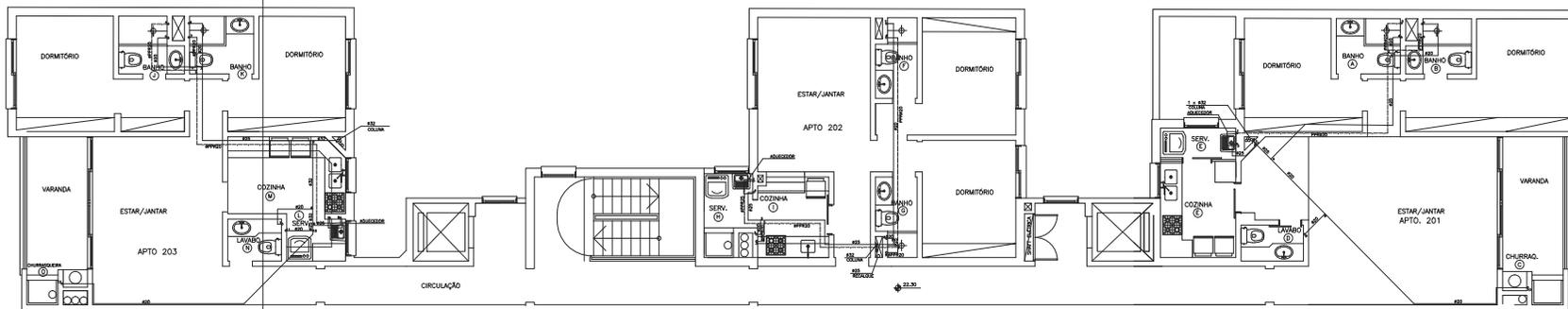
0	INÍCIO DA FRENHA	02/08/2014	TRABO
1	REVISÃO	04/08/2014	REVISÃO

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

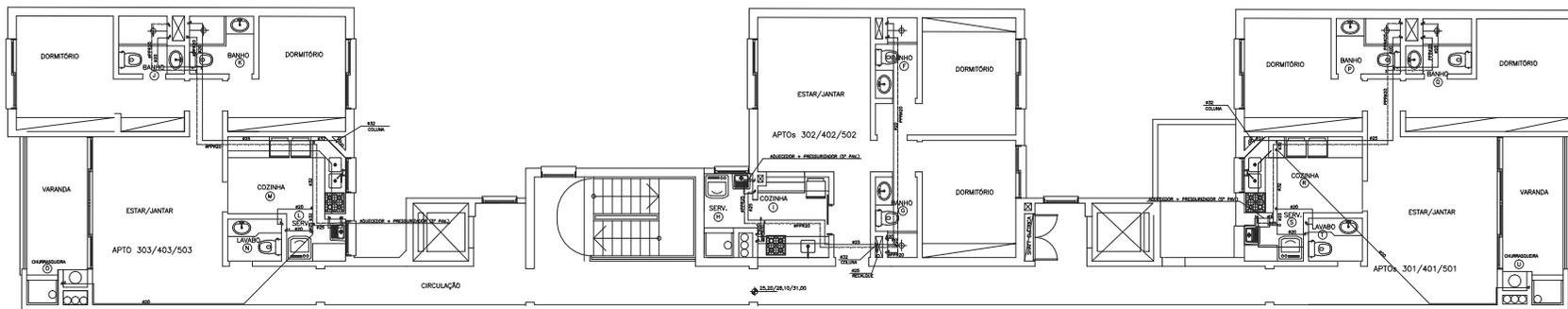
PROJETO: SOHO  
 LOCAL: RUA GENERAL MARIANO CORREIA, 855  
 PORTO ALEGRE - RS

PROFESSOR: RENATO ENGENHEIRO E CONSTRUTOR CIVIL  
 RESP. TÉCNICO: ENG. RICARDO MARCADELLA

REDES DE ÁGUA | TÉRREO 1:50 H-04



DATA	FEITO	PROJ.	REV.
01/10/2024	ELABORADO	REVISADO	APROVADO
<b>MARCADELLA ENGENHARIA</b>			
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA			
<b>SOHO</b> Rua General Manoel Correa, 855 FORTI ALDEIA - SP		Rua General Manoel Correa, 855 FORTI ALDEIA - SP	
REPRESENTANTE: RENATO ENGENHEIRO E CONSTRUTOR CIVIL ENDEREÇO: RUA TRAZO MARCADELLA			
<b>REDES DE ÁGUA   2º PAV.</b>		ESCALA: 1:50	FOLHA: H-05



