



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MAIANA BORBA VILARIM
PEDRO AUGUSTO ALVES PRADO

DETALHAMENTO DO PROCESSO DE DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS DO LABTEC

Recife
2018

MAIANA BORBA VILARIM
PEDRO AUGUSTO ALVES PRADO

**DETALHAMENTO DO PROCESSO DE DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS DO LABTEC**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil e Ambiental da
Universidade Federal de Pernambuco
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Araújo
Regis

Recife
2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

V697d Vilarim, Maiana Borba.
Detalhamento do processo de dimensionamento de instalações elétricas e hidrossanitárias do LABTEC / Maiana Borba Vilarim, Pedro Augusto Alves Prado. - 2018.
158 folhas, il.; tab.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Araújo Regis.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Graduação em Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referência e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Instalações prediais. 3. Instalações elétricas e hidrossanitárias. 4. REVIT. I. Prado, Pedro Augusto Alves. II. Regis, Paulo de Araújo (Orientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-319



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 – MAIANA BORBA VILARIM
2 – PEDRO AUGUSTO ALVES PRADO

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: PAULO DE ARAÚJO RÉGIS

Examinador 1: GUILHERME DELGADO SORIANO

Examinador 2: PRISCILLA ELISA DE AZEVEDO BASTO

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: DETALHAMENTO DO PROCESSO DE DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS DO LABTEC

LOCAL: SALA - 114 - BLOCO DE AULAS DO CTG

DATA: 27/07/2018 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 09:10.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: 9,20 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) (X) aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, $3,0 \leq \text{nota} < 7,0$, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota $< 3,0$)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 27 de julho de 2018

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

Coordenação do Curso de Engenharia Civil-Dcivil
Rua Acadêmico Hélio Ramos s/nº. Cidade Universitária. Recife-PE CEP: 50740-530.
Fones: (081)2126.8220/8221 Fone/fax: (081)2126.8219.

*Dedicamos este trabalho a Severino Alves
Pedrosa (em memória).*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por todas as bênçãos em nossas vidas e por ter nos dado força durante essa longa jornada.

Aos nossos pais, Suely, Sérgio, Edilson, Zilda, Isa e Carmem pela oportunidade que nos deram para que possamos chegar até aqui e por todo amor e auxílio em todos os momentos de nossas vidas.

Aos nossos irmãos, Carlos e Milena, por todas as palavras de conforto para nos incentivar.

Aos nossos tios, Sergio, Valdomiro, Pedrosa, José Nivaldo e Silvio Romero, por todos os ensinamentos ao longo de nossas vidas.

Ao professor Dr. Paulo de Araújo Regis, pelo tempo despendido para o feito deste trabalho e por todo o ensinamento.

Aos professores Guilherme Delgado e Priscilla Basto, que fizeram com que este trabalho fosse possível, sempre estando a disposição para ajudar no que fosse possível.

Aos amigos que fizemos ao longo dessa caminhada, dentre eles colegas de turma, em especial Marcelo da Silva, e professores, que estavam conosco em todos os momentos, especialmente nas dificuldades.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Instalações prediais estão presentes em todas as edificações, sejam elas residenciais ou industriais. Entretanto não são todas as construções em que os projetos são realizados de forma adequada e favorável ao usuário, a favor da segurança e são economicamente viáveis. Neste presente estudo serão realizados os dimensionamentos dos projetos de instalações prediais elétricas e hidrossanitárias, do futuro galpão de estruturas do departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, o Laboratório de Tecnologia – LabTec. Nesse processo serão apresentadas todas as etapas de dimensionamento, desde a locação dos pontos de iluminação, de tomadas, pontos de utilização sanitários e pontos de utilização de água fria até o detalhamento de diâmetro dos condutores de água fria e esgoto, inclinações das tubulações de esgoto, comprimento das tubulações de água fria e esgoto, configurações de quadros elétricos e separação de circuitos elétricos. As representações das instalações com os detalhamentos serão demonstradas no software REVIT.

Palavras-chave: Instalações prediais. Instalações elétricas e hidrossanitárias. REVIT.

ABSTRACT

Building facilities are part of all buildings, whether residential or industrial. However, not all projects are carried out in an appropriate and user-friendly manner, pro-security and economically viable manner. In this present study, the design of the building, electrical and plumbing installations of the future shed of structures of the Civil Engineering Department of the Federal University of Pernambuco, Laboratório de Tecnologia, will be carried out. In this process, all the steps of sizing will be presented, from the location of lighting points, outlets, sanitary points of use and points of use of cold water to the detailing of the diameter of cold water and sewage pipes, slopes of sewage pipes , length of cold water and sewage pipes, electrical panel configurations, and separation of electrical circuits. The representations of the installations with the details will be demonstrated in the REVIT software.

Keywords: Buildings facilities. Electrical and hydro-sanitary installations. REVIT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disposição das luminárias e espaçamento.....	25
Figura 2 - Fator de potência.....	28
Figura 3 - Diagrama básico de instalação de um edifício residencial ou comercial.....	31
Figura 4 - Quedas de tensão admissíveis.....	36
Figura 5 - Representação das tomadas e do interruptor.....	49
Figura 6 - Partes constituintes de sistema de abastecimento de água.....	60
Figura 7 - Sistema de abastecimento.....	61
Figura 8 - Sistema de distribuição direto.....	62
Figura 9 - Sistema indireto sem bombeamento.....	63
Figura 10 - Sistema indireto com bombeamento.....	63
Figura 11 - Sistema indireto hidropneumático.....	64
Figura 12 - Sistema indireto hidropneumático em detalhe.....	64
Figura 13 - Sistema de distribuição misto.....	65
Figura 14 - Dimensionamento do diâmetro das tubulações.....	70
Figura 15 - Ábaco para dimensionamento de tubos rugosos.....	79
Figura 16 - Ábaco para dimensionamento de tubos lisos.....	80
Figura 17 - Prolongamento do tubo de queda ou coluna de ventilação.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ambientes e áreas do LabTec.....	18
Tabela 2 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais.....	22
Tabela 3 - Fatores determinantes da iluminância adequada.....	22
Tabela 4 - Fator de utilização.....	24
Tabela 5 - Fator de depreciação.....	25
Tabela 6 - Fator de demanda para iluminação e pequenas tomadas.....	29
Tabela 7 - Fator de demanda para eletrodomésticos exceto fogões elétricos em instalações comerciais ou chuveiros elétricos e aquecedores em instalações residenciais.....	29
Tabela 8 - Fator de demanda de aparelhos de aquecimento de água (boilers, torneiras e chuveiros elétricos).....	30
Tabela 9 - Fator de demanda para aparelhos de ar-condicionado tipo janela, Split e fan-coil (utilização não residencial).....	30
Tabela 10 - Seção mínima dos condutores.....	32
Tabela 11 - Temperaturas características dos condutores.....	33
Tabela 12 - Número de condutores carregados.....	33
Tabela 13 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não enterradas e de 20°C para linhas subterrâneas.....	34
Tabela 14 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe e agrupados num mesmo plano, em camada única.....	34
Tabela 15 - Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores (métodos de aplicação C, E e F).....	35
Tabela 16 - Fatores de correção em função do número de eletrodutos enterrados ou embutidos.....	35
Tabela 17 - Quedas de tensão unitárias para condutores isolados com PVC em eletroduto ou calha fechada.....	37
Tabela 18 - Seção reduzida do condutor neutro.....	38
Tabela 19 - Seção mínima do condutor de proteção.....	38
Tabela 20 - Seções externas dos condutores.....	39
Tabela 21 - Seções dos eletrodutos.....	40
Tabela 22 - Espaço reserva para futuros circuitos.....	41
Tabela 23 – Reflectâncias.....	44
Tabela 24 – Dimensionamento luminotécnico.....	47

Tabela 25 - Tabela resumo pontos de iluminação e tomadas.....	56
Tabela 26 - Taxa de ocupação por ambiente.....	66
Tabela 27 - Consumo per capita.....	66
Tabela 28 - Reserva de incêndio.....	67
Tabela 29 - Peso das peças.....	69
Tabela 30 - Probabilidade do uso simultâneo dos aparelhos sanitários.....	70
Tabela 31 - Comprimentos equivalentes para tubos rugosos.....	72
Tabela 32 - Comprimentos equivalente para tubos lisos.....	73
Tabela 33 - Dimensionamento das colunas de distribuição.....	75
Tabela 34 - Diâmetros nominais.....	76
Tabela 35 - Acréscimo de potência.....	77
Tabela 36 - Pressão atmosférica.....	78
Tabela 37 - Pressão de vapor para diferentes temperaturas.....	78
Tabela 38 - Cálculo da população.....	82
Tabela 39 - Dimensionamento dos ramais de descarga.....	83
Tabela 40 - Dimensionamento dos ramais de distribuição.....	84
Tabela 41 - Dimensionamento das colunas de distribuição.....	84
Tabela 42 - Dimensionamento do sistema de recalque.....	85
Tabela 43 - Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.....	92
Tabela 44 - Unidades de Hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na tabela 43.....	92
Tabela 45 - Dimensionamento de ramais de esgoto.....	92
Tabela 46 - Dimensionamento de tubos de queda.....	93
Tabela 47 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial.....	94
Tabela 48 - Dimensionamento de colunas de ventilação.....	96
Tabela 49 - Dimensionamento de ramais de ventilação.....	96
Tabela 50 - Dimensionamento das tubulações de esgoto.....	101
Tabela 51 - Tipos de linhas elétricas.....	109
Tabela 52 - Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, com isolação de PVC.....	115
Tabela 53 - Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, com isolação de EPR ou XLPE.....	116
Tabela 54 - Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência E, F e G, com	

isolação de PVC.....	117
Tabela 55 - Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência E, F e G, com isolação de EPR ou XLPE.....	118
Tabela 56 – Quadro de carga de iluminação e TUG’s – térreo.....	120
Tabela 57 – Quadro de carga TUE’s - térreo.....	121
Tabela 58 – Quadro de carga de iluminação e TUG’s – primeiro pavimento.....	122
Tabela 59 – Quadro de carga de TUE’s – primeiro pavimento.....	123
Tabela 60 – Quadro de carga de iluminação e TUG’s – segundo pavimento.....	124
Tabela 61 – Quadro de carga de TUE’s – segundo pavimento.....	125
Tabela 62 – Quadro terminal 1- TUG’s e iluminação – térreo.....	126
Tabela 63 – Quadro terminal 2- TUE’s – térreo.....	126
Tabela 64 – Quadro terminal 3- TUG’s e iluminação – primeiro pavimento.....	127
Tabela 65 – Quadro terminal 4- TUE’s – primeiro pavimento.....	128
Tabela 66 – Quadro terminal 5- TUG’s e iluminação – segundo pavimento.....	129
Tabela 67 – Quadro terminal 6- TUE’s – segundo pavimento.....	129
Tabela 68 – Circuitos de distribuição.....	130
Tabela 69 – Quadro de distribuição geral.....	131

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	DADOS DO PROJETO.....	18
4	PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA.....	19
4.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
4.1.1	Conceitos básicos da luminotécnica.....	19
4.1.1.1	Intensidade luminosa (I)	19
4.1.1.2	Ângulo sólido (β).....	19
4.1.1.3	Fluxo luminoso (ϕ)	20
4.1.1.4	Iluminância (E)	20
4.1.2	Cálculo luminotécnico – método dos lúmens.....	21
4.1.3	Conceitos básicos da instalação elétrica.....	25
4.1.3.1	Corrente elétrica	26
4.1.3.2	Tensão elétrica	27
4.1.3.3	Potência elétrica	27
4.1.3.4	Circuitos elétricos	30
4.1.3.5	Quadros de distribuição terminais.....	30
4.1.3.6	Condutores elétricos	31
4.1.3.7	Critério da capacidade de corrente	32
4.1.3.7.1	<i>Critério da queda de tensão</i>	<i>35</i>
4.1.3.7.2	<i>Dimensionamento do condutor neutro.....</i>	<i>37</i>
4.1.3.7.3	<i>Dimensionamento do condutor terra</i>	<i>38</i>
4.1.3.8	Eletrodutos	38
4.1.3.9	Disjuntores	40
4.1.3.10	Diagrama unifilar	41
4.2	METODOLOGIA – DIMENSIONAMENTO.....	43
4.2.1	Dimensionamento do projeto luminotécnico.....	43
4.2.1.1	Escolha da luminária e da lâmpada	43
4.2.1.2	Determinação da iluminância	44
4.2.1.3	Área do ambiente a ser iluminado	45
4.2.1.4	Determinação do fator de utilização	45

4.2.1.5	Determinação do fator de depreciação	45
4.2.1.6	Determinação do fluxo luminoso total	46
4.2.1.7	Determinação da quantidade de luminárias	46
4.2.2	Dimensionamento do projeto elétrico.....	47
4.2.2.1	Recomendação mínima de acordo com a NBR 5410 (2004)	48
4.2.2.2	Divisão por circuitos, potência instalada e corrente de projeto	49
4.2.2.3	Correção de corrente de projeto	51
4.2.2.4	Dimensionamento da seção dos condutores	51
4.2.2.4.1	<i>Critério da capacidade de corrente</i>	<i>51</i>
4.2.2.4.2	<i>Critério da queda de tensão</i>	<i>52</i>
4.2.2.4.3	<i>Dimensionamento do condutor neutro</i>	<i>53</i>
4.2.2.4.4	<i>Dimensionamento do condutor terra</i>	<i>53</i>
4.2.2.5	Dimensionamento do eletroduto	53
4.2.2.6	Dimensionamento do disjuntor	53
4.2.2.7	Diagrama unifilar	54
4.3	RESULTADOS.....	55
5	PROJETO DE INSTALAÇÃO DE ÁGUA FRIA.....	57
5.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	57
5.1.1	Partes constituintes da instalação predial de água fria.....	57
5.1.2	Sistema de abastecimento.....	60
5.1.3	Sistema de distribuição.....	61
5.1.3.1	Sistema de distribuição direto.....	61
5.1.3.2	Sistema de distribuição indireto.....	62
5.1.3.2.1	<i>Sistema indireto sem bombeamento</i>	<i>62</i>
5.1.3.2.2	<i>Sistema indireto com bombeamento</i>	<i>63</i>
5.1.3.2.3	<i>Sistema indireto hidropneumático.....</i>	<i>64</i>
5.1.3.3	Sistema de distribuição misto.....	65
5.1.4	Consumo diário.....	65
5.1.5	Capacidade dos reservatórios.....	67
5.1.6	Dimensionamento da rede de distribuição.....	68
5.1.6.1	Estimativa das vazões	68
5.1.6.2	Determinação dos diâmetros	70
5.1.6.3	Cálculo da perda de carga	71
5.1.6.4	Modelo de cálculo.....	74

5.1.7	Sistema de recalque de água.....	75
5.1.7.1	Dimensionamento da tubulação de sucção, recalque e extravasores	75
5.1.7.2	Escolha da bomba de recalque	76
5.1.8	Dimensionamento do ramal predial.....	78
5.2	METODOLOGIA – DIMENSIONAMENTO.....	81
5.2.1	Materiais.....	81
5.2.2	Sistema de distribuição.....	81
5.2.3	Consumo diário.....	81
5.2.4	Capacidade dos reservatórios.....	82
5.2.5	Ramal predial.....	83
5.2.6	Rede de distribuição.....	83
5.2.7	Sistema de recalque.....	85
5.3	RESULTADOS.....	86
6	PROJETO DE INSTALAÇÃO DE REDES DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	87
6.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	88
6.1.1	Partes constituintes de um sistema predial de esgoto.....	88
6.1.2	Caminho do esgoto.....	89
6.1.3	Sistema público de esgoto.....	90
6.1.4	Requisitos gerais.....	90
6.1.5	Partes constituintes de uma instalação predial de esgotos sanitários.....	91
6.1.5.1	Canalizações para coleta e afastamento das águas servidas	91
6.1.5.2	Desconectores	94
6.1.5.3	Canalizações para ventilação	95
6.1.5.4	Dispositivos complementares	96
6.2	METODOLOGIA – DIMENSIONAMENTO.....	99
6.2.1	Materiais.....	99
6.2.2	Sistema público de esgoto.....	99
6.2.3	Relação de aparelhos sanitários por cômodo.....	99
6.2.4	Dimensionamento das tubulações de esgoto.....	100
6.3	RESULTADOS.....	102
	REFERÊNCIAS.....	103
	ANEXO A – PLANAS DE PISO	105
	ANEXO B – TIPOS DE LINHAS ELÉTRICAS E CAPACIDADE DE	
	CONDUÇÃO DE CORRENTE.....	109

ANEXO C – DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO	119
ANEXO D – DETALHAMENTO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	132
ANEXO E – DETALHAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.....	145
ANEXO F – DETALHAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE ESGOTO.....	152

1 INTRODUÇÃO

Uma edificação é formada por vários sistemas interligados, como a estrutura, as fundações, os revestimentos, as instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, entre outros, que juntos ocasionam o bom funcionamento do todo.

Os sistemas de Instalações Prediais são compreendidos pelos sistemas de Instalações Elétricas, Instalações de Água Fria e Instalações de Esgoto.

O uso da eletricidade é indispensável na conjuntura da sociedade atual, seja para realizações de tarefas domésticas, com o crescimento cada vez maior do uso de aparelhos eletrônicos, como meio para aprendizado e pesquisas.

Devido ao já enorme desenvolvimento e dependência da eletricidade, é necessário um estudo e desenvolvimento de projeto elétrico adequado para cada tipo de edificação. Um bom dimensionamento das instalações elétricas deve atender as necessidades dos usuários, com quantidade e localização adequadas dos pontos de tomada e de iluminação, e ainda, deve funcionar em perfeita segurança, sem risco de choques elétricos e curtos circuitos.

Assim como a dependência elétrica, o uso da água também se torna necessário para compor as atividades básicas de higiene do dia-a-dia. Embora as instalações de água fria e de esgoto sejam uma etapa simples do processo construtivo de uma edificação, se comparadas com o resto dos processos, elas requerem um projeto próprio para cada construção.

O dimensionamento das ligações hidrossanitárias determina informações básicas para um bom funcionamento dos sistemas, como: materiais que devem ser usados, as peças que compõem o sistema, seus diâmetros e posicionamento. Essas informações auxiliam a evitar problemas como cavitação, falta de força no abastecimento d'água e entupimentos das tubulações.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente Trabalho de Conclusão de Curso é o dimensionamento das Instalações Prediais do futuro projeto do galpão de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil (DeCivil), o Laboratório de Tecnologia – LabTec, da Universidade Federal de Pernambuco.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionamento dos pontos de tomada e de iluminação que sejam adequados e suficientes para a realização das atividades características desenvolvidas nas salas do galpão, como salas de aula, laboratórios, sala de professores, sala de estudo, auditórios, entre outros cômodos, baseado na ABNT NBR 5410 (2004) – Instalações elétricas de baixa tensão e na ABNT NBR 5413 (1992) – Iluminância de interiores.
- Dimensionamento do projeto de Instalação de Água Fria, conforme a ABNT NBR 5626 (1998), visando que a instalação seja capaz de fornecer continuamente água aos usuários em quantidades suficientes para amenizar ao máximo os problemas causados pela interrupção do sistema público de abastecimento.
- Dimensionamento das instalações prediais de esgoto sanitários, conforme a ABNT NBR 8160 (1999). Essas instalações têm por objetivo principal a coleta e o afastamento das águas servidas, cuja origem são os aparelhos sanitários e pisos internos das edificações.

3 DADOS DO PROJETO

O presente projeto apresenta o detalhamento do dimensionamento das instalações prediais elétricas, hidráulicas e de esgoto do futuro galpão de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil (DeCivil), o Laboratório de Tecnologia – LabTec, da Universidade Federal de Pernambuco. Essa edificação apresenta três pavimentos, com quantidades e áreas apresentadas na tabela a seguir. No anexo A estão as plantas de piso dos pavimentos com as localizações dos cômodos de cada um.

Tabela 1 – Ambientes e áreas do LabTec

Térreo				
Ambiente	Numeração	Quantidade	Área (m ²)	Área total
Laboratório	01 a 14	14	36,0	504,0
Refeitório	-	2	36,0	72,0
Elevador/ escada	-	2	36,0	72,0
Banheiros	-	4	18,0	72,0
Laboratório de máquinas	-	1	98,4	98,4
Hall	-	1	1320,0	1320,0
Corredor menor	-	1	118,8	118,8
Corredor maior	-	1	145,2	145,2
1º Pavimento				
Sala dos professores	101 a 132	32	18,0	576,0
Elevador/ escada	-	2	36,0	72,0
Banheiros	-	4	18,0	72,0
Corredor menor	-	1	118,8	118,8
Corredor maior	-	1	145,2	145,2
2º Pavimento				
Sala de Aula (6x6)	201 a 204 e 207 a 210	8	36,0	288,0
Sala de aula (6x9)	205, 206, 207 e 208	4	54,0	216,0
Auditório	1 e 2	2	144,0	288,0
Elevador/ escada	-	2	36,0	72,0
Banheiros	-	4	18,0	72,0
Corredor menor	-	1	118,8	118,8
Corredor maior	-	1	145,2	145,2

Fonte: Autores (2018)

4 PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Nos tópicos apresentados a seguir serão apresentados uma revisão teórica e o dimensionamento do projeto elétrico do LabTec.

4.1 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão teórica apresentada a seguir será dividida em três partes, são elas: os conceitos básicos da luminotécnica, o cálculo luminotécnico e os conceitos básicos da instalação elétrica.

4.1.1 Conceitos básicos de luminotécnica

Para facilitar o entendimento do cálculo luminotécnico serão apresentadas a seguir algumas definições relacionadas.

4.1.1.1 Intensidade luminosa (I)

É definida como o limite da razão entre o fluxo luminoso (φ) em seu ângulo sólido em uma dada direção pelo seu ângulo sólido quando esse tende a zero (MAMEDE FILHO, 2006).

$$I = \lim_{\beta \rightarrow 0} \frac{\varphi}{\beta} \quad (1)$$

Sendo: β – ângulo sólido;

φ – fluxo luminoso, em lúmens.

Também pode ser determinado como a potência de radiação visível que uma determinada fonte de luz emite numa direção especificada.

Sua unidade é a *candela* (cd).

4.1.1.2 Ângulo sólido (β)

Ângulo tridimensional usado na quantificação da iluminação nos espaços tridimensionais.

Pode ser definido como a razão entre uma pequena área A da superfície de uma esfera de raio R e o quadrado de R.

$$\beta = \frac{A}{R^2} \quad (2)$$

Niskier e Macintyre (2013) definem ângulo sólido como ângulo de vértice no centro de uma esfera de raio unitário e que é limitado pelo contorno de uma área, também unitária, na superfície da esfera.

4.1.1.3 Fluxo luminoso (φ)

É a potência da radiação emitida por uma fonte luminosa em todas as direções do espaço (MAMEDE FILHO, 2006).

É representado pela unidade *lúmen* (lm), que significa a quantidade de luz irradiada, através de uma abertura de 1 m² feita na superfície de uma esfera de 1 m de raio, por uma fonte luminosa de intensidade igual a 1 cd, em todas as direções, colocada no seu interior e posicionada no centro (MAMEDE FILHO, 2006).

Outra definição para fluxo luminoso é a potência de radiação emitida por uma determinada fonte de luz e observada pelo olho humano.

4.1.1.4 Iluminância (E)

Segundo a NBR 5413 (1992) – Iluminância de interiores, Iluminância é definida como limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero.

A iluminância também é conhecida como nível de iluminamento ou apenas iluminamento. Sua unidade é o *lux*, que significa o fluxo luminoso que incide em uma superfície de área unitária (lm/m²). Trata-se de um valor médio, uma vez que o fluxo luminoso não incide de forma uniforme sobre toda a superfície.

$$E = \frac{\varphi}{S} \quad (3)$$

Sendo: S – área da superfície iluminada, em m²;

φ – fluxo luminoso, em lúmens.

4.1.2 Cálculo luminotécnico – método dos lúmens

O projeto de iluminação de um ambiente tem como objetivo garantir a transferência de fluxo necessária para a realização das tarefas em um plano de trabalho. Um dos métodos mais utilizados para o cálculo da quantidade de lâmpadas e/ou lamparinas é o Métodos dos Lúmens.

O Métodos dos Lúmens, também conhecido como Método do Fluxo Luminoso, consiste no cálculo da quantidade de luminárias e suas distribuições a partir de parâmetros do local como suas dimensões físicas, os fatores que influenciam na qualidade de iluminação, como grau de manutenção do ambiente e cor das paredes, piso e teto, grau de detalhamento das tarefas, entre outros.

Por ele, é calculado o fluxo luminoso a ser emitido por um determinado número de lâmpadas, através da fórmula:

$$\varphi_{Total} = \frac{E \times S}{F_u \times F_{dl}} \quad (4)$$

Em que: E – iluminamento médio ou iluminância requerido no campo de trabalho, em lux;

S – área do ambiente a ser iluminado, em m²;

F_u – fator de iluminação do recinto;

F_{dl} – fator de depreciação do serviço da luminária.

Para o dimensionamento adequado da iluminação do ambiente, é necessário a definição do campo de trabalho. A NBR 5413 (1992) define o campo de trabalho como o local em que a iluminância deve ser determinada. É a região para a qual, em qualquer superfície nela situada, exigem-se condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado. Quando seu valor não for bem definido, a norma recomenda utilizar um plano situado a 0,75 m do piso.

De acordo com a NBR 5413 (1992), a iluminância (E) de cada ambiente pode ser obtida pela classe de atividade visual realizada no local. Os valores a serem utilizados neste trabalho estão na seguinte tabela:

Tabela 2 – Iluminâncias por classe de tarefas visuais

Escolas			
Salas de Aulas	200	300	500
Labortarórios - Geral	150	200	300
Labortarórios - Local	300	500	750
Auditórios e anfiteatros - Pláteia	150	200	300
Auditórios e anfiteatros - Tribuna	300	500	750
Sala de Desenho	300	500	750
Sala de Reuniões	150	200	300
Escritórios			
Desenho, eng. Mecânica e arquitetura	750	1000	1500
Corredores e escadas			
Geral	75	100	150
Hotéis e restaurantes			
Banheiros	100	150	200
Restaurantes	100	150	200
Lanchonetes	150	200	300

Fonte: ABNT NBR 5413 (1992)

A escolha entre um dos três valores da tabela depende da análise de um peso, também definido pela NBR 5413 (1992) e obtido através dos valores da tabela a seguir:

Tabela 3 - Fatores determinantes da iluminância adequada

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 50 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Reflectância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: ABNT NBR 5413 (1992)

O peso utilizado para a escolha do nível de iluminação é formado por três fatores, sendo eles:

- Idade: identifica a faixa de idade das pessoas que estão no ambiente, para melhor avaliar o fluxo luminoso necessário para a realização das tarefas pelos usuários do local.
- Velocidade e precisão: verifica a exatidão e nitidez necessária para adequada prática da atividade a ser realizada.
- Reflectância do fundo da tarefa: analisa as características das cores do local.

Para determinar o peso, faz-se uma análise de cada característica e assume-se seu peso (-1, 0, +1). Com o valor de cada um dos três parâmetros, deve-se somá-los, considerando o sinal de cada um.

Se o peso total for igual a -2 ou -3, usa-se o menor valor entre as três iluminâncias indicadas na tabela 3. Caso o peso total seja igual a -1, 0 ou +1, deve-se assumir o valor intermediário da respectiva classe de tarefas visuais. Por fim, se o somatório dos pesos se igualar a +2 ou +3, assume-se a maior das iluminâncias da classe.

O fator de utilização é um coeficiente dado pela relação entre o fluxo luminoso que chega no plano de trabalho e o fluxo luminoso total emitido pela lâmpada. Seu valor depende de fatores como a pintura das paredes, pisos e tetos, das dimensões do ambiente e do tipo de luminária a ser utilizada. Logo, é necessário que dois valores sejam conhecidos: o índice de local e a reflectância, além da lâmpada a ser utilizada, para que se obtenha o valor do fator de utilização na tabela do fabricante.

O índice de local ou índice de recinto é dado pela fórmula:

$$K = \frac{C \times L}{(C + L) \times A} \quad (5)$$

Em que: C – comprimento do ambiente;

L – largura do ambiente;

A – altura da luminária ao plano de trabalho ou pé direito útil.

Já a reflectância é um indicativo das cores presentes no ambiente. De acordo com o manual da Philips, usado como referência para o presente projeto luminotécnico, os índices 1, 3, 5 e 7 correspondem aos valores de 10%, 30%, 50% e 70% de reflexão para pinturas pretas, escuras, médias, claras e brancas, respectivamente. Nesse manual, na tabela do fator de utilização, representada a seguir, o primeiro algarismo representa a reflexão do teto, o segundo a reflexão da parede e o terceiro, a do piso.

Tabela 4 - Fator de utilização

Luminária TCK 426 - 2TLD 32W									
Fator de Local	Reflectância								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,6	0,34	0,28	0,23	0,33	0,29	0,23	0,27	0,23	0,21
0,8	0,42	0,35	0,3	0,41	0,39	0,3	0,34	0,3	0,3
1	0,48	0,45	0,37	0,47	0,41	0,34	0,4	0,36	0,34
1,25	0,54	0,48	0,43	0,53	0,47	0,43	0,44	0,42	0,4
1,5	0,59	0,53	0,4	0,57	0,52	0,47	0,51	0,47	0,43
2	0,65	0,6	0,54	0,63	0,59	0,55	0,58	0,54	0,57
2,5	0,69	0,65	0,61	0,68	0,64	0,6	0,62	0,6	0,59
3	0,72	0,68	0,65	0,71	0,67	0,64	0,66	0,63	0,61
4	0,74	0,73	0,7	0,74	0,72	0,69	0,7	0,69	0,66
5	0,79	0,74	0,73	0,77	0,74	0,72	0,73	0,71	0,73
Luminária TCK 427 - 4TLD 32W									
Fator de Local	Reflectância								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,6	0,37	0,3	0,25	0,36	0,3	0,25	0,29	0,25	0,23
0,8	0,45	0,38	0,33	0,44	0,37	0,33	0,37	0,32	0,3
1	0,52	0,45	0,39	0,5	0,44	0,39	0,43	0,39	0,37
1,25	0,58	0,51	0,45	0,56	0,5	0,44	0,49	0,45	0,43
1,5	0,63	0,54	0,51	0,65	0,55	0,51	0,54	0,5	0,48
2	0,7	0,64	0,6	0,68	0,63	0,59	0,62	0,58	0,56
2,5	0,74	0,69	0,65	0,72	0,68	0,65	0,67	0,64	0,61
3	0,77	0,73	0,7	0,75	0,72	0,69	0,71	0,68	0,65
4	0,82	0,78	0,75	0,8	0,77	0,74	0,75	0,73	0,7
5	0,84	0,81	0,82	0,82	0,8	0,77	0,78	0,76	0,74
Luminária SDK 472 c/ ZDK 472 - SON 250W									
Fator de Local	Reflectância								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,6	0,5	0,44	0,43	0,49	0,46	0,43	0,45	0,43	0,43
0,8	0,54	0,52	0,5	0,52	0,52	0,49	0,52	0,49	0,48
1	0,61	0,58	0,55	0,6	0,57	0,55	0,57	0,55	0,53
1,25	0,64	0,62	0,6	0,64	0,62	0,6	0,61	0,59	0,58
1,5	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62	0,61
2	0,73	0,7	0,68	0,71	0,69	0,68	0,69	0,67	0,66
2,5	0,75	0,73	0,72	0,74	0,72	0,71	0,71	0,7	0,69
3	0,77	0,75	0,74	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,7
4	0,78	0,77	0,76	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74	0,72
5	0,79	0,78	0,77	0,78	0,77	0,76	0,79	0,75	0,73

Fonte: Adaptada do Manual da Philips (1988)

Outro coeficiente a ser calculado para obter o fluxo luminoso é o fator de depreciação. O fluxo emitido por um aparelho de iluminação decresce com o uso devido a três fatores. São eles: a diminuição do fluxo luminoso ao longo da vida útil da lâmpada, a poeira e sujeira que sobre elas se depositam quando expostas e a diminuição do poder refletor das paredes e tetos devido ao escurecimento progressivo. Dessa forma, o fator de depreciação de uma lâmpada depende do grau de limpeza do ambiente e do período entre manutenções. Seu valor é determinado pela tabela a seguir, do manual da Philips:

Tabela 5 - Fator de depreciação

Ambiente	Período de manutenção		
	2500 h	5000 h	7500 h
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,8
Sujo	0,8	0,66	0,57

Fonte: Manual da Philips (1988)

Por fim, com as grandezas necessárias em mãos, após o cálculo do fluxo luminoso necessário para uma iluminação adequada do ambiente, calcula-se o número de lâmpadas e lamparinas a serem instaladas no local. A fórmula para obtenção do número “n” de luminárias é a seguinte:

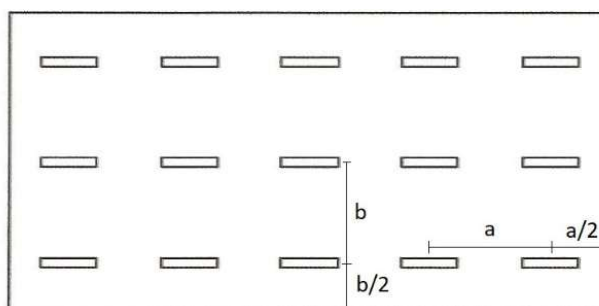
$$n = \frac{\varphi_{Total}}{n_{Lâmpadas} \times \varphi_{Lâmpada}} \quad (6)$$

Em que: φ_{Total} – fluxo luminoso total do ambiente, em lúmens;

$n_{Lâmpadas}$ – número de lâmpadas por luminária;

$\varphi_{Lâmpadas}$ – fluxo luminoso emitido por uma lâmpada, em lúmens.

A disposição das luminárias no ambiente deve ser feita de forma que o fluxo luminoso se distribua mais uniformemente possível, como na figura a seguir:

Figura 1 - Disposição das luminárias e espaçamento

Fonte: Autores (2018)

4.1.3 Conceitos básicos da instalação elétrica

Neste item, serão mencionados alguns componentes que fazem parte da instalação elétrica e algumas definições, entre eles:

4.1.3.1 Corrente elétrica

Segundo Cotrim (2009), corrente elétrica é o movimento predominante em determinada direção de elétrons livres em um condutor, causada por uma diferença de potencial (d.d.p.) ou fonte de tensão.

A intensidade da corrente (I) é caracterizada pelo número de elétrons livres que atravessam uma determinada seção do condutor na unidade de tempo. A unidade dessa grandeza é o *ampère* (A). A medição da intensidade da corrente é realizada com o auxílio de um amperímetro ligado em série ao circuito.

Corrente nominal (I_n) é a corrente consumida pelo aparelho ou equipamento de utilização, de modo a operar segundo as condições prescritas em seu projeto de fabricação. Em muitos casos, vem indicada na plaqueta, fixada no equipamento. (NISKIER e MACINTYRE, 2013). Quando esta informação não está disponível no aparelho ou quando não é possível prever qual aparelho específico será utilizado no ponto de utilização, a corrente pode ser dada pelas seguintes fórmulas:

- Circuitos monofásicos ($P_d \leq 15$ kW), cuja corrente de fase será:

$$I_{nf} = \frac{P_n}{U \times \cos \varphi} \quad (7)$$

Sendo: P_n – a potência nominal das lâmpadas ou equipamento, em watts;

U – diferença de potencial ou tensão entre fase e neutro, em volts;

$\cos \varphi$ – fator de potência (explicado mais adiante).

- Circuitos trifásicos ($P_d > 15$ kW), cuja corrente de linha será:

$$I_{nl} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times u \times \cos \varphi} \quad (8)$$

Sendo: P_n – a potência nominal das lâmpadas ou equipamento, em watts;

u – diferença de potencial ou tensão entre fases (tensão de linha);

$\cos \varphi$ – fator de potência (explicado mais adiante).

Corrente de projeto (I_p) é a corrente que um circuito de distribuição ou terminal deve transportar, operando em condições normais, quando não se espera que todos os equipamentos a ele ligados estejam sendo utilizados, isto é, que funcionem simultaneamente (NISKIER e MACINTYRE, 2013). Ela é dada pela seguinte fórmula:

$$I_p = I_n \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \quad (9)$$

Sendo: f_i – fator de demanda, aplicável a circuitos de distribuição (entre o quadro geral e o quadro terminal);

f_2 – fator de utilização, uma vez que o equipamento nem sempre trabalha usando toda a sua potência nominal. É usado para motores e não é considerado para tomadas de uso geral, tomadas de uso especial e para iluminação, sendo para esses pontos $f_2 = 1$.

f_3 – fator que leva em consideração um aumento futuro de cargas no circuito. Quando não é previsto nenhum aumento, $f_3 = 1$.

f_4 – fator aplicado a circuito de motores.

4.1.3.2 Tensão elétrica

Tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (d.d.p.) é a capacidade de duas cargas diferentes realizarem trabalho. É a força eletromotriz atuante em um circuito de modo a mover os elétrons livres de forma ordenada (COTRIM, 2009).

Sua unidade é o volt, e seu valor pode ser medido por um voltímetro. Pode ser representado pela letra “V”, mas, segundo Niskier e Macintyre (2013) convencionou-se empregar a letra “E” para designar a força eletromotriz gerada ou induzida nos terminais de um gerador ou bateria, a letra “U” para representar a tensão ou diferença de potencial entre dois pontos de um circuito pelo qual a corrente passa.

Em um gerador, desenvolve-se uma tensão interna entre os terminais ou polos negativo e positivo, que é a força eletromotriz. Devido a essa força, o gerador fornece corrente elétrica a um condutor ligado aos seus terminais, orientada do polo negativo para o positivo (NISKIER e MACINTYRE, 2013).

4.1.3.3 Potência elétrica

A potência é a medida do trabalho realizado por unidade de tempo, ou seja, a energia aplicada por segundo. Para a energia elétrica, a potência é dada pelo produto da tensão pela corrente, segundo a fórmula a seguir:

$$P = V \times I \quad (10)$$

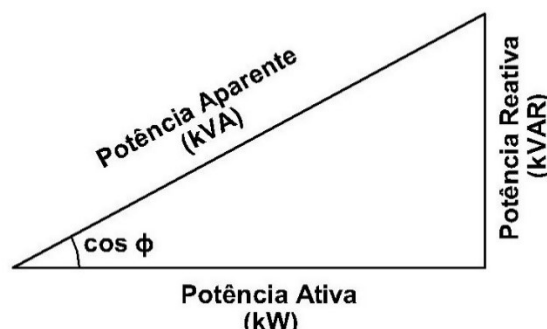
A potência dada pela fórmula acima é a chamada potência aparente (S). Segundo Cotrim (2009), existem três tipos de potência em um circuito quando ele é alimentado por corrente alternada: a potência aparente (S), fornecida pela expressão dada acima; a potência ativa (P), lida pelos wattímetros e consumida pelos equipamentos; e a potência reativa (Q), que não é medida pelo wattímetro e é consumida para a produção de indução magnética, trocada entre

reatâncias indutivas e capacitivas do circuito, não sendo desejável do ponto de vista de transferência de energia e econômico.

