

IFSC - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM ELETRÔNICA

GUSTAVO SIMAS DA SILVA
CLARICE SCHEIBE RIBEIRO

PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL

Florianópolis - SC
Abril de 2015

**CLARICE SCHEIBE RIBEIRO
GUSTAVO SIMAS DA SILVA**

PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL

Trabalho apresentado ao professor Luiz Fernando Luiz Rosa Mussoi, ministrador da disciplina de Motores e Acionamentos pertencente à 7ª fase do Curso Técnico em Eletrônica Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IF-SC), Campus Florianópolis.

Florianópolis

Abril de 2015

AGRADECIMENTOS

Ao professor Mussoi, pela sua vontade em ensinar-nos e conduzir-nos a um caminho de profissionalismo e sucesso.

A Otávio Gnecco Mafra, por sua presença prestativa, conselhos quanto a elaboração do projeto e dicas em eletrotécnica.

À Eletricidade por nos dar energia necessária para elevar nossa potência. No Curso e na Vida.

“Onde não falta vontade existe sempre um caminho”

John Ronald Reuel Tolkien

RESUMO

O referido trabalho apresenta o projeto de uma instalação elétrica residencial bifásica de potência ativa total demanda em torno de 20kW. Há a disposição dos seguintes elementos: quadro de cargas; planta baixa com o diagrama unifilar; diagrama esquemático dos quadros elétricos de medição e de distribuição; detalhes construtivos; memorial descritivo e memorial de cálculos; além de informações adicionais relevantes para a compreensão total do projeto.

No software utilizado, AutoCAD Electrical 2015, foram expressos os valores necessários, como: bitola dos condutores isolados (sendo a maioria 2,5mm², com exceção de TUE's de chuveiros – 10mm² - e circuitos de iluminação – 1,5mm²), denominação de circuitos, conexões de ramal de entrada (segundo padrões da concessionária de energia elétrica do estado de Santa Catarina – CELESC). Comenta-se que tal software é recomendado para projetistas arquitetonícos e elétricos, devido à facilidade e quantidade de utilitários que oferece, sendo a ferramenta mais comum entre os mesmos atualmente.

As informações contidas e seus respectivos desenvolvimentos são baseados em padrões técnicos nacionais e estaduais (que, por sua vez são influenciados por padrões internacionais), estabelecidos e utilizados atualmente, a maior parte sendo, mais especificamente, referenciada da norma da ABNT NBR 5410/04 e de definições da CELESC, como já foi dito.

Palavras-chave: Projeto elétrico, bifásico, AutoCAD, NBR 5410/04, CELESC.

ABSTRACT

The referred work presents the project of a biphasic residential electrical installation, with active demanded power around 20kW. There is the disposition of the following elements: load table; floor plan with one-line diagram; schematic diagram of the measuring and distribution electrical panels; constructive details; descriptions and calculations; plus additional relevant informations for the complete understanding.

The software that was used, AutoCAD Electrical 2015, were expresses the necessary values, such as: gauge of the isolated conductors (most 2.5mm², with exception of shower circuits – 10mm² - and lightning circuits – 1.5mm²), circuit denominations, main entrance connection (according to rules of the electrical power provider in the state of Santa Catarina – CELESC). It is said that this software is recommended for architectural and electrical designers, due to the ease and amount of utilities offering, being, currently, the most popular tool among them.

The presented informations and their respective developments are based on national and state standards (which, in turn, are influenced by international regulations), established and actually used, most part being, specifically, reference of ABNT's NBR 5410/04 and CELESC definitions, as has been said.