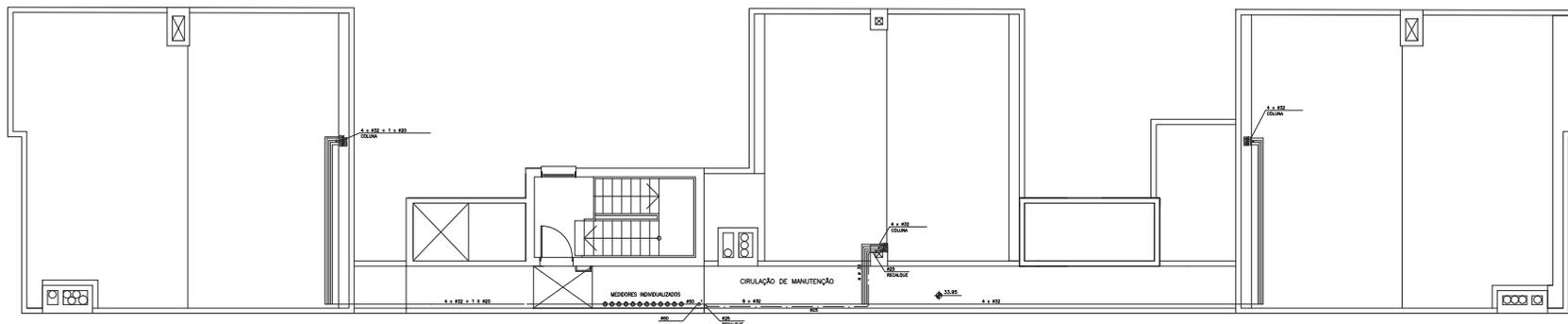
PROJETO	REVISÃO	DATA	FEITO POR
01		02/08/2019	TRABO
02		08/08/2019	TRABO

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

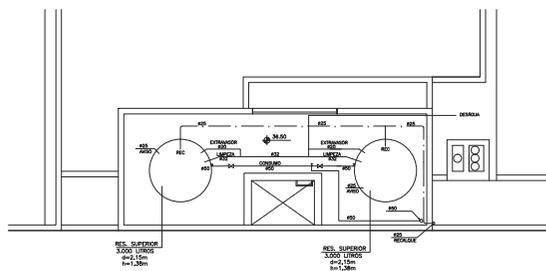
**SOHO** | RUA GENERAL MÁRIO CORREIA, 855  
 PORTO ALEGRE - RS

PROJETO: REDES DE ÁGUA E COBERTURAS TUB.  
 RESP. TÉCNICO: ENG. TRABO MARCADELLA

REDES DE ÁGUA | 3ª, 4ª E 5ª PAV. 1:50 | H-06



PROJETO	CLIENTE	DATA	FECHA
0   PROJETO DE FUNDACÃO	SOHO	02/08/2014	14:40
<b>MARCADELLA ENGENHARIA</b> INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA			
SOHO		RUA GENERAL MARIANO CORREIA, 855 PORTO ALEGRE - RS	
PROJETO: REDES DE ÁGUA E COBERTURA			
RESP. TÉCNICO: ENG. TÁRCIO MARCADELLA			
REDES DE ÁGUA   COBERTURA		1:50	H-07