A relação entre as potências ativa (P) e aparente (S) corresponde ao cosseno do ângulo φ , correspondente a defasagem angular entre a onda senoidal de tensão u e a onda senoidal da corrente i. Essa relação é chamada de fator de potência e é dada pela fórmula a seguir:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (11)$$

Figura 2 - Fator de potência



Fonte: Niskier e Macintyre (2013)

Segundo Niskier e Macintyre (2013), quando o fator de potência é inferior à unidade, existe um consumo não medido no waltímetro, que é aplicado na produção da indução magnética. Para um fator de potência baixo, produzir uma potência ativa requer uma potência aparente maior, o que onera essa instalação com o custo mais elevado de cabos e equipamentos. Devido a esse ponto, as empresas concessionárias de energia elétrica, inclusive a Celpe – Companhia Energética de Pernambuco, indicam um fator de potência mínimo de 0,92.

A potência instalada (P_{inst}) ou potência nominal (P_n) de um circuito é a soma das potências nominais dos equipamentos e tomadas por ele alimentado.

Nos circuitos de distribuição, explicado mais adiante, para o cálculo da corrente e da bitola do condutor, não é considerada a potência instalada de todos os equipamentos dos circuitos terminais por eles alimentados, visto que não se verifica o funcionamento de todos os pontos ativos simultaneamente. Dessa forma, por uma questão de economia, é calculada uma potência demandada (P_d), dada pela multiplicação da potência instalada (P_{inst}) por um fator, denominado de fator de demanda (f). Os fatores de demanda utilizados nesse dimensionamento foram obtidos na norma da Celpe e no livro de Niskier e Macintyre (2013), segundo as tabelas a seguir.

Tabela 6 - Fator de demanda para iluminação e pequenas tomadas

Iluminação e Pequenas Tomadas		
Descrição	Fator de demanda %	
Auditório, salões e semelhantes	100	
Bancos, lojas e semelhantes	100	
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	100	
Clubes e semelhantes	100	
Escolas e semelhantes	100 para os primeiros 12 kVA 50 para o que exceder de 12 kVA	
Escritórios	100 para os primeiros 20 kVA 70 para o que exceder de 20 kVA	
Garagens comerciais e semelhantes	100	
Hospitais e semelhantes	50 para os primeiros 20 kVA	
Hotéis e semelhantes	50 para os primeiros 20 kVA 40 para os seguintes 80 kVA 30 para o que exceder de 100 kVA	
Igrejas e semelhantes	100	
Restaurantes e semelhantes	100	
Residências Isoladas	Iluminação, Pequenas Tomadas e Eletrodomésticos	
	Carga Instalada < 1 kW	0,86
	1 kW < Carga Instalada ≤ 2 kW	0,81
	2 kW < Carga Instalada ≤ 3 kW	0,76
	3 kW < Carga Instalada ≤ 4 kW	0,72
	4 kW < Carga Instalada ≤ 5 kW	0,68
	5 kW < Carga Instalada ≤ 6 kW	0,64
	6 kW < Carga Instalada ≤ 7 kW	0,60
	7 kW < Carga Instalada ≤ 8 kW	0,57
	8 kW < Carga Instalada ≤ 9 kW	0,54
	9 kW < Carga Instalada ≤ 10 kW	0,52
	Carga Instalada > 10 kW	0,45

Fonte: Norma Celpe (2009)

Tabela 7 - Fator de demanda para eletrodomésticos exceto fogões elétricos em instalações comerciais ou chuveiros elétricos e aquecedores em instalações residenciais

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	46
2	98	17	45
3	96	18	44
4	94	19	43
5	90	20	42
6	84	21	41
7	76	22	40
8	70	23	40
9	65	24	39
10	60	25	39
11	57	26 a 30	39
12	54	31 a 40	38
13	52	41 a 50	38
14	49	51 a 60	38
15	48	61 ou mais	38

Fonte: Norma Celpe (2009)

Tabela 8 - Fator de demanda de aparelhos de aquecimento de água (boilers, torneiras e chuveiros elétricos)

Número de aparelhos	Fator de demanda	Número de aparelhos	Fator de demanda	Número de aparelhos	Fator de demanda
1	100%	10	49%	19	36%
2	75%	11	47%	20	35%
3	70%	12	45%	21	34%
4	66%	13	43%	22	33%
5	62%	14	41%	23	32%
6	59%	15	40%	24	31%
7	56%	16	39%	25 ou mais	30%
8	53%	17	38%		
9	51%	18	37%		

Fonte: Niskier e Macintyre (2013)

Tabela 9 - Fator de demanda para aparelhos de ar-condicionado tipo janela, Split e fan-coil (utilização não residencial)

Número de aparelhos	Fator de demanda
1 a 10	100%
11 a 20	75%
21 a 30	70%
31 a 40	65%
41 a 50	60%
51 a 80	55%
Acima de 80	50%

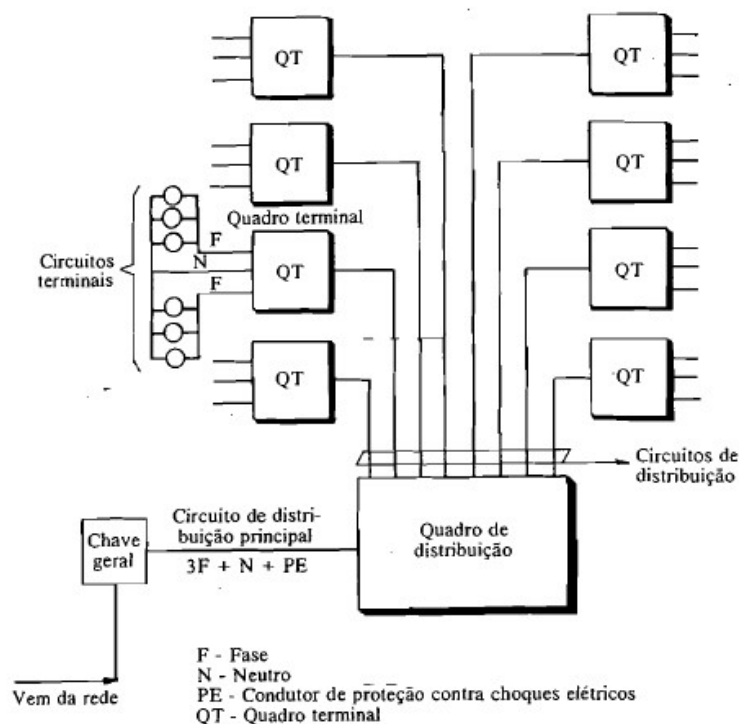
Fonte: Niskier e Macintyre (2013)

4.1.3.4 Circuitos elétricos

Circuito de uma instalação elétrica é o conjunto de componentes da instalação alimentados da mesma origem e protegidos pelo menos dispositivo de proteção (Cotrim, 2008). Os circuitos podem ser de distribuição ou terminais. O de distribuição é aquele que alimenta um ou mais quadros, também de distribuição ou terminal. Já os circuitos terminais são aqueles que se ligam diretamente ao ponto de utilização, seja ele de tomada, comando ou iluminação.

4.1.3.5 Quadros de distribuição e terminais

O quadro de distribuição é aquele que recebe energia elétrica de uma alimentação e distribui aos circuitos neles instalados. Dele partem os circuitos de distribuição, que alimentam outros quadros de distribuição ou quadros terminais. Esses quadros terminais são aqueles que alimentam apenas os circuitos terminais.

Figura 3 - Diagrama básico de instalação de um edifício residencial ou comercial

Fonte: Niskier e Macintyre (2013)

4.1.3.6 Condutores elétricos

É o corpo constituído de material condutor responsável pela passagem de corrente elétrica no circuito. Geralmente é de cobre, nos casos mais gerais, ou de alumínio, em casos específicos de instalações elétricas comerciais e industriais.

São diferenciados em fios e cabos. Os fios condutores são os condutores sólidos, maciços e com seção circular, podendo ser com ou sem isolamento.

Já os cabos são condutores constituídos por fios encordoados, não isolados entre si e podendo ser isolado ou não externamente. São classificados em unipolares, quando constituído por apenas um condutor de fios trançados, e em multipolares, quando são formados por dois ou mais condutores isolados e unidos e protegidos por camada protetora de cobertura comum.

A isolação dos condutores pode ser de cloreto de polivinila (PVC), PET polietileno, polietileno reticulado termofixo (XLPE) ou borracha etileno-propileno (EPR), as quais a escolha irá depender da temperatura do regime de operações e de sobrecarga.

O dimensionamento da seção desses condutores depende de diversos fatores, como forma de instalação, material do condutor e da sua isolação, temperatura ambiente e corrente nominal por ele percorrida. Para o cálculo da seção nominal dos condutores terminais e de

distribuição de fase são usados os critérios de capacidade de corrente e de queda de tensão, em que, ao final dos cálculos, deve-se escolher o maior diâmetro obtido, a favor da segurança.

Na tabela abaixo, encontram-se os valores de seções mínimas dos condutores a serem atendidas segundo a NBR 5410 (2004).

Tabela 10 - Seção mínima dos condutores

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu
			16 Al
		Circuitos de força	2,5 Cu
			16 Al
	Condutores e cabos nus	Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu
		Circuitos de força	10 Cu
			16 Al
Linhas flexíveis com cabos isolados	Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu	
	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	
	Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu	
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações	0,75 Cu

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

4.1.3.7 Critério da capacidade de corrente

Durante a passagem de corrente elétrica por um condutor, espera-se que sua seção nominal seja suficiente para evitar um aquecimento exagerado, que prejudicaria o isolamento. Os principais fatores que são considerados na escolha da área do condutor são: o material da isolação, o número de condutores percorridos por corrente (condutores vivos), a forma de instalação dos cabos, a proximidade com outros condutores e a temperatura do ambiente em que está instalado.

As diversas formas como os condutores poderão ser instalados são exemplificadas na tabela 51, no anexo B, retirada da NBR 5410 (2004), a partir da qual será obtido um código identificando a maneira de instalação.

As informações necessárias para a análise desse critério, quanto às isolações e suas temperaturas de operação em regime contínuo, sobrecarga e curto-circuito estão presentes na tabela a seguir:

Tabela 11 – Temperaturas características dos condutores

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 12 – Número de condutores carregados

Esquemas de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Com os dados já determinados do tipo de isolamento, o número de condutores carregados no circuito (tabela 12) e a forma como o cabo será instalado, entra-se em uma das tabelas de capacidade de condução de corrente, presente no anexo B, com o valor da corrente de projeto para obter a bitola do condutor. A escolha da tabela a ser usada irá depender do tipo de instalação e do tipo de isolamento.

Porém, antes de obter a bitola do condutor, é necessário atentar para algumas possíveis correções a serem feitas na corrente de projeto. Uma delas é a correção devido a temperatura ambiente. As tabelas de capacidade de condução de corrente do anexo B fornecem bitolas para condutores em locais com temperatura ambiente de 30°C, para cabos não enterrados, e para solos com temperaturas de 20°C, para cabos enterrados. Caso a temperatura se diferencie dessas, deve-se entrar na tabela 13 para obter o coeficiente k_1 de correção.

Tabela 13 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não enterradas e de 20°C para linhas subterrâneas.

Temperatura °C	Isolação	
Ambiente	PVC	EPR ou XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,5	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,5
80	-	0,41
Do solo		
10	1,1	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,8
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,6
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Outro fator de correção é o k_2 , referente ao agrupamento de condutores, quando forem mais de três condutores carregados. Esse fator é encontrado nas tabelas 14 ou 15 a seguir.

Tabela 14 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe e agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfícies; embutidos; em conduto fechado	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A e F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7				36 a 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre teto, suporte etc.	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 15 - Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores (métodos de aplicação C, E e F)

		Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
		2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
Quantidade de camadas	2	0,68	0,62	0,6	0,58	0,56
	3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
	4 ou 5	0,6	0,55	0,52	0,51	0,49
	6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
	9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

O terceiro e último fator de correção k_3 é devido ao agrupamento de eletrodutos e é fornecido na tabela 16.

Tabela 16 - Fatores de correção em função do número de eletrodutos enterrados ou embutidos

Número de eletrodutos dispostos verticalmente	Número de eletrodutos dispostos horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,5
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,4	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,4	0,37	0,35
6	0,65	0,5	0,42	0,38	0,35	0,32

Fonte: Niskier e Macintyre (2013)

Após a obtenção dos fatores k_1 , k_2 e k_3 , é realizada a correção da corrente de projeto através da fórmula a seguir. É com esse valor que se deve entrar nas tabelas do Anexo B para obter as seções nominais dos condutores.

$$I'_p = \frac{I_p}{k_1 \times k_2 \times k_3} \quad (12)$$

4.1.3.7.1 Critério da queda de tensão

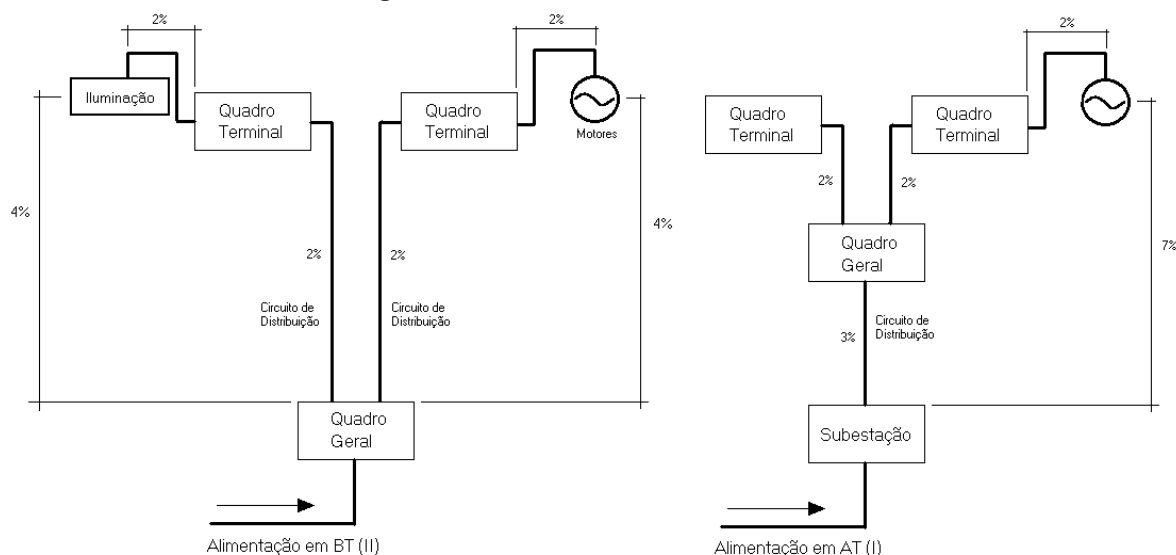
Ao longo de um circuito elétrico, desde o quadro geral ou subestação até os circuitos terminais, ocorre uma queda de tensão que proporciona o bom funcionamento dos equipamentos utilizados, visto que só funcionam em determinada faixa de tensão.

Essa queda de tensão, segundo a NBR 5410 (2004), não pode ser superior aos seguintes valores, referentes ao valor da tensão nominal da instalação:

- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Ainda segundo essa norma, em nenhum caso tal queda nos circuitos terminais pode ser superior a 4%.

Figura 4 - Quedas de tensão admissíveis



Fonte: Niskier e Macintyre (2013)

Para o cálculo da tensão em determinado trecho do circuito, deve-se conhecer: o material do eletroduto (magnético ou não), a corrente de projeto (I_p), o fator de potência ($\cos\phi$), a queda de tensão admissível para o trecho (%), o comprimento do circuito em km (l) e a tensão entre as fases (U).

Com esses dados, a queda de tensão é calculada por:

$$\Delta U = \% \times U \quad (13)$$

Em seguida calcula-se a queda de tensão em (volt/ampère) x km, pela fórmula a seguir, e com esse valor, entra-se na tabela 17 para obter a seção nominal pelo critério de queda de tensão.

$$\frac{V}{A} \times km = \frac{\Delta U}{I_p \times l} \quad (14)$$

Tabela 17 - Quedas de tensão unitárias para condutores isolados com PVC em eletroduto ou calha fechada

Seção nominal (mm²)	Eletroduto ou calha de material não magnético				Eletroduto ou calha de material magnético	
	Circuito monofásico		Circuito trifásico		Circuito monofásico ou trifásico	
	cos φ = 0,8 (V/A X km)	cos φ = 0,95 (V/A X km)	cos φ = 0,8 (V/A X km)	cos φ = 1 (V/A X km)	cos φ = 0,8 (V/A X km)	cos φ = 0,95 (V/A X km)
1,5	23,03	27,60	20,20	24,00	23,00	27,40
2,5	14,03	16,90	12,40	14,70	14,00	16,80
4	8,90	10,60	7,80	9,20	9,00	10,50
6	6,00	7,10	5,20	6,10	5,90	7,00
10	3,60	4,20	3,20	3,70	3,50	4,20
16	2,30	2,70	2,00	2,30	2,30	2,70
25	1,50	1,70	1,30	1,50	1,50	1,70
35	1,10	1,20	0,98	1,10	1,10	1,20
50	0,85	0,94	0,76	0,82	0,86	0,95
70	0,62	0,67	0,55	0,59	0,64	0,67
95	0,48	0,50	0,50	0,43	0,50	0,51
120	0,40	0,41	0,36	0,36	0,42	0,42
150	0,35	0,34	0,31	0,30	0,37	0,35
185	0,30	0,29	0,27	0,25	0,32	0,30
240	0,26	0,24	0,23	0,21	0,29	0,25

Fonte: Niskier e Macintyre (2013)

4.1.3.7.2 Dimensionamento condutor neutro

Segundo a NBR 5410 (2004), no item 6.2.6.2.2, o condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase.

Já para circuitos trifásicos, a seção do condutor neutro deve obedecer a seguinte tabela:

Tabela 18 - Seção reduzida do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

4.1.3.7.3 Dimensionamento condutor terra

De acordo com a NBR 5410 (2004), na seção 6.4.3.1.3, a seção do condutor de proteção terra pode ser obtida através da tabela a seguir, onde são exemplificadas seções que podem não ser padronizadas. Caso isso ocorra, deve-se escolher a seção padrão mais próxima.

Essa tabela deve ser usada quando o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que o condutor fase que protege.

Tabela 19 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

4.1.3.8 Eletrodutos

Os eletrodutos são elementos de linha elétrica fechada, que pode ser de seção circular, ou não, que contém os condutores com isolamento de um ou mais circuitos. Esses elementos podem ser usados embutidos, subterrâneos ou aparentes, e permitem a enfição ou a retirada dos condutores elétricos.

A NBR 5410 (2004) recomenda para a determinação da seção dos eletrodutos, no item 6.2.11.1.6, que a taxa de ocupação do eletroduto, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, calculadas com base no diâmetro externo (tabela 20), e a área útil da seção transversal do eletroduto, não deve ser superior a:

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores.

Tabela 20 - Seções externas dos condutores

Seção (mm ²)	Diâmetro nominal do condutor (mm)	Diâmetro nominal externo (mm ²)	Seção com isolação (mm ²)
1,00	1,30	2,50	4,91
1,50	1,50	2,90	6,61
2,50	1,90	3,50	9,62
4,00	2,40	4,00	12,57
6,00	3,00	4,60	16,62
10,00	3,90	5,90	27,34
16,00	5,50	7,50	44,18
25,00	6,20	8,60	58,09
35,00	8,20	10,60	88,25
50,00	9,20	12,00	113,10
70,00	10,90	13,70	147,41
95,00	12,60	15,80	196,07
120,00	14,10	17,30	235,06
150,00	16,00	19,60	272,38

Fonte: Adaptada do Manual da Prysmian – cabos Superastic Flex

Dessa forma, de acordo com a quantidade de condutores em um eletroduto e suas seções externas, calcula-se uma seção para o eletroduto, adequando-a para os valores comerciais existentes, como é mostrado na tabela a seguir. Eles podem ser metálicos, de aço ou alumínio, ou de material isolante, como PVC e polietileno. Neste projeto de dimensionamento elétricos, foram usados eletrodutos de PVC rígidos na distribuição dos circuitos.

Tabela 21 - Seções dos eletrodutos

Seção	Diâmetro interno
$\frac{1}{2}"$	16,4
$\frac{3}{4}"$	21,3
1"	27,5
$1\frac{1}{4}"$	36,1
$1\frac{1}{2}"$	41,4
2"	52,8
$2\frac{1}{2}"$	67,1
3"	79,6
4"	103,1

Fonte: Catálogo Técnico da Tigre – Eletricidade (2016)

4.1.3.9 Disjuntores

Disjuntores são dispositivos de manobra mecânicos e de proteção, capazes de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais ou anormais especificadas do circuito, ou seja, quando o disjuntor identifica um curto-circuito ou uma sobrecarga, ele desarma automaticamente.

Além disso, são dispositivos que atuam como “chaves”, para ligar e desligar a condução de energia elétrica. Dessa forma, mesmo que disparados devido a passagem de altas correntes ou a curto-circuito, podem ser rearmados e reutilizados.

Os disjuntores eletromagnéticos, utilizados no projeto elétrico do LabTec, fornecem proteção térmica e magnética, podendo ser usados para manobras de ligar e desligar os circuitos, proteção contra aquecimentos e curtos-circuitos.

Esses disjuntores possuem curvas características de atuação instantânea, que determinam o tipo de atuação, o tempo de acionamento e disparo da proteção. São diferenciadas pelas correntes instantâneas (surtem no momento de acionamento das cargas) que suportam até serem disparados. As curvas características são:

- Curva B: os disjuntores suportam corrente instantânea de 3 a 5 vezes a sua corrente nominal (I_{nd}). São utilizados para proteção de cargas resistivas, como chuveiros elétricos, aquecedores, assim como para proteção de tomadas de uso geral (TUG's).
- Curva C: os disjuntores suportam corrente instantânea de 5 a 10 vezes a sua corrente nominal (I_{nd}). São utilizados para proteção de cargas indutivas, como motores, ar-condicionados, assim como para proteção de pontos de iluminação.

- Curva D: os disjuntores suportam corrente instantânea de 10 a 20 vezes a sua corrente nominal (I_{nd}). São utilizados para proteção de grandes cargas indutivas, como motores de grande porte e transformadores.

Segundo a NBR 5410 (2004), no item 5.3.4, a proteção de um circuito contra sobrecargas estará garantida se as seguintes condições forem asseguradas:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (15)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z \quad (16)$$

Sendo: I_B – corrente de projeto do circuito;

I_n – corrente nominal do disjuntor;

I_Z – capacidade de condução de corrente dos condutores do circuito, nas condições de instalação previstas;

I_2 – corrente convencional de atuação.

Além da informação sobre a amperagem dos disjuntores, a NBR 5410 (2004) também recomenda que exista nos quadros um número mínimo de espaços para disjuntores de futuros circuitos. Essa observação está de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 22 – Espaço reserva para futuros circuitos

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
$N > 30$	$0,15 N$

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

4.1.3.10 Diagrama unifilar

O diagrama unifilar é a forma de representar todos os condutores que saem dos quadros e chegam aos pontos de utilização que compõem cada um dos circuitos. Todos os pontos de utilização necessitam de condutores específicos para funcionarem de forma adequada. Os tipos de condutores que devem chegar em cada um dos pontos são os seguintes:

- Tomadas: deve chegar fase, neutro e terra

- Interruptores e iluminação: no interruptor deve chegar o condutor fase e dele sair em direção aos pontos de iluminação um condutor de retorno que tem que chegar a todas as luminárias. Além disso, por todas as luminárias deve passar o condutor neutro.

4.2 METODOLOGIA – DIMENSIONAMENTO

A seguir será apresentado o dimensionamento do projeto luminotécnico e do projeto elétrico. Para facilitar o entendimento, esse dimensionamento será dividido em dois itens.

4.2.1 Dimensionamento do projeto luminotécnico

O edifício do presente projeto, para o qual foi feito o dimensionamento das instalações prediais, possui vários tipos de cômodos de características semelhantes, como área, pé direito e finalidade de utilização. Dessa forma, para a demonstração do dimensionamento do projeto luminotécnico, será apresentado, com detalhes, o cálculo realizado para um dos ambientes do edifício. O ambiente escolhido foi um dos laboratórios do pavimento térreo.

Para todos ambientes, o cálculo foi realizado em planilha de Excel. Ao final da explicação do dimensionamento do laboratório será apresentada uma tabela que demonstra o modelo de cálculo. Para os demais ambientes, os resultados serão apresentados em uma tabela-resumo com seus respectivos dados e peculiaridades de dimensionamento, no item 4.3.

As etapas de dimensionamento foram detalhadas nos tópicos a seguir:

4.2.1.1 Escolha da luminária e da lâmpada

Para realizar o dimensionamento é necessário escolher uma luminária e sua lâmpada correspondente, que variam de acordo com seus fabricantes. Neste projeto as luminárias usadas foram da Philips, cujas características estão presentes na tabela 4, extraída de seu manual. Para todos os laboratórios do LabTec, foram utilizadas as luminárias TCK 427, que suportam 4 lâmpadas fluorescentes TLD 32 W. Deve-se lembrar que o manual informa as correspondentes lâmpadas fluorescentes para cada luminária. Porém, neste projeto foram adotadas lâmpadas de LED, por serem mais econômicas, possuírem maior durabilidade, com vida útil extremamente longa, além de requererem menos manutenções com custos menores e emitirem menos calor

A Philips oferece um catálogo de substituição, na qual são indicadas as lâmpadas de LED correspondentes as fluorescentes, utilizadas no seu próprio manual de dimensionamento. Em substituição a lâmpada fluorescente TLD 32 W, podem ser utilizadas as lâmpadas de LED Master LEDtube 19 W, com luminância igual a $\phi_{\text{Lâmpadas}} = 1650 \text{ lm}$, vida mediana de 40000 horas (1,7 vezes mais que a fluorescente correspondente) e com 41% de economia de energia, ou ainda, a Essential LEDtube 20 W, com iluminância de $\phi_{\text{Lâmpadas}} = 1600 \text{ lm}$, vida mediana de

30000 horas (1 vez mais que a fluorescente correspondente) e com 41% de economia de energia. Devido a sua maior durabilidade, maior fluxo luminoso e sua menor potência, foi escolhida a lâmpada Master LEDtube 19 W.

4.2.1.2 Determinação da iluminância

Para os fatores determinantes da iluminância adequada, foram adotados:

- Idade: foi previsto que nos laboratórios, haverá presença de professores, alunos e funcionários que podem apresentar faixa etária superior a 55 anos. Com base nisso, adotou-se o peso + 1 (um);
- Velocidade e precisão: o laboratório foi considerado como um ambiente em que é necessário um bom grau de iluminação para a realização das tarefas, mas não um grau muito superior, utilizados para tarefas de alta precisão. Dessa forma, o fator foi considerado “importante”, representado pelo valor 0 (zero);
- Refletância do fundo da tarefa: foi considerado que todos os ambientes, inclusive os laboratórios, serão pintados de cores claras. Tomando como referência a seguinte tabela, retirada do Manual de iluminação eficiente, desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel (2002), conclui-se que todos os ambientes apresentam refletância que se encaixam na faixa "30% a 70%" e possuem peso 0 (zero).

Tabela 23 - Reflectâncias

Superfície	Reflectância
Muito clara	70%
Clara	50%
Média	30%
Escura	10%
Preta	0%

Fonte: Manual de Iluminação Eficiente – Procel (2002)

O somatório dos pesos é dado por: $+1 + 0 + 0 = +1$.

De acordo com a NBR 5413 (1992), os valores da iluminância para laboratórios locais (laboratórios locais apresentam maiores valores do que laboratórios gerais, o que fornece uma melhor iluminação) são 300, 500 e 750. Como o valor do peso é $= +1$, a iluminância será: $\varphi_{\text{Total}} = 500 \text{ lux}$.

4.2.1.3 Área do ambiente a ser iluminado

As dimensões de todos os laboratórios do LabTec são de aproximadamente 6 m de largura por 6 m de comprimento, com pé direito de aproximadamente 2,66 m.

Dessa forma, as áreas dos laboratórios são:

$$S = 6 \times 6 = 36 \text{ m}^2 \quad (17)$$

4.2.1.4 Determinação do fator de utilização

Para o cálculo do fator de utilização, foi seguido o passo a passo recomendado pelo manual da Philips, no qual, com o valor do índice de local e da reflectância, entra-se em uma tabela e se obtém o fator desejado.

- Cálculo do fator de local: Para o cálculo desse fator, é necessário o conhecimento da altura entre a luminária e o campo de trabalho, denominada pé direito útil (A). Considerando o plano de trabalho com 0,68 m do piso, tem-se:

$$A = 2,66 - 0,68 = 1,98 \text{ m} \quad (18)$$

Para facilitar os cálculos, foi adotado o valor de 2 m para o pé direito útil.

Logo, o fator de local será:

$$K = \frac{6 \times 6}{(6 + 6) \times 2} = 1,5 \quad (19)$$

- Cálculo da Reflectância: Para os laboratórios, foram consideradas todas as paredes, o piso e o teto com cores claras, ou seja, todos com reflectâncias de 50%, cuja representação é feita com os algarismos 5, 5 e 5.

Com esses dois dados em mãos, a tabela 4 informa o respectivo fator de utilização. Porém, como não há a combinação 5, 5 e 5 da reflectância, foi adotado o mais semelhante, que é o 5, 5 e 1. Então, utilizando esse valor e o fator do local igual a 1,5, tem-se fator de utilização $F_u = 0,65$.

4.2.1.5 Determinação do fator de depreciação

Para a determinação desse fator, foi considerado que os ambientes dos laboratórios possuem grau de limpeza normal, nem com alto requisito de limpeza e nem um ambiente com muita sujeira, visto que, dependendo do seu uso, podem possuir materiais líquidos e em pó.

Devido aos longos períodos sem manutenção e levando em conta o conforto dos usuários, foi utilizado um período entre manutenções de 7500 h.

Dessa forma, utilizando a tabela 5, citada no item 4.1.2, o valor do fator de depreciação é $F_{dl} = 0,80$.

4.2.1.6 Determinação do fluxo luminoso total

O cálculo do fluxo luminoso total requerido pelo ambiente e suas condições é dado pela fórmula:

$$\varphi_{Total} = \frac{E \times S}{F_u \times F_{dl}} = \frac{500 \times 36}{0,65 \times 0,80} = 34615,38 \text{ lm} \quad (20)$$

4.2.1.7 Determinação da quantidade de luminárias

O cálculo do número de luminárias necessárias para o laboratório é:

$$n = \frac{\varphi_{Total}}{n_{Lâmpadas} \times \varphi_{Lâmpada}} = \frac{34615,38}{4 \times 1650} = 5,24 \text{ luminárias} \quad (21)$$

Deve-se arredondar a quantidade de lâmpadas para um número inteiro e, para uma melhor distribuição delas no ambiente, é preferível que estejam presentes em números pares. Logo, a quantidade ideal é de 6 luminárias.

Tabela 24 – Dimensionamento luminotécnico

Dimensionamento					
Dados:					
Pavimento:	Térreo				
Cômodo:	Laboratório				
Comprimento =	6	m			
Largura =	6	m			
Pé direito útil (A) =	2	m			
Luminária:	Tck 427 - 4 Master LEDtube 19 W (4 TLD 32W)				
n lâmpadas =	4				
Lâmpada:	Master LEDtube 19W				
ΦLâmpadas	1650	lm			
Tabelas:					
Fatores determinantes da iluminância adequada					
Característica da tarefa e do observador	Peso				
	-1	0	1		
Idade dos ocupantes	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos		
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica		
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%		
Tabela 1 - NBR 5413					
Superfície	Refletância	Fator de depreciação (Fdl)=			
Muito clara	70%	Ambiente	Período de Manutenção		
Clara	50%		2500h	5000h	7500h
Média	30%	Limp	0,95	0,91	0,88
Escura	10%	Normal	0,91	0,85	0,8
Preta	0%	Sujo	0,8	0,66	0,57
Tabela 2 - Tabela de Refletâncias		Tabela 3			
A) Nível de iluminação (E):					
Iluminância de interiores - NBR5413		ΣP= 1			
Escolas - Laboratórios - Local		E= 500			
300	500	750			
B) Fator do local (K)= 1,5					
$k=(C*L)/(C+L)*A$					
C) Fator de Utilização (Fu)=					
Teto:	50%	5	Vide tabela do fornecedor:		
Paredes:	50%	5	n= 0,65		
Piso:	50%	5			
D) Fluxo total (Φ):					
$\Phi = (C*L*E)/(Fu*Fdl)$	(lúmens)	Fator de depreciação (Fdl)= 0,8			
Φ=	34615,38462	$A/2 - A - A - A/2$			
E) Número de luminárias					
n luminárias = Φ/(quantidade de lâmpadas por luminária*fluxo luminoso de uma lâmpada)					
n luminárias =	6	$B/2 - B - B/2$			
A= 3	x	B= 2			

Fonte: Autores (2018)

4.2.2 Dimensionamento do projeto elétrico

Como citado anteriormente, o LabTec possui vários tipos de cômodos de características semelhantes, como área, pé direito e finalidade de utilização. Dessa forma, para a demonstração do dimensionamento do projeto elétrico, será apresentado, com detalhes, o cálculo realizado para um dos circuitos do edifício. O escolhido foi um dos circuitos do pavimento térreo, que

compreende as cargas de iluminação de parte da circulação do corredor do lado esquerdo (maior), a escada, os laboratórios 01, 02 e 03 e o refeitório do lado esquerdo.

Para os demais circuitos, serão apresentadas planilhas com os quadros de carga e os dados de cada etapa de dimensionamento, no anexo C.

4.2.2.1 Recomendação mínima de acordo com a NBR 5410 (2004)

O item 9.5.2.2.1 da NBR 5410 (2004) cita as quantidades mínimas de pontos de tomada de acordo com os ambientes e suas dimensões, conforme os seguintes critérios:

- em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório;
- em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;
- em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;
- em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;
- em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:
 - um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;
 - um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;
 - um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Com relação a potência dos pontos de tomada, no item 9.5.2.2.2, a ABNT recomenda que a potência a ser atribuída em cada ponto seja função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar, mas não inferior aos seguintes valores mínimos:

- em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto

para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;

- nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Como os valores orientados pela norma são valores mínimos, atendê-los, em algumas situações, é insuficiente, podendo prejudicar o conforto dos usuários. Dessa forma, foram determinadas quantidades superiores às mínimas, distribuídas de forma uniforme pelos ambientes e com pequenos espaços entre si, para maior facilidade de utilização.

As representações dos pontos de tomadas foram feitas no programa Revit. Essa demonstração está nas plantas presentes no anexo D. Deve-se lembrar que as tomadas altas, médias e baixas estão a uma altura de 2,0 m, 1,3 m e 0,3 m do piso acabado, respectivamente, e suas simbologias, junto a interruptores, estão demonstradas conforme a figura a seguir.

Figura 5 – Representação das tomadas e do interruptor

	Tomada baixa
	Tomada média
	Tomada alta
	Interruptor

Fonte: Autores (2018)

4.2.2.2 Divisão por circuitos, potência instalada e corrente de projeto

A divisão dos circuitos por todo o edifício foi realizada de acordo com a NBR 5410 (2004), que no item 9.5.3, faz as seguintes recomendações:

- Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente.
- Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.

De acordo com esse item da norma, pode-se concluir que os circuitos não devem ultrapassar potências de 2200 W em tensões de 220 V, resultando numa corrente máxima de 10 A. Porém, segundo recomendação de Niskier e Macintyre (2013), cada circuito partindo do quadro terminal de distribuição deve sempre que possível ser projetado para corrente de 15 A, podendo chegar a 20 A. Então, a divisão dos circuitos do edifício foi feita de forma a obter circuitos exclusivos de TUG's e de iluminação com corrente nominal de aproximadamente 10 A, mas em alguns casos, a corrente será de 15 A, para uma melhor distribuição.

Além disso, de acordo com a orientação da norma de manter equipamento que requer mais de 10 A de corrente nominal em circuito separado, todos os equipamentos de uso especial foram conectados a TUE's de circuitos exclusivos.

O circuito 12 compreende a instalação de iluminação do corredor do lado esquerdo (maior), dos laboratórios 01, 02 e 03, da escada e do refeitório do lado esquerdo. O somatório das potências das lâmpadas de LED utilizadas resultou em uma potência instalada de $P_{\text{inst}} = 1900 \text{ W}$.

As potências instaladas de todos os circuitos terminais foram distribuídas entre as três fases que alimentam o LabTec, de forma a manter o circuito mais equilibrado, sem a sobrecarga de uma fase em função de outra.

Como os circuitos terminais requerem uma potência instalada $P_{\text{inst}} < 15 \text{ kW}$, basta uma fase para alimentar cada um deles. Dessa forma, o cálculo da corrente pode ser dado pela fórmula:

$$I_n = \frac{P_n}{u \times \cos \varphi} = \frac{1900}{220 \times 0,92} = 9,39 \text{ A} \quad (22)$$

O fator de potência para as lâmpadas de LED, assim como para as TUG's foi considerado igual a $\cos \varphi = 0,92$, segundo recomendações da concessionária de energia Celpe. Já para as TUE's, o fator de potência foi considerado $\cos \varphi = 1,00$.

Para o cálculo da corrente de projeto, foram considerados os seguintes fatores, citados no item 4.1.3.1:

- Fator de demanda: $f_1 = 1$, visto que este é um circuito terminal;
- Fator de utilização: $f_2 = 1$, já que se trata de um circuito de iluminação;
- Aumento de cargas futuras: $f_3 = 1$, já que não foram previstos aumentos de carga
- Fator aplicado a circuitos de motores: $f_4 = 1$, já que se trata de um circuito de iluminação.

Dessa forma, a corrente de projeto é:

$$I_p = I_n \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 = 9,39 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 9,39 \text{ A} \quad (23)$$

4.2.2.3 Correção de corrente de projeto

Para o dimensionamento da seção dos condutores pelo critério da capacidade de corrente, devem ser realizadas correções na corrente de projeto, conforme o item 4.1.3.7. Os fatores de correção utilizados foram:

- Correção de temperatura correspondente a temperatura de 25 °C, obtida na tabela 13: $k_1 = 1,06$;
- Fator de agrupamento de condutores correspondente a uma previsão de 3 circuitos carregados dentro do eletroduto, obtido na tabela 14: $k_2 = 0,70$;
- Fator de agrupamento de eletrodutos correspondente a configuração de 3 eletrodutos horizontais e 3 verticais, obtido na tabela 16: $k_3 = 0,53$.

Dessa forma, a corrente de projeto corrigida será:

$$I'_p = \frac{I_p}{k_1 \times k_2 \times k_3} = \frac{9,39}{1,06 \times 0,70 \times 0,53} = 23,87 \text{ A} \quad (24)$$

4.2.2.4 Dimensionamento da seção dos condutores

A seção dos condutores será determinada através do cálculo pelo critério da capacidade de corrente e pelo critério da queda de tensão, detalhados a seguir.

4.2.2.4.1 Critério da capacidade de corrente

Os dados para uso desse critério são:

- Tipo de condutor e de isolamento: para todos os condutores utilizados no dimensionamento elétrico, foram utilizadas cabos unipolares de cobre com isolamento em PVC (tabela 10);
- Número de condutores carregados: como o circuito 12 em questão é um circuito terminal monofásico, assim como todos os outros circuitos terminais do edifício, o número de condutores carregados é igual a 2 (tabela 11);
- Tipo de instalação do circuito: o circuito será instalado em eletroduto embutido em alvenaria. De acordo com a tabela 51, no anexo B, o código do tipo da instalação é B1-7;
- Corrente de projeto: como informado anteriormente, a corrente de projeto do circuito é $I'_p = 23,87\text{A}$.