Keywords: Electrical project, biphasic, AutoCAD, NBR 5410/04, CELESC.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Planta baixa arquitetônica da residência	12
Figura 2 - Planta baixa e denominação dos cômodos	14
Figura 3 - Esquema de ligação de DR tetrapolar	24
Tabela 1 - Levantamento das dimensões da residência	15
Tabela 2 - Densidade de carga dos pontos de iluminação	16
Tabela 3 - Levantamento preliminar de cargas.....	20
Tabela 4 - Quadro de Cargas.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC, CA - Corrente alternada

AT – Alta Tensão

BT – Baixa Tensão

CAD – Computer Assisted Design (Desenho Assistido por Computador)

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina

DC, CC - Corrente contínua

DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos

DR - Disjuntor diferencial-residual

FD - Fator de Demanda

GND - ground, terra, massa, potencial elétrico nulo

NBR - Norma Técnica Brasileira Regulamentadora

PE – Condutor de Isolamento (Terra)

QD – Quadro de Distribuição

QG - Quadro Geral

QM – Quadro de Medição

QT – Quadro Terminal

SPDA – Sistema de proteção contra descargas atmosféricas

TUE - Tomada de uso específico

TUG - Tomada de uso geral

LISTA DE SÍMBOLOS, UNIDADES E GRANDEZAS¹

A	-	ampère (intensidade de corrente elétrica)
V	-	volt (diferença de potencial elétrico)
Hz	-	hertz (frequência)
W	-	watt (potência elétrica ativa)
VA	-	volt-ampère (potência elétrica aparente)
VA _r	-	volt-ampère reativo (potência elétrica reativa)
Ω	-	ohm (resistência elétrica)
m	-	metro (distância)
m ²	-	metro quadrado (área)

¹ Observa-se que tais medidas não necessariamente seguem o padrão estabelecido pelo Sistema de Unidades Internacionais (SI), mas sim os mais utilizados no âmbito de realização de projetos elétricos, sendo os estudados.

Sumário

1	INTRODUÇÃO TÉCNICA	10
2	INTRODUÇÃO TEÓRICA E CONCEITOS DO PROJETO	12
2.1	Arquitetura.....	12
2.2	Elétrica	15
2.2.1	Organização e levantamento estrutural	15
2.2.2	Levantamento preliminar de cargas.....	16
2.2.2.1	Iluminação.....	16
2.2.2.2	Tomadas de Uso Geral (TUG's).....	17
2.2.2.3	Tomadas de Uso Específico (TUE's)	17
2.2.2.4	Eletrodutos	18
2.2.2.5	Outros parâmetros	19
2.2.2.6	Tabela	19
2.2.3	Quadro de cargas	21
2.2.3.1	Definição	21
2.2.3.2	Tabela	21
2.2.4	Quadros de Medição (QM) e de Distribuição (QD)	23
2.2.5	Aterramento	24
2.2.6	Ramal de Entrada.....	25
3	MEMORIAL DESCRITIVO	27
4	MEMORIAL DE CÁLCULOS.....	29
4.1	Dimensão dos aposentos.....	29
4.2	Estimativa de carga.....	32
4.2.1	Estimativa de carga de iluminação	32

4.2.2	Estimativa de carga de tomadas de uso geral	35
4.2.3	Estimativa de carga de tomadas de uso específico	39
4.2.4	Divisão das fases.....	40
4.2.5	Dimensionamento dos condutores	41
4.2.5.1	Dimensionamento dos condutores pelo critério do aquecimento e capacidade de condução de corrente.....	41
4.2.5.2	Dimensionamento dos condutores pelo critério da queda de tensão	47
4.2.5.3	Cálculos para definição do condutor do ramal de entrada	51
5	CONSIDERAÇÕES RELEVANTES	54
5.1	Quanto à norma	54
5.2	Quanto ao software de CAD	54
5.3	Quanto às questões de elaboração de projeto.....	55
6	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO TÉCNICA

O projetista elétrico vê-se rodeado de questões determinantes na elaboração de um projeto, seja ele residencial, comercial ou industrial. Dentre os fatores pode-se citar: o desejo do consumidor, o custo-benefício e as intempéries estruturais que podem dificultar e/ou alterar o planejamento. Porém, acima de tais variantes, aquele que projeta precisa atentar-se às normas; as regras de um projeto elétrico são fundamentais para a sua eficiência, sua qualidade final e respectiva segurança, tanto material quanto pessoal.