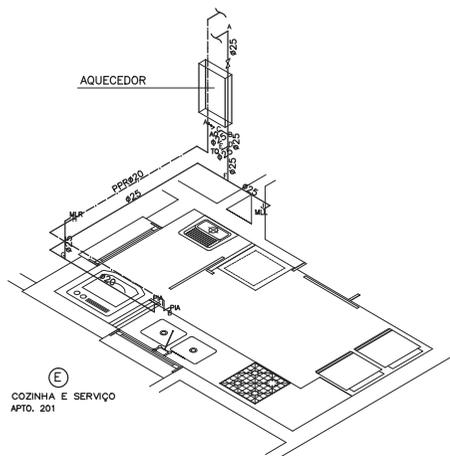
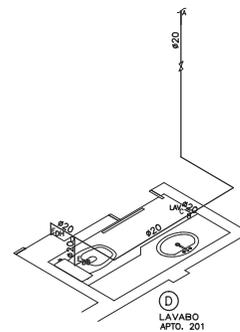
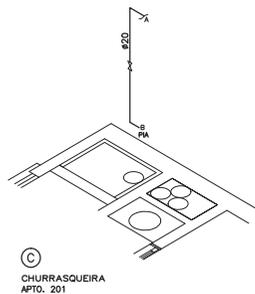
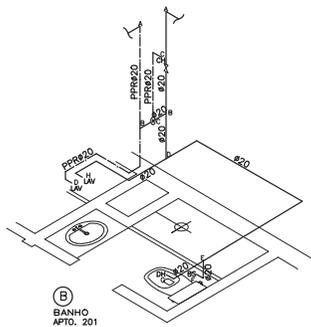
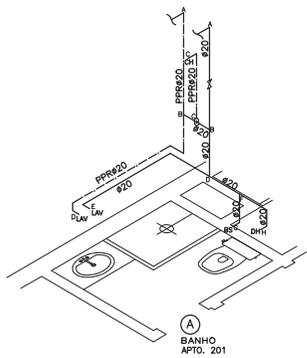
0	INÍCIO DA FRENDA	OUTUBRO/2014	TRABO
100	ESTADO	100	100%

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

**SOHO** RUA GENERAL MÁRIO CORREIA, 855  
PORTO ALEGRE - RS

PROFESSOR: RENATO ENGENHEIRO E CONSTRUTOR CIVIL  
RESP. TÉCNICO: ENG. MARCO MARCADELLA

REDES DE ÁGUA | RESERVATÓRIOS 1:50 H-08



0	EMISSÃO DA PRANCHA		OUTUBRO/2019	THIAGO
REV.	DESCRICAD		DATA	RESPONSÁVEL

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

OBRA  
**SOHO**

LOCAL  
RUA GENERAL MAURO CORREA, 855  
PORTO ALEGRE - RS

PROPRIETÁRIO  
BETINELLI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.

RESP. PROJETO  
ENG. THIAGÓ MARCADELLA

ESTEREOGRAMAS | APTO 201

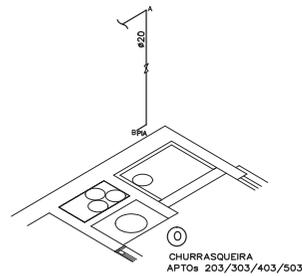
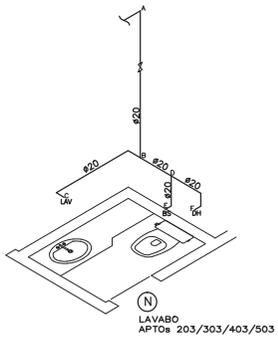
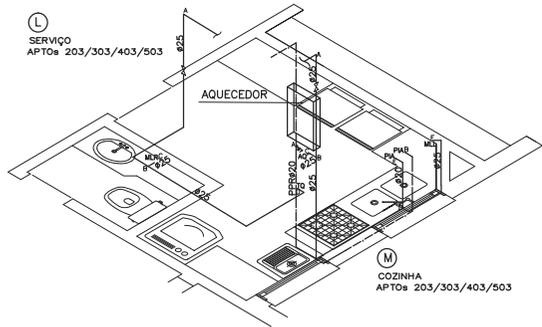
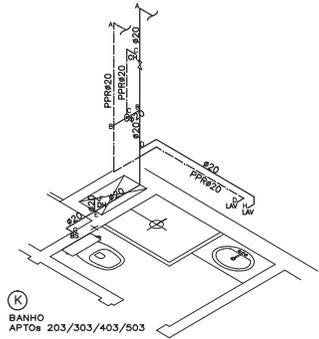
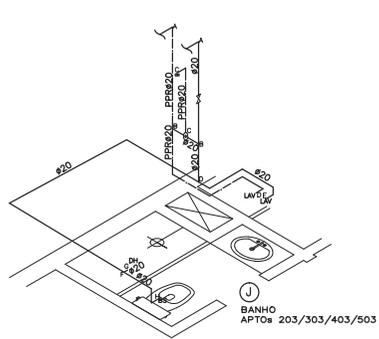
ESCALA