Ao entrar na tabela 52 no anexo C, com os dados acima, arredondando valor da corrente para o superior mais próximo, obtém-se a seção nominal do condutor de fase igual a 2,5mm², superior que a seção mínima de iluminação (tabela 10), que é de 1,5 mm².

4.2.2.4.2 Critério da queda de tensão

Para o dimensionamento pelo critério da queda de tensão, são conhecidos:

- Material do eletroduto: os eletrodutos utilizados para instalação desse e dos outros circuitos da instalação são de PVC rígido, ou seja, material não magnético;
- Corrente de projeto: para o critério da queda de tensão, a corrente não precisa ser corrigida. Dessa forma, a corrente é $I_p = 9,39$ A;
- Fator de potência: o fator de potência usado tanto para os circuitos de iluminação, como para os circuitos de TUG's foi $\cos\phi = 0,92$. Como na tabela 17 não há este valor como entrada, foi utilizado o valor mais próximo $\cos\phi = 0,95$.
- Queda de tensão admissível: de acordo com a figura 4, a queda de tensão para circuitos terminais é de 2%, conforme sugerido por Niskier e Macintyre (2013);
- Comprimento do circuito: $l = 115,9$ m = 0,1159 km;
- Tensão entre fases: $U = 220$ V.

Com esses dados, foi calculado:

- Queda de tensão admissível:

$$\Delta U = \% \times U = 0,02 \times 220 = 4,4 \text{ V} \quad (25)$$

- Queda de tensão em (volt/ampère) x km:

$$\frac{V}{A} \times km = \frac{\Delta U}{I_p \times l} = \frac{4,4}{9,39 \times 0,1159} = 4,04 \quad (26)$$

Com esse último valor, entra-se na tabela 17 para obter a seção nominal, que foi de 16mm².

Como a seção a ser adotada é a maior entre o critério de capacidade de corrente e o de queda de tensão, a seção do condutor fase do circuito 12 de iluminação é de 16 mm².

4.2.2.4.3 Dimensionamento condutor neutro

Para o dimensionamento do condutor neutro, foi utilizada a tabela 18. Como a seção do condutor fase do circuito em questão é inferior a 25 mm², bitola do condutor neutro será igual à do condutor fase, 16 mm².

4.2.2.4.4 Dimensionamento condutor terra

Para o dimensionamento do condutor terra, foi utilizada a tabela 19. Como a seção do condutor fase do circuito em questão é igual a 16 mm², bitola do condutor terra será igual à do condutor fase, 16 mm².

4.2.2.5 Dimensionamento do eletroduto

De acordo com o item 4.1.3.8, a ocupação pelos condutores na área útil do eletroduto não pode ser superior a 40%. Foi assumido que além do circuito 12, também estão contidos no eletroduto os circuitos 16 e 8, totalizando três condutores de 16mm², três de 10mm² e três de 4mm², incluindo os condutores fase, neutro e terra.

A área total ocupada por esses condutores, considerando seus diâmetros externos (tabela 20), é:

$$A_{\text{externa}} = 3 \times 44,18 + 3 \times 27,34 + 3 \times 12,57 = 252,27 \text{ mm}^2 \quad (27)$$

A área útil do eletroduto deve ser:

$$A_{\text{útil}} = \frac{252,27}{0,4} = 630,66 \text{ mm}^2 \quad (28)$$

Dessa forma, o eletroduto a ser adotado deve ser de 1 ¼" (tabela 21).

4.2.2.6 Dimensionamento do disjuntor

Para o dimensionamento dos disjuntores, sua corrente foi adotada com uma margem de segurança de 30% em cima da corrente de projeto, para garantir uma folga que evite o disparo do disjuntor em momentos desnecessários.

De acordo com a NBR 5410 (2004):

- Corrente de projeto do circuito: $I_B = 9,39 \text{ A}$;

- Corrente nominal do disjuntor: foi escolhido um disjuntor de 13 A, visto que $1,3 \times 9,36 = 12,21$. Logo, $I_n = 13$ A.
- Capacidade de condução de corrente dos condutores do circuito: $I_z = 76$ A, correspondente a seção de 16 mm^2 do condutor, de acordo com a tabela 52 no anexo B;
- Corrente convencional de atuação: $I_2 = I_B = 9,39$ A.

As verificações são:

$$9,39A \leq 13A \leq 76A \quad (29)$$

$$9,39A \leq 1,45 \times 76A \quad (30)$$

Logo, o disjuntor com corrente de operação de 13 A satisfaz as condições.

4.2.2.7 Diagrama unifilar

Nas plantas, apresentadas no anexo D, foram representados os pontos de tomada, controle e iluminação. Junto a esses detalhes, foi apresentado o diagrama unifilar do circuito 12, na prancha 2.1.2. Por se tratar de um circuito de iluminação é esperado que entre os pontos de luz e os interruptores haja o câmbio dos condutores fase e retorno. Entretanto, houve uma limitação na representação feita com o software Revit, pois o programa não representa o condutor de retorno em seu unifilar. Dessa forma, deve-se lembrar de incluir esse condutor no processo de instalação.

4.3 RESULTADOS

Para que o projeto funcione de forma adequada, seguindo todas as indicações previstas em norma, uma das possíveis soluções é a distribuição e o dimensionamento dos circuitos conforme as planilhas apresentadas no anexo C. Nesse anexo, estão explicitados toda a memória de cálculo do projeto.

A locação de todos os pontos de iluminação, tomadas e interruptores foi representada nas pranchas presentes no anexo D.

Na tabela abaixo é demonstrado um resumo de todos os pontos de utilização do LabTec.

Tabela 25 – Tabela resumo pontos de iluminação e tomadas

Pavimento	Cômodo	Área (m ²)	Número de Cômodos por Pavimento	PONTOS DE ILUMINAÇÃO					TOMADAS DE USO GERAL		TOMADAS DE USO ESPECIAL				
				Luminária	Lâmpadas por Luminária	Total de Lâmpadas por Cômodo	Total de Lâmpadas	W	220V		Chuveiro elétrico 5500	Microondas 1150	Ar- condicionado 18 000 btu/h	Ar- condicionado 24 000 btu/h	Ar- condicionado 30 000 btu/h
									Quantidade por Cômodo	Quantidade Total					
Térreo	Laboratórios	36	14	6	4	24	336	19	12	168			1890	2468	3092
	Refeitório	36	2	2	4	8	16	19	8	16	1				1
	Banheiro - Térreo	18	4	3	2	6	24	19	1	4	1				
	Circulação Corredor Lado Menor	118,8	1	10	2	20	20	19	7	7					
	Circulação Corredor Lado Maior	145,2	1	12	2	24	24	19	9	9					
Primeiro Pavimento	Escada	-	2	5	2	10	20	19	0	0					
	Hall	1320	1	24	1	24	24	88	0	0					
	Sala de Professores	18	32	2	4	8	256	19	7	224			1		
	Circulação Corredor Lado Menor	118,8	1	10	2	20	20	19	7	7					
	Circulação Corredor Lado Maior	145,2	1	12	2	24	24	19	9	9					
Segundo Pavimento	Escada	-	2	5	2	10	20	19	0	0					
	Banheiro - 1º pav.	18	4	3	2	6	24	19	1	4	1				
	Sala de Aula (6x6m)	36	8	4	4	16	128	19	12	96					1
	Sala de Aula (9x6m)	54	4	6	4	24	96	19	16	64				2	
	Circulação Corredor Lado Menor	118,8	1	10	2	20	20	19	7	7					
Auditorio - Tribuna	Circulação Corredor Lado Maior	145,2	1	12	2	24	24	19	9	9					
	Auditorio - Tribuna	15	2	2	4	8	16	19	5	10					
	Auditorio - Plateia	57	2	6	4	24	48	19	14	28					2
	Banheiro - 2º pav.	18	4	3	2	6	24	19	1	4	1				

Fonte: Autores (2018)

5 PROJETO DE INSTALAÇÃO DE ÁGUA FRIA

Nos tópicos apresentados a seguir serão apresentados uma revisão teórica e o dimensionamento do projeto de instalações de água fria do LabTec.

5.1 REVISÃO DA LITERATURA

Um projeto de instalação predial de água fria apresenta basicamente três etapas de projeto, sendo elas a concepção, determinação das vazões e dimensionamento.

Na concepção é determinado o tipo de edificação e sua utilização, sua capacidade atual, o tipo de sistema de abastecimento, os pontos de utilização, o sistema de distribuição e a localização dos reservatórios, canalizações e aparelhos.

A segunda etapa é a determinação das vazões das canalizações, que é feita através de dados e tabelas da Norma Técnica NBR 5626 (1998). Nessa etapa também é determinada as necessidades de reservatórios e seus volumes.

Por fim, a última etapa é o dimensionamento. Esse é feito utilizando-se os conceitos básicos de hidráulica.

Nos tópicos a seguir serão detalhadas as informações necessárias para o entendimento de todo o procedimento de detalhamento de uma instalação predial de água fria.

5.1.1 Partes constituintes da instalação predial de água fria

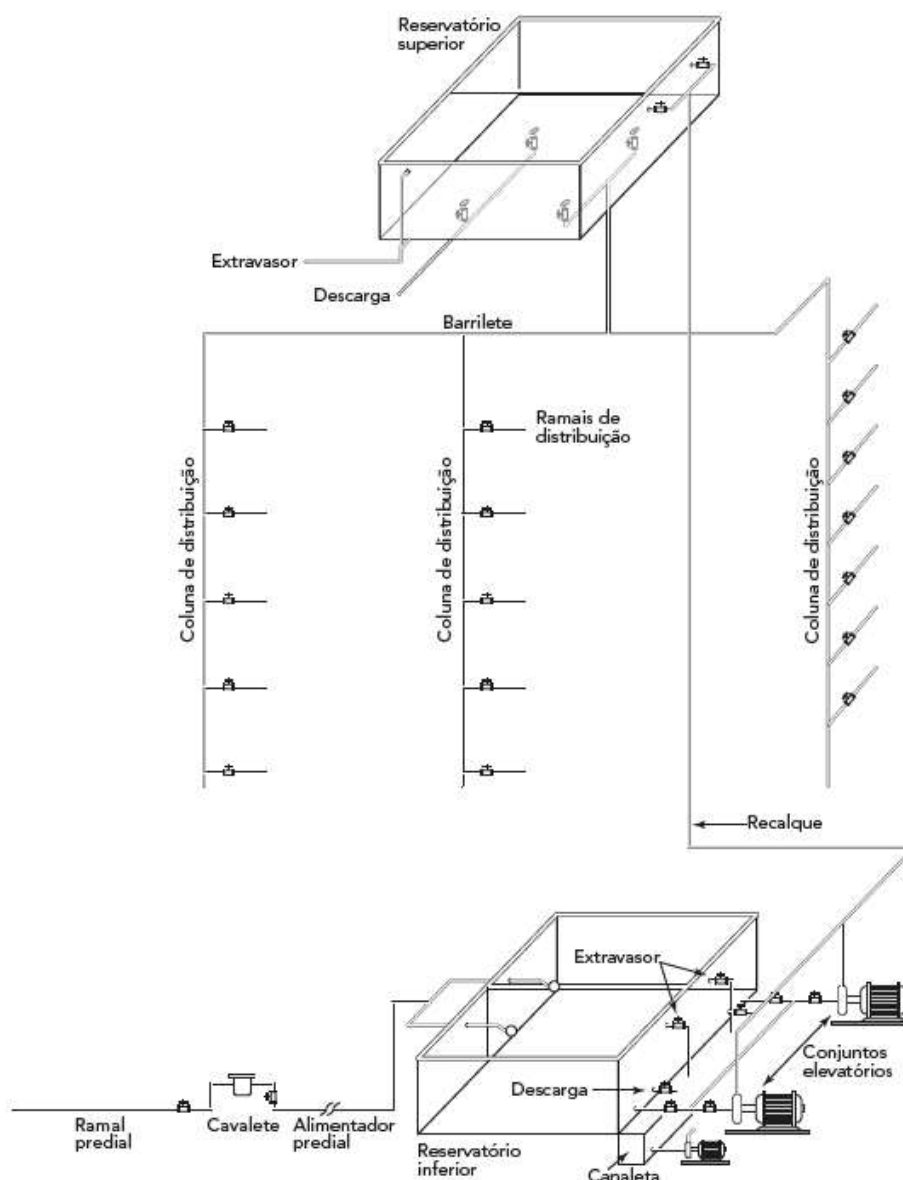
Para melhorar o entendimento dos termos utilizados nos textos seguintes, a seguir serão apresentadas uma série de definições extraídas da NBR 5626 (1998). A figura 6 apresenta um desenho esquemático das principais partes constituintes de um sistema predial de água fria.

- Alimentador predial: Tubulação que liga a fonte de abastecimento a um reservatório de água de uso doméstico.
- Aparelho sanitário: Aparelho destinado ao uso de água para fins higiênicos ou para receber dejetos e/ou águas servidas. Inclui-se nesta definição aparelhos como bacias sanitárias, lavatórios, pias e outros, e, também, lavadoras de roupa e pratos, banheiras de hidromassagem, etc.
- Barrilete: Conjunto de tubulações que se origina no reservatório e do qual se derivam as colunas de distribuição, quando o tipo de abastecimento adotado é indireto.

- Caixa ou válvula redutora de pressão: Caixa destinada a reduzir a pressão nas colunas de distribuição.
- Coluna de distribuição: Tubulação derivada do barrilete e destinada a alimentar ramais
- Conjunto elevatório: Sistema para elevação de água.
- Consumo diário: Valor médio de água consumida num período de 24 horas em decorrência de todos os usos do edifício no período.
- Extravasor: Tubulação destinada a escoar os eventuais excessos de água dos reservatórios e das caixas de descarga.
- Inspeção: Qualquer meio de acesso aos reservatórios, equipamentos e tubulações.
- Instalação elevatória: Conjunto de tubulações, equipamentos e dispositivos destinados a elevar a água para o reservatório de distribuição.
- Instalação hidropneumática: Conjunto de tubulações, equipamentos, instalações elevatórias, reservatórios hidropneumáticos e dispositivos destinados a manter sob pressão a rede de distribuição predial.
- Instalação predial de água fria: Conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, existentes a partir do ramal predial, destinado ao abastecimento dos pontos de utilização de água do prédio, em quantidade suficiente, mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.
- Interconexão: Ligação, permanente ou eventual, que torna possível a comunicação entre dois sistemas de abastecimento.
- Ramal: Tubulação derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais.
- Ramal predial: Tubulação compreendida entre a rede pública de abastecimento e a instalação predial. O limite entre o ramal predial e o alimentador predial deve ser definido pelo regulamento da companhia concessionária de água local.
- Rede predial de distribuição: Conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos, destinado a levar água aos pontos de utilização.
- Refluxo de água: Retorno eventual e não previsto de fluidos, misturas ou substâncias para o sistema de distribuição predial de água.
- Registro de fechamento: Componente instalado em uma tubulação para permitir a interrupção da passagem de água. Deve ser usado totalmente fechado ou totalmente aberto. Geralmente emprega-se registros de gaveta ou esfera.

- Registro de utilização: Componente instalado na tubulação e destinado a controlar a vazão da água utilizada. Geralmente empregam-se registros de pressão ou válvula-globo em sub-ramais.
- Regulador de vazão: Aparelho intercalado numa tubulação para manter constante sua vazão, qualquer que seja a pressão a montante.
- Reservatório hidropneumático: Reservatório para ar e água destinado a manter sob pressão a rede de distribuição predial.
- Reservatório inferior: Reservatório intercalado entre o alimentador predial e a instalação elevatória, destinada a reservar água e a funcionar como poço de sucção da instalação elevatória.
- Reservatório superior: Reservatório ligado ao alimentador predial ou a tubulação de recalque, destinado a alimentar a rede predial de distribuição.
- Sistema de abastecimento: Rede pública ou qualquer sistema particular de água que abasteça a instalação predial.
- Sub-ramal: Tubulação que liga o ramal à peça de utilização ou à ligação do aparelho sanitário.
- Trecho: Comprimento de tubulação entre duas derivações ou entre uma derivação e a última conexão da coluna de distribuição.
- Tubulação de recalque: Tubulação compreendida entre o orifício de saída da bomba e o ponto de descarga no reservatório de distribuição.
- Tubulação de sucção: Tubulação compreendida entre o ponto de tomada no reservatório inferior e o orifício de entrada da bomba.
- Vazão de regime: Vazão obtida em uma peça de utilização quando instalada e regulada para as condições normais de operação.
- Rede predial de distribuição: Conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou alguns desses elementos, destinados a levar água aos pontos de utilização.

Figura 6 - Partes constituintes de sistema de abastecimento de água



Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.2 Sistemas de abastecimento

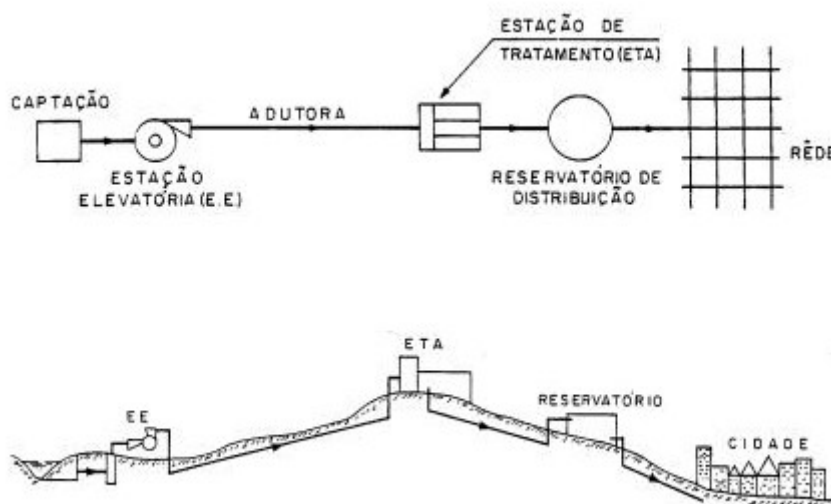
Os sistemas de abastecimento predial podem ser alimentados por dois tipos de fontes, as de origem em um distribuidor público e as particulares. Além dessas opções, existe a possibilidade de combinar os casos e formar uma distribuição mista, parte feita pelo distribuidor público e parte pela fonte particular.

É mais usual a utilização de um distribuidor público de alimentação, por apresentar um projeto detalhado para melhor atender a população, constituindo por um conjunto de obras e

equipamentos com o objetivo de levar água potável de um manancial para uso no consumo da população. Para esse tipo de fonte, entre a etapa de captação e distribuição acontecem procedimentos de tratamento e retenção de água em reservatórios. O tratamento tem como finalidade controlar e prevenir doenças e garantir que a água seja entregue a população com as condições mínimas de potabilidade. A figura 7 representa, em corte e em planta, basicamente a constituição desse sistema.

Quando não há disponibilidade de abastecimento pela rede pública uma solução é o uso do sistema privado, onde a extração é feita de nascentes ou poços. Um ponto que deve ser lembrado é que, assim como a distribuição pública, esse tipo de distribuição tem como obrigação garantir a potabilidade da água, tarefa que pode ser de difícil execução.

Figura 7 - Sistema de abastecimento



Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.3 Sistema de distribuição

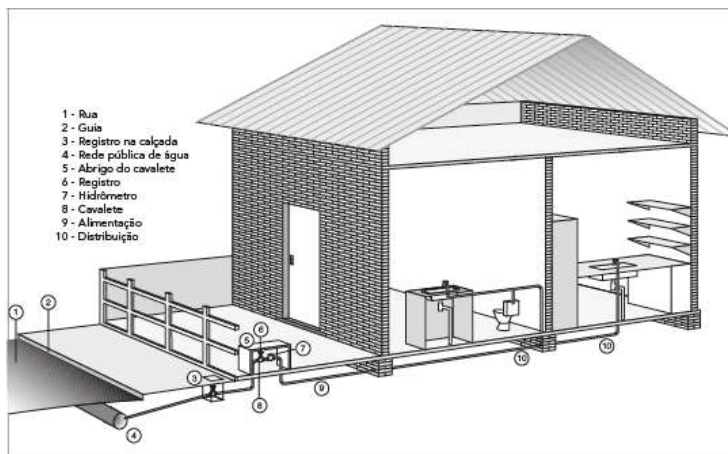
Existem três opções de sistemas de abastecimento da rede predial de distribuição: direto, indireto e misto.

5.1.3.1 Sistema de distribuição direto

Segundo Carvalho Júnior (2014), quando a pressão da rede pública é suficiente e desde que haja continuidade do abastecimento, usa-se o sistema direto de distribuição. Esse sistema

não necessita de reservatório, uma vez que a alimentação da rede predial de distribuição é feita diretamente da rede pública de abastecimento. A figura 8 representa esse sistema.

Figura 8 – Sistema de distribuição direto



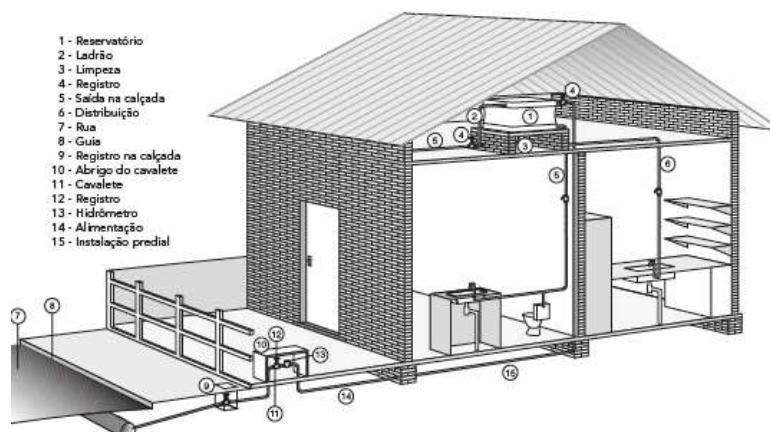
Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.3.2 Sistema de distribuição indireto

Os dois problemas básicos encontrados no abastecimento pela rede pública são: falta de pressão e falta de continuidade. Para suprir tais problemas são usados os reservatórios inferiores e/ou superiores. O sistema de distribuição indireto é aquele que conta com a presença dos reservatórios, que pode ocorrer de três formas seguintes:

5.1.3.2.1 Sistema indireto sem bombeamento

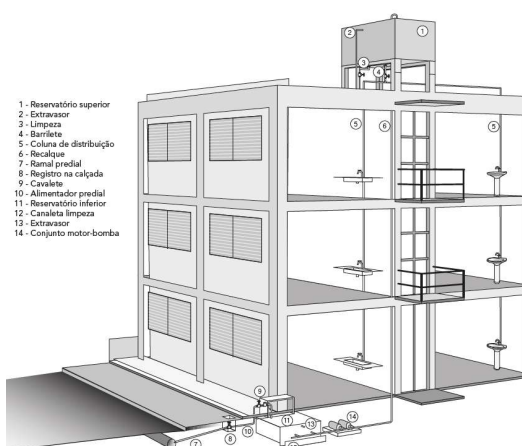
Esse sistema é adotado quando a rede pública é capaz de oferecer uma pressão suficiente para alimentar o reservatório superior (CARVALHO JÚNIOR, 2014), mas sem continuidade. Para suprir a ausência de continuidade é instalado um reservatório superior responsável por reter água e distribuir nos períodos de ausência de distribuição da rede pública. A alimentação do reservatório superior é feita diretamente pela rede pública e a distribuição é feita através da gravidade. A figura 9 representa esse sistema.

Figura 9 – Sistema indireto sem bombeamento

Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.3.2.2 Sistema indireto com bombeamento

Esse tipo de sistema é diferenciado do anterior, sem bombeamento, por ser utilizado em casos que, além da descontinuidade no abastecimento, a pressão da água é insuficiente. Para suprir essas necessidades é preciso instalar dois reservatórios, um inferior e outro superior, além de um sistema de recalque, responsável por alimentar o reservatório superior. Segundo Carvalho Júnior (2014), com a alimentação do reservatório superior, a distribuição da edificação é feita através da gravidade. A figura 10 representa esse sistema.

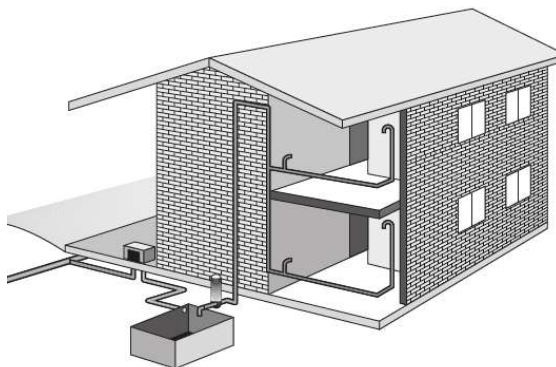
Figura 10 – Sistema indireto com bombeamento

Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.3.2.3 Sistema indireto hidropneumático

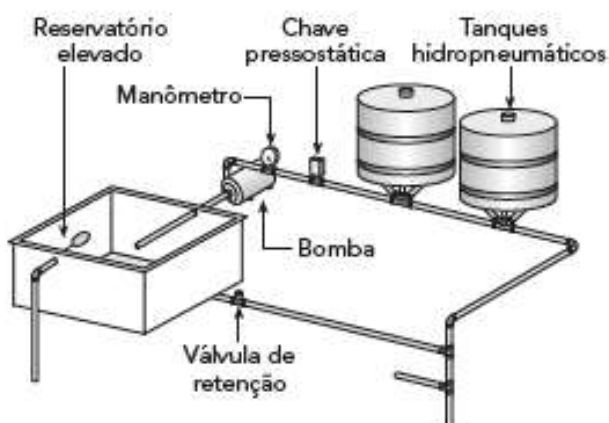
Ainda conforme Carvalho Júnior (2014), o sistema hidropneumático de abastecimento é uma solução que dispensa o reservatório superior. Esse sistema automatizado consta com um reservatório inferior, uma bomba centrífuga, um injetor de ar e um tanque de pressão. O bom funcionamento de todas as partes desse sistema é capaz de alimentar toda a edificação. Um ponto a ser destacado no uso dessa solução é a necessidade de alguns cuidados especiais, manutenções periódicas e uso de geradores para garantir o abastecimento em qualquer eventualidade de ausência de energia elétrica. As figuras 11 e 12 representam uma visão geral desse sistema e as partes constituintes dele, respectivamente.

Figura 11 – Sistema indireto hidropneumático



Fonte: Carvalho Júnior (2014)

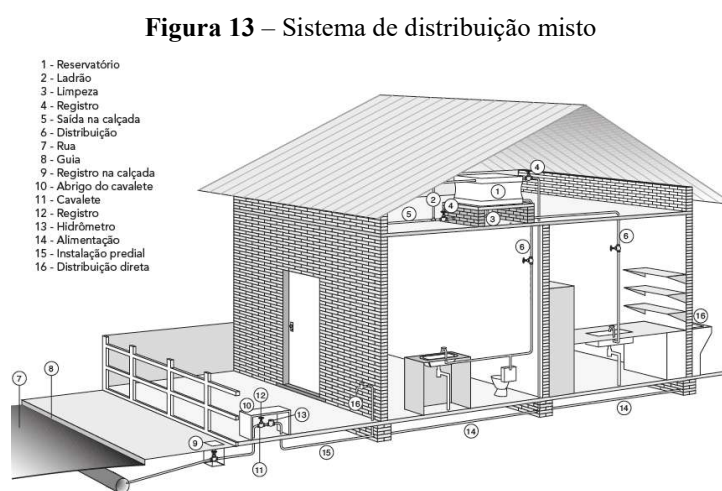
Figura 12 – Sistema indireto hidropneumático em detalhe



Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.3.3 Sistema de distribuição misto

Nesse tipo de sistema parte da alimentação é feita de forma direta, ligada na rede pública, e a outra parte é feita de forma indireta, conectado pelo reservatório superior. Geralmente a rede pública apresenta uma pressão maior do que a alimentação feita por gravidade, portanto na hora de instalar esse sistema, as áreas da edificação que trabalham melhor com uma pressão maior são conectadas a rede pública e as restantes são conectadas com a alimentação feita pelo reservatório superior. A figura a seguir representa esse sistema.



Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.4 Consumo diário

O cálculo do consumo diário é feito pelo produto do número de pessoas que ocupam certo ambiente pelo consumo por pessoa. Na ausência de indicação do número de pessoas de certos ambientes é utilizada a taxa de ocupação média do local, apresentada na tabela 26. A tabela 27 apresenta o consumo diário *per capita*.

Tabela 26– Taxa de ocupação por ambiente

Local	Taxa de ocupação
Residências e apartamentos	Duas pessoas por dormitório
Bancos	1 habitante/ 5,0 m ² de área
Escritórios	1 habitante/ 6,0 m ² de área
Lojas – pavimentos térreos	1 habitante/ 2,5 m ² de área
Lojas – pavimento superior	1 habitante/ 5,0 m ² de área
Shopping center	1 habitante/ 5,0 m ² de área
Museus e bibliotecas	1 habitante/ 5,5 m ² de área
Salões de hotéis	1 habitante/ 5,5 m ² de área
Restaurantes	1 habitante/ 1,4 m ² de área
Teatros, cinemas e auditórios	1 cadeira/ 0,7 m ² de área

Fonte: Carvalho Júnior (2014)

Tabela 27 – Consumo *per capita*

Prédio	Consumo (litros/dia)
Alojamento provisório	80 <i>per capita</i>
Ambulatórios	25 <i>per capita</i>
Apartamentos	200 <i>per capita</i>
Casas populares ou rurais	150 <i>per capita</i>
Cavalariças	100 por cavalo
Cinemas e teatros	2 por lugar
Creches	50 <i>per capita</i>
Edifícios públicos ou comerciais	50 <i>per capita</i>
Escolas (externatos)	50 <i>per capita</i>
Escolas (internatos)	150 <i>per capita</i>
Escolas (semi-internato)	100 <i>per capita</i>
Escritórios	50 <i>per capita</i>
Garagens e posto de serviço	50 por automóvel/200 por caminhão
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 por hóspede
Indústrias – uso pessoal	80 por operário
Indústrias – com restaurante	100 por operário
Jardins (rega)	1,5 por m ²
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Matadouro – animais de grande porte	300 por animal abatido
Matadouro – animais de pequeno porte	150 por animal abatido
Mercados	5 por m ² de área
Oficinas de costura	50 <i>per capita</i>
Orfanatos, asilos, berçários	150 <i>per capita</i>
Piscinas – lâmina de água	2,5 cm por dia
Postos de serviços para automóveis	150 por veículo
Quartéis	150 <i>per capita</i>
Residência popular	150 <i>per capita</i>
Residência de padrão médio	200 <i>per capita</i>
Residência de padrão luxo	250 <i>per capita</i>
Restaurantes e outros similares	25 por refeição
Templos	2 por lugar

Fonte: Carvalho Júnior (2014)

5.1.5 Capacidade dos reservatórios

Como em quase todas as localidades brasileiras há deficiência no abastecimento público de água, é pouco usual o sistema de distribuição direto, o que leva a necessidade do uso de reservatórios no abastecimento, como explica Carvalho Júnior (2014).

Segundo a NBR 5626 (1998) os reservatórios devem ser dimensionados para garantir o abastecimento contínuo com vazões e pressões adequadas a todas as partes da edificação. Além disso, devem apresentar volume mínimo para garantir 24 horas de consumo normal e volume máximo que não extrapole o valor de três vezes o volume mínimo. Tendo em vista a intermitência do abastecimento da rede pública, é recomendável dimensionar o reservatório para conseguir suprir a ausência de abastecimento público por um período de dois dias.

Nos casos das edificações que apresentam reservatórios inferiores e superiores é indicado que o reservatório inferior seja capaz de armazenar 3/5 do volume total de armazenamento e o superior 2/5.

No dimensionamento dos reservatórios é necessário separar um percentual do volume estocado para fins de segurança. A determinação do volume adicional varia de acordo com a classe de risco correspondente do ambiente e da localização do reservatório, se são elevados ou não. Essa classificação é fornecida pelo Corpo de Bombeiros e pode variar de estado para estado. De posse da classificação, a tabela 28 apresenta os volumes necessários a serem estocados.

Tabela 28 – Reserva de incêndio

ÁREA DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO	CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO			
	A-2, A-3, C-1, D-1(até 300 MJ/m ²), D-2, D-3 (até 300 MJ/m ²), D-4 (até 300 MJ/m ²), E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, F-1 (até 300 MJ/m ²), F-2, F-3, F-4, F-8, G-1, G-2, G-3, G-4, H-1, H-2, H-3, H-5, H-6, I-1, J-1, J-2 e M-3	D-1 (acima de 300 MJ/m ²), D-3 (acima de 300 MJ/m ²), D-4 (acima de 300 MJ/m ²); B-1; B-2; C-2 (acima de 300 até 800 MJ/m ²), C-3, F-5, F-6, F-7, F-9, H-4, I-2 (acima de 300 até 800 MJ/m ²), J-2 e J-3 (acima de 300 até 800 MJ/m ²)	C-2 (acima de 800 MJ/m ²), F-1 (acima de 300 MJ/m ²); F-10, G-5, I-2 (acima de 800 MJ/m ²), J-3 (acima de 800 MJ/m ²), L-1 e M-1	I-3, J-4, L-2 e L-3
A < 2.500m ²	RTI ² 4,5m ³	RTI ² 7,5m ³	RTI ² 15m ³	RTI ² 22,5m ³
2.500m ² > A > 5.000m ²	RTI ² 4,5m ³	RTI ² 7,5m ³	RTI ² 30m ³	RTI ² 45m ³
5.000m ² > A > 10.000m ²	RTI ² 4,5m ³	RTI ² 7,5m ³	RTI ² 30m ³	RTI ² 45m ³
10.000m ² > A > 20.000m ²	RTI ² 9m ³	RTI ² 15m ³	RTI ² 48m ³	RTI ² 72m ³
20.000m ² > A > 50.000m ²	RTI ² 9m ³	RTI ² 15m ³	RTI ² 48m ³	RTI ² 72m ³
A > 50.000m ²	RTI ² 9m ³	RTI ² 15m ³	RTI ² 48m ³	RTI ² 72m ³

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco

5.1.6 Dimensionamento da rede de distribuição

A NBR 5626 (1998) estabelece uma série de indicações para o funcionamento adequado das tubulações, dentre elas pode-se destacar:

- A velocidade máxima da água, em qualquer trecho da tubulação, deve ser no máximo 3 m/s;
- A pressão da água em condições dinâmicas (água em movimento nas tubulações) não deve ser inferior a 5 kPa, em qualquer ponto da tubulação;
- Nos pontos de utilização, a pressão da água não deve ser inferior a 10 kPa, com exceção do ponto de caixa de descarga onde a pressão pode ser até o mínimo de 5 kPa;
- A pressão da água em qualquer ponto de utilização, em condições estáticas (água parada nos tubos), não deve ser superior a 400 kPa;

Para se realizar o dimensionamento e verificar os requisitos indicados é necessário determinar a vazão e a perda de carga nas tubulações e nas singularidades. Os métodos aqui apresentados para executar o dimensionamento de cada trecho das tubulações foram extraídos do Anexo A da NBR 5626 (1998). Nos itens 5.1.6.1 até o 5.1.6.3 serão mostradas as formas de se obter os valores da vazão, diâmetro e perdas de carga, já no item 5.1.6.4 será detalhado o passo-a-passo do cálculo que facilita o dimensionamento.

5.1.6.1 Estimativa das vazões

A unidade de carga usada na estimativa da vazão é o peso relativo de cada equipamento em função da sua influência no sistema, que é estabelecido empiricamente em função da vazão de projeto. O método dos pesos relativos, adotado pela norma, estabelece como provável uma demanda simultânea de água menor do que a máxima possível, por razões de economia.

Essa demanda simultânea pode ser estimada de duas formas: aplicando a teoria de probabilidade ou de acordo com a experiência acumulada na observação de instalações simultâneas. O método dos pesos relativos se enquadra no último caso.

O peso relativo de cada peça é estabelecido empiricamente em função da vazão de projeto. A tabela 29, retirada do Anexo A da NBR 5626 (1998), determina o peso de cada peça. Para se obter a vazão é necessário calcular o somatório dos pesos, que nada mais é do que a soma do produto de todas as peças presentes no sistema por seus respectivos pesos. Esse somatório é convertido na demanda simultânea total do grupo de peças de utilização considerado, fazendo o uso da equação a seguir, que fornece um resultado de vazão na unidade de l/s.

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P} \quad (31)$$

Tabela 29 – Peso das peças

Aparelho Sanitário		Peça de Utilização	Vazão de Projeto (L/s)	Peso Relativo
Bacia Sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,30
		Válvula de descarga	1,70	32,0
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,00
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,40
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,00
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,30
Mictório cerâmico	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,80
	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,30
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,30
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,70
		Torneira elétrica	0,10	0,10
Tanque		Torneira	0,25	0,70
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,40

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998)

O item 5.3.2.2 da NBR 5626 (1998) alerta que para locais como cinemas, escolas, quartéis e estádios, onde o uso é intensivo, a rede predial de distribuição deve ser dimensionada de tal forma que, no uso simultâneo provável de dois ou mais pontos de utilização, a vazão de projeto, esteja plenamente disponível. No caso de funcionamento simultâneo não previsto pelo cálculo de dimensionamento da tubulação, a redução temporária da vazão, em qualquer um dos pontos de utilização, não deve comprometer significativamente a satisfação do usuário. Para tanto, recomenda-se projetar e executar sistemas independentes de distribuição para instalações prediais que utilizam componentes de alta vazão, como a válvula de descarga para bacia sanitária.

Outra alternativa para tal situação, segundo Creder (2006) é utilizar um fator probabilístico na hora de dimensionar o diâmetro da tubulação. Após encontrar a vazão da tubulação que alimenta todas as peças simultaneamente, deve-se multiplicá-la por esse fator e só assim analisar o diâmetro a ser usado. A tabela 30 apresenta os fatores de acordo com o número de peças usadas.

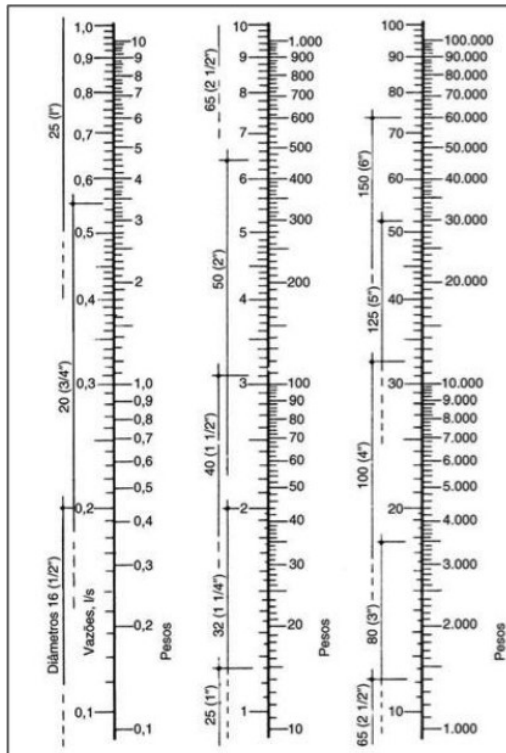
Tabela 30 – Probabilidade do uso simultâneo dos aparelhos sanitários

Probabilidade do Uso Simultâneo dos Aparelhos Sanitários sob Condições Normais		
Número de Aparelhos	Fator de Uso	
	Aparelhos Comuns (%)	Aparelhos com Válvulas (%)
2	100	100
3	80	65
4	68	50
5	62	42
6	58	38
7	56	35
8	53	31
9	51	29
10	50	27
20	42	16

Fonte: Creder (2006)

5.1.6.2 Determinação dos diâmetros

A determinação do diâmetro de cada trecho do sistema é feita de acordo com o somatório de pesos das peças e com a vazão. Já de posse desses dados, o diâmetro da tubulação é encontrado utilizando o ábaco apresentado na figura 14.