Por isto, como dever e melhor opção, são seguidos os padrões estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), segundo suas Normas Técnicas Brasileiras Regulamentadoras (NBR), que estão presentes como base de regulamentação e padronização no país desde a década de 40.

Para tal projeto residencial elétrico foi utilizada a NBR 5410/04² (com versão atualizada de 2008), na qual são encontradas referências normativas, determinações de características gerais e outras informações adicionais sobre Instalações Elétricas de Baixa Tensão (que em tensão alternada, CA, situa-se entre 50 e 1000V eficazes; e em tensão contínua, CC, é entre 120 e 1500V eficazes).

Também relevam-se as condições da família consumidora, com a análise luminotécnica, atual situação e possíveis usos de eletrodomésticos, tão como a projeção de consumo futura, sempre de acordo com o projeto arquitetônico estabelecido.

Releva-se que a parte arquitetônica é exposta e caracterizada, porém comentada brevemente, pois o verdadeiro objetivo é o estudo, desenvolvimento e discussão da parte elétrica da edificação proposta.

² Algumas determinações da NBR 5410/04 serão expostas neste trabalho, aquelas na qual pensa-se serem as de maior importância para o projeto. No entanto a norma não será apresentada em sua totalidade por questões de objetividade.

Como auxílio tecnológico, foi-se optado pelo uso do software especializado em projetos elétricos e arquitetônicos, da AutoDesk Inc., o AutoCAD Electrical 2015 Student Version (versão gratuita de estudante com licença válida por 3 anos). Tal software disponibiliza utilitários que facilitam o labor para o projetista, incluindo diversas ferramentas construtivas e de personalização, tão como a possibilidade de visualização tridimensional do ambiente (o que, por questões de objetividade, não foram muito usados).

Quanto ao uso de tabelas, equações e figuras, afirma-se que são optados quando vistos a utilidade e a necessidade dos mesmos em prol do melhor entendimento.

Em relação à organização do trabalho, todos os elementos são ordenados em secções, nas quais preza-se a forma sequencial de elaboração, desde o momento da projeção estrutural e de consumo até a definição final das conexões.

2 INTRODUÇÃO TEÓRICA E CONCEITOS DO PROJETO

2.1 Arquitetura

A seguir serão apresentadas informações do projeto residencial, primeiramente quanto à parte arquitetônica.

A planta baixa da casa determinada, juntamente com a representação da projeção estrutural de organização de móveis e outros elementos é apresentada na Figura 1.



Figura 1 - Planta baixa arquitetônica da residência

Releva-se que a residência apresenta aproximadamente 78,38m² de área interna (sem considerar espessura de paredes³) e 110m de perímetro.

³ A NBR 16055/12 – Paredes de concreto prevê que a espessura mínima de paredes de até 3m de altura é de 10 cm. Para o projeto, todas as paredes possuem espessura igual a 20cm.

Contando-se a varanda, tem-se em torno de 100,58m² de área e 134m de perímetro.

Salienta-se que a projeção de organização de móveis e eletrodomésticos é de extrema importância para o projetista elétrico. Tal informação oferece a previsão de uso de eletroeletrônicos dos residentes em todos os cômodos da residência. Com isso possibilita o melhor planejamento de consumo segundo a estruturação estabelecida; facilitando a aplicação de tomadas e também pontos de iluminação.

Contudo comenta-se que é preciso realizar uma harmonia entre o desejo do consumidor e a projeção de consumo futuro; pois certas aplicações podem apresentar-se desnecessárias e não utilizadas no presente, porém fundamentais nos próximos anos [devido à evolução econômica da família consumidora (maior exigência de potência), mudança de residentes (modificação do fator de demanda), entre outras causas].

Quanto às portas, por padrão ABNT descrito na NBR 6492/94 - Representação de Projetos de Arquitetura, em planta baixa devem ser representadas como portas de giro, mesmo que em realidade sejam instalados outros tipos, exemplos: portas de correr, pivotantes ou sanfonadas. Tal necessidade devido à colocação de interruptores e sinalizações de emergência nos locais adequados (parte elétrica), tão como à avaliação do espaço livre para evitar a disposição de móveis em lugares que possam dificultar a circulação e/ou abertura total da porta (parte arquitetônica). Observando que as portas devem abrir sempre contra a parede mais próxima.