1:50

PRANCHA Nº

H-09





0	EMISSÃO DA PRANCHA		OUTUBRO/2019	THIAGO
REV.	DESCRICAD		DATA	RESPONSÁVEL

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

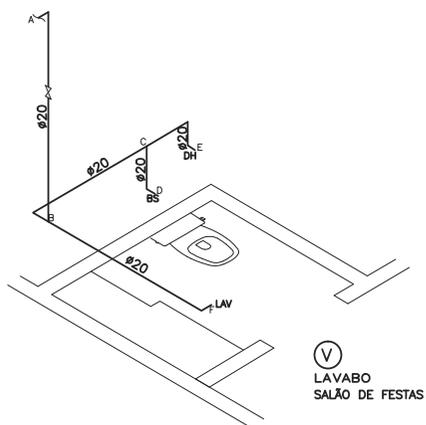
OBRA	LOCAL
SOHO	RUA GENERAL MAURO CORREA, 855 PORTO ALEGRE - RS

PROPRIETÁRIO	BETINELLI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.	ESCALA	PRANCHA Nº
--------------	------------------------------------------	--------	------------

RESP. PROJETO	ENG. THIAGÓ MARCADELLA	1:50	H-11
---------------	------------------------	------	------

ESTEREOGRAMAS | APTOS 203/303/403/503





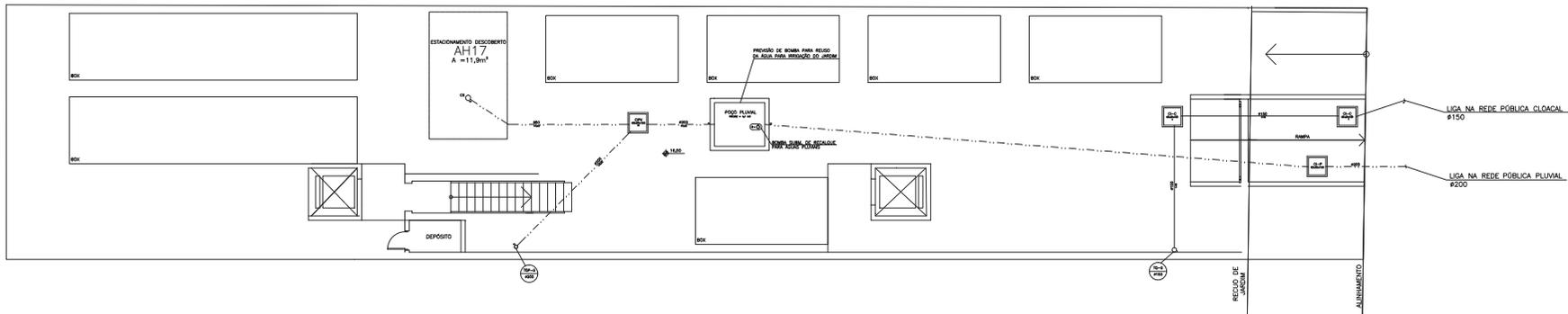
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
0	EMISSÃO DA PRANCHA	OUTUBRO/2019	THIAGO