Figura 14 – Dimensionamento do diâmetro das tubulações

Fonte: Creder.(2006)

5.1.6.3 Cálculo da perda de carga

Existem basicamente dois tipos de perda de carga: a que acontece ao longo de todo o trajeto da tubulação e a nas conexões.

A perda de carga ao longo de uma tubulação varia de acordo com o seu diâmetro, comprimento, vazão e rugosidade de sua superfície interna. Os tipos de tubos utilizados nas instalações prediais de água fria são: rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não) e lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre). A NBR 5626 (1998) disponibiliza para o cálculo das perdas de carga ao longo da tubulação as equações de Fair-Whipple-Hsiao, que são apresentadas a seguir. Nelas são determinadas a perda de carga unitária (J), em quilopascals por metro, onde Q é a vazão estimada, em litros por segundos e d é o diâmetro interno do tubo, em milímetros.

Para tubos rugosos:

$$J = 20,2 \times 10^6 \times Q^{1,88} \times d^{-4,88} \quad (32)$$

















Para tubos lisos:

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (33)$$

Vale-se lembrar que os cálculos dos valores das perdas de cargas feitos através de outras equações, como a Equação Universal ou Hazen-Williams, também são válidos.

As perdas de carga nas conexões que ligam os tubos e as válvulas são expressas em termos de comprimentos equivalentes desses tubos. As tabelas 31 e 32 apresentam esses comprimentos para os casos de equivalência com tubos rugosos e lisos, respectivamente.

Tabela 32 – Comprimentos equivalente para tubos lisos

Diâmetro nominal	DN (mm)	Ref. (pol.)	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 crivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
																		
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

Fonte: Macintyre (2017)

5.1.6.4 Modelo de cálculo

A NBR 5626 (1998), no anexo A, sugere uma planilha modelo de cálculo que facilita o dimensionamento, apresentada na tabela 33. A seguir serão detalhados os passos para preenchimento de cada uma das colunas dessa planilha.

- i. Numerar, na planta, os trechos desde o reservatório até o ponto de utilização;
- ii. Identificar cada trecho – Coluna 1;
- iii. Determinar a soma dos pesos relativos de cada trecho – Coluna 2;
- iv. Vazões de cada trecho – Coluna 3;
- v. Diâmetro interno da tubulação de cada trecho – Coluna 4;
- vi. Velocidade da água, usando a expressão $V = 4 \times 10^3 \times Q \times \pi^{-1} \times d^{-2}$ – Coluna 5;
- vii. Perda de carga unitária (J) – Coluna 6;
- viii. 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 – Coluna 7;
- ix. 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^3) – Coluna 8
- x. Comprimento real do trecho – Coluna 9
- xi. Comprimento equivalente do trecho, que corresponde ao comprimento real mais o comprimento equivalente das conexões – Coluna a10
- xii. Determinar a perda de carga de cada trecho: perda de carga unitária vezes o comprimento equivalente do trecho – Coluna 11
- xiii. Determinar a perda de carga provocada por registros e outras singularidades do trecho – Coluna 12
- xiv. Obter a perda de carga total de cada trecho: perda de carga do trecho mais a perda de carga das singularidades – Coluna 13
- xv. Determinar a pressão disponível residual na saída de cada trecho subtraindo a perda de carga total da pressão disponível – Coluna 14
- xvi. Caso a pressão residual seja menor do que a requerida de utilização, ou se a pressão for negativa, dimensionar para um diâmetro interno maior da tubulação do trecho.

Sendo: D_r – diâmetro de recalque, em metros;

Q_r – vazão de recalque, em m^3/s .

$$X = \frac{\text{horas de funcionamento}}{24 \text{ horas}} \quad (35)$$

O diâmetro da tubulação de sucção e dos extravasores, tanto do reservatório superior quanto do inferior, não precisam ser dimensionados. Deve-se adotar um diâmetro nominal imediatamente superior ao diâmetro de recalque para a tubulação de sucção e para o extravasor do reservatório superior. O diâmetro do extravasor do reservatório inferior deve ser um diâmetro nominal imediatamente superior ao diâmetro da tubulação que alimenta o reservatório inferior. A tabela 34 apresenta os diâmetros nominais existentes.

Tabela 34 – Diâmetros nominais

Diâmetros DN (mm)	15	20	25	32	40	50	60	75	100	150	200
Diâmetros em polegadas	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8

Fonte: Macintyre (2017)

5.1.7.2 Escolha da bomba de recalque

A escolha da bomba que será utilizada no sistema de recalque é feita através de catálogos de fabricantes que podem levar a possíveis soluções. Para se fazer tal seleção é necessário determinar dados como vazão recalcada (Q_r), diâmetro de recalque (D_r), diâmetro de sucção (D_s), altura manométrica (H_{man}), potência (Pot), rendimento (η) e o NPSH disponível. Os métodos para se obter os valores de Q_r , D_r e D_s foram detalhados acima.

Para se obter a H_{man} deve-se fazer um levantamento na planta da edificação para se obter os comprimentos reais das canalizações de sucção e recalque e as peças especiais que compõem esse sistema. Com os comprimentos das tubulações e o número de peças especiais, a perda de carga é facilmente calculada pelo conhecimento dos diâmetros de sucção e de recalque. A altura manométrica total (H_{man}) corresponde a soma da altura manométrica de sucção com a de recalque.

$$H_{man} = H_s + H_r \quad (36)$$

A altura manométrica de sucção (H_s) é o somatório do comprimento real da tubulação de sucção com os comprimentos equivalentes devido as perdas de carga causadas ao longo da tubulação e nas peças especiais. Seguindo a mesma linha de raciocínio, a altura manométrica de recalque (H_r) é o somatório do comprimento real da tubulação de recalque com os

comprimentos equivalentes devido as perdas de carga causadas ao longo da tubulação e nas peças especiais

Conhecendo o valor de H_{man} , pode-se determinar a potência da bomba através da expressão:

$$Pot = \frac{1.000 \times Q_r \times H_{man}}{75 \times \eta} \quad (37)$$

Sendo: Pot – potência, em C.V;

1000 – peso específico da água, em kg/m^3 ;

Q_r – vazão de recalque em m^3/s ;

H_{man} – altura manométrica, em m;

η – rendimento do conjunto elevatório.

Vale-se lembrar que para o dimensionamento correto do sistema de recalque deve-se considerar o acréscimo de uma folga ou margem de segurança no valor da potência, a qual evitará que o mesmo venha, por uma razão qualquer, operar com sobrecarga. A tabela 35 apresenta os valores referentes a esse acréscimo.

Tabela 35 - Acréscimo de potência

POTÊNCIA CALCULADA	ACRÉSCIMO
(CV)	(%)
até 2	50
2 – 5	30
5 – 10	20
10 – 20	15
20	10

Fonte: Creder (2006)

Por fim, o último dado necessário para escolher a bomba é o NPSH (Net Positive Suction Head) disponível. Através de uma verificação feita com o NPSH disponível e com o NPSH requerido, que é determinado pelo fabricante da bomba, pode-se evitar a cavitação.

Cavitação é um fenômeno semelhante à ebulição, que pode ocorrer com a água em regiões de baixa pressão do sistema de recalque durante o processo de bombeamento (Creder, 2006), podendo ocasionar ruídos, vibrações e estragos nos rotores das bombas, devido a “explosão” das bolhas de vapor de água, geradas nas regiões de baixa pressão, quando chegam nas regiões de maiores pressões.

Para evitar tal fenômeno devemos garantir que $\text{NPSH}_{\text{disponível}} \geq \text{NPSH}_{\text{requerido}}$. O cálculo do NPSH disponível é feito através da expressão abaixo e o NPSH requerido é um dado fornecido pelo fabricante da bomba.

$$NPSH \text{ disponível} = Pa - (\pm hs + Pv + \Delta hs) \quad (38)$$

Sendo: Pa – pressão atmosférica local em metros. Os valores de Pa estão na tabela 36;

Hs – altura de sucção em metros. O valor é negativo quando a bomba está afogada e positivo quando a bomba estiver acima da linha d'água;

Pv – pressão de vapor do fluido em função da sua temperatura em metros. Os valores de Pv estão na tabela 37;

Δhs – perda de carga total de sucção em metros.

Tabela 36 – Pressão atmosférica

DADOS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA PARA DETERMINADAS ALTITUDES LOCAIS										
Altitude em relação ao mar (metros)	0	150	300	450	600	750	1.000	1.250	1.500	2.000
Pressão Atmosférica (m c.a.)	10,33	10,16	9,98	9,79	9,58	9,35	9,12	8,83	8,64	8,08

Fonte: Creder (2006)

Tabela 37 – Pressão de vapor para diferentes temperaturas

PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA PARA DETERMINADAS TEMPERATURAS										
Temperatura da água (°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Pressão de Vapor da água (m c.a.)	0,062	0,083	0,125	0,239	0,433	0,753	1,258	2,033	4,831	10,33

Fonte: Creder (2006)

5.1.8 Dimensionamento do ramal predial

De um modo geral, o diâmetro do ramal predial é fixado pela concessionária de água local. A NBR 5626 (1998) prevê dois casos para que se possa determinar a vazão do ramal predial: quando se tem distribuição direta e quando se tem distribuição indireta.

Na situação de distribuição direta a vazão do ramal é dada por:

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P} \quad (39)$$

Sendo: Q – vazão em l/s;

0,3 – coeficiente de descarga em l/s;

$\sum P$ – soma dos pesos correspondentes a todas as peças de utilização alimentadas através do trecho considerado (os valores de P são apresentados na tabela 30).

Quando se trata de uma distribuição indireta a NBR 5626 (1998) admite que a alimentação seja feita continuamente, durante 24 horas do dia e a vazão é dada por:

$$Q = \frac{CD}{86.400} \quad (40)$$

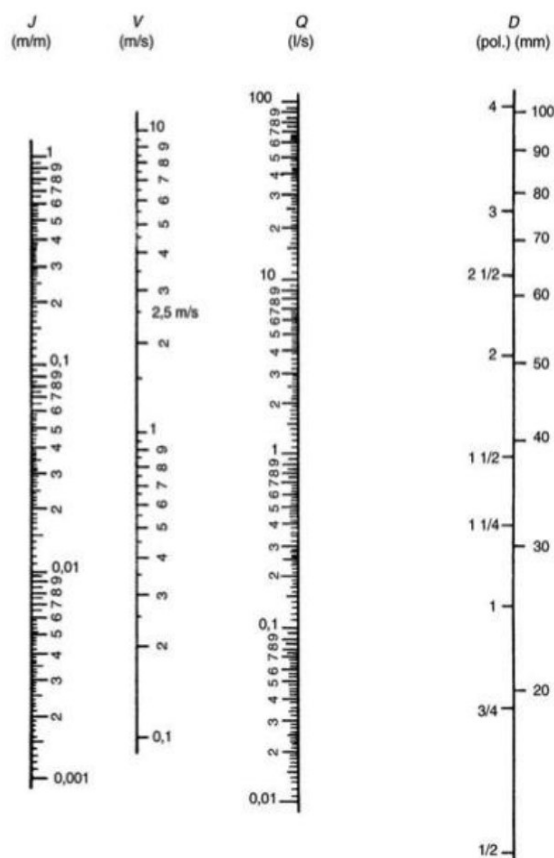
Sendo: Q – vazão em l/s;

CD – consumo diário em l/dia.

Uma vez conhecida a vazão do ramal predial, independente do caso de distribuição, o serviço de água deverá ser consultado para a fixação do diâmetro. Segundo Creder (2006), uma forma de estimar o tamanho dessa encanação é adotar uma velocidade de 1,0 m/s e utilizar os ábacos a seguir, que foram criados a partir da formula de Fair-Whipple-Hsaio para as tubulações rugosas e lisas.

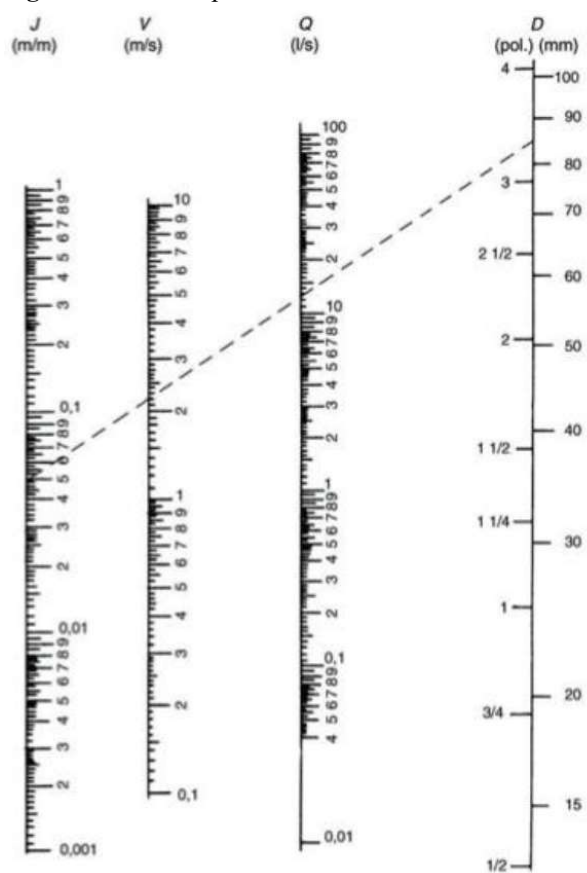
Vale-se lembrar que o ramal predial e o alimentador predial possuem o mesmo diâmetro, uma vez que ambos estão submetidos ao mesmo valor de vazão.

Figura 15 – Ábaco para dimensionamento de tubos rugosos



Fonte: Creder (2006)

Figura 16 - Ábaco para dimensionamento de tubos lisos



Fonte: Creder (2006)

5.2 METODOLOGIA – DIMENSIONAMENTO

O edifício desse presente projeto, para o qual será feito o dimensionamento das instalações prediais, possui poucos tipos de cômodos com instalações hidráulicas, são eles: os banheiros do térreo, primeiro e segundo pavimento e os refeitórios do térreo. Tanto os banheiros quanto os refeitórios são cômodos tipo, ou seja, possuem características iguais entre si, como área, pé direito e quantidade de peças de instalação, como privadas, mictórios, torneiras, chuveiros e pias. Dessa forma, na demonstração do dimensionamento do projeto de instalação de água fria, será apresentado, com detalhes, o cálculo realizado para os dois ambientes tipo do edifício, o banheiro e o refeitório.

As etapas de dimensionamento foram detalhadas nos seguintes tópicos:

5.2.1 Materiais

Neste projeto de instalação de água fria os tubos e conexões serão de PVC. No mercado existem várias opções de materiais para se utilizar, entretanto, avaliando o custo benefício entre os materiais, o PVC se destaca por ser mais barato e conseguir conduzir de forma eficiente a água fria.

5.2.2 Sistema de distribuição

Devido à falta de pressão e continuidade oferecido pelo sistema de abastecimento público, o sistema de distribuição escolhido para esse projeto será um sistema indireto com bombeamento.

5.2.3 Consumo diário

Para medidas de dimensionamento, será estimada a população que ocupará o LabTec da seguinte forma: cada laboratório contará com uma equipe de 6 pessoas, as salas dos professores serão ocupadas por duas pessoas, as salas de aula menores são previstas para abrigar 30 alunos, as maiores 45 alunos e os auditórios 60 alunos. De posse desses números e da quantidade de cômodos, levantada através das plantas da edificação, a tabela 38 apresenta o cálculo da população estimada para ocupar a edificação.

Tabela 38 – Cálculo da população

Cálculo da população				
	Ambiente	Quantidade	Taxa de Ocupação (por ambiente)	População
Térreo	Laboratório	15	6	90
Primeiro Pavimento	Sala dos professores	32	2	64
Segundo Pavimento	Sala de aula menor	8	30	240
	Sala de aula maior	4	45	180
	Auditório	2	60	120
Σ				694

Fonte: Autores (2018)

O consumo foi retirado da tabela 27, que é de 100 litros por dia por habitante. O valor foi escolhido por se tratar de uma escola semi-internato, a qual funciona nos períodos da manhã, tarde e noite.

De posse da população e do consumo per capita, o cálculo do consumo diário da edificação é realizado pelo produto desses dois valores.

$$\text{Consumo diário} = 694 \text{ habitantes} \times \frac{100 \text{ litros}}{\text{habitantes} \times \text{dia}} = 69.400 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \quad (41)$$

5.2.4 Capacidade dos reservatórios

O volume do reservatório será dimensionado para suportar o abastecimento de dois dias. Portanto a capacidade do reservatório será igual a:

$$\begin{aligned} \text{Capacidade do reservatório} &= 2 \times \text{consumo diário} = 2 \times 69.400 \\ &= 138.800 \text{ l} \end{aligned} \quad (42)$$

Como o sistema de distribuição contará com um reservatório superior e um inferior os volumes deles serão iguais a:

$$\begin{aligned} \text{Reservatório infeior} &= \frac{3}{5} \times \text{Capacidade do reservatório} = \frac{3}{5} \times 138.000 \\ &= 83.280 \text{ l} \end{aligned} \quad (43)$$

$$\begin{aligned} \text{Reservatório superior} &= \frac{2}{5} \times \text{Capacidade do reservatório} = \frac{2}{5} \times 138.000 \\ &= 55.520 \text{ l} \end{aligned} \quad (44)$$

De acordo com o Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco, a classificação da nossa edificação de acordo com as exigências e áreas de risco quanto à ocupação se enquadram na divisão E-1. Além disso, sabendo que nossa edificação possui uma área construída de aproximadamente 7240 m², entrando na tabela 28, chegamos a uma reserva de incêndio necessária de 4.500 litros.

Os reservatórios inferiores e superiores serão iguais e feitos de concreto, com as dimensões 3,0 x 2,0 x 2,5 (comprimento x largura x altura), com volume de 15.000 litros. Para abrigar o volume, de 83.280 litros, serão utilizados seis reservatórios, já para o volume de 55.520 litros mais a reserva de incêndio, serão quatro reservatórios. A distribuição deles será feita conforme apresentado nas plantas presentes no anexo A.

5.2.5 Ramal predial

Seguindo as informações descritas no item 5.1.8, e por se tratar de uma distribuição indireta, o dimensionamento do diâmetro do ramal predial será feito da seguinte forma:

$$Q = \frac{CD}{86400} = \frac{69400}{86400} = 0,8 \text{ l/s} \quad (45)$$

De posse do valor da vazão e da velocidade (igual a 1,0 m/s, conforme o item 5.1.8), entrando no ábaco da figura 16, chega-se a um diâmetro de 40 mm. Vale-se lembrar que o diâmetro do alimentador predial também é de 40mm.

5.2.6 Rede de distribuição

Conforme todas as indicações apresentadas no item 5.1, a seguir são apresentadas planilhas com o dimensionamento das tubulações de água fria. A localização das tubulações, seus comprimentos, conexões e os demais detalhes são apresentados nas plantas presentes no anexo E.

Tabela 39 - Dimensionamento dos ramais de descarga

Ramais de Descarga		
Peça	Peso	Diâmetro
Bacia com caixa	0,3	20
Chuveiro	0,4	20
Mictório com válvula	2,8	20
Lavatório	0,3	20
Pia - água fria	0,7	20

Fonte: Autores (2018).

Tabela 40 – Dimensionamento dos ramais de distribuição

Dimensionamento dos Ramais											
WC Masculino Térreo			WC Masculino Primeiro e Segundo Pavimento			WC Feminino Térreo, Primeiro e Segundo Pavimento			Refeitório		
Trecho	Σpesos	Diâmetro	Trecho	Σpesos	Diâmetro	Trecho	Σpesos	Diâmetro	Trecho	Σpesos	Diâmetro
Ramal WCM A	5,7	25	Ramal WCM A'	5	25	Ramal WCF A	2,2	20	Ramal R A	0,7	20
Ramal WCM B	5,4	25	Ramal WCM B'	4,7	25	Ramal WCF B	1,9	20			
Ramal WCM C	5,1	25	Ramal WCM C'	4,4	25	Ramal WCF C	1,6	20			
Ramal WCM D	4,8	25	Ramal WCM D'	4,1	25	Ramal WCF D	1,3	20			
Ramal WCM E	4,4	25	Ramal WCM E'	3,7	25	Ramal WCF E	0,9	20			
Ramal WCM F	1,6	20	Ramal WCM F'	0,9	20	Ramal WCF F	0,6	20			
Ramal WCM G	0,9	20	Ramal WCM G'	0,6	20	Ramal WCF G	0,3	20			
Ramal WCM H	0,6	20	Ramal WCM H'	0,3	20	Ramal WCF H	0,3	20			
Ramal WCM I	0,3	20	Ramal WCM I'	0,3	20						
Ramal WCM J	0,3	20									

Fonte: Autores (2018).

Tabela 41 – Dimensionamento das colunas de distribuição

1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Coluna	Segmento	Soma dos Pesos	Vazão Estimada (l/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga Unitária (kPa/m)	Diferença de Cota (desce + Sobe -) (m)	Pressão Disponível (kPa)	Comprimento da Tubulação		Perda de Carga		Pressão Disponível Residual (kPa)		Pressão Mínima no Ponto de Utilização (kPa)
									Real (m)	Equivalente (m)	Tubulação (kPa)	Registros e Outros (kPa)	Total (kPa)		
WCM	AB	16,6	1,222293	32	1,51979657	0,875214	1,64	16,4	2,64	3,7	2,3105644	3,238291	5,548855	10,851145	5
	BC	11,6	1,021763	25	2,08151886	2,066178	0,12	12,051145	0,12	0,9	0,2479413	1,8595599	2,107501	9,9436433	5
	CD	11,3	1,008464	25	2,05442636	2,019345	2,62	36,143643	2,62	1,2	5,2906845	2,4232143	7,713899	28,429745	5
	DE	6,3	0,752994	25	1,53398683	1,211128	0,12	29,629745	0,12	0,9	0,1453353	1,0900149	1,23535	28,394394	5
	EF	6	0,734847	25	1,49701786	1,160511	2,97	58,094394	2,97	1,2	3,4467178	1,3926132	4,839331	53,255063	5
	FG	0,3	0,164317	20	0,52303651	0,24354	0,12	54,455063	0,12	1,2	0,0292248	0,2922482	0,321473	54,13359	5
	HI	0,4	0,189737	20	0,60395055	0,313251	-1,06	43,53359	1,06	0,2	0,3320457	0,0626501	0,394696	43,138895	10
	AB'	7,5	0,821584	25	1,67371685	1,410735	1,61	16,1	2,29	3,7	3,2305839	5,2197206	8,450305	7,6496955	5
WCF	BC'	5,3	0,690652	25	1,40698443	1,041138	0,12	8,8496955	0,12	0,9	0,1249366	0,9370242	1,061961	7,7877347	5
	CD'	5	0,67082	25	1,36658408	0,989386	2,57	33,487735	2,57	1,2	2,5427216	1,187263	3,729985	29,75775	5
	DE'	2,8	0,501996	25	1,02265789	0,595704	0,12	30,95775	0,12	0,9	0,0714844	0,5361332	0,607618	30,350132	5
	EF'	2,5	0,474342	25	0,96632087	0,539466	2,92	59,550132	2,92	1,2	1,575242	0,6473597	2,222602	57,327531	5
	FG'	0,3	0,164317	25	0,33474337	0,084382	0,12	58,527531	0,12	1,2	0,0101258	0,101258	0,111384	58,416147	5
	HI'	0,4	0,189737	20	0,60395055	0,313251	-1,06	47,816147	1,06	0,2	0,3320457	0,0626501	0,394696	47,421451	10

Fonte: Autores (2018).

5.2.7 Sistema de recalque

Conforme todas as indicações apresentadas no item 5.1.7, a seguir é apresentada uma tabela com o dimensionamento das tubulações de sucção e recalque e parâmetros para escolha da bomba. A localização das tubulações, seus comprimentos, conexões e os demais detalhes necessários para realizar os dimensionamentos são apresentados nas plantas presentes no anexo E.

No dimensionamento das bombas, foi adotada um rendimento de 50%, as perdas de carga foram calculadas pela equação de Fair-Whipple-Hsaio, foi considerado a altitude de Recife em relação ao mar de 10 m e a temperatura foi adotada como 25°C.

Vale-se lembrar que o diâmetro do extravasor calculado na tabela abaixo é o do reservatório superior. O extravasor do reservatório inferior é de 50 mm, sendo maior que o diâmetro do alimentador predial.

Tabela 42– Dimensionamento do sistema de recalque

Consumo Diário	69.400,000	l/dia
	69,400	m ³ /dia
Qr	13,880	m ³ /h
	0,004	m ³ /s
Tempo de funcionamento	5,000	Horas
X	0,208	
Dr	0,055	m
	60,000	mm
Ds	75,000	mm
Extravasor	75,000	mm
Hs real	1,660	m
Hs equivalente	42,400	m
Hs	44,060	m
Δhs	0,000028	m
Hr real	12,440	m
Hr equivalente	23,900	m
Hr	36,340	m
Hman	80,400	m
η	0,500	
Pot calculada	8,266	C.V
Pot com folga	9,920	C.V
NPSH disponível	9,620	

Fonte: Autores (2018).

5.3 RESULTADOS

Para que o projeto funcione de forma adequada, seguindo todas as indicações previstas em norma, serão necessárias as quantidades de materiais apresentadas no fim do anexo F, retiradas do Revit. Vale lembrar que, para o funcionamento adequado das instalações, além do projeto executado de forma adequada é necessária uma execução livre de erros, para só assim as instalações funcionarem de forma perfeita.

6 PROJETO DE INSTALAÇÃO DE REDES DE ESGOTOS SANITÁRIOS

A coleta adequada do esgoto, seja ele proveniente de resíduos industriais ou residenciais ou águas servidas é de fundamental importância para a manutenção da limpeza urbana e da saúde pública. Caso a coleta de qualquer forma de esgoto não seja realizada de forma correta pode gerar alguns problemas como poluição do ambiente, mal cheiro e atrair ou gerar doenças. Uma vez que toda água consumida eventualmente irá se transformar em esgoto, esse precisa ser captado e transportado para a destinação final ou tratamento de forma adequada.

Os textos apresentados a seguir apresentam, de forma prática, as etapas de dimensionamento de instalações de esgoto sanitários em edificações, sem levar em consideração o destino final dos esgotos sanitários.

6.1 REVISÃO DA LITERATURA

Nos tópicos a seguir será apresentada uma revisão teórica contendo as partes constituintes de um sistema predial de esgoto e os métodos de dimensionamento.

6.1.1 Partes constituintes de um sistema predial de esgoto

Para melhorar o entendimento dos termos utilizados nos textos seguintes, a seguir serão apresentadas uma série de definições extraídas da NBR 8160 (1999).

- Caixa de inspeção: é a caixa destinada a reter, na sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto, formando camadas que devem ser removidas periodicamente, evitando que estes componentes escoem livremente pela rede, obstruindo a mesma.
- Caixa de gordura: Caixa destinada a reter, na sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto, formando camadas que devem ser removidas periodicamente, evitando que estes componentes escoem livremente pela rede, obstruindo a mesma.
- Coletor predial: Trecho de tubulação compreendido entre a última inserção de subcoletor, ramal de esgoto ou de descarga, ou caixa de inspeção geral e o coletor público ou sistema particular.
- Coletor público: Tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo do seu comprimento.
- Caixa de passagem: Caixa destinada a permitir a junção de tubulações do subsistema de esgoto sanitário.
- Coluna de ventilação: Tubo ventilador vertical que se prolonga através de um ou mais andares e cuja extremidade superior é aberta à atmosfera, ou ligada a tubo ventilador primário ou a barrilete de ventilação.
- Esgoto sanitário: Despejo proveniente do uso da água para fins higiênicos.
- Fecho hídrico: Camada líquida, de nível constante, que em um desconector veda a passagem dos gases.
- Ramal de descarga: Tubulação que recebe diretamente os efluentes de aparelhos sanitários.
- Tubo de queda: Tubulação vertical que recebe efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga.
- Instalação primária de esgoto: Conjunto de tubulações e dispositivos onde têm acesso os gases provenientes do coletor público ou dos dispositivos de tratamento.

- Instalação secundária de esgoto: Conjunto de tubulações e dispositivos onde não têm acesso os gases provenientes do coletor público ou dos dispositivos de tratamento.
- Ramal de esgoto: Tubulação primária que recebe os efluentes dos ramais de descarga diretamente ou a partir de um desconector.
- Unidade de Hunter de contribuição (UHC): Fator numérico que representa a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário.
- Subcoletor: Tubulação que recebe efluentes de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto.
- Desconector: Dispositivo provido de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases no sentido oposto ao deslocamento do esgoto.
- Sifão: Desconector destinado a receber efluentes do sistema predial de esgoto sanitário.
- Ramal de ventilação: Tubo ventilador que interliga o desconector, ou ramal de descarga, ou ramal de esgoto de um ou mais aparelhos sanitários a uma coluna de ventilação ou a um tubo ventilador primário.
- Barrilete de ventilação: Tubulação horizontal com saída para a atmosfera em um ponto, destinada a receber dois ou mais tubos ventiladores.

6.1.2 Caminho do esgoto

Todo esgoto produzido em uma edificação passa por ralos e canalizações até chegar a uma caixa de concreto chamada de caixa de inspeção (CI). Os esgotos produzidos na pia da cozinha, antes de chegar na CI, caem na caixa de gordura (CG), onde é feita a separação de gorduras da água.

A necessidade de separar a gordura da água se dá pelo fato de que, caso a gordura passe para a tubulação, ela pode aderir ao cano e diminuir a área de passagem do esgoto.

Seguindo com a trajetória do esgoto, depois da CI, ele passa pelo coletor predial e se conecta ao coletor público. Por fim, ele segue até chegar nas estações de tratamento de esgoto, onde é feito todo o processo de tratamento para sua possível reutilização no abastecimento ou destinação final.

6.1.3 Sistema público de esgoto

Os esgotos prediais devem ser lançados na rede de esgotos da cidade, para serem levados a sua destinação final de forma adequada. A forma com que as tubulações prediais se conectam a essa rede podem ser através dos seguintes sistemas:

- Sistema Unitário: no qual as águas pluviais e as águas residuárias são conduzidas para uma mesma canalização ou galeria.
- Sistema Separador Absoluto: no qual há duas redes públicas inteiramente independentes: uma para águas pluviais e outra somente para águas residuárias.
- Sistema Misto ou Separador Combinado: no qual as águas de esgoto têm canalizações próprias, mas esses condutos estão instalados dentro das galerias pluviais. Também se designa com o nome de sistema misto aquele em que a rede de esgotos recebe uma parte das águas pluviais, que são as que caem nos telhados e pátios. No Brasil não é empregado.

6.1.4 Requisitos gerais

A NBR 8160 (1999), fixa condições técnicas exigíveis para que as instalações possam ser projetadas e executadas, a fim de atenderem às exigências mínimas quanto à higiene, segurança, economia e conforto dos usuários. De maneira geral, o projeto de instalações prediais de esgotos sanitários deve ser projetado e executado de modo a:

- Evitar a contaminação da água, de forma a garantir a sua qualidade de consumo, tanto no interior dos sistemas de suprimento e de equipamentos sanitários, como nos ambientes receptores;
- Permitir o rápido escoamento da água utilizada e dos despejos introduzidos, evitando a ocorrência de vazamentos e a formação de depósitos no interior das tubulações;
- Impedir que os gases provenientes do interior do sistema predial de esgoto sanitário atinjam áreas de utilização;
- Impossibilitar o acesso de corpos estranhos ao interior do sistema;
- Permitir que os seus componentes sejam facilmente inspecionáveis;
- Impossibilitar o acesso de esgoto ao subsistema de ventilação;
- Permitir a fixação dos aparelhos sanitários somente por dispositivos que facilitem a sua remoção para eventuais manutenções.

Essa lista de exigências pode ser atendida da seguinte forma:

- Para evitar a contaminação de água é necessário a instalação correta das peças e aparelhos, uso adequado das tubulações de ventilação, uso de materiais adequados e deve ser evitado as interconexões entre o esgoto e a água de consumo;
- O rápido escoamento, sem retenção de parte do esgoto nas canalizações, pode ser garantido através de uso de diâmetros e declividades adequadas, e adoção de traçados mais curtos;
- A inspeção dos componentes da rede de esgoto pode ser garantida através das caixas de passagem;
- Os gases gerados pelo esgoto são afastados dos ambientes internos através das canalizações de ventilação;
- Para evitar que gases, insetos e pequenos animais tenham acesso ao interior das edificações, deve-se prover todas as peças, ou canalizações ligadas a elas, de fecho hídrico

6.1.5 Partes constituintes de uma instalação predial de esgotos sanitários

Os principais elementos de uma instalação predial de esgotos sanitários são as canalizações para coleta e afastamento das águas servidas, os desconectores, as canalizações para ventilação e os órgãos especiais. A seguir será feito uma explanação teórica desses elementos e seu dimensionamento.

6.1.5.1 Canalizações para coleta e afastamento das águas servidas:

i. Ramais de descarga e de esgoto

São tubulações horizontais que possibilitam o escoamento dos efluentes por gravidade, devendo, para isso, apresentar declividade constante. A NBR 8160 (1999) faz as seguintes recomendações para o dimensionamento desse tipo de tubulação:

- Declividades mínimas de 2% para tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75 e 1% para tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100;
- As mudanças de direção nos trechos horizontais devem ser feitas com peças de ângulo central igual ou inferior a 45°;
- As mudanças de direção horizontal para vertical podem ser executadas com peças de ângulo central igual ou inferior a 90°;
- Os ramais de descarga e de esgoto devem permitir fácil acesso para desobstrução e limpeza.

De acordo com a NBR 8160 (1999), as tubulações do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário podem ser dimensionadas pelo método das unidades de Hunter de contribuição (UHC). Os diâmetros mínimos dos ramais de descarga são determinados de acordo com a tabela 43, retirada da NBR 8160 (1999). Para os aparelhos não relacionados na tabela 43 devem ser estimadas as UHC correspondentes e o dimensionamento deve ser feito com os valores indicados na tabela 44. Para os ramais de esgoto deve ser utilizada a tabela 45.

Tabela 43 – Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição UHC	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN
Bacia sanitária		6	100
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	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 da 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)

Tabela 44 - Unidades de Hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na tabela 43

Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN	Número de unidades de Hunter de contribuição UHC
40	2
50	3
75	5
100	6

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999)

Tabela 45 - Dimensionamento de ramais de esgoto

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

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999)

ii. Tubos de queda

Segundo a NBR 8160 (1999), os tubos de queda devem ter diâmetro uniforme devendo ser instalados, sempre que possível, mantendo-se o alinhamento vertical. Nos casos em que se faz necessário o desvio do tubo de queda, essa mudança deverá ser efetuada mediante a utilização de peças com ângulo central não superior a 90°. O dimensionamento dos tubos de queda é feito de acordo com a tabela 46.

Tabela 46 - Dimensionamento de tubos de queda

Diâmetro nominal do tubo DN	Número máximo de unidades de 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	1.900
200	2.200	3.600
250	3.800	5.600
300	6.000	8.400

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999)

iii. Subcoletores e coletor predial

A NBR 8160 (1999) faz as seguintes recomendações para o dimensionamento e execução dessas tubulações:

- Devem ser de preferência retilíneos, mas caso possuam desvios, esses devem ser realizados com peças de ângulo central igual ou inferior a 45° e acompanhados de elementos que permitam a inspeção;
- Todos os trechos horizontais devem possibilitar o escoamento dos efluentes por gravidade, devendo, para isso, apresentar declividades constantes, respeitando os valores mínimos previstos no item 6.1.5.1 da norma;
- No coletor predial não deve existir inserções de quaisquer dispositivos;
- As variações de diâmetro dos subcoletores e coletor predial devem ser feitas mediante o emprego de dispositivos de inspeção ou de peças especiais de ampliação;
- O diâmetro mínimo do coletor predial é de DN 100;
- No dimensionamento do coletor predial e dos subcoletores em edificações residenciais, deve ser considerado apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro para o somatório do número de unidades de Hunter de contribuição.

O dimensionamento dessas tubulações é feito conforme a tabela 47.

Tabela 47 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial

Diâmetro nominal do tubo DN	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1.000
200	1.400	1.600	1.920	2.300
250	2.500	2.900	3.500	4.200
300	3.900	4.600	5.600	6.700
400	7.000	8.300	10.000	12.000

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999)

6.1.5.2 Desconectores

Como mencionado anteriormente, os desconectores são dispositivos hidráulicos destinados a vedar a passagem de gases, do interior das canalizações para o interior dos edifícios. Além disso, esses elementos servem como obstáculo eficiente contra o acesso de pequenos animais para o interior da edificação. A NBR 8160 (1999) faz as seguintes indicações quanto ao uso desses dispositivos:

- Todos os aparelhos sanitários devem ser protegidos por desconectores;
- Podem ser utilizadas caixas sifonadas para a coleta dos despejos de conjuntos de aparelhos sanitários, tais como lavatórios, bidês, banheiros e chuveiros de uma mesma unidade autônoma;
- As caixas sifonadas que coletam dejetos de mictórios devem ter tampas cegas e não podem receber contribuições de outros aparelhos sanitários, mesmo providos de desconector próprio;
- Todo desconector deve ter fecho hídrico com altura mínima de 0,05m;
- Os desconectores devem apresentar orifício de saída com diâmetro igual ou superior ao do ramal de descarga a ele conectado;

Na situação onde é utilizada a caixa sifonada, segundo a NBR 8160 (1999), suas características mínimas são determinadas da seguinte forma:

- Quando recebe efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 6 UHC, deve ter DN 100;
- Quando recebe efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 10 UHC, deve ter DN 125;
- Quando recebe efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 15 UHC, deve ter DN 150;

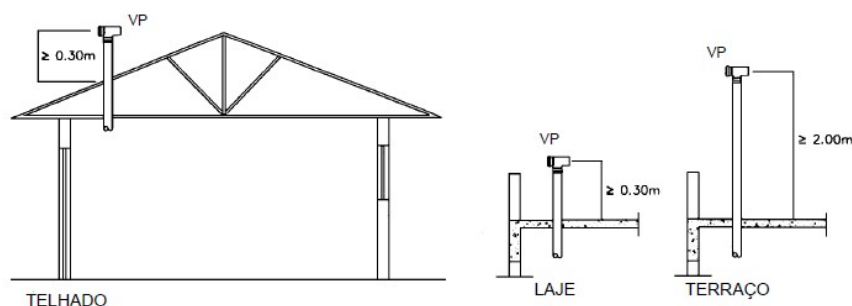
6.1.5.3 Canalizações para ventilação

A rede de ventilação é constituída por canalizações que se iniciam próximas aos sifões e que terminam abertas ao exterior, possibilitando, assim, a movimentação de ar e gases pelas mesmas. O subsistema de ventilação pode ser previsto de duas formas: ventilação primária e secundária ou somente ventilação primária. A ventilação primária é proporcionada pelo tubo de queda, quando prolongado até a atmosfera. Já a ventilação secundária consiste basicamente de colunas e ramais de ventilação que interligam os ramais de descarga ou de esgoto à ventilação primária ou que são prolongados acima da cobertura.