Enfim, em questão de arquitetura, afirma-se que a residência possui uma estrutura padrão, sendo adequada a uma família de classe média. Não apresenta elementos de design que possam vir a dificultar a instalação de tomadas, interruptores ou pontos de iluminação nos cômodos, ou mesmo a realização do projeto elétrico como um todo.

A seguir, a Figura 2 apresenta a planta baixa realizada no software de CAD, com toda a parte estrutural (paredes, portas, janelas) montadas. Juntamente há a denominação de todos os cômodos. A escala do desenho foi configurada em 1:50.

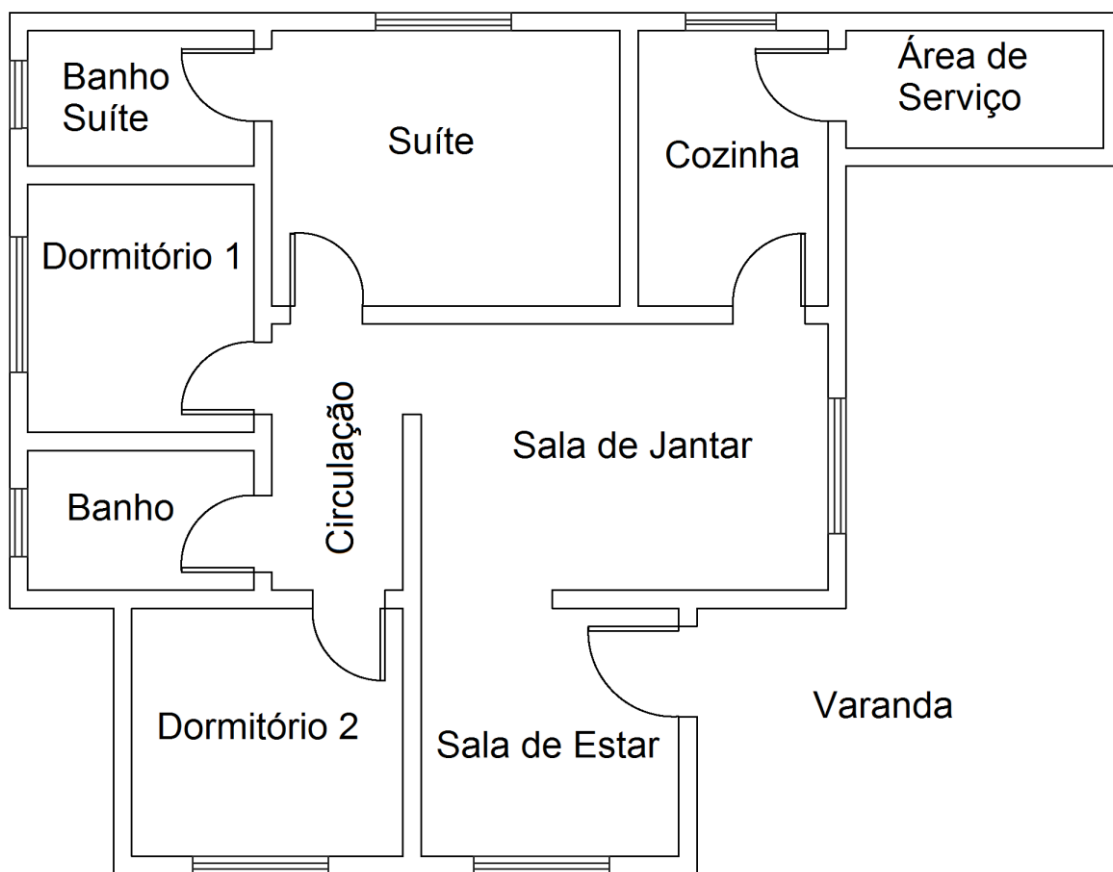


Figura 2 - Planta baixa e denominação dos cômodos

2.2 Elétrica

Seguidamente, serão expostas informações que merecem consideração previamente à elaboração do projeto em si.