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

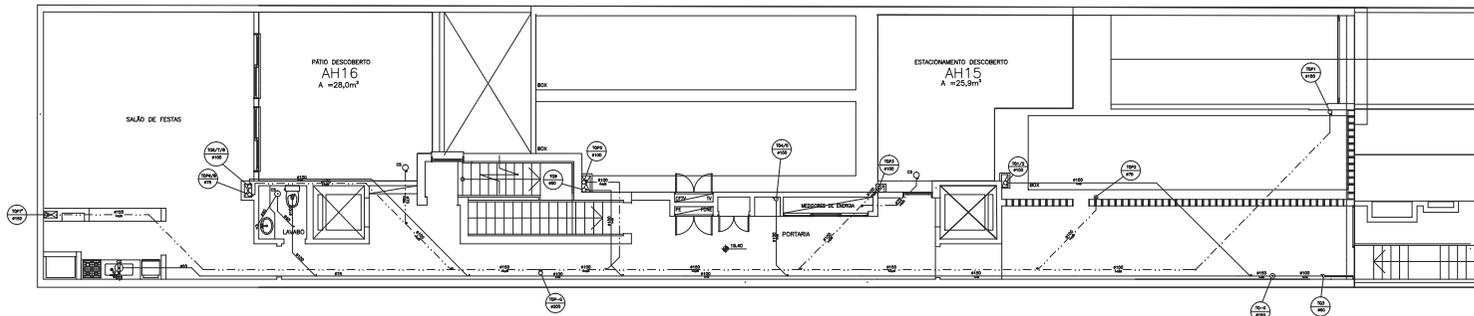
OBRA	LOCAL
SOHO	RUA GENERAL MAURO CORREA, 855 PORTO ALEGRE - RS

PROPRIETÁRIO	ESCALA	PRANCHA N°
BETINELLI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.	1:50	H-13
RESP. PROJETO	ENG. THIAGO MARCADELLA	

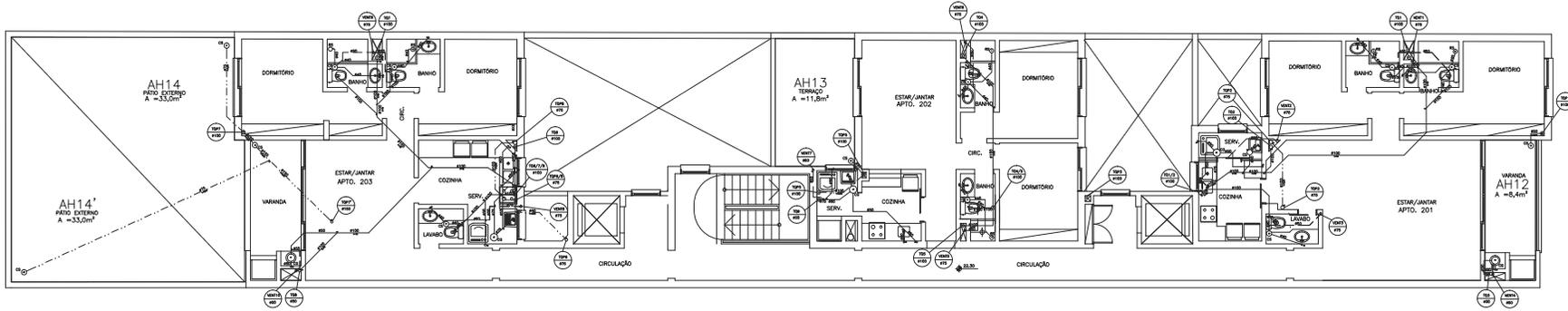
ESTEREOGRAMAS | LAVABO | SALÃO DE FESTAS