Para garantir que haja a ventilação, a extremidade superior do tubo ventilador primário ou coluna de ventilação deve estar situada acima da cobertura do edifício e aberta. A NBR 8160 (1999) recomenda que a extremidade aberta do tubo ventilador primário ou da coluna de ventilação se situe a uma altura mínima de 2,00m acima da cobertura, no caso de laje utilizada para outros fins, além de cobertura. Já para lajes que servem apenas como cobertura, a altura deve ser de 0,30m. A figura 17 representa essas distâncias.

Além da recomendação quanto a altura, é aconselhado que a extremidade superior da tubulação seja provida de terminal tipo chaminé, com a finalidade de impedir que águas pluviais entrem diretamente na tubulação de ventilação.

Figura 17 - Prolongamento do tubo de queda ou coluna de ventilação



Fonte: ABNT NBR 8160 (1999)

As colunas de ventilação devem ter diâmetro uniforme e extremidade inferior ligada a um subcoletor ou a um tubo de queda. O dimensionamento da coluna de ventilação é feito de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 48 - Dimensionamento de colunas de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto DN	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		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	-	-	-	5	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	1300	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26000	-	-	-	-	5	22	70	152

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999)

Assim como as colunas de ventilação, os ramais de ventilação também devem possuir diâmetro uniforme. O dimensionamento dessa tubulação é feito de acordo com a tabela 49, apresentada abaixo.

Tabela 49 - Dimensionamento de ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de unidades de 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)

6.1.5.4 Dispositivos complementares

As caixas de gordura, poços de visita e caixas de inspeção devem ser perfeitamente impermeabilizados, providos de dispositivos adequados para inspeção, ser perfeitamente ventilados e constituídos de materiais não atacáveis pelo esgoto. A seguir será explicado a função desses dispositivos complementares.

i. Caixa de gordura

Quando os efluentes possuem resíduos gordurosos é aconselhado o uso de caixas de gordura. Elas devem ser instaladas em locais de fácil acesso e com boas condições de ventilação, além disso elas devem ser capaz de acumular gordura entre cada operação de limpeza e serem vedadas para evitar a penetração de insetos e pequenos animais. De acordo com a NBR 8160 (1999), as pias de cozinha ou máquinas de lavar louças instaladas em vários pavimentos sobrepostos devem descarregar em tubos de queda exclusivos que conduzam o esgoto para caixas de gordura coletivas, sendo vedado o uso de caixas de gordura individuais nos andares.

A NBR 8160 (1999) apresenta os seguintes tipos de caixa de gordura:

- Pequena (CGP), cilíndrica, com as seguintes dimensões mínimas: diâmetro interno: 0,30 m; parte submersa do septo: 0,20 m; capacidade de retenção: 18 l; diâmetro nominal da tubulação de saída: DN 75;
- Simples (CGS), cilíndrica, com as seguintes dimensões mínimas: diâmetro interno: 0,40 m; parte submersa do septo: 0,20 m; capacidade de retenção: 31 l; diâmetro nominal da tubulação de saída: DN 75;
- Dupla (CGD), cilíndrica, com as seguintes dimensões mínimas: diâmetro interno: 0,60 m; parte submersa do septo: 0,35 m; capacidade de retenção: 120 l; diâmetro nominal da tubulação de saída: DN 100;
- Especial (CGE), prismática de base retangular, com as seguintes características: distância mínima entre o septo e a saída: 0,20 m; volume da câmara de retenção de gordura obtido pela fórmula: $V = 2 N + 20$ onde: N é o número de pessoas servidas pelas cozinhas que contribuem para a caixa de gordura no turno em que existe maior afluxo; V é o volume, em litros; altura molhada: 0,60 m; parte submersa do septo: 0,40 m; diâmetro nominal mínimo da tubulação de saída: DN 100.

A NBR 8160 (1999) indica que o dimensionamento das caixas de gordura seja feito da seguinte forma:

- Para a coleta de apenas uma cozinha, pode ser usada a caixa de gordura pequena ou a caixa de gordura simples;
- Para a coleta de duas cozinhas, pode ser usada a caixa de gordura simples ou a caixa de gordura dupla;
- Para a coleta de três até 12 cozinhas, deve ser usada a caixa de gordura dupla;

- Para a coleta de mais de 12 cozinhas, ou ainda, para cozinhas de restaurantes, escolas, hospitais, quartéis, etc., devem ser previstas caixas de gordura especiais.

ii. Caixas e dispositivos de inspeção

A NBR 8160 (1999) recomenda que o interior das tubulações, embutidas ou não, sejam acessíveis por intermédio de dispositivos de inspeção. Esses dispositivos devem ser instalados em regiões com mudanças de declividade e junção de tubulações enterradas. Eles devem possuir as seguintes características:

- Ter abertura suficiente para permitir as desobstruções com a utilização de equipamentos mecânicos de limpeza;
- Ter tampa removível;
- Quando instalados em paredes no interior de residências, escritórios e áreas públicas, não devem ser instalados com as tampas salientes.

As indicações dadas pela NBR 8160 (1999) em relação as caixas de passagem são as seguintes:

- Quando cilíndricas, ter diâmetro mínimo igual a 0,15 m e, quando prismáticas de base poligonal, permitir na base a inscrição de um círculo de diâmetro mínimo igual a 0,15 m;
- Ser providas de tampa cega, quando previstas em instalações de esgoto primário;
- Ter altura mínima igual a 0,10 m;
- Ter tubulação de saída dimensionada pela tabela de dimensionamento de ramais de esgoto, sendo o diâmetro mínimo igual a DN 50.

As caixas de inspeção, por sua vez, possuem as seguintes indicações:

- Profundidade máxima de 1,00 m;
- Forma prismática, de base quadrada ou retangular, de lado interno mínimo de 0,60 m, ou cilíndrica com diâmetro mínimo igual a 0,60 m;
- Tampa facilmente removível, permitindo perfeita vedação;
- Fundo construído de modo a assegurar rápido escoamento e evitar formação de depósitos.

6.2 METODOLOGIA – DIMENSIONAMENTO

O edifício desse presente projeto, para o qual será feito o dimensionamento das instalações de esgoto, possui poucos tipos de cômodos que requerem esse tipo de instalação, são eles: os banheiros do térreo, primeiro e segundo pavimento e os refeitórios do térreo. Tanto os banheiros quanto os refeitórios são cômodos tipo, ou seja, possuem características iguais entre si, como área, pé direito e quantidade de peças de instalação, como privadas, mictórios, torneiras, chuveiros e pias. Dessa forma, na demonstração do dimensionamento do projeto de instalação de esgoto serão apresentadas planilhas com as etapas de cálculo realizadas para os dois ambientes tipo do edifício, os banheiros e o refeitório.

As etapas de dimensionamento foram detalhadas nos seguintes tópicos:

6.2.1 Materiais

Neste projeto de instalação de esgotos sanitários os tubos e conexões serão de PVC. No mercado existem várias opções de materiais para se utilizar, entretanto, avaliando o custo benefício entre os materiais o PVC se destaca por ser mais barato e conseguir conduzir de forma eficiente os efluentes.

6.2.2 Sistema público de esgoto

O tipo de sistema adotado para o dimensionamento dessa edificação será o sistema separador absoluto, no qual a rede de esgoto é independente da rede de águas pluviais.

6.2.3 Relação de aparelhos sanitários por cômodo

Para realizar o dimensionamento das tubulações é necessário saber o aparelho sanitário de origem, onde o esgoto é gerado. Para tal, a seguir será listado as peças contidas nos cômodos que serão realizados os detalhes de dimensionamento.

- Refeitório – Peças: uma pia com torneira comum;
- Banheiro masculino – Peças: 04 lavatórios de uso geral, 03 bacias sanitárias com caixa de descarga, 01 chuveiro elétrico de uso coletivo e 01 mictório de descarga automática.
- Banheiro feminino – Peças: 04 lavatórios de uso geral, 03 bacias sanitárias com caixa de descarga e 01 chuveiro elétrico de uso coletivo.

6.2.4 Dimensionamento das tubulações de esgoto

Conforme todas as indicações apresentadas no item 6.1, a seguir é apresentada uma tabela com o dimensionamento das tubulações de esgoto. A localização das tubulações, seus comprimentos, conexões e os demais detalhes são apresentados nas plantas presentes no anexo F.

Tabela 50 - Dimensionamento das tubulações de esgoto

Cômodo	Aparelho Sanitário	Quantidade	UHC	Ramal de Descarga	i%	Ramal de Esgoto	i%	Caixa de Gordura	Tubo de Queda	Subcoletores	Coletor Predial	Ramal de Ventilação	Coluna de Ventilação
Refeitório	Pia da cozinha residencial	1	3	50	2	50	2	CGP	-	100	100	-	-
	Lavatório de uso geral	4	2	40	2	100	2	-	100	100		50	50
Banheiro Masculino	Chuveiro de uso coletivo	1	4	40	2	-	2	-				100	100
	Bacia sanitária	3	6	100	2	-	2	-	-	-			
	Mictório	1	2	50	2	-	2	-	-	-			
Banheiro Feminino	Lavatório de uso geral	4	2	40	2	100	2	-	100	100		50	50
	Chuveiro de uso coletivo	1	4	40	2	-	2	-			-	-	
	Bacia sanitária	3	6	100	2	-	2	-			-	-	

Fonte: Autores (2018)

6.3 RESULTADOS

Para que o projeto funcione de forma adequada, seguindo todas as indicações previstas em norma, serão necessárias as quantidades de materiais apresentadas no fim do anexo F, retiradas do Revit. Vale lembrar que, para o funcionamento adequado das instalações, além do projeto executado de forma adequada é necessária uma execução livre de erros, para só assim as instalações funcionarem de forma perfeita.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR. 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. **Rio de Janeiro**, 2004.

ABNT, NBR 5413: Iluminância de interiores. **Rio de Janeiro**, 1992.

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

ABNT, NBR. 8160: Sistema prediais de esgoto sanitário. **Rio de Janeiro**, 1999.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: princípios básicos para elaboração de projetos**. Editora Blucher, 2016.

CELPE. Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais. Recife, Companhia Energia de Pernambuco, 2009.

COTRIM, Ademaro AMB. Instalações elétricas. Revisão e adaptação técnica de José Aquiles Baesso Gromoni e Hilton Moreno. 2009.

CREDER, Helio. Instalações Elétricas, Ed. **Guanabara LTC Projeto, Edição**, v. 157, 2006.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. Grupo Gen-LTC, 2006.

Manual da Siemens: Minidisjuntores 5SL, 5SY e 5SP. Disponível em: < <http://www.philips.com.br> > Acesso em: 11/07/2018

Manual da Tigre: **Eletricidade – Catálogo Técnico**. Disponível em: < <http://www.tigre.com.br> > Acesso em: 09/07/2018

Manual da Philips: **Guia Philips de Iluminação**, 1988.

Manual da Philips: **Guia Prático Philips de Iluminação**. Disponível em: < <http://www.tigre.com.br> > Acesso em: 14/05/2018

Manual da Philips: **Tabela de Substituição**. Disponível em: < <http://www.philips.com.br> >

Acesso em: 14/05/2018

Manual da Prysmian: **Superastic Flex**. Disponível em: < <http://www.prysmian.com.br> >

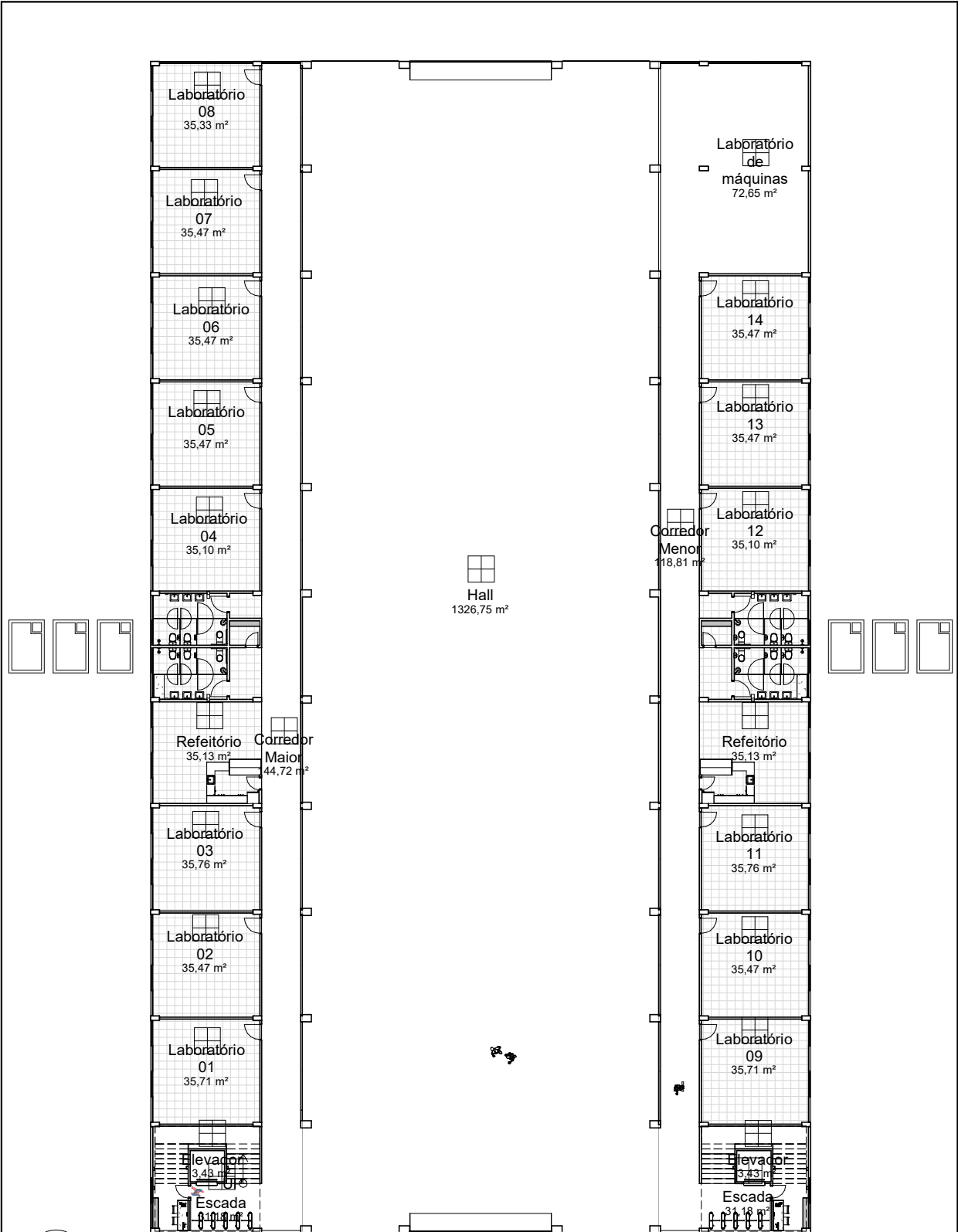
Acesso em: 07/07/2018

NISKIER, Júlio; MACINTYRE, Archibald J. Instalações Elétricas. 6ª. **Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro**, 2013.

PRYSMIAN. **Cabos Energia: Construção e Dimensionamento**. v. 1, 2012.

RODRIGUES, Pierre. Manual de iluminação eficiente. **Procel–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. 1ª. Edição. Julho, 2002.

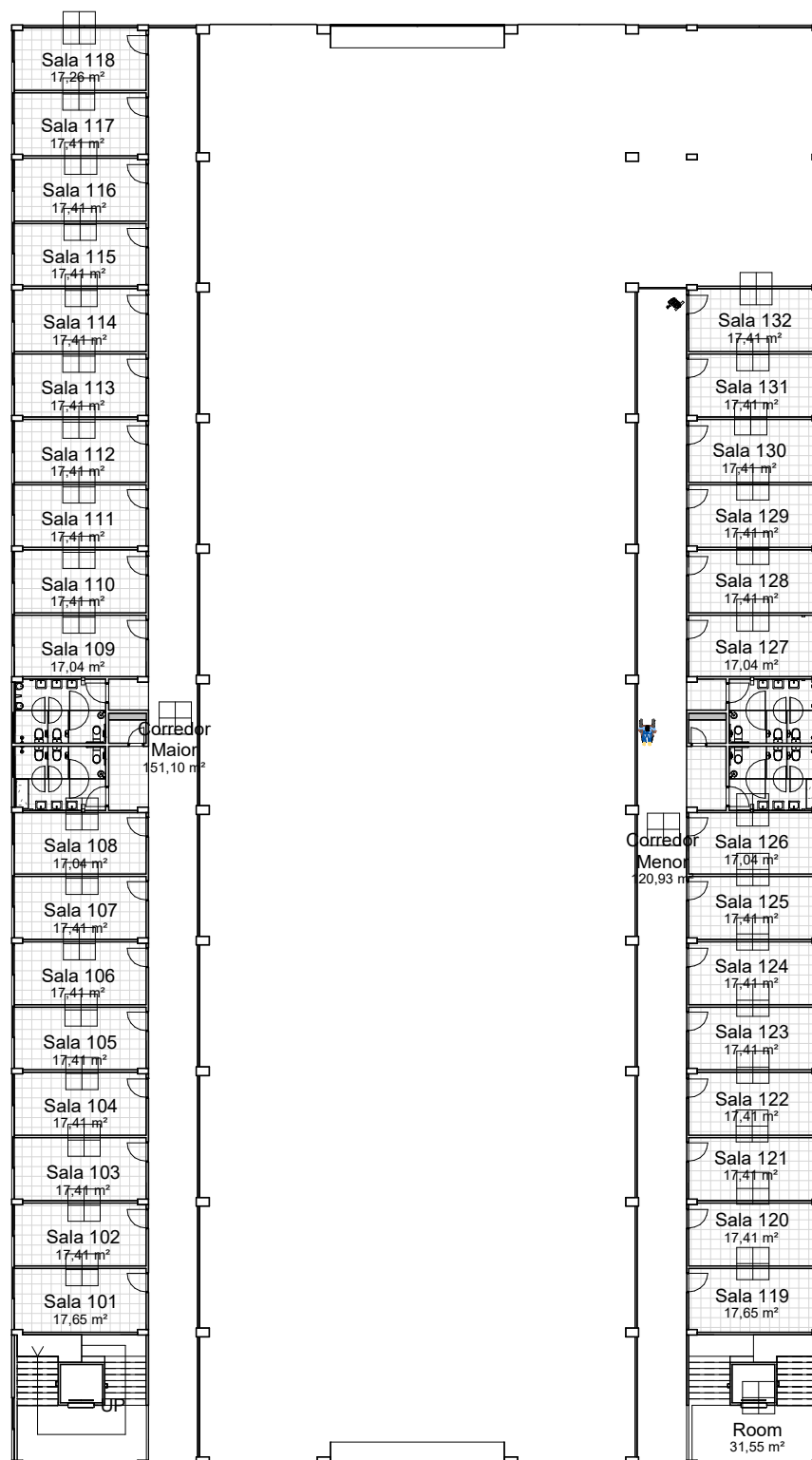
ANEXO A – PLANTAS DE PISO



1 Térreo
ESCALA 1 : 300

PLANTA DE PISO - TÉRREO

Projeto	LabTec	QD.- 1.1
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
		Escala 1 : 300



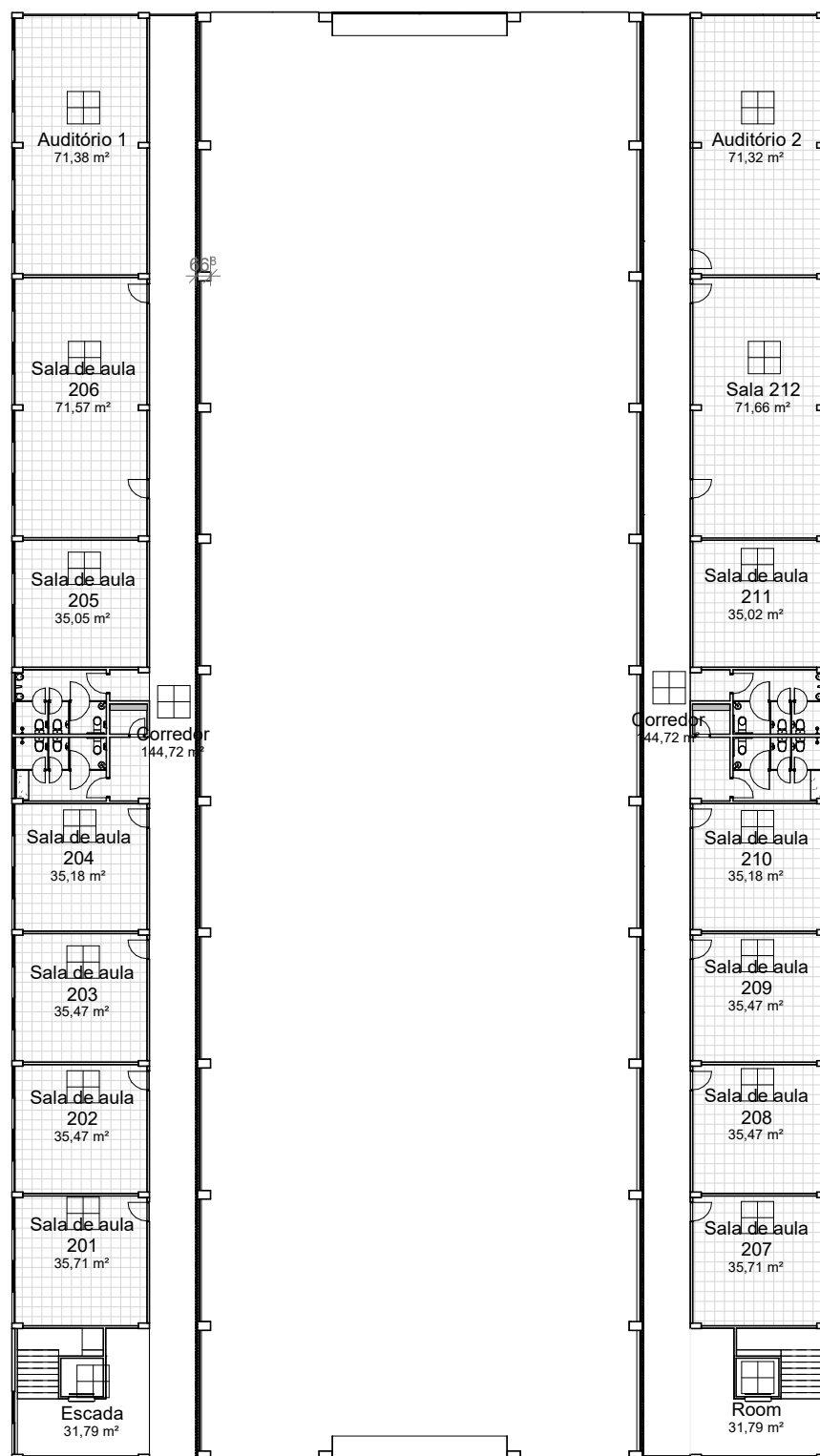
1

1º PAVIMENTO ACABADO

ESCALA 1 : 300

PLANTA DE PISO - PRIMEIRO PAVIMENTO

Projeto	LabTec	QD.- 1.2
Desenhadas por	Maiana e Pedro	Escala 1 : 300





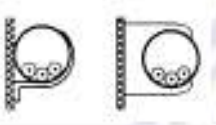
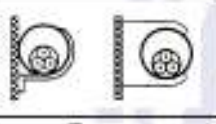
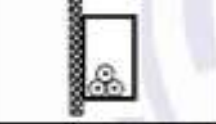

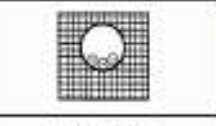
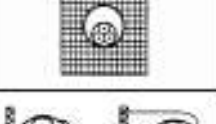
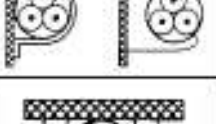

1 2º PAVIMENTO ACABADO
ESCALA 1 : 300

PLANTA DE PISO - SEGUNDO PAVIMENTO

Projeto	LabTec	QD.- 1.3	
Desenhadas por	Maiana e Pedro	Escala	1 : 300

ANEXO B – TIPOS DE LINHAS ELÉTRICAS E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

Tabela 51 – Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

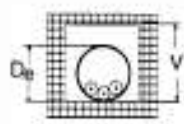
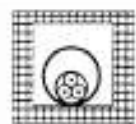
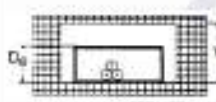
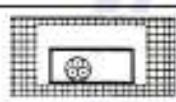

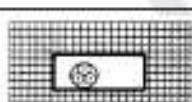
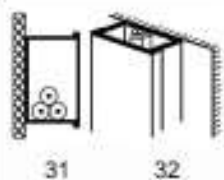
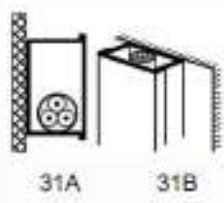
Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 51 – Tipos de linhas elétricas (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G
21		Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção ^{3), 6)}	$1,5 D_n \leq V < 5 D_n$ B2 $5 D_n \leq V < 50 D_n$ B1

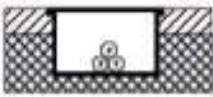
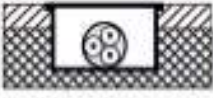


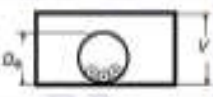
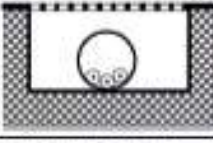
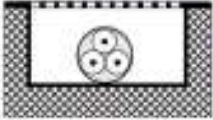
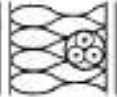
Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 51 – Tipos de linhas elétricas (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5) 7)}	$1,5 D_c \leq V < 20 D_c$ B2 $V \geq 20 D_c$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5) 7)}	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	$1,5 D_c \leq V < 20 D_c$ B2 $V \geq 20 D_c$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria ⁶⁾	$1,5 \leq V < 5 D_c$ B2 $5 D_c \leq V < 50 D_c$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31 ^a 32 ^a		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 51 – Tipos de linhas elétricas (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾	A1




Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 51 – Tipos de linhas elétricas (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ⁽¹⁾
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(s)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(s)	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72 72A		72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B1 B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 51 – Tipos de linhas elétricas (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
74		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A	  <p>75 75A</p>	<p>75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede</p> <p>75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede</p>	<p>B1</p> <p>B2</p>

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 52 – Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, com isolamento de PVC

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	208	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 53 - Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, com isolamento de EPR ou XLPE

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	48
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	148	122
50	158	141	145	130	196	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1122	923	711	596
800	885	792	805	721	1158	1020	952	837	1311	1074	811	679
1000	1014	908	923	826	1332	1173	1088	957	1515	1237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

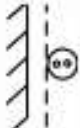

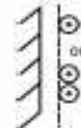




Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 54 - Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência E, F e G, com isolamento de PVC

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ⁽¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em triângulo	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Horizontal Método G	Vertical Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	148	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	96	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	136	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	740	895	840
800	822	714	944	832	875	1050	1000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Tabela 55 - Capacidade de condução de corrente, para os métodos de referência E, F e G, com isolamento de EPR ou XLPE

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em triângulo	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Horizontal Método G	Vertical Método G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1 085	1 008
500	1 030	859	1 083	946	996	1 253	1 169
630	1 196	995	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362
800	1 396	1 159	1 460	1 252	1 328	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 849
Alumínio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1 154	1 077
800	1 026	879	1 164	1 056	1 106	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

ANEXO C – DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

Tabela 56 – Quadro de carga de iluminação e TUG's - térreo

QUADRO DE CARGA DE ILUMINAÇÃO E TUG'S - TERREO																											
Ambiente	Circ.	Iluminação (W)		TUG'S (VA)		Potência Instalada (W)	Balanceamento			Tensão (V)		Corrente (Ip) (Ib)		Tipo de linha elétrica	Tipo de Isolação	Correção da Corrente (I'p)			Capacidade de corrente (mm2) - fase	Fiação			Seção nominal				
		19	88	Fator de Potência (cosφ)	Fator de Potência (cosφ)		R	S	T	(V)	(A)	k1 (Temp. 25°C)	k2			k3	(I'p)	% (circuito terminal)		ΔU-% U (V)	Comprimento (m)	V/(A* km)	(mm2) - fase	Fase (mm²)	Neutro	Terra	
Ilum. Circulação Corredor de Lado Maior - Parte 1 (Da escada até o Refeitório); Escada/ Lab. 01, 02 e 03/ Refeitório (LE)	12	100		0,92		1.900				1.900	220	9,39		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	23,87	2,5	2,0%	4,4	115,9	4,0	16,0	16,0	16,0
Ilum. Circulação Corredor de Lado Maior - Parte 2 (Do WC até o fim do prédio) / Lab. 04 e 05/ WC (LE)	6	74		0,92		1.406				1.406	220	6,95		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	17,66	2,5	2,0%	4,4	114,7	5,5	10,0	10,0	10,0
Ilum. Lab. 06, 07 e 08	5	72		0,92		1.368				1.368	220	6,76		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	17,19	1,5	2,0%	4,4	74,3	8,8	6,0	6,0	6,0
Ilum. Circulação Corredor de Lado Menor - Parte 1 (Da escada até o Refeitório); Escada/ Lab. 09, 10 e 11/ Refeitório (LD)	11	102		0,92		1.938				1.938	220	9,58		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	24,35	4,0	2,0%	4,4	188,8	2,4	25,0	25,0	16,0
Ilum. Circulação Corredor de Lado Menor - Parte 2 (Do WC até o fim do prédio) / Lab. 12, 13 e 14/ WC (LD)	7	92		0,92		1.748				1.748	220	8,64		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	21,96	2,5	2,0%	4,4	203,4	2,5	25,0	25,0	16,0
Ilum. Hall	4		24	0,92		2.112					220	10,43		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	26,53	4,0	2,0%	4,4	220,0	1,9	25,0	25,0	16,0
TUG's Circulação das Máquinas	1		12	0,92		1.056				1.056	220	5,22		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,27	1,5	2,0%	4,4	148,4	5,7	10,0	10,0	10,0
TUG's Circulação dos corredores e escadas (LE e LD)	2				18	1.656				1.656	220	8,18		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	20,81	2,5	2,0%	4,4	176,6	3,0	16,0	16,0	16,0
TUG's Lab. 01 e 02	16				24	2.208				2.208	220	10,91		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	61,0	6,6	10,0	10,0	10,0
TUG's Lab. 03 e 04	23				24	2.208				2.208	220	10,91		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	60,1	6,7	10,0	10,0	10,0
TUG's Refeitório (LE)	8				5	3	0,92	2.116		2.116	220	10,45		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	26,58	4,0	2,0%	4,4	22,9	18,4	2,5	4,0	4,0
TUG's WC (LE)	13					2	0,92	1.104		1.104	220	5,45		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	11,7	69,2	2,5	2,5	2,5
TUG's Lab. 05 e 06	14				24	0,92	2.208			2.208	220	10,91		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	54,8	7,4	6,0	6,0	6,0
TUG's Lab. 07 e 08	18				24	0,92	2.208			2.208	220	10,91		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	66,7	6,0	10,0	10,0	10,0
TUG's Lab. 09 e 10	15				24	0,92	2.208			2.208	220	10,91		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	113,2	3,6	16,0	16,0	16,0
TUG's Lab. 11 e 12	9				24	0,92	2.208			2.208	220	10,91		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	145,0	2,8	16,0	16,0	16,0
TUG's Refeitório (LD)	3				5	3	0,92	2.116		2.116	220	10,45		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	26,58	4,0	2,0%	4,4	99,4	4,2	10,0	10,0	10,0
TUG's WC (LD)	17					2	0,92	1.104		1.104	220	5,45		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	96,6	8,3	6,0	6,0	6,0
TUG's Lab. 13 e 14	19				24	0,92	2.208			2.208	220	10,91		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	139,0	2,9	16,0	16,0	16,0
TUG's Lab. Máquinas	10				12	0,92	1.104			1.104	220	5,45		B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	93,5	8,6	6,0	6,0	6,0
						TOTAL		32.006		11.956		12.132															

Fonte: Autores (2018)

Tabela 57 – Quadro de carga TUE's - térreo

QUADRO DE CARGA TUE's - TÉRREO																												
Ambiente	Circ.	TUE (VA)				Potência Instalada (W)	Balançamento			Corrente		Correção da Corrente (I'p)			Capacidade de corrente (mm2) - fase	Fiação				Seção nominal								
		1150	1890	2468	3092		5500	Fator de Potência (cosφ)	R	S	T	Tensão (V)	(Ip) (lb)	(Ip) (lb)		Tipo de linha elétrica	Tipo de Isolação	k1 (Temp. 25°C)	k2				k3	I'p	Comprimento (m)	V/(A.Km)	(mm2) - fase	Fase (mm²)
TUE's Microondas Refeitório (LE)	1	1				1	1.150				220	5,23	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,29	2,5	2,0%	4,4	11,7	72,1	2,5	2,5	2,5	2,5	
TUE's Chuveiro elétrico (LE - Feminino)	5					1	5.500			5.500	220	25,00	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	16,0	2,0%	4,4	6,3	28,2	2,5	16,0	16,0	16,0	
TUE's Chuveiro elétrico (LE - Masculino)	6					1	5.500			5.500	220	25,00	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	16,0	2,0%	4,4	6,3	27,8	2,5	16,0	16,0	16,0	
TUE's Microondas Refeitório (LD)	3	1				1	1.150		1.150		220	5,23	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,29	2,5	2,0%	4,4	76,7	11,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
TUE's Chuveiro elétrico (LD - Feminino)	9					1	5.500		5.500		220	25,00	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	16,0	2,0%	4,4	88,6	2,0	25,0	25,0	25,0	16,0	
TUE's Chuveiro elétrico (LD - Masculino)	7					1	5.500		5.500		220	25,00	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	16,0	2,0%	4,4	88,6	2,0	25,0	25,0	25,0	16,0	
Lab. 01	2		1			1	3.092	3.092			220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	28,1	11,1	4,0	6,0	6,0	6,0	
Lab. 02	4		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	28,1	11,1	4,0	6,0	6,0	6,0	
Lab. 03	19		1			1	3.092	3.092			220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	16,1	19,4	4,0	6,0	6,0	6,0	
Lab. 04	21		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	9,6	32,7	2,5	6,0	6,0	6,0	
Lab. 05	18		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	21,4	14,6	4,0	6,0	6,0	6,0	
Lab. 06	14		1			1	3.092	3.092			220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	21,5	14,6	4,0	6,0	6,0	6,0	
Lab. 07	16		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	33,4	9,4	6,0	6,0	6,0	6,0	
Lab. 08	17		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	33,5	9,3	6,0	6,0	6,0	6,0	
Lab. 09	13		1			1	3.092	3.092			220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	68,0	4,6	10	10,0	10,0	10,0	
Lab. 10	15		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	69,1	4,5	10	10,0	10,0	10,0	
Lab. 11	12		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	81,1	3,9	16	16,0	16,0	16,0	
Lab. 12	8		1			1	3.092	3.092			220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	92,5	3,4	16	16,0	16,0	16,0	
Lab. 13	10		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	104,4	3,0	16	16,0	16,0	16,0	
Lab. 14	11		1			1	3.092		3.092		220	14,05	81-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	6,0	2,0%	4,4	104,5	3,0	16,0	16,0	16,0	16,0	
TOTAL							43.288	22.110	22.110	23.968																		

Fonte: Autores (2018)

Tabela 58 – Quadro de carga de iluminação e TUG's – primeiro pavimento

QUADRO DE CARGA DE ILUMINAÇÃO E TUG'S - 1º PAVIMENTO																											
Ambiente	Circ.	Iluminação (W)		TUG'S (VA)		Potência Instalada (W)	Balanceamento			Tensão		Corrente (Ip) (Ib)		Tipo de linha elétrica	Tipo de Isolação	Correção da Corrente (I'p)			Capacidade de corrente (mm2) - fase	Fiação			Seção nominal				
		19	88	Fator de Potência (cosφ)	100		600	Fator de Potência (cosφ)	R	S	T	(V)	(A)			k1 (Temp. 25°C)	k2	k3		I'p (Ip)	%	ΔU-% U (V)	Comprimento (m)	V/(A* Km)	(mm2) fase	Fase (mm²)	Terra
Illum. Circulação Corredor de Lado Maior - Parte 1 (Da escada até sala 108); Escada/ Salas 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107 e 108	6	80		0,92		1.520			1.520	220	7,51	1,06	0,70	0,53	19,10	2,5	2,0%	4,4	128,6	4,6	10,0	10,0	10,0	10,0			
	7	106		0,92		2.014	2.014			220	9,95	1,06	0,70	0,53	25,30	4,0	2,0%	4,4	187,2	2,4	25,0	25,0	16,0	16,0			
	11	80		0,92		1.520			1.520	220	7,51	1,06	0,70	0,53	19,10	2,5	2,0%	4,4	209,0	2,8	16,0	16,0	16,0	16,0			
	5	70		0,92		1.330			1.330	220	6,57	1,06	0,70	0,53	16,71	1,5	2,0%	4,4	201,8	3,3	16,0	16,0	16,0	16,0			
TUG's Circulação Corredores e Escadas (LE e LD)	4				16	1.472			1.472	220	7,27	1,06	0,70	0,53	18,49	2,5	2,0%	4,4	154,1	3,9	16,0	16,0	16,0	16,0			
	9				21	1.932			1.932	220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	54,3	8,5	6,0	6,0	6,0	6,0			
					21	1.932			1.932	220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	42,7	10,8	4,0	4,0	4,0	4,0			
					21	1.932			1.932	220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	39,8	11,6	4,0	4,0	4,0	4,0			
	1				2	1.104	1.104			220	5,45	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	11,8	68,2	2,5	2,5	2,5	2,5			
					21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	36,2	12,7	4,0	4,0	4,0	4,0			
					21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	54,3	8,5	6,0	6,0	6,0	6,0			
	17				21	1.932			1.932	220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	53,8	8,6	6,0	6,0	6,0	6,0			
					21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	101,0	4,6	10,0	10,0	10,0	10,0			
					21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	103,9	4,4	10,0	10,0	10,0	10,0			
TUG's Salas 122, 123 e 124	12				21	1.932			1.932	220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	123,9	3,7	16,0	16,0	16,0	16,0			
	8				21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	98,4	8,2	6,0	6,0	6,0	6,0			
					2	1.104	1.104			220	5,45	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	98,4	8,2	6,0	6,0	6,0	6,0			
					21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	16,18	1,5	2,0%	4,4	93,9	7,4	6,0	6,0	6,0	6,0			
	2				14	1.288	1.288			220	6,36	1,06	0,70	0,53	16,18	1,5	2,0%	4,4	93,9	7,4	6,0	6,0	6,0	6,0			
					21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	122,4	3,8	16	16,0	16,0	16,0			
					21	1.932	1.932			220	9,55	1,06	0,70	0,53	24,27	4,0	2,0%	4,4	122,4	3,8	16	16,0	16,0	16,0			
	TOTAL						30.672	10.202	10.304	10.166																	

Fonte: Autores (2018)