2.2.1 Organização e levantamento estrutural

Como primeiro passo, opta-se pela obtenção dos dados relacionados às dimensões da residência. Isto é fundamental, pois será de utilidade em cálculos futuros de densidade de carga dos pontos de iluminação em determinados cômodos, tão como na construção da planta baixa no AutoCAD em escalas corretas.

Abaixo a Tabela 1 apresenta os dados de área em (metros quadrados) e perímetro (em metros) de todos os ambientes da residência, com os valores retirados da Figura 1.

Ambiente	Dimensões	
	Área (m ²)	Perímetro (m)
Dormitório 1	11,7	13,8
Dormitório 2	9	12
Suíte	11,55	13,7
Cozinha	8	9,72
Sala de Jantar	13,5	15
Sala de Estar	9	12
Banho Suíte	3,64	8,2
Banho	3,64	8,2
Circulação	4,35	8,9
Área de Serviço	4	8,5
Varanda	22,2	24
Total	100,58	134,02

Tabela 1 - Levantamento das dimensões da residência

Uma condição de design da edificação é que todos os espaços são retangulares, ou seja, não possuem características arredondadas e/ou formatos que necessitem de equações para cálculo de área e perímetro mais complexas que a existente para polígonos quadrangulares.

Observa-se que o Dormitório 1 é aquele localizado na parte superior esquerda da planta com a projeção arquitetural, enquanto o Dormitório 2 localiza-se na parte inferior esquerda.

2.2.2 Levantamento preliminar de cargas

O levantamento preliminar de cargas é a tabela que associa os ambientes e suas respectivas dimensões, já coletadas, com a demanda de potência quanto à iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso exclusivo. Também pode vir a considerar os resultados dos cálculos de potências ativa e aparente, além de corrente totais demandadas. De mesmo modo pode oferecer outras noções ao executor do projeto quanto a valores como a tensão de alimentação, número de fases, tipo de instalação do ramal de entrada e tipo e bitola do condutor.

2.2.2.1 Iluminação

Em relação à análise luminotécnica, a Tabela 2 apresenta valores de densidade de carga na iluminação para instalações elétricas residenciais em determinados locais:

Residências	
Local	Densidade de carga na iluminação
Salas e Escritórios	25-30
Dormitórios	20
Copas e Cozinhas	20-25
Banheiros e outras dependências	10

Tabela 2 - Densidade de carga dos pontos de iluminação

Como vê-se, ambientes como salas e escritórios necessitam de maior densidade de carga na iluminação, pois são espaços que os residentes frequentam mais e realizam atividades que exigem maior intensidade luminosa. Locais como banheiros e outros semelhantes são o contrário justamente pelos motivos opostos.

Ainda quanto à intensidade de iluminação⁴, a norma prescreve que áreas de até 6m² deve-se atribuir 100VA por ambiente. Áreas superiores devem ter 10VA aos primeiros 6m², mais 60VA a cada 4m² inteiros excedentes. Os circuitos de iluminação devem alimentar no máximo oito pontos de utilização.

Agora, quanto à quantidade de pontos de luz, o mínimo em cada ambiente interno é de 1 (um). Tal ponto deve estar localizado no teto, tendo um interruptor de parede. Pontos de luz na parede (arandelas) são opcionais.

Pela Tabela 1 verifica-se que o ambiente que possui os maiores valores é a varanda, a qual posiciona-se na lateral da casa, servindo também como garagem. Relacionado tal dependência com a Tabela 2, tem-se o resultado de 240VA/m² (varanda se enquadra em “banheiros e outras dependências”). Faz-se o mesmo para os outros locais da casa.