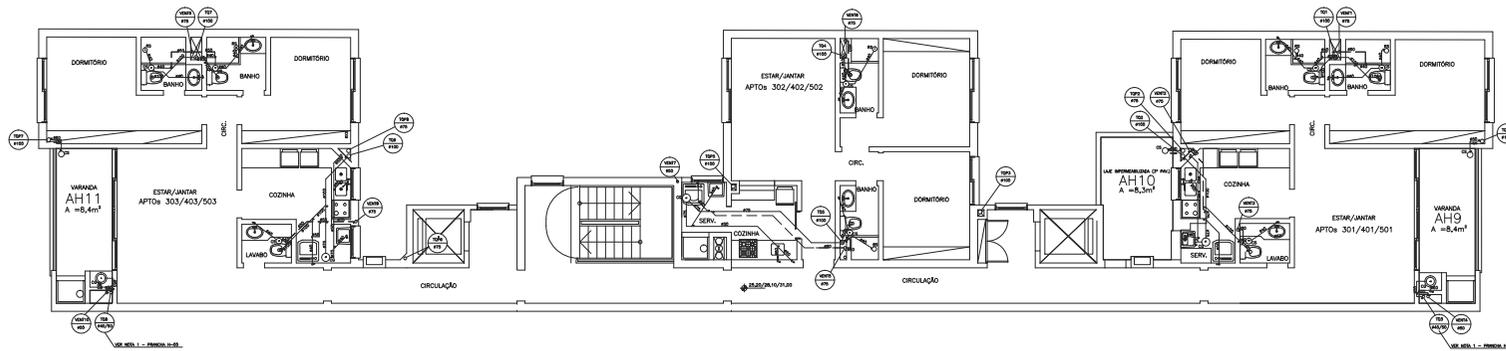
PROJ. CIVIL	PROJ. ELÉTRICO	PROJ. MECÂNICO	PROJ. PAVIMENTOS
PROJ. SANITÁRIO	PROJ. SANEAMENTO	PROJ. SINALIZAÇÃO	PROJ. VENTILAÇÃO
<b>MARCADELLA ENGENHARIA</b>			
INSTALAÇÕES HIDRAULICAS LTDA			
RUA GENERAL MARIANO CORREIA, 455 CARRILHO ALTO, - 40			
PROJETO: REDES DE ESGOTO E SANEAMENTO S/A			
OBJETO: REDE SANEAMENTO			
REDES DE ESGOTO   SUBSOLO		ESCALA: 1:50	FOLHA: H-14

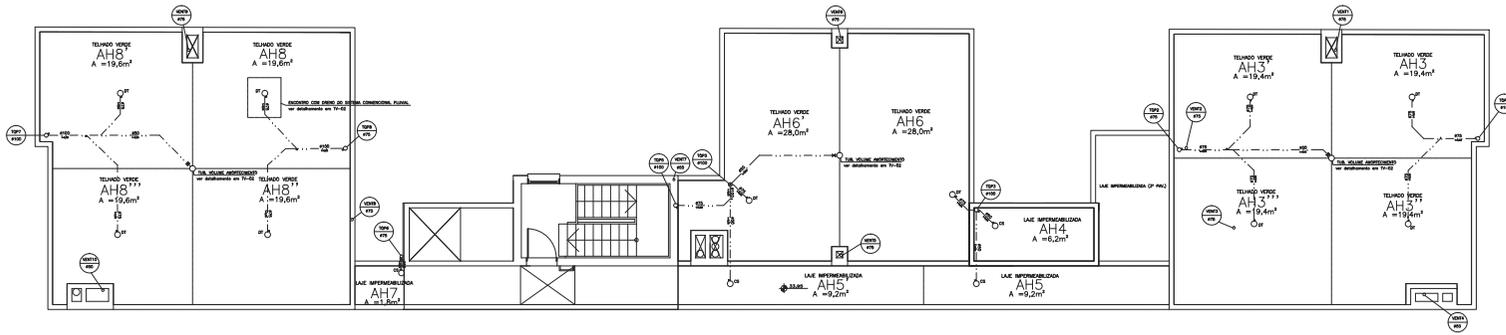


C. LINDO DE FREITAS		COORDENADOR	PROJ.
MARCADILLA ENGENHARIA		INSTALAÇÕES HIDRAULICAS LTDA	
SOHO		RUA GENERAL MARIKOW COMPLEX, 855 PORTO ALEGRE - RS	
PROJETO: REDES DE ESGOTOS E COBERTURAS LIA.		AUTOR: ENG. MARCELO BORGES	
REDES DE ESGOTO   TERREO		ESCALA: 1:50	FOLHA: H-15