Tabela 60 – Quadro de carga de iluminação e TUG's – segundo pavimento

QUADRO CARGA DE ILUMINAÇÃO E TUG'S - 2º PAVIMENTO																										
Ambiente	Circ.	Iluminação (W)		TUG's (VA)		Potência Instalada (W)	Balanceamento			Tensão		Corrente (Ip) (B)		Correção da Corrente (I'p)				Capacidade de corrente (mm2) - fase	Fiação				Seção nominal			
		19	88	Fator de Potência (cos-φ)	100		600	Fator de potência (cosφ)	R	S	T	V	(A)	k1 (Temp. 25°C)	k 2	k 3	I'(p)		ΔU=% U (V)	Comprimento (m)	V/(A* Km)	(mm2) fase	Fase (mm²)	Neutro Terra		
Illum. Circulação Corredor de Lado Maior (LE) - Parte 1 (Da escada até sala de aula 204)/ Salas 201, 202, 203 e 204	7	78		0,92			1.482	1.482			220	7,32	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	18,62	2,5	2,0%	4,4	122,0	4,9	10,0	10,0	10,0
Illum. Circulação Corredor de Lado Maior (LE) - Parte 2 (Do WC até o fim do prédio) / Salas 205 e 206/ Auditório (Tribuna e Plateia)/ WC	4	98		0,92			1.862		1.862		220	9,20	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	23,39	2,5	2,0%	4,4	165,0	2,9	16,0	16,0	16,0
Illum. Circulação Corredor de Lado Maior (LD) - Parte 1 (Da escada até sala 210)/ Salas 207, 208, 209 e 210	2	78		0,92			1.482	1.482			220	7,32	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	18,62	2,5	2,0%	4,4	152,4	3,9	16,0	16,0	16,0
Illum. Circulação Corredor de Lado Maior (LD) - Parte 2 (Do WC até o fim do prédio) / Salas 211 e 212/ Auditório (Tribuna e Plateia)/ WC	12	98		0,92			1.862			1.862	220	9,20	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	23,39	2,5	2,0%	4,4	182,5	2,6	25,0	25,0	16,0
TUG's Circulação Corredores	10				16		1.472		1.472		220	7,27	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	18,49	2,5	2,0%	4,4	139,3	4,3	10,0	10,0	10,0
TUG's Salas 201 e 202	9				24		2.208		2.208		220	10,91	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	60,2	8,7	10,0	10,0	10,0
TUG's Salas 203 e 204	14				24			2.208			220	10,91	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	48,2	6,0	6,0	6,0	6,0
TUG's WC (LE)	5					2	1.104			1.104	220	5,45	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	17,0	47,5	2,5	2,5	2,5
TUG's Sala 205	13				16		1.472		1.472		220	7,27	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	18,49	2,5	2,0%	4,4	32,9	18,4	2,5	2,5	2,5
TUG's Sala 206	17				16		1.472			1.472	220	7,27	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	18,49	2,5	2,0%	4,4	41,4	14,6	4,0	4,0	4,0
TUG's Auditório (LE)	3				19		1.748		1.748		220	8,64	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	21,96	2,5	2,0%	4,4	55,1	9,2	6,0	6,0	6,0
TUG's Salas 207 e 208	15				24		2.208		2.208		220	10,91	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	112,7	3,6	16,0	16,0	16,0
TUG's Salas 209 e 210	18				24					2.208	220	10,91	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	27,74	4,0	2,0%	4,4	124,9	3,2	16,0	16,0	16,0
TUG's WC (LD)	1					2	1.104		1.104		220	5,45	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	13,87	1,5	2,0%	4,4	100,9	8,0	6,0	6,0	6,0
TUG's Sala 211	11				16		1.472			1.472	220	7,27	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	18,49	2,5	2,0%	4,4	111,9	5,4	10,0	10,0	10,0
TUG's Sala 212	6				16		1.472		1.472		220	7,27	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	18,49	2,5	2,0%	4,4	100,0	6,0	10,0	10,0	10,0
TUG's Auditório (LD)	8				19		1.748		1.748		220	8,64	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	21,96	2,5	2,0%	4,4	98,6	5,2	10,0	10,0	10,0
TOTAL							28.584	9.496	9.498	9.590																

Fonte: Autores (2018)

Tabela 61 – Quadro de carga de TUE's – segundo pavimento

Ambiente		TUE (VA)					Potência Instalada					Balanceamento			Tensão		Corrente		Correção da Corrente (I'p)					Capacidade de corrente			Fliação												
		Circ.		1150 1890 2468 3092		5500		Fator de Potência (cosφ)		Potência Instalada (W)		R S T		(V)		(Ip) (lb)		Tipo de linha elétrica		Tipo de Isolação		k1 (Temp. 25°C)		k2 k3		(I'p)		%		ΔU=Σ* U (V)		Comprimento (m)		V/(Δ*km)		(mm2) - fase		Seção nominal	
TUE's Chuveiro elétrico (LD - Feminino)		4				1	1	5500		5.500		220	25,00	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	2,0%	4,4	91,4	1,9	25,0	25,0	25,0	25,0	16,0	16,0										
TUE's Chuveiro elétrico (LD - Masculino)		11				1	1	5500		5.500		220	25,00	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	2,0%	4,4	91,6	1,9	25,0	25,0	25,0	25,0	16,0	16,0										
TUE's Chuveiro elétrico (LE - Feminino)		7				1	1	5500		5.500		220	25,00	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	2,0%	4,4	6,4	27,6	2,5	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0										
TUE's Chuveiro elétrico (LE - Masculino)		9				1	1	5500		5.500		220	25,00	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	63,57	2,0%	4,4	6,5	27,2	2,5	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0										
Sala 201		22				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>33,3</td> <td>9,4</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td>	4,4	33,3	9,4	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0										
Sala 202		24				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>34,7</td> <td>14,6</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td>	4,4	34,7	14,6	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0										
Sala 203		19				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>21,3</td> <td>14,7</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td>	4,4	21,3	14,7	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0										
Sala 204		21				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>9,4</td> <td>33,4</td> <td>2,5</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td>	4,4	9,4	33,4	2,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0										
Sala 205		3			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>17,9</td> <td>21,9</td> <td>2,5</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td>	4,4	17,9	21,9	2,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0										
Sala 205		3			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>14,2</td> <td>27,6</td> <td>2,5</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td>	4,4	14,2	27,6	2,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0										
Sala 206		13			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>26,3</td> <td>14,9</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td>	4,4	26,3	14,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0										
Sala 206		15			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>23,0</td> <td>17,1</td> <td>2,5</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td>	4,4	23,0	17,1	2,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0										
Sala 207		23				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>62,8</td> <td>5,0</td> <td>10</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	62,8	5,0	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Sala 208		14				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>73,6</td> <td>4,3</td> <td>10</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	73,6	4,3	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Sala 209		16				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>73,6</td> <td>4,3</td> <td>10</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	73,6	4,3	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Sala 210		18				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>86,1</td> <td>3,6</td> <td>16</td> <td>16,0</td> <td>16,0</td> <td>16,0</td> <td>16,0</td> <td>16,0</td>	4,4	86,1	3,6	16	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0										
Sala 211		8			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>73,7</td> <td>5,3</td> <td>10</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	73,7	5,3	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Sala 211		17			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>77,5</td> <td>5,1</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	77,5	5,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Sala 212		10			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>65,4</td> <td>6,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	65,4	6,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Sala 212		12			1		1	2468		2.468		220	11,22	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	28,53	2,0% <td>4,4</td> <td>70,1</td> <td>5,6</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	70,1	5,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Auditório (LE)		20				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>25,7</td> <td>12,2</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td>	4,4	25,7	12,2	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0										
Auditório (LE)		6				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>22,6</td> <td>13,8</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td>	4,4	22,6	13,8	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0										
Auditório (LD)		2				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>64,9</td> <td>4,8</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	64,9	4,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										
Auditório (LD)		5				1	1	3092		3.092		220	14,05	B1-7	PVC	1,06	0,70	0,53	35,74	2,0% <td>4,4</td> <td>68,0</td> <td>4,6</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td> <td>10,0</td>	4,4	68,0	4,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0										

Fonte: Autores (2018)

Tabela 62 – Quadro terminal 1- TUG's e iluminação – térreo

Quadro Terminal 1 - TUG's e Iluminação - Térreo							
Circuito	Corrente (Ib)	Corrente (Ib)*1,3	Seção nominal Fase (mm²)	Disjuntor			
				Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz
12	9,39	12,20	16,00	76	13	ok	ok
6	6,95	9,03	10,00	57	10	ok	ok
5	6,76	8,79	6,00	41	10	ok	ok
11	9,58	12,45	25,00	101	13	ok	ok
7	8,64	11,23	25,00	101	13	ok	ok
4	10,43	13,57	25,00	101	16	ok	ok
1	5,22	6,78	10,00	57	10	ok	ok
2	8,18	10,64	16,00	76	13	ok	ok
16	10,91	14,18	10,00	57	16	ok	ok
23	10,91	14,18	10,00	57	16	ok	ok
8	10,45	13,59	4,00	32	16	ok	ok
13	5,45	7,09	2,50	24	10	ok	ok
14	10,91	14,18	6,00	41	16	ok	ok
18	10,91	14,18	10,00	57	16	ok	ok
15	10,91	14,18	16,00	76	16	ok	ok
9	10,91	14,18	16,00	76	16	ok	ok
3	10,45	13,59	10,00	57	16	ok	ok
17	5,45	7,09	6,00	41	10	ok	ok
19	10,91	14,18	16,00	76	16	ok	ok
10	5,45	7,09	6,00	41	10	ok	ok
Trifásico	56,22	73,08	50,00	134	80	ok	ok
Total de circuitos		20	Disjuntores reservas:				4

Fonte: Autores (2018)

Tabela 63 – Quadro terminal 2- TUE's – térreo

Quadro Terminal 2 - TUE - Térreo							
Circuito	Corrente (Ib)	Corrente (Ib)*1,3	Seção nominal Fase (mm²)	Disjuntor			
				Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz
1	5,23	6,80	2,50	24	10	ok	ok
5	25,00	32,50	16,00	76	40	ok	ok
6	25,00	32,50	16,00	76	40	ok	ok
3	5,23	6,80	4,00	32	10	ok	ok
9	25,00	32,50	25,00	101	40	ok	ok
7	25,00	32,50	25,00	101	40	ok	ok
2	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
4	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
19	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
21	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
18	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
14	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
16	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
17	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
13	14,05	18,27	10,00	57	20	ok	ok
15	14,05	18,27	10,00	57	20	ok	ok
12	14,05	18,27	16,00	76	20	ok	ok
8	14,05	18,27	16,00	76	20	ok	ok
10	14,05	18,27	16,00	76	20	ok	ok
11	14,05	18,27	16,00	76	20	ok	ok
Trifásico	84,97	110,46	95,00	207	125	ok	ok
Total de circuitos		20	Disjuntores reserva:				4

Fonte: Autores (2018)

Tabela 64 – Quadro terminal 3- TUG's e iluminação – primeiro pavimento

Quadro Terminal 3 - TUG's e Iluminação - 1º Pavimento							
Circuito	Corrente (Ib)	Corrente (Ib)*1,3	Seção nominal	Disjuntor			
			Fase (mm²)	Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz
6	7,51	9,76	10,00	57	10	ok	ok
7	9,95	12,94	25,00	101	13	ok	ok
11	7,51	9,76	16,00	76	10	ok	ok
5	6,57	8,54	16,00	76	10	ok	ok
4	7,27	9,45	16,00	76	10	ok	ok
9	9,55	12,41	6,00	41	13	ok	ok
16	9,55	12,41	4,00	32	13	ok	ok
18	9,55	12,41	4,00	32	13	ok	ok
1	5,45	7,09	2,50	24	10	ok	ok
13	9,55	12,41	4,00	32	13	ok	ok
15	9,55	12,41	6,00	41	13	ok	ok
17	9,55	12,41	6,00	41	13	ok	ok
14	9,55	12,41	10,00	57	13	ok	ok
12	9,55	12,41	10,00	57	13	ok	ok
8	9,55	12,41	16,00	76	13	ok	ok
3	5,45	7,09	6,00	41	10	ok	ok
2	6,36	8,27	6,00	41	10	ok	ok
10	9,55	12,41	16,00	76	13	ok	ok
Trifásico	46,11	59,94	50,00	134	63	ok	ok
Total de circuitos		18	Dijuntores reservas:				4

Fonte: Autores (2018)

Tabela 65 – Quadro terminal 4- TUE's – primeiro pavimento

Quadro Terminal 4 - TUE - 1º Pavimento							
Circuito	Corrente (Ib)	Corrente (Ib)*1,3	Seção nominal	Disjuntor			
			Fase (mm²)	Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz
4	25,00	32,50	16,00	76	40	ok	ok
5	25,00	32,50	16,00	76	40	ok	ok
3	25,00	32,50	25,00	101	40	ok	ok
6	25,00	32,50	25,00	101	40	ok	ok
2	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
7	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
8	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
13	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
38	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
33	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
35	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
37	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
28	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
30	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
32	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
27	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
29	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
31	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
22	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
24	8,59	11,17	2,50	24	13	ok	ok
26	8,59	11,17	4,00	32	13	ok	ok
1	8,59	11,17	4,00	32	13	ok	ok
21	8,59	11,17	6,00	41	13	ok	ok
23	8,59	11,17	6,00	41	13	ok	ok
25	8,59	11,17	6,00	41	13	ok	ok
16	8,59	11,17	6,00	41	13	ok	ok
18	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
20	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
15	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
17	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
19	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
10	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
12	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
14	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
9	8,59	11,17	10,00	57	13	ok	ok
11	8,59	11,17	6,00	41	13	ok	ok
Trifásico	74,54	96,90	95,00	207	100	ok	ok
Total de circuitos		36	Disjuntores reserva:				6

Fonte: Autores (2018)

Tabela 66 – Quadro terminal 5- TUG's e iluminação – segundo pavimento

Quadro Terminal 5 - TUG's e Iluminação - 2º Pavimento							
Circuito	Corrente (Ib)	Corrente (Ib)*1,3	Seção nominal Fase (mm²)	Disjuntor			
				Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz
7	7,32	9,52	10,00	57	10	ok	ok
4	9,20	11,96	16,00	76	13	ok	ok
2	7,32	9,52	16,00	76	10	ok	ok
12	9,20	11,96	25,00	101	13	ok	ok
10	7,27	9,45	10,00	57	10	ok	ok
9	10,91	14,18	10,00	57	16	ok	ok
14	10,91	14,18	6,00	41	16	ok	ok
5	5,45	7,09	2,50	24	10	ok	ok
13	7,27	9,45	2,50	24	10	ok	ok
17	7,27	9,45	4,00	32	10	ok	ok
3	8,64	11,23	6,00	41	13	ok	ok
15	10,91	14,18	16,00	76	16	ok	ok
18	10,91	14,18	16,00	76	16	ok	ok
1	5,45	7,09	6,00	41	10	ok	ok
11	7,27	9,45	10,00	57	10	ok	ok
6	7,27	9,45	10,00	57	10	ok	ok
8	8,64	11,23	10,00	57	13	ok	ok
Trifásico	42,30	54,99	50,00	134	63	ok	ok
Total de circuitos		17	Dijuntores reservas:				4

Fonte: Autores (2018)

Tabela 67 – Quadro terminal 6- TUE's – segundo pavimento

Quadro Terminal 6 - TUE - Segundo Pavimento							
Circuito	Corrente (Ib)	Corrente (Ib)*1,3	Seção nominal Fase (mm²)	Disjuntor			
				Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz
4	25,00	32,50	25,00	101	40	ok	ok
11	25,00	32,50	25,00	101	40	ok	ok
7	25,00	32,50	16,00	76	40	ok	ok
9	25,00	32,50	16,00	76	40	ok	ok
22	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
24	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
19	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
21	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
1	11,22	14,58	4,00	32	16	ok	ok
3	11,22	14,58	4,00	32	16	ok	ok
13	11,22	14,58	4,00	32	16	ok	ok
15	11,22	14,58	4,00	32	16	ok	ok
23	14,05	18,27	10,00	57	20	ok	ok
14	14,05	18,27	10,00	57	20	ok	ok
16	14,05	18,27	10,00	57	20	ok	ok
18	14,05	18,27	16,00	76	20	ok	ok
8	11,22	14,58	10,00	57	16	ok	ok
17	11,22	14,58	10,00	57	16	ok	ok
10	11,22	14,58	10,00	57	16	ok	ok
12	11,22	14,58	10,00	57	16	ok	ok
20	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
6	14,05	18,27	6,00	41	20	ok	ok
2	14,05	18,27	10,00	57	20	ok	ok
5	14,05	18,27	10,00	57	20	ok	ok
Trifásico	84,55	109,91	95,00	207	125	ok	ok
Total de circuitos		24	Dijuntores reserva:				4

Fonte: Autores (2018)

Tabela 68 – Circuitos de distribuição

Potência total (VA) considerando FP=1,00				Potência Demandada (VA)				Dimensionamento																		
Aparelho	R	S	T	TOTAL	Demanda	R	S	T	TOTAL	Fase	Corrente (A)	Tipo de linha elétrica	Correção da Corrente (fp)				Fiação			Seção nominal						
													k1	Temp. 25°C	k2	k3	(fp)	Capacidade de corrente (mm2) - fase	% ΔU= % (Circuíto) * U (V)	Comprime nto (m)	V/(A * K) (mm2) - fase	Fase Neutro	Terra			
Circuito de Distribuição 1 - TUG's e Iluminação - Térreo																										
Iluminação	3.047,83	2.295,65	7.186,96	12.530,43	97,88%	2.983,32	2.247,06	7.034,84	12.265,22	R	50,86	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	129,51	50,00	2%	4,40	34,88	0,97	50,00	50,0	25,0	
TUG's	10.100,00	10.700,00	6.000,00	26.800,00	72,39%	7.311,19	7.745,52	4.343,28	19.400,00	S	49,37	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	125,71	50,00	2%	4,40	34,88	1,00	50,00	50,0	25,0	
Total	13.147,83	12.995,65	13.186,96	39.330,43	65,26%	10.294,51	9.992,59	11.378,12	31.665,22	T	56,22	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	143,14	70,00	2%	4,40	34,88	0,88	50,00	70,0	35,0	
TOTAL											156,45															
Circuito de Distribuição 2 - TUE's - Térreo																										
2 Eletrodomésticos	1.150,00	1.150,00	0,00	2.300,00	98,00%	1.127,00	1.127,00	0,00	2.254,00	R	74,33	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	189,26	95,00	2%	4,40	34,37	0,68	70,00	95,0	35,00	47,5
14 Ar-condicionados	15.460,00	15.460,00	12.368,00	43.288,00	75,00%	11.595,00	11.595,00	9.276,00	32.466,00	S	74,33	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	189,26	95,00	2%	4,40	34,37	0,68	70,00	95,0	35,00	47,5
4 Chuveiros elétricos	5.500,00	5.500,00	11.000,00	22.000,00	66,00%	3.630,00	3.630,00	7.260,00	14.520,00	T	75,16	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	191,39	95,00	2%	4,40	34,37	0,67	70,00	95,0	35,00	47,5
Total	22.110,00	22.110,00	23.368,00	67.588,00	58,88%	16.352,00	16.352,00	16.536,00	49.240,00	TOTAL	223,82															
Circuito de Distribuição 3 - TUG's e Iluminação - 1º Pavimento																										
Iluminação	2.189,13	0,00	4.750,00	6.939,13	100,00%	2.189,13	0,00	4.750,00	6.939,13	R	42,80	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	108,97	35,00	2%	4,40	40,56	1,00	50,00	50,0	25,0	25,0
TUG's	8.900,00	11.200,00	6.300,00	26.400,00	72,73%	6.472,73	8.145,45	4.581,82	19.200,00	S	40,24	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	102,47	35,00	2%	4,40	40,56	1,06	50,00	50,0	25,0	25,0
Total	11.089,13	11.200,00	11.050,00	33.339,13	68,00%	8.661,86	8.145,45	9.331,82	26.139,13	T	46,11	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	117,40	50,00	2%	4,40	40,56	0,92	50,00	50,0	35,00	25,0
TOTAL											129,15															
Circuito de Distribuição 4 - TUE's - 1º Pavimento																										
32 Ar-condicionados	26.460,00	17.010,00	17.010,00	60.480,00	65,00%	17.199,00	11.056,50	39.312,00	R	78,18	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	199,06	95,00	2%	4,40	40,00	0,35	70,00	95,0	50,00	47,5	
4 Chuveiros elétricos	0,00	11.000,00	11.000,00	22.000,00	66,00%	0,00	7.260,00	7.260,00	14.520,00	S	83,26	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	212,00	120,00	2%	4,40	40,00	0,52	95,00	120,0	50,00	60,0
Total	26.460,00	28.010,00	28.010,00	82.480,00	57,27%	17.199,00	18.316,50	46.572,00	T	83,26	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	212,00	120,00	2%	4,40	40,00	0,52	95,00	120,0	50,00	60,0	
TOTAL											244,69															
Circuito de Distribuição 5 - TUG's e Iluminação - 2º Pavimento																										
Iluminação	3.221,74	2.023,91	7.269,57	12.515,22	100,00%	3.221,74	2.023,91	7.269,57	12.515,22	R	42,30	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	107,71	35,00	2%	4,40	42,82	0,95	50,00	50,0	25,00	25,0
TUG's	7.100,00	8.300,00	23.800,00	39.200,00	75,21%	5.339,92	6.242,44	6.317,65	17.900,00	S	40,84	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	103,99	35,00	2%	4,40	42,82	0,99	50,00	50,0	25,00	25,0
Total	10.321,74	10.323,91	31.069,57	51.715,22	69,31%	8.561,66	8.266,35	13.587,22	T	41,21	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	104,94	35,00	2%	4,40	42,82	0,98	50,00	50,0	25,00	25,0	
TOTAL											124,36															
Circuito de Distribuição 6 - TUE's - 2º Pavimento																										
20 Ar-condicionados	19.772,00	16.680,00	20.396,00	56.848,00	75,00%	14.829,00	12.510,00	15.297,00	42.636,00	R	83,90	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	213,64	120,00	2%	4,40	42,54	0,48	95,00	120,0	50,00	60,0
4 Chuveiros elétricos	5.500,00	11.000,00	5.500,00	22.000,00	66,00%	3.630,00	7.260,00	3.630,00	14.520,00	S	83,86	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	228,82	120,00	2%	4,40	42,54	0,45	95,00	120,0	70,00	60,0
Total	25.272,00	27.680,00	25.896,00	78.848,00	57,61%	18.459,00	19.770,00	18.927,00	57.156,00	T	86,03	B1-7	PVC	1,06	0,57	0,65	219,06	120,00	2%	4,40	42,54	0,47	95,00	120,0	50,00	60,0
TOTAL											359,80															

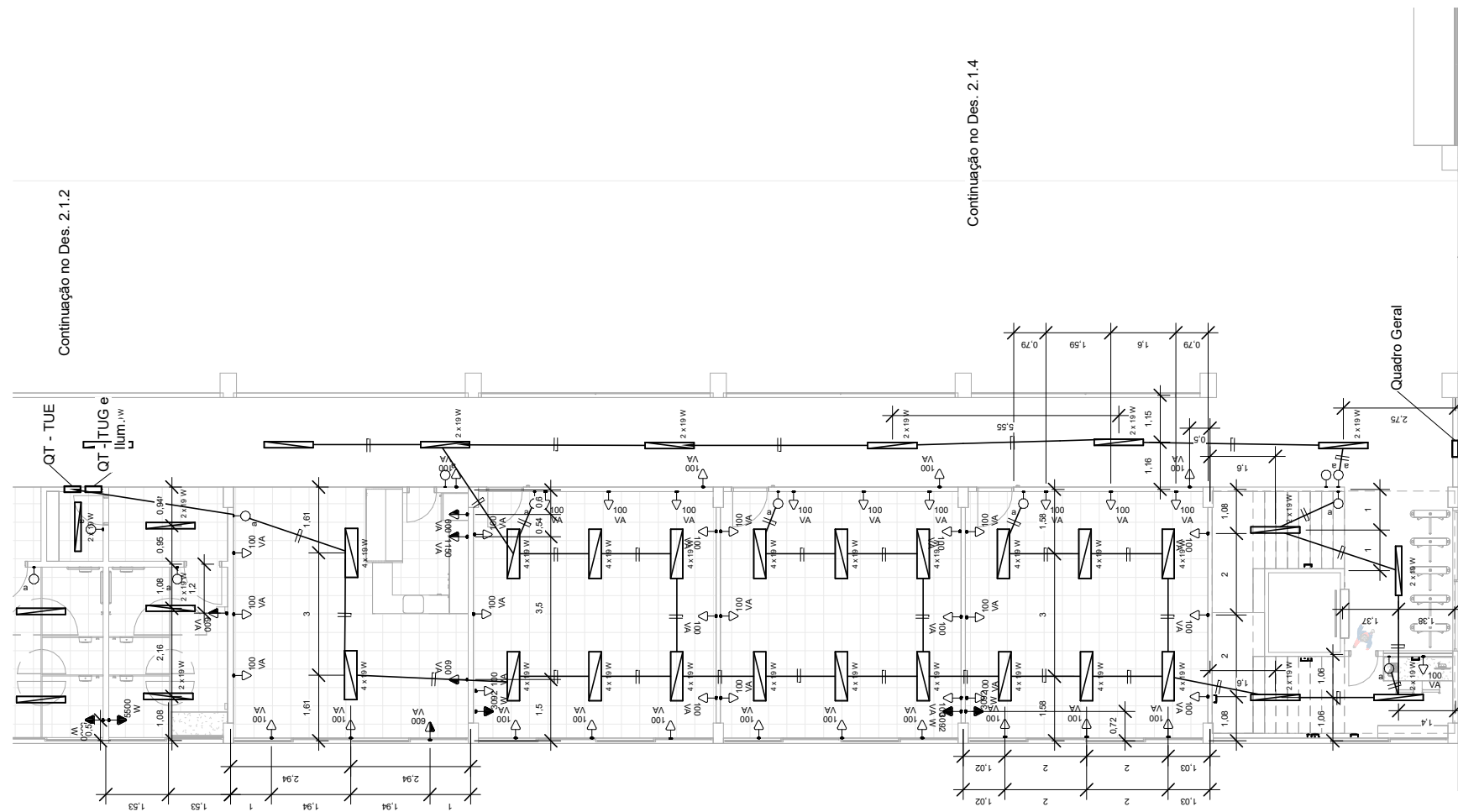
Fonte: Autores (2018)

Tabela 69 – Quadro de distribuição geral

Quadro Geral																				
Disjuntor	Circuito de distribuição	Corrente (Ib)			Fase R					Fase S					Fase T					Disjuntor Trifásico (A)
		R	S	T	Fase (mm ²)	Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz	Fase (mm ²)	Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz	Fase (mm ²)	Iz (A)	Ind (I2) (A)	Ib ≤ Ind ≤ Iz	I2 ≤ 1,45 Iz	
1	1	50,86	49,37	56,22	50,00	134	70	ok	ok	50,00	134	80	ok	ok	70,00	171	80	ok	ok	80
2	2	69,42	69,42	74,54	95,00	207	100	ok	ok	95,00	207	100	ok	ok	95,00	207	100	ok	ok	100
3	3	42,80	40,24	46,11	50,00	134	63	ok	ok	50,00	134	63	ok	ok	50,00	134	63	ok	ok	63
4	4	72,07	84,97	84,97	95,00	207	100	ok	ok	120,00	239	125	ok	ok	120,00	239	125	ok	ok	125
5	5	42,30	40,84	41,21	50,00	134	63	ok	ok	50,00	134	63	ok	ok	50,00	134	63	ok	ok	63
6	6	73,74	84,55	75,46	95,00	207	100	ok	ok	120,00	239	125	ok	ok	95,00	207	100	ok	ok	125
TOTAL		351,19	369,39	378,50																
DISJUNTOR TRIFÁSICO GERAL:		500 A																		

Fonte: Autores (2018)

ANEXO D – DETALHAMENTO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



Térreo - Detalhe 1/4

1 : 100

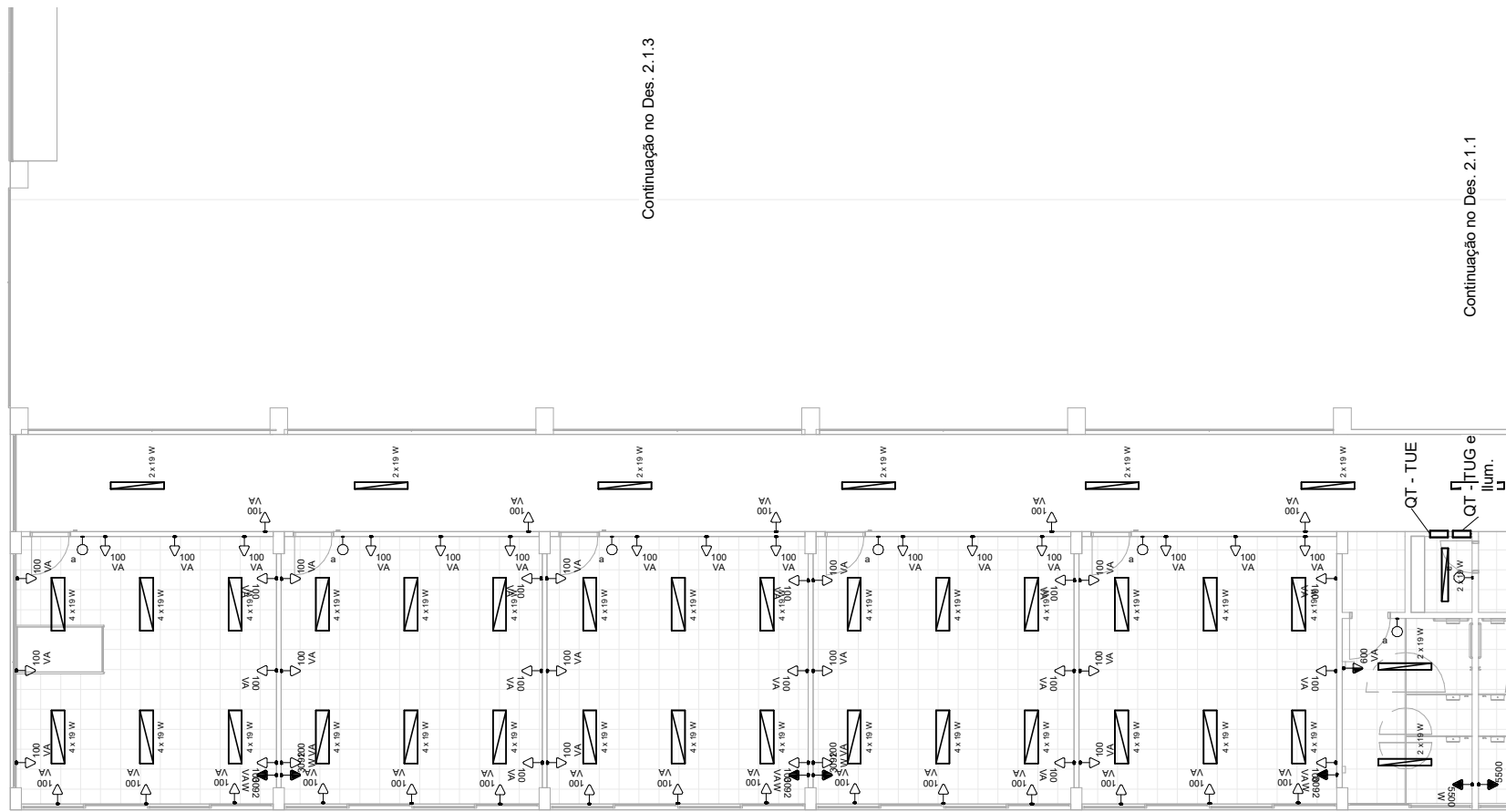
Planta Elétrica - Térreo 1/4

Projeto LabTec

Desenhadas por Maiana e Pedro

Des.- 2.1.1

Escala 1 : 100



Térreo - Detalhe 2/4

1 : 100

1

Planta Elétrica - Térreo 2/4

Projeto

LabTec

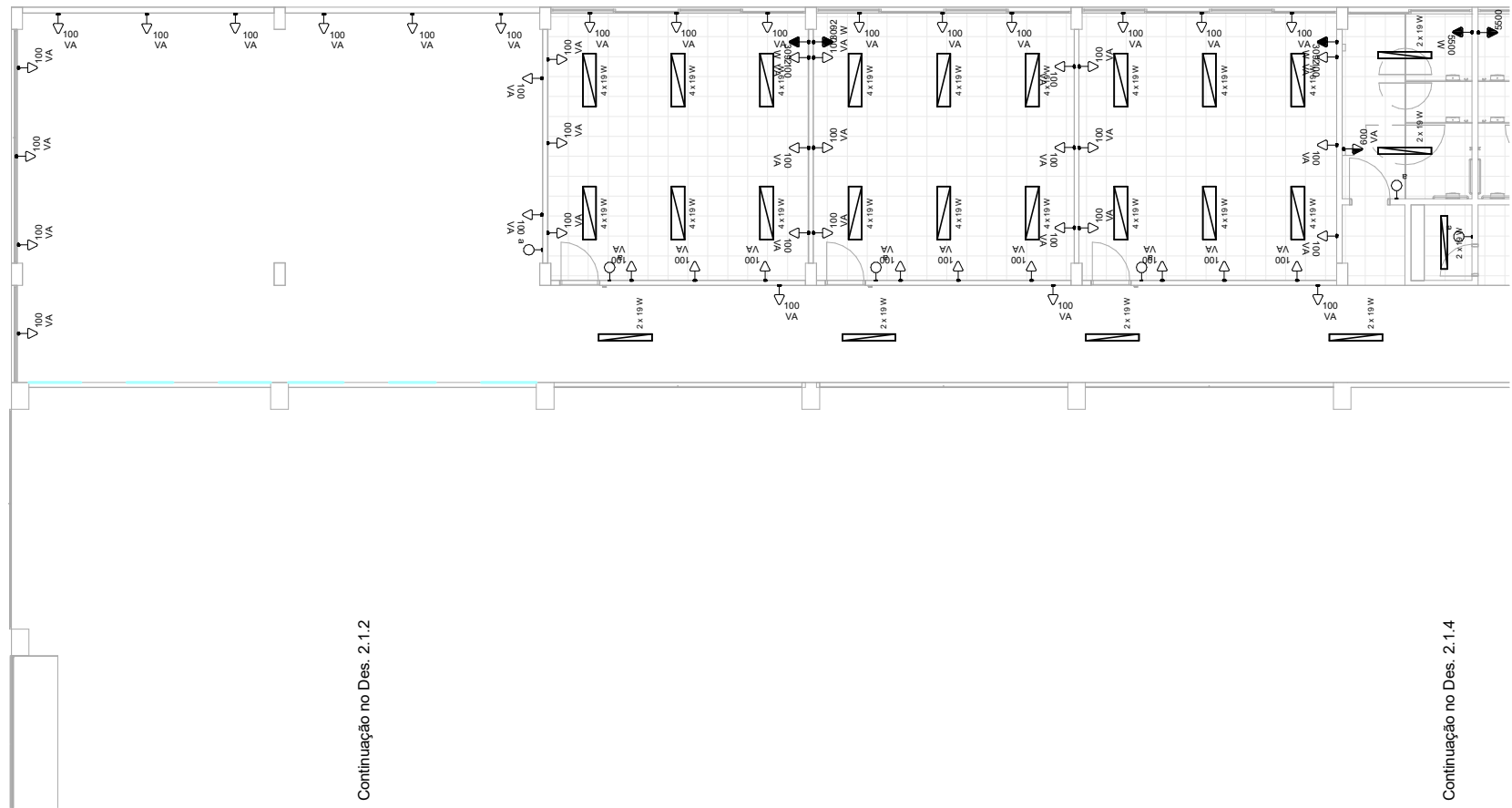
Desenhadas por

Maiana e Pedro

Des.- 2.1.2

Escala

1 : 100



1 Térreo - Detalhe 3/4
1 : 100

Planta Elétrica - Térreo 3/4

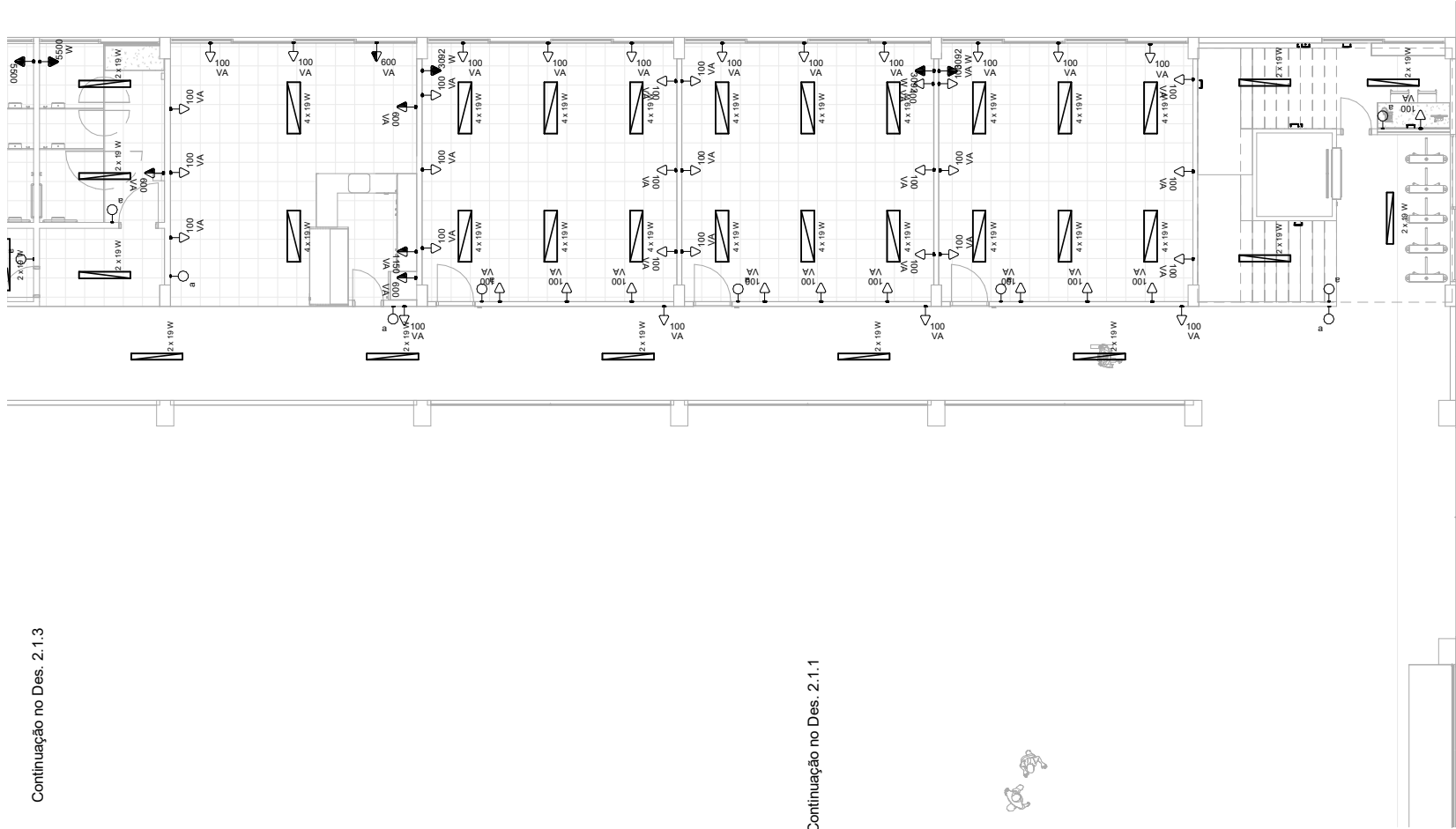
Projeto LabTec
Desenhadas por Maiana e Pedro

Des.- 2.1.3

Escala 1 : 100

Continuação no Des. 2.1.3

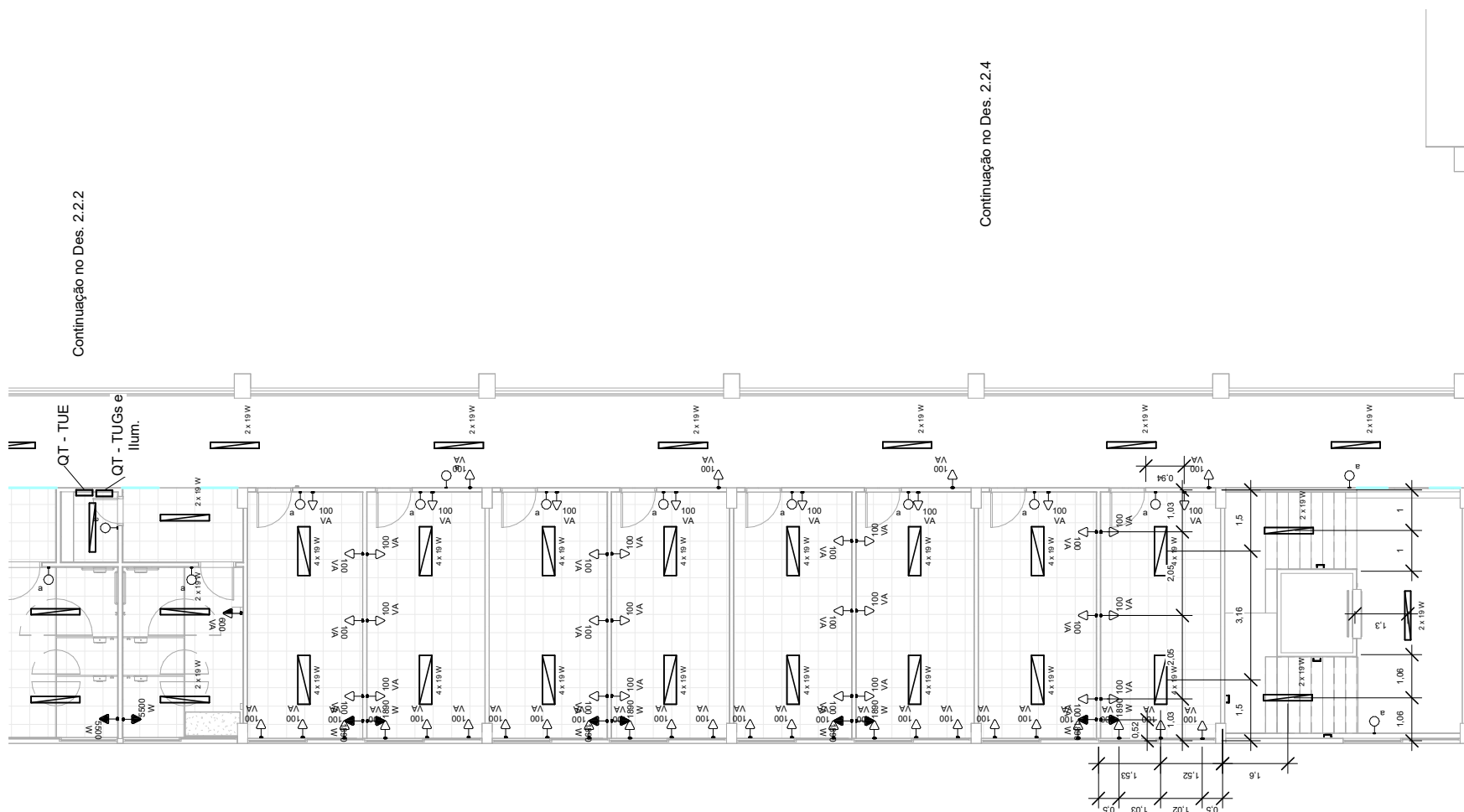
Continuação no Des. 2.1.1



Térreo - Detalhe 4/4

1 1 : 100

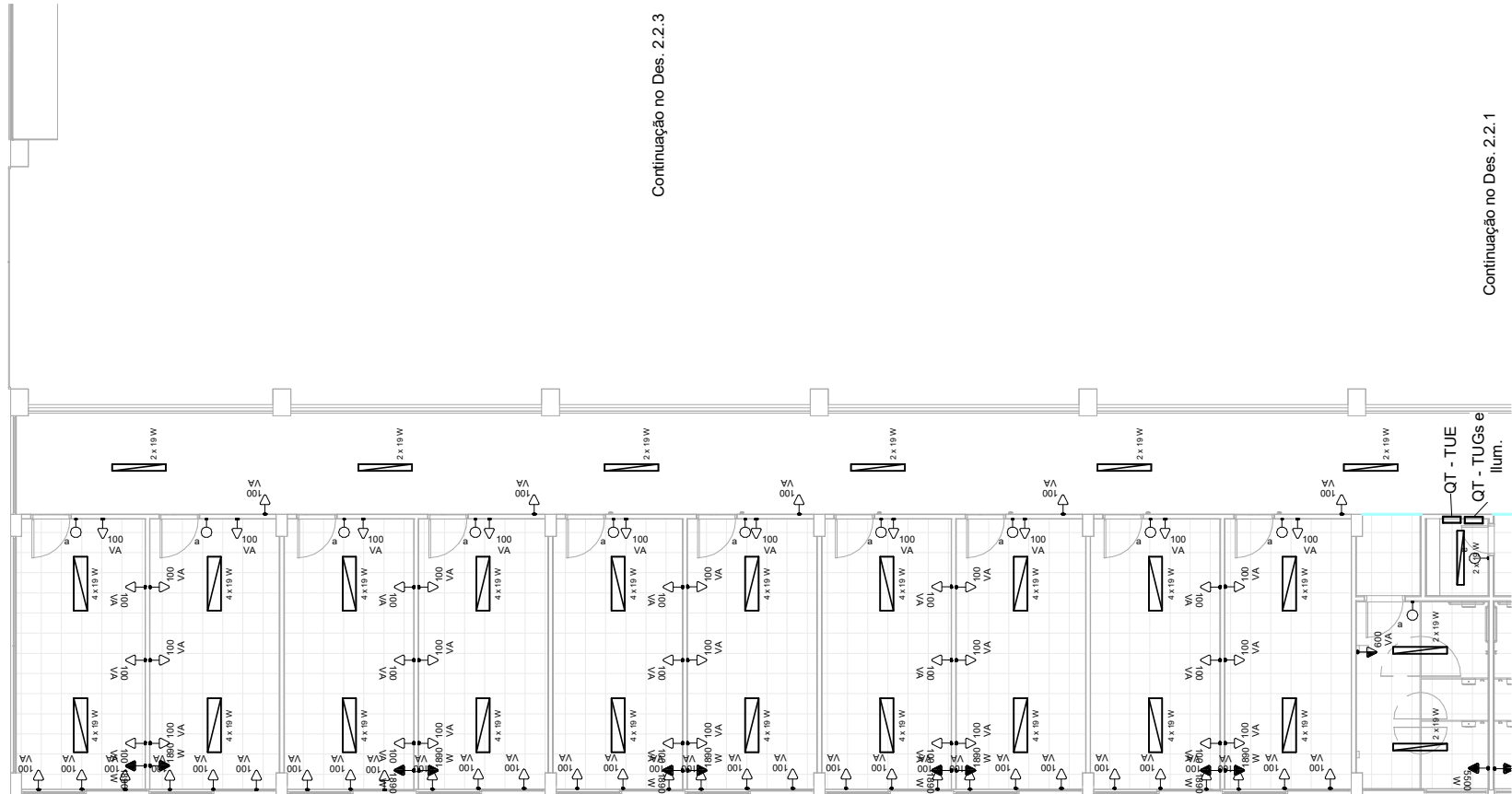
Planta Elétrica - Térreo 4/4		
Projeto	LabTec	Des.- 2.1.4
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1 : 100



Planta Elétrica-Primeiro Pav. 1/4		
Projeto	LabTec	Des.- 2.2.1
Desenhadas por	Pedro e Maiana	
Escala		1 : 100

1 Primeiro Pav. - Detalhe 1/4

1 : 100



Primeiro Pav. - Detalhe 2/4

1 : 100

1

Planta Elétrica-Primeiro Pav. 2/4

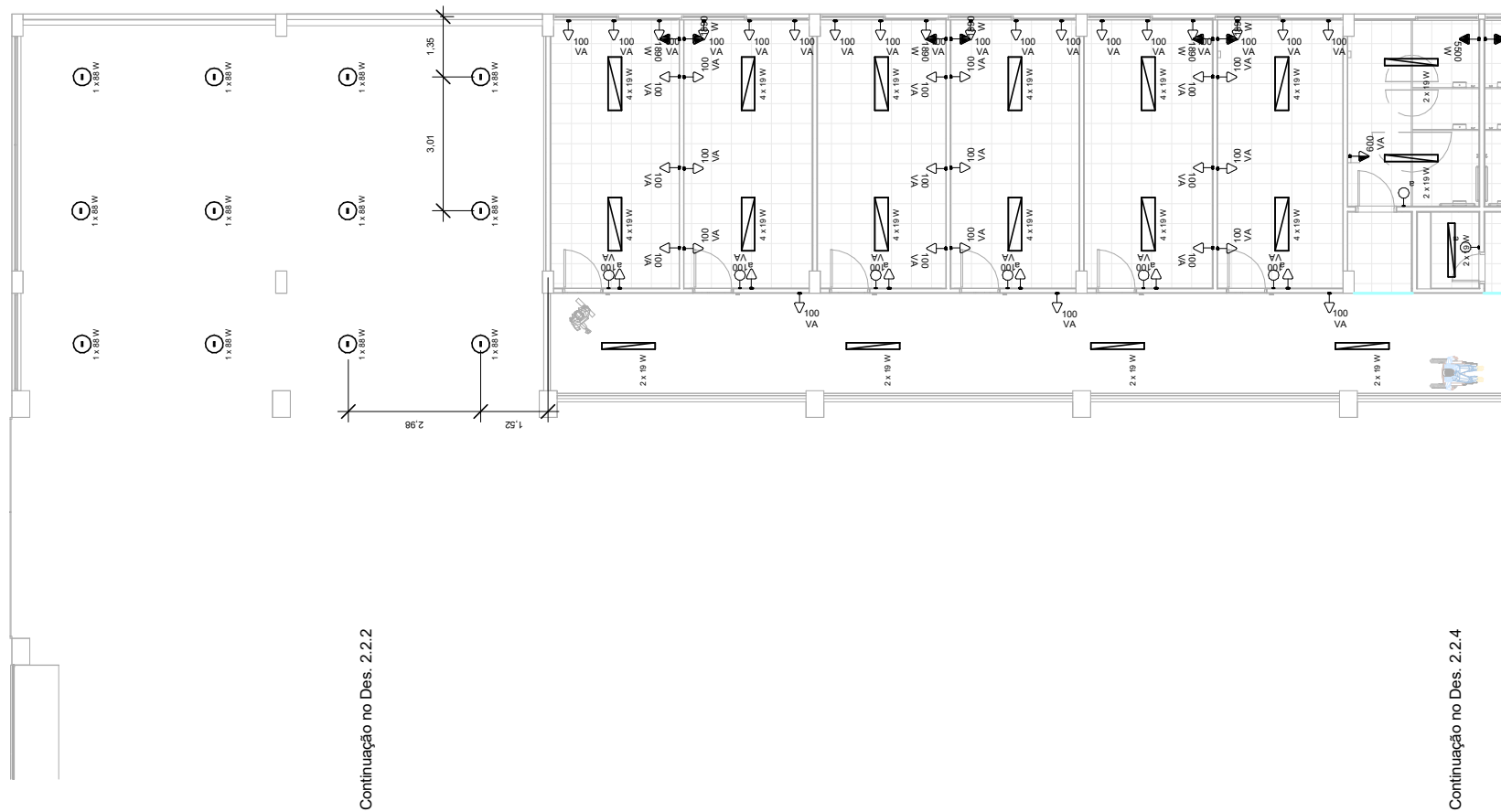
Projeto LabTec

Desenhadas por Maiana e Pedro

Des.- 2.2.2

Escala

1 : 100



Primeiro Pav. - Detalhe 3/4

1 : 100

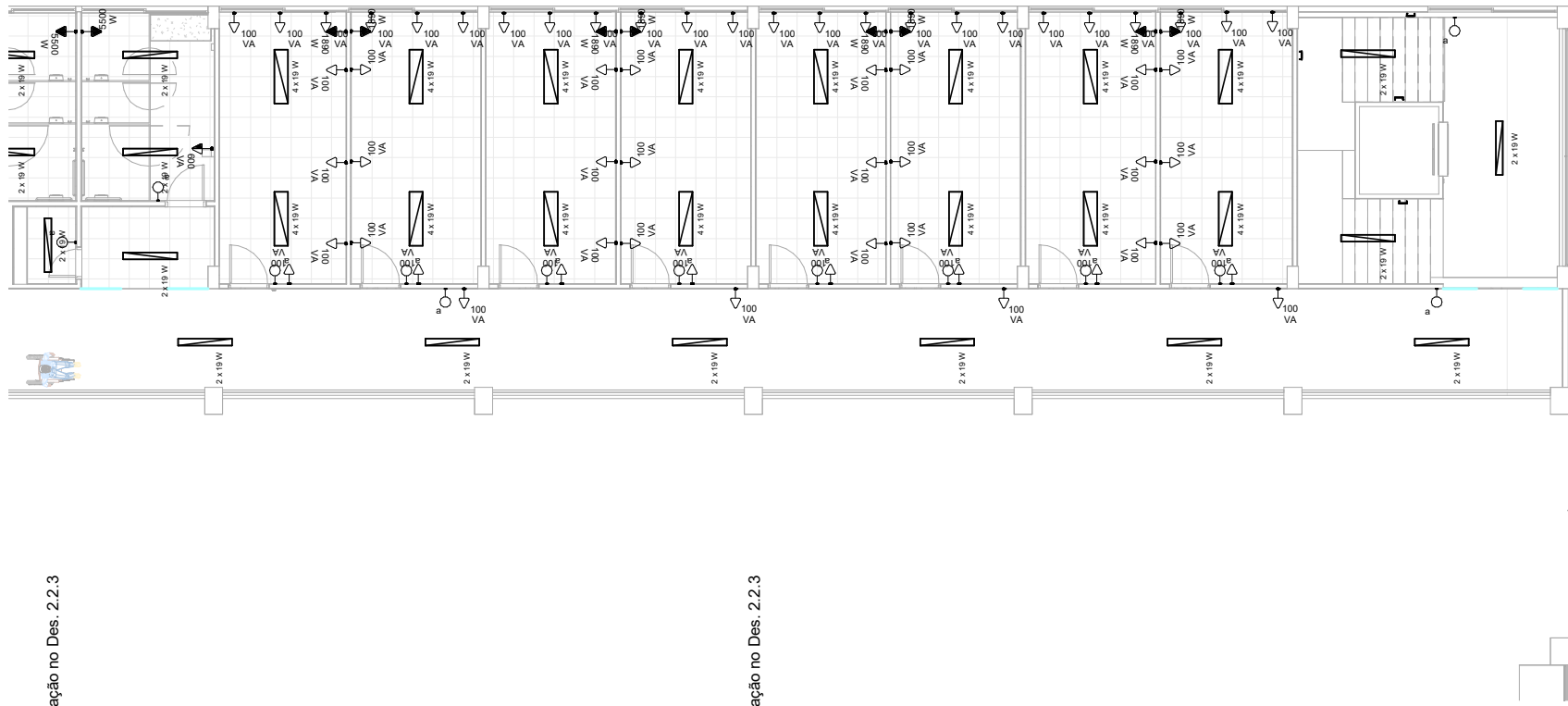
1

Planta Elétrica-Primeiro Pav. 3/4

Projeto LabTec
Desenhadas por Maiana e Pedro

Des.- 2.2.3

Escala 1 : 100

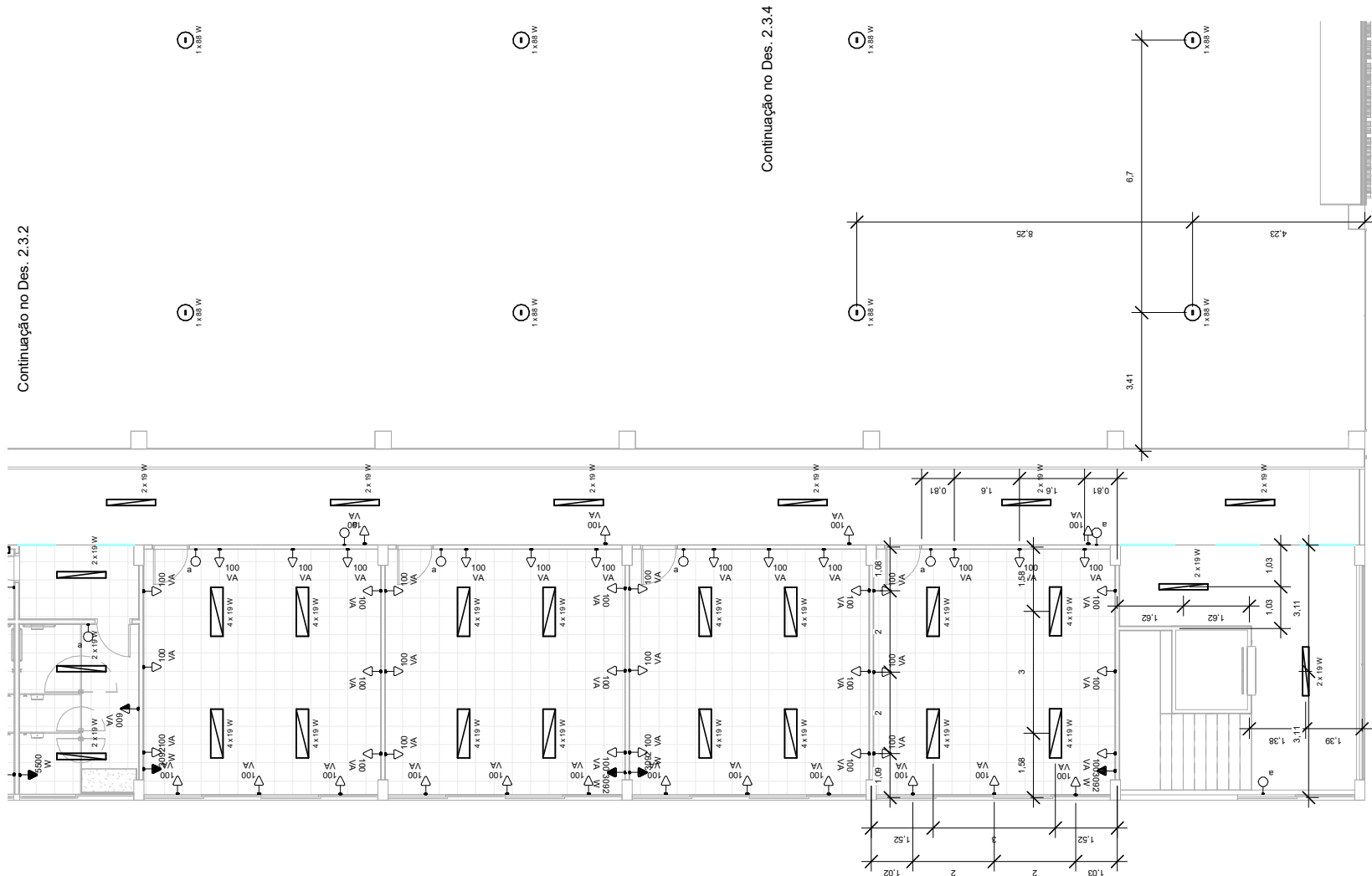


Continuação no Des. 2.2.3

Continuação no Des. 2.2.3

Planta Elétrica-Primeiro Pav. 4/4		
Projeto	LabTec	Des.- 2.2.4
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1 : 100

1 Primeiro Pav. - Detalhe 4/4
1 : 100



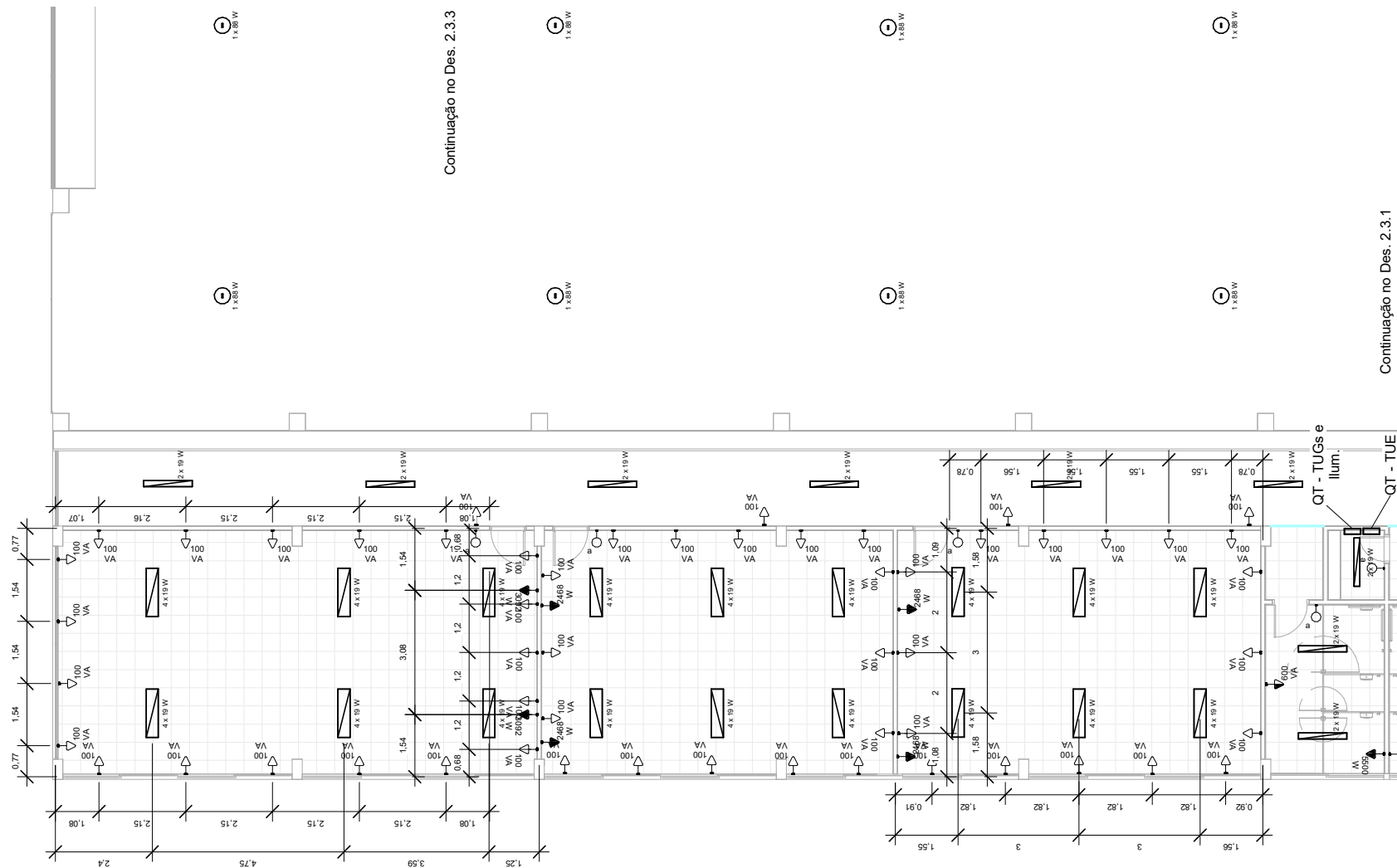
Planta Elétrica-Segundo Pav. 1/4

Projeto	LabTec	Des.- 2.3.1
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1 : 100

Segundo Pav. - Detalhe 1/4

1 : 100

1



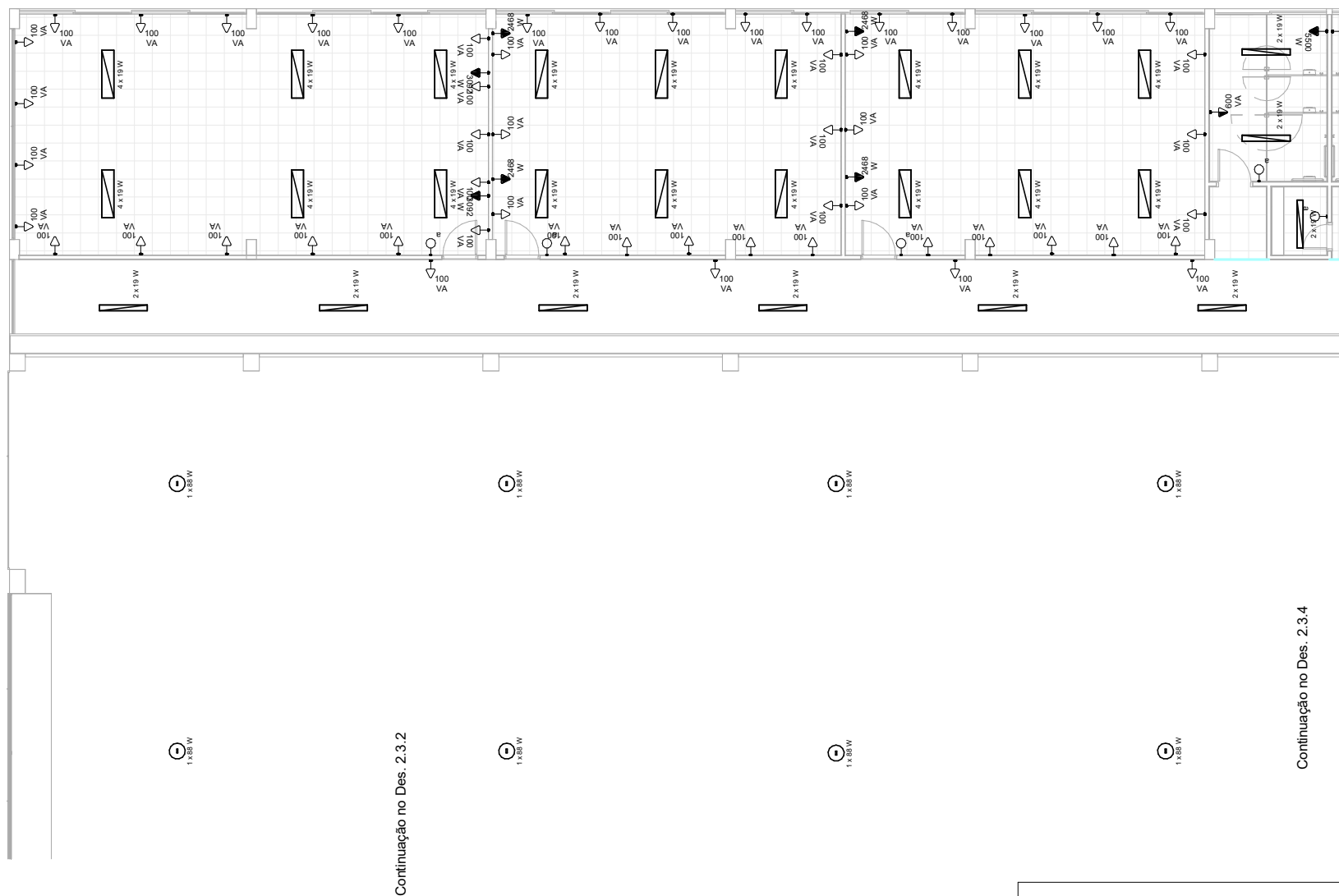
Planta Elétrica-Segundo Pav. 2/4

Projeto	LabTec	Des.- 2.3.2
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1 : 100

Segundo Pav. - Detalhe 2/4

1 : 100

1



Planta Elétrica-Segundo Pav. 3/4

Projeto LabTec
Desenhadas por Maiana e Pedro

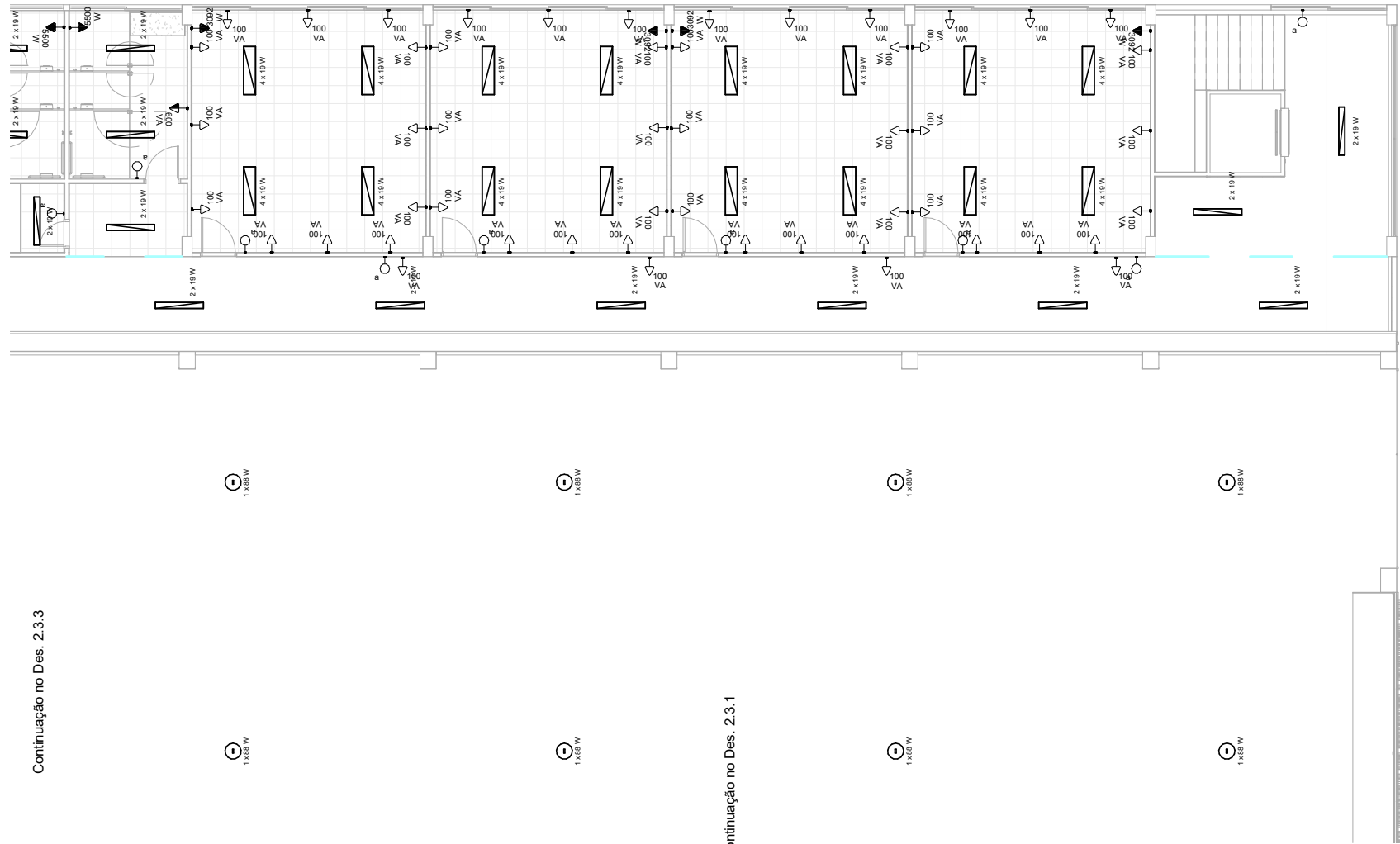
Des.- 2.3.3

Escala 1 : 100

Segundo Pav. - Detalhe 3/4

1

1 : 100



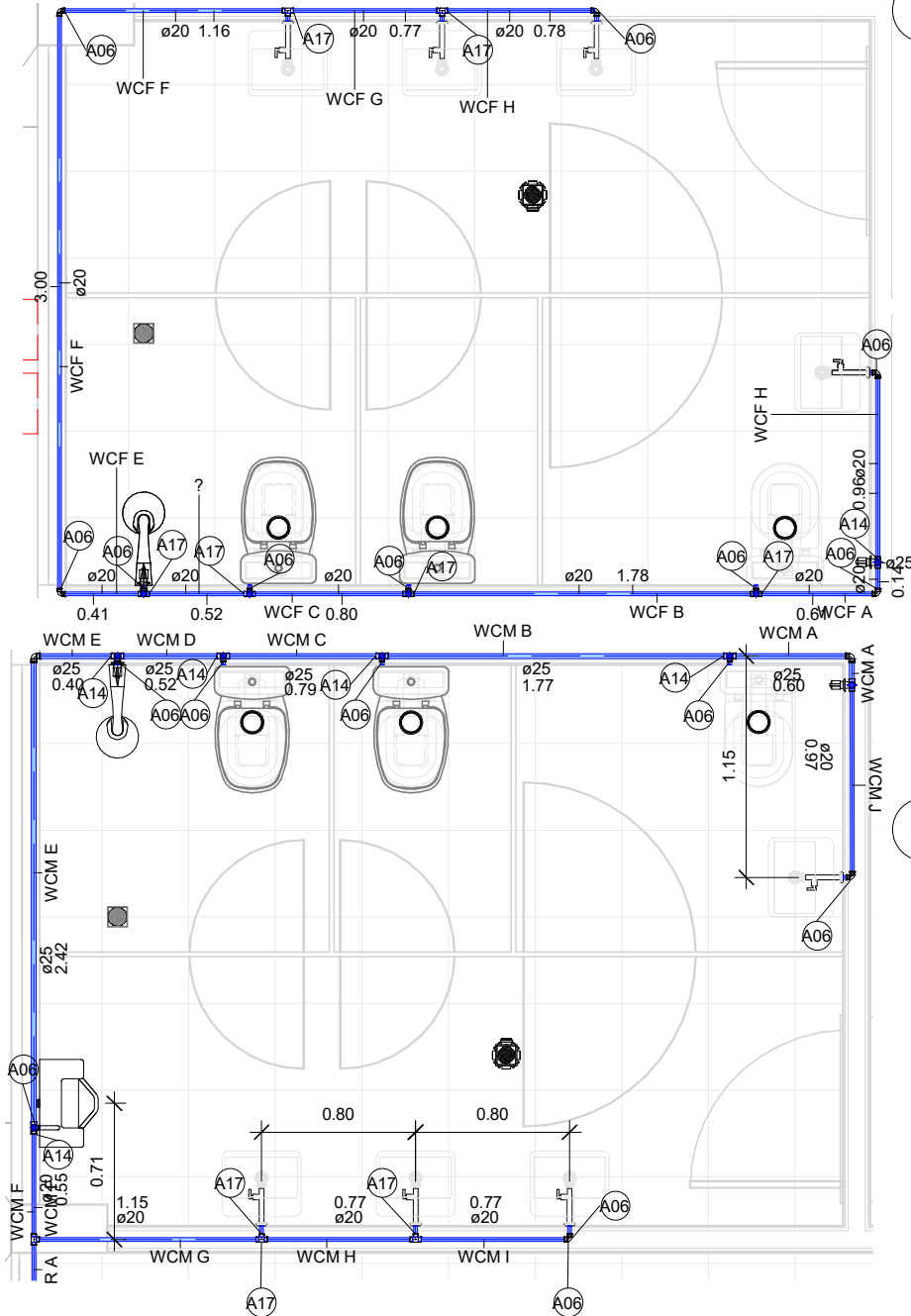
Continuação no Des. 2.3.3

Continuação no Des. 2.3.1

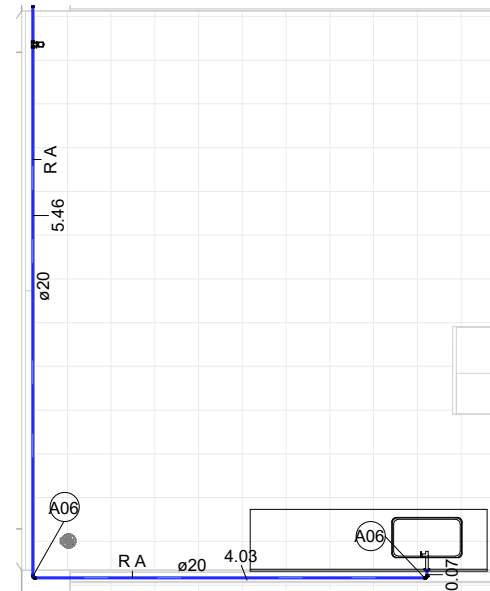
Planta Elétrica-Segundo Pav. 4/4		
Projeto	LabTec	Des.- 2.3.4
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1 : 100