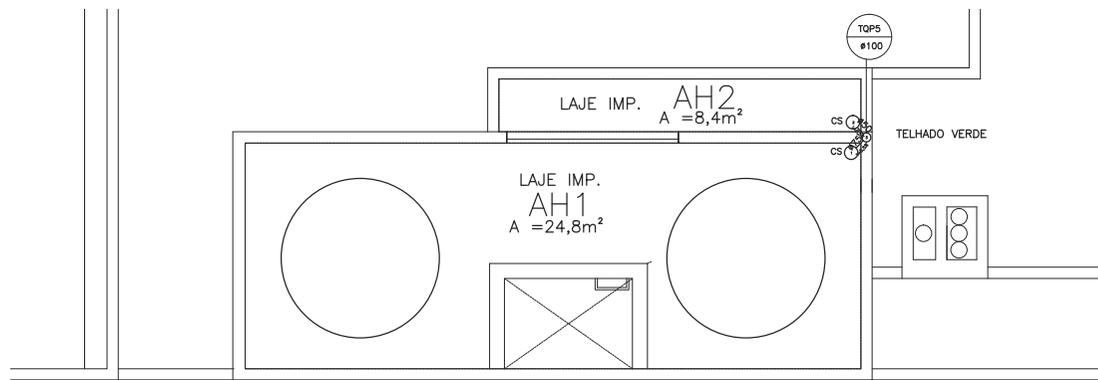


3	DESENHO DE PROJETO	DESENHISTA	PROJ.
<b>MARCADELLA ENGENHARIA</b>			
INSTALAÇÕES HIDRAULICAS LTDA			
RUA GENERAL MARIANO CORREIA, 455			
POUNO ALTAIR - 40			
PROJETO: REDES DE ESGOTO E ENGENHARIA S/A			
AUTORIZAÇÃO: ENG. TÁB. BRUNO G. COSTA			
REDES DE ESGOTO   2º PAV. 1:50 H-16			





3	CONDIÇÃO DE PROJETO	CONDIÇÃO DE PROJETO	TIPO
<b>MARCADELLA ENGENHARIA</b> INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA			
SOHO		RUA GENERAL MARIOS CORREIA, 855 PORTO ALEGRE - RS	
PROJETO: REDES DE ESGOTO E COBERTURA			
REDES DE ESGOTO   COBERTURA			Folha: 11 de 18



0	EMISSÃO DA PRANCHA	OUTUBRO/2019	THIAGO
REV.	DESCRICAD	DATA	RESPONSÁVEL

**MARCADELLA ENGENHARIA**  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS LTDA

OBRA: **SOHO** LOCAL: RUA GENERAL MAURO CORREA, 855  
PORTO ALEGRE - RS

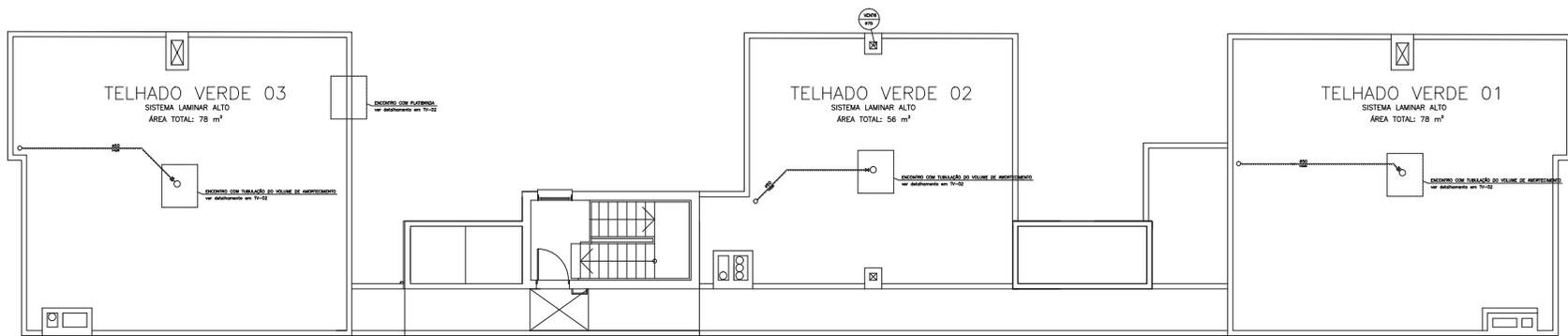
PROPRIETÁRIO: BETINELLI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.

RESP. PROJETO: ENG. THIAGO MARCADELLA

REDES DE ESGOTO | RESERVATÓRIOS

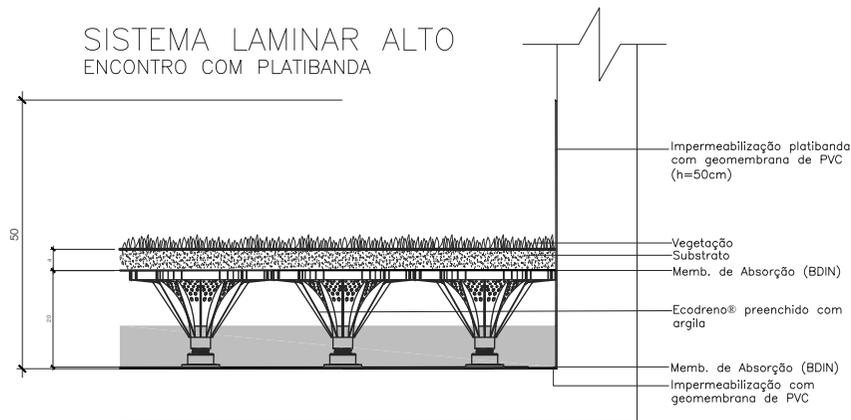
ESCALA: PRANCHA Nº

1:50 H-19



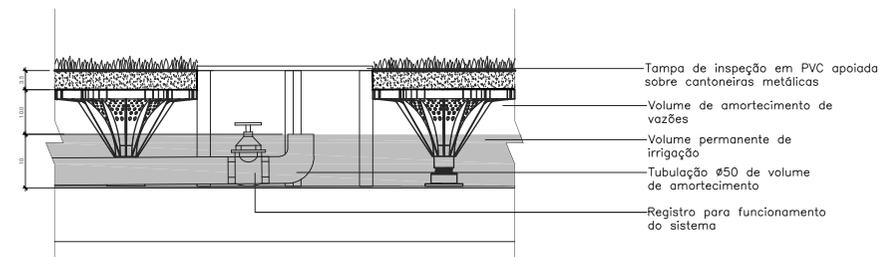
0	ESTADO DA PRÉVIA	SITUAÇÃO/2019	TRABO
1	PROPOSTA	PROJ	PROJETO
<b>ECO SUL ENGENHARIA</b> CONSULTORIA EM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS			
SOHO		RUA GENERAL MÁRIO CORREIA, 855 PARRÓQUIA - RJ	
PROFESSOR: RENATO DEZENHAR E TORRES/2019			
PROF. AUXILIAR: ENG. THIAGO BARROSO			
SISTEMA LAMINAR ALTO - COBERTURA			1:50 TV-01

### SISTEMA LAMINAR ALTO ENCONTRO COM PLATIBANDA



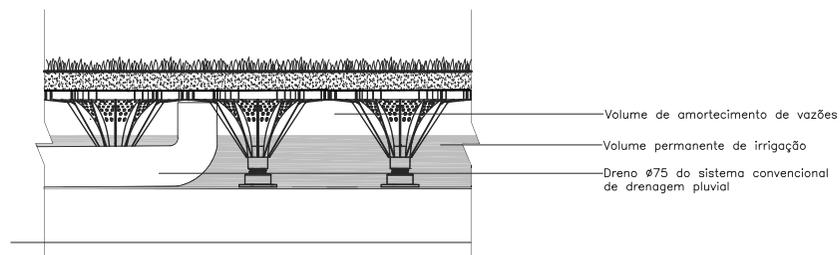
ESC: 1/10

### SISTEMA LAMINAR ALTO ENCONTRO COM TUBULAÇÃO DE VOLUME DE AMORTECIMENTO



ESC: 1/10

### SISTEMA LAMINAR ALTO ENCONTRO COM DRENOS DO SISTEMA CONVENCIONAL PLUVIAL



ESC: 1/10

0	EMISSÃO DA PRANCHA	OCTUBRO/2019	THIAGO
REV.	DESCRICAÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL

## ECO SUL ENGENHARIA

CONSULTORIA EM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

OBRA	LOCAL
SOHO	RUA GENERAL MAURO CORREA, 855 PORTO ALEGRE - RS

PROPRIETÁRIO BETINELLI ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.

RESP. PROJETO ENG. THIAGO MARCADELLA

SISTEMA LAMINAR ALTO – COBERTURA

PRANCHA Nº

TV-02