1 Segundo Pav. - Detalhe 4/4
1 : 100

ANEXO E – DETALHAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

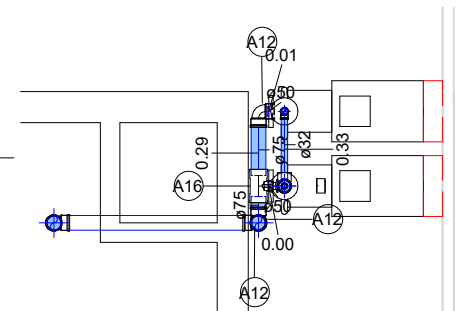


2 AF - WC Feminino
1 : 25



1 AF - Refeitório
1 : 50

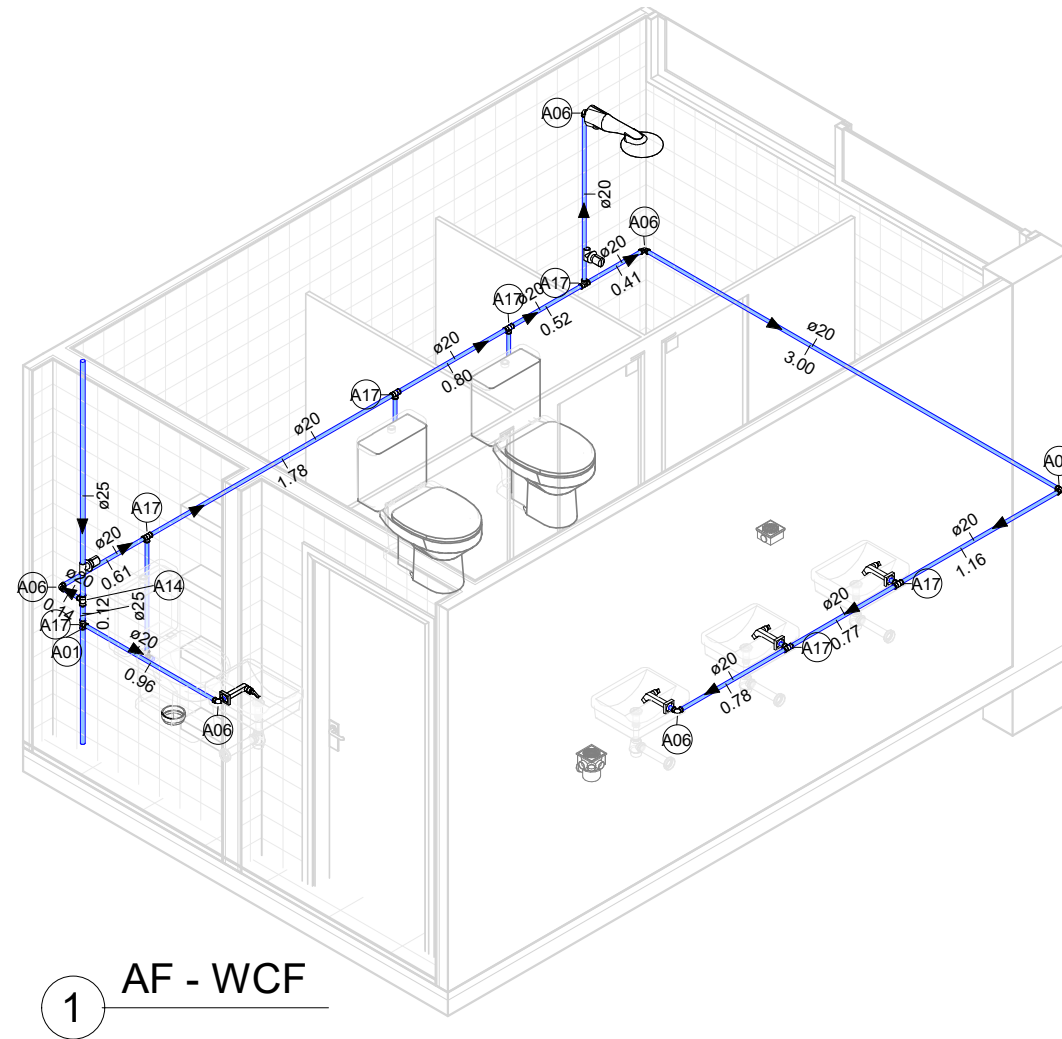
4 Detalhe da Bomba
1 : 25



3 AF - WC Masculino
1 : 25

PLANTA DE PISO - ÁGUA FRIA

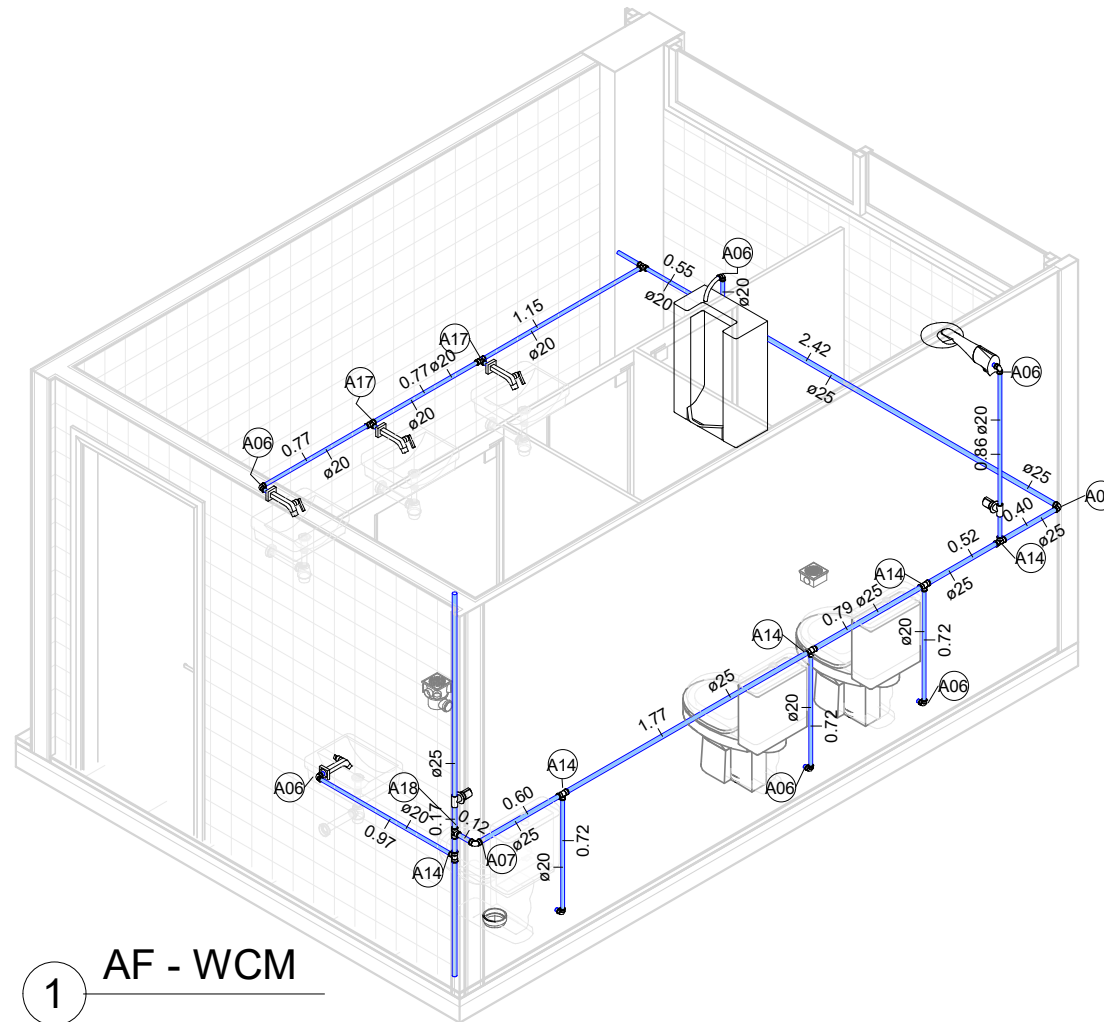
Projeto	LabTec	DES.- 3.1
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		Como indicado



1 AF - WCF

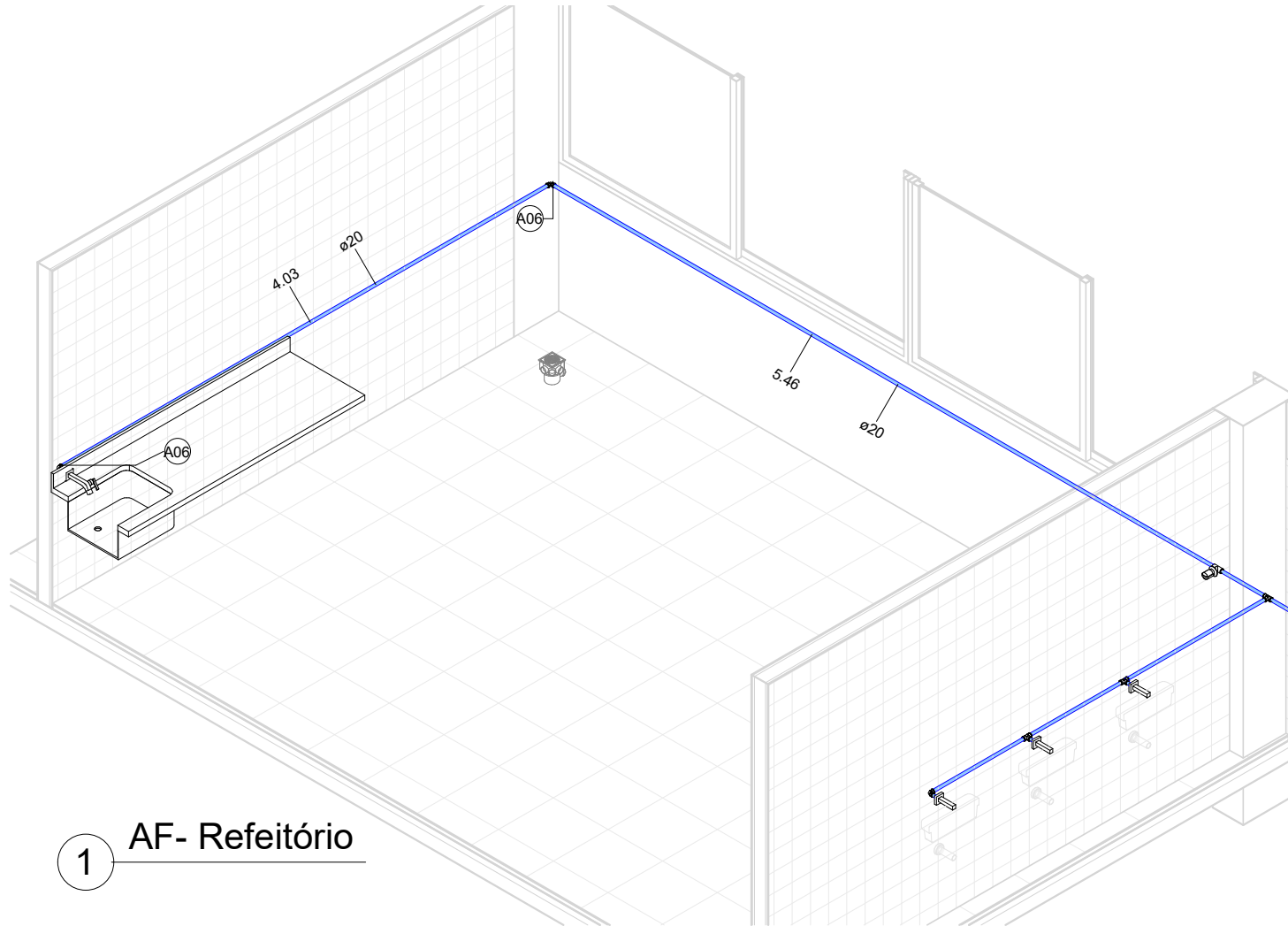
ISOMÉTRICO - ÁGUA FRIA

Projeto	LabTec	DES.- 3.2.1
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1:25



ISOMÉTRICO - ÁGUA FRIA

Projeto	LabTec	DES.- 3.2.2
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1:25



ISOMÉTRICO - ÁGUA FRIA

Projeto

LabTec

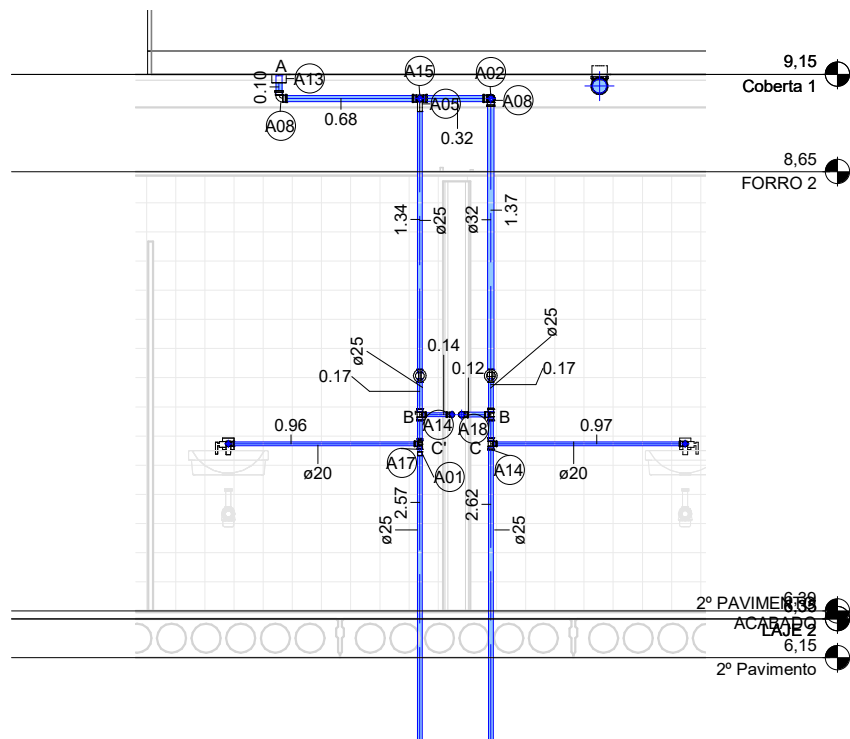
Desenhadas por

Maiana e Pedro

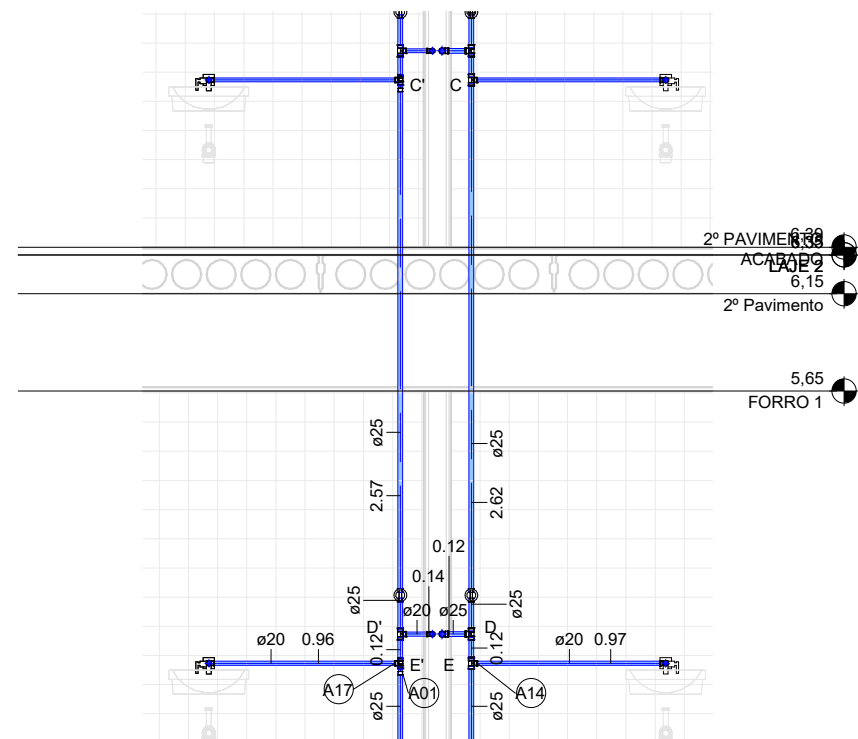
DES.- 3.2.3

Escala

1:25



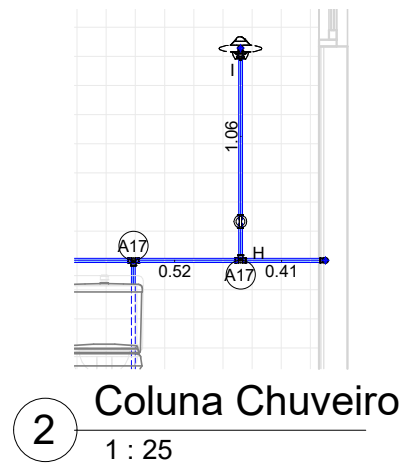
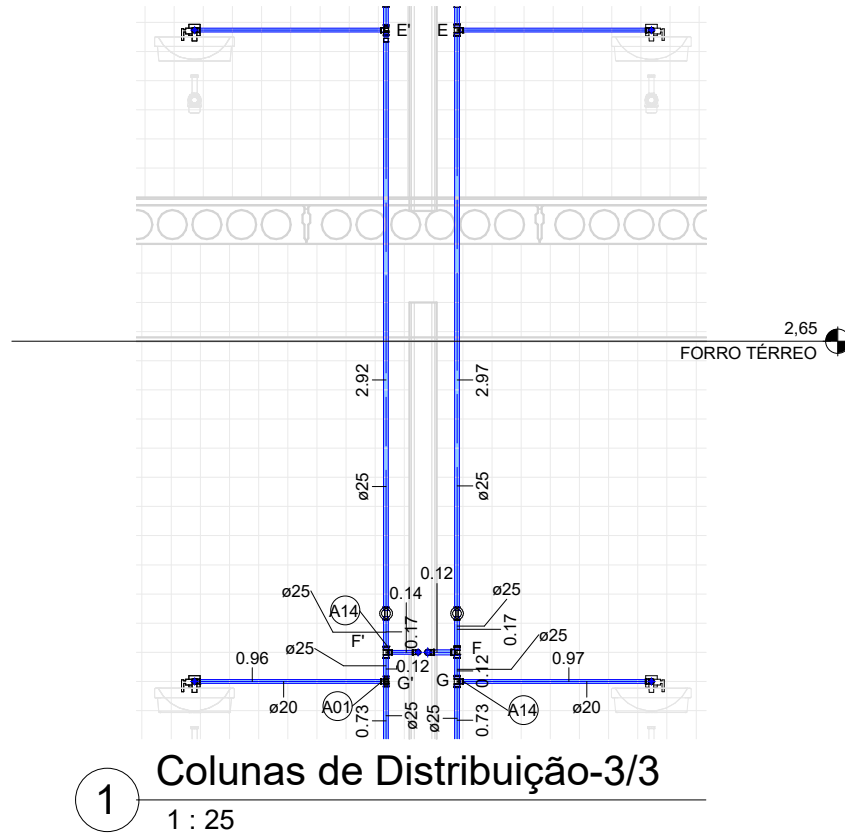
1 Colunas de Distribuição 1/3
1 : 25



2 Colunas de Distribuição 2/3
1 : 25

CORTES - ÁGUA FRIA

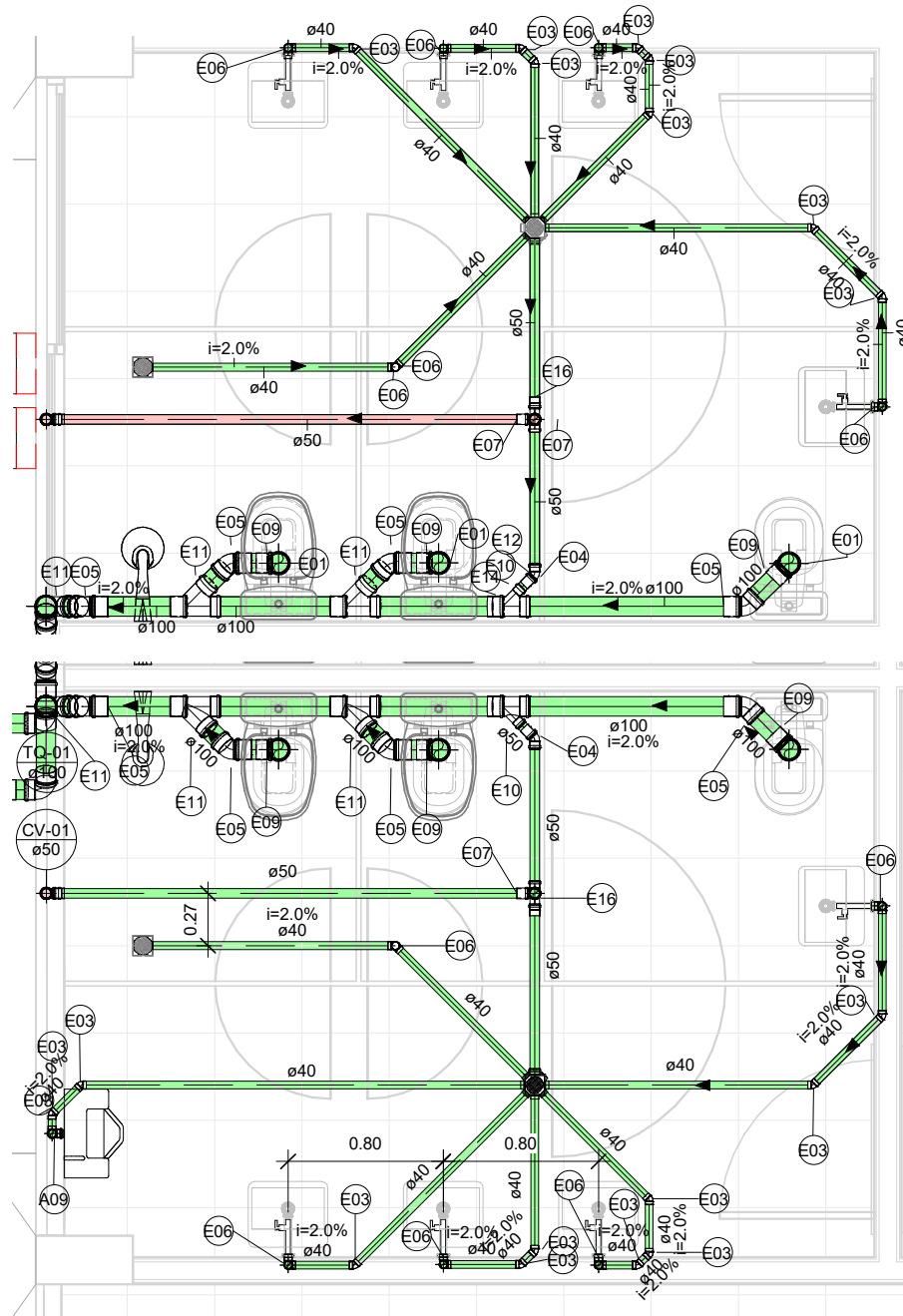
Projeto	LabTec	DES.- 3.3.1
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1 : 25



CORTES - ÁGUA FRIA

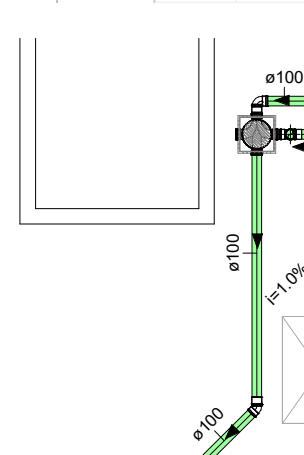
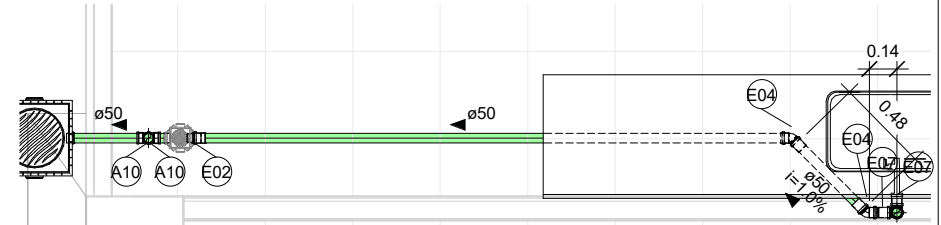
Projeto	LabTec	DES.- 3.3.2
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1 : 25

ANEXO F – DETALHAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE ESGOTO



2 Esg. - WC Feminino
1 : 25

1 Esg. - Refeitório
1 : 25

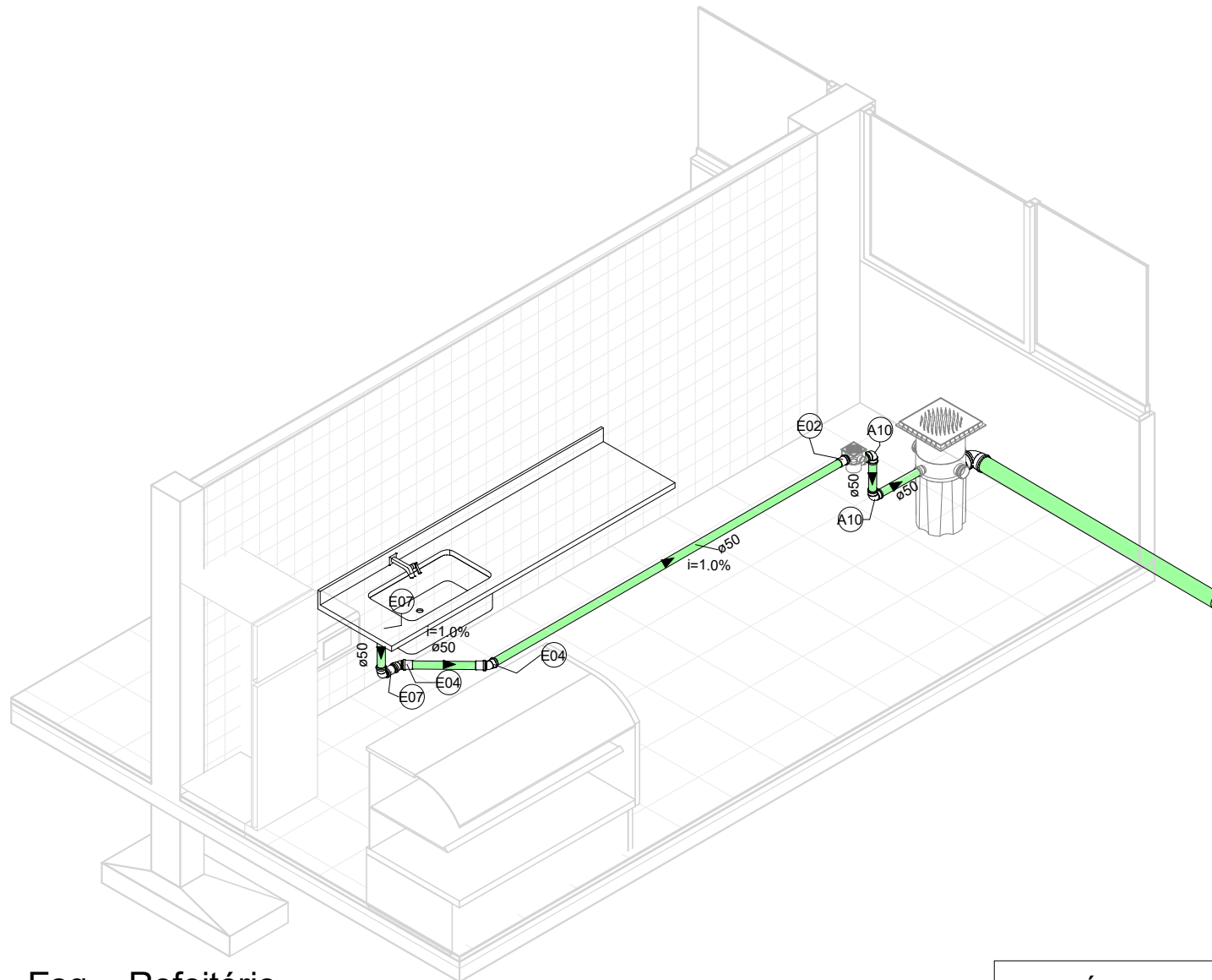


4 Ligações Externas - 1/2
1 : 50

5 Ligações Externas - 2/2
1 : 50

3 Esg. - WC Masculino
1 : 25

PLANTAS DE PISO - ESGOTO		
Projeto	LabTec	DES.- 4.1
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		Como indicado



1 Esg. - Refeitório

ISOMÉTRICO - ESGOTO

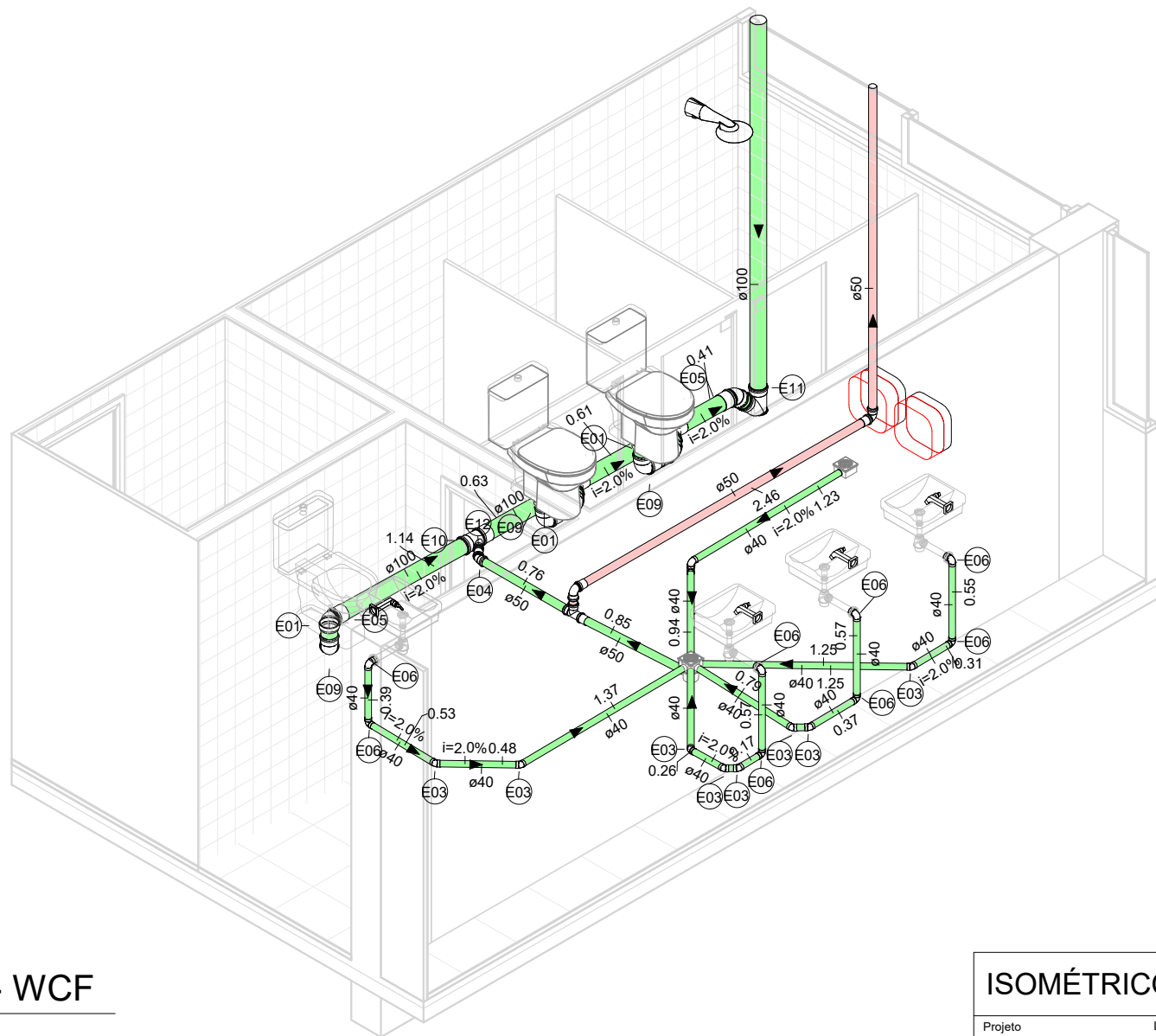
Projeto LabTec

Desenhadas por Maiana e Pedro

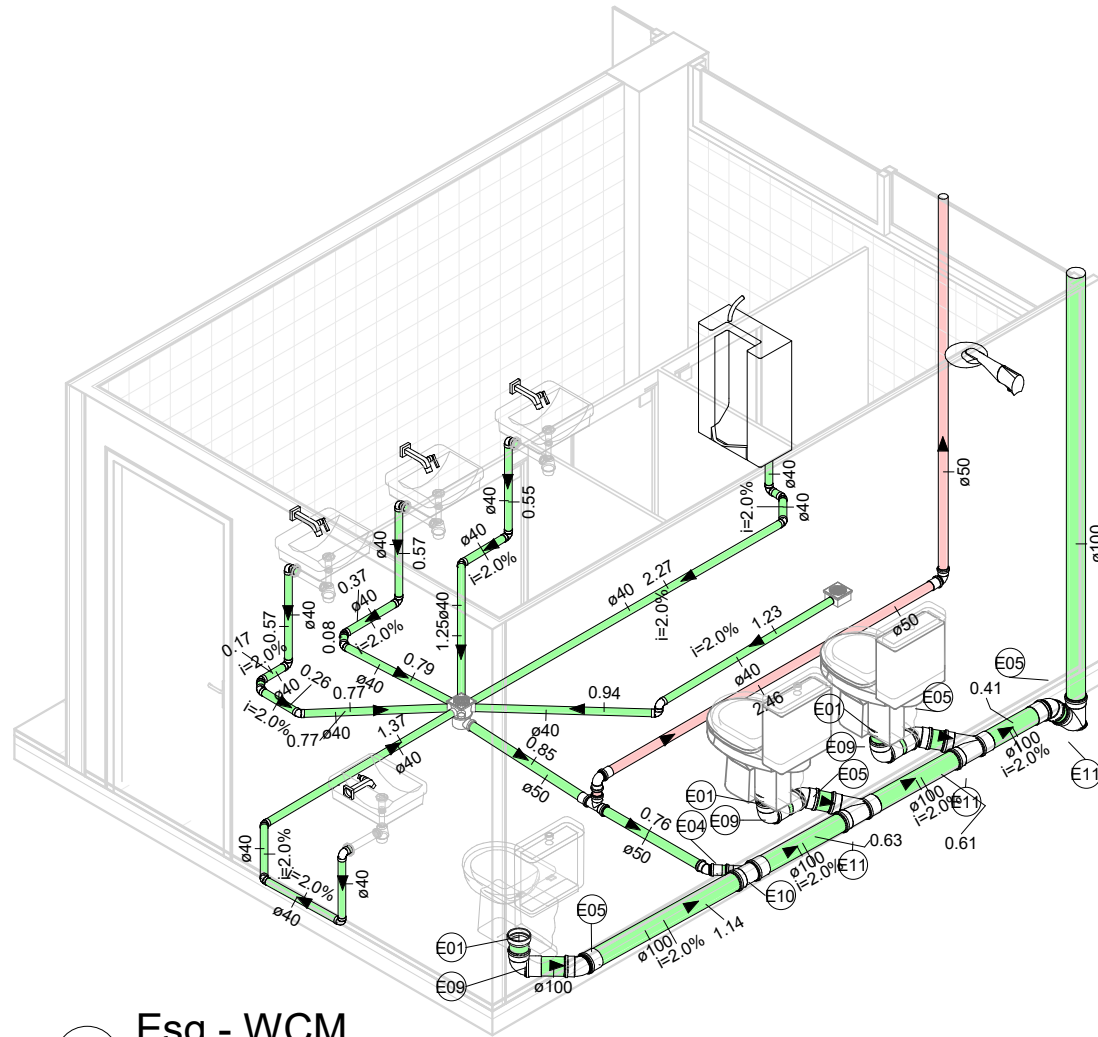
DES.- 4.2.1

Escala

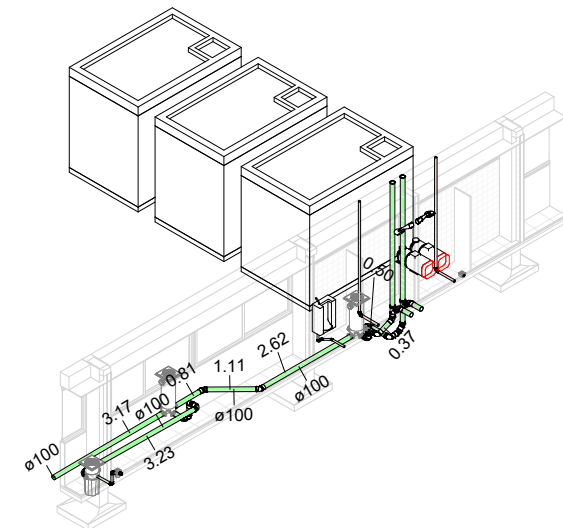
1:25



1 Esg.- WCF



1 Esg - WCM



2 Ligações Externas

ISOMÉTRICO - ESGOTO

Projeto	LabTec	DES.- 4.2.3
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1:25

Conexões para Água Fria			
Quantidade	Descrição	Linha	Código
34	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A01
6	Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A02
2	Bucha de Redução Soldável Curta 60x50mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A03
2	Bucha de Redução Soldável Curta 75x60mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A04
2	Curva 90° Roscável 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE	Roscável	A05
100	Joelho 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A06
12	Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A07
8	Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A08
6	Joelho 90° Soldável 40mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A09
8	Joelho 90° Soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A10
2	Joelho 90° Soldável 60mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A11
12	Joelho 90° Soldável 75mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A12
20	Produto Inexistente	Soldável	A13
42	Tê de Redução Soldável 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A14
2	Tê de Redução Soldável 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A15
2	Tê de Redução Soldável 75x50mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A16
56	Tê Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A17
6	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A18
2	Tê Soldável 75mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	A19

Registros e Válvulas			
Quantidade	Descrição	Dimensões	Fabricante
32	Registro de Gaveta PVC Branco 25mm - TIGRE	25.00 mmø-25.00 mmø	© Tigre S/A

Conexões para Esgoto				
Quantidade	Sistema	Descrição	Linha	Código
36	Esgoto	Adaptador para Saída de Vaso Sanitário 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E01
2	Esgoto	Bucha de Redução Longa 50x40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E02
108	Esgoto	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E03
16	Esgoto	Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E04
60	Esgoto	Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E05
126	Esgoto	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E06
24	Esgoto	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E07
4	Esgoto	Joelho 90° 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E08
56	Esgoto	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E09
12	Esgoto	Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E10
36	Esgoto	Junção Simples 100 x 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E11
62	Esgoto	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E12
4	Esgoto	Luva Simples 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E13
166	Esgoto	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E14
2	Esgoto	Produto Inexistente	Série Normal	E15
20	Esgoto	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	E16

TABELA DE QUANTIDADES

Projeto	LabTec	DES.- 4.3.1
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1:25

Caixas de Gordura e Inspeção					
Quantidade	Sistema	Descrição	Linha	Código	Fabricante

Caixa de Gordura 100x75x50mm, Esgoto - TIGRE

1	Esgoto	Caixa de Gordura 100x75x50mm, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 05	© Tigre S/A
1	Esgoto	Caixa de Gordura 100x75x50mm, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 05	© Tigre S/A

Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE

1	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 56	© Tigre S/A
1	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 56	© Tigre S/A
1	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 56	© Tigre S/A
1	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 56	© Tigre S/A
1	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 56	© Tigre S/A
1	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 56	© Tigre S/A
1	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278010 56	© Tigre S/A

Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE

1	Esgoto	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278015 01	© Tigre S/A
1	Esgoto	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278015 01	© Tigre S/A
1	Esgoto	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278015 01	© Tigre S/A
1	Esgoto	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278015 01	© Tigre S/A

Prolongador sem entrada DN300, Esgoto - TIGRE

1	Esgoto	Prolongador sem entrada DN300, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278015 52	© Tigre S/A
1	Esgoto	Prolongador sem entrada DN300, Esgoto - TIGRE	Caixas de Gordura e Inspeção	278015 52	© Tigre S/A

16

Caixas e Ralos		
Quantidade	Sistema	Descrição

2	Esgoto	Caixa de Gordura 100x75x50mm, Esgoto - TIGRE
8	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE
14	Esgoto	Caixa Sifonada Girafácil (5 Entradas), Montada com Grelha e Porta Grelha Quadrados Brancos 100 x 140 x 50mm, Esgoto - TIGRE
12	Esgoto	Porta Grelha Quadrado p/ Grelha Quadrada Branca 100mm, Esgoto - TIGRE
4	Esgoto	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE
2	Esgoto	Prolongador sem entrada DN300, Esgoto - TIGRE
12	Esgoto	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 100 x 100mm, Esgoto - TIGRE
12	Esgoto	Ralo Quadrado Montado - Branco c/ grelha branca 100x53x40mm, Esgoto - TIGRE

Tubos Rígidos		
Comprimento	Descrição	Diâmetro

Tubo Soldável Marrom

154.39	Tubo Soldável Marrom	20.00 mm
71.12	Tubo Soldável Marrom	25.00 mm
6.93	Tubo Soldável Marrom	32.00 mm
2.52	Tubo Soldável Marrom	40.00 mm
5.20	Tubo Soldável Marrom	50.00 mm

Tubos Rígidos		
Comprimento	Descrição	Diâmetro

21.08	Tubo Soldável Marrom	60.00 mm
17.88	Tubo Soldável Marrom	75.00 mm

Tubo Série Normal

144.80	Tubo Série Normal	40.00 mm
105.31	Tubo Série Normal	50.00 mm
119.71	Tubo Série Normal	100.00 mm

TABELA DE QUANTIDADES

Projeto	LabTec	DES.- 4.3.2
Desenhadas por	Maiana e Pedro	
Escala		1:25