2.2.2.2 Tomadas de Uso Geral (TUG's)

Uma Tomada de Uso Geral (ou TUG), em teoria, serve para alimentar cargas com potência aparente total não excedente a 4400VA (20A em 220V). A recomendação é que seu circuito não ultrapasse oito pontos de consumo. Tomadas de uso geral podem compartilhar circuitos entre si, porém devem ser separados dos circuitos de iluminação.

As regras para aplicação de TUG's em instalações elétricas são assaz específicas, porque levam em conta o ambiente e seus respectivos perímetro e área, além de haver exceções e obrigações de quantidade mínima (na cozinha, por exemplo, precisa haver pelo menos duas TUG's acima da bancada).

2.2.2.3 Tomadas de Uso Específico (TUE's)

Uma Tomada de Uso Específico (TUE) são destinadas à alimentação de equipamentos que operam com correntes nominais superiores a 10A (como

⁴ Nestes estudos não estão sendo levados em conta as recomendações da NBR 5413 – Iluminância de interiores. Apenas foca-se na iluminação de ambientes referente à potência elétrica e não luminosa.

exemplo chuveiros, aquecedores e motores). Seus circuitos são exclusivos, ou seja, deve haver um circuito para cada TUE.

Segundo a norma, deve-se atribuir ao circuito da tomada de uso específico a potência nominal do equipamento que a utilizará. A distância máxima da tomada ao eletroeletrônico é de 1,5m; com isto há o alerta ao projetista para se atentar à demanda do consumidor, o que resultará na exata aplicação de TUE's, tanto à quantidade, quanto ao local específico e à intensidade de potência.

Explicita-se que cada circuito de TUE deve apresentar no Quadro de Levantamento Preliminar de Cargas sua identificação, ou seja, o nome do aparelho que está alimentando, ou alguma denominação associada.

2.2.2.4 Eletrodutos

“Os eletrodutos são elementos com a função de abrigar os condutores dos circuitos, servindo, de mesmo modo, para organização, passíveis de serem magnéticos ou não magnéticos” (SILVA, 2012). Geralmente em instalações residenciais utilizam-se eletrodutos de material isolante, ou seja não magnético, sendo o mais comum o de PVC rígido (rosqueável ou soldável) também podendo ser PVC flexível (conduíte).

A norma estabelece que não é permitida a instalação de condutores sem isolamento no interior de eletrodutos. Circuitos diferentes podem dividir o mesmo eletroduto, como é o caso do projeto, seguindo a regra de intervalo máximo de três valores normalizados de bitola de condutores.

A instalação dos eletrodutos mais comum é a número 7, tipo B1: dutos com condutores isolados ou cabos unipolares de seção circular embutido em alvenaria. Tal método é utilizado no interior da residência. Já os eletrodutos do ramal de entrada são de material magnético e possuem atributos que serão discutidos no tópico “Ramal de Entrada”.

No referido projeto, todos os eletrodutos possuem diâmetro circular de 16mm, com exceção dos que contém os circuitos de TUE's de chuveiros, no qual tem diâmetro interno de 20mm (carregando dois condutores carregados de 10mm² de seção circular).

Explica-se que também são respeitados os regulamentos de área máxima de ocupação do duto, sendo todos menores do que o limite percentual de ocupação para dois condutores carregados (31%) no ambiente interno, e no ramal de entrada para 3 ou mais condutores carregados (40% da área total).

Comenta-se que há normas específicas quanto aos eletrodutos fabricados em materiais distintos, como a NBR 15465 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão, NBR 5597 - Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT, NBR 5598 - Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP, entre outras.

2.2.2.5 Outros parâmetros

Existem outros parâmetros durante o cálculo para a tabela de levantamento preliminar de cargas. Citam-se: fatores de temperatura e de condutores carregados; capacidade de condução de corrente, entre outros. Tais parâmetros foram analisados e obtidos seus valores. No entanto, mais informações sobre os mesmos poderão ser encontradas no memorial de cálculo.

2.2.2.6 Tabela

A Tabela 3 apresenta os dados do levantamento preliminar de cargas. Os cálculos mais detalhados são apresentados na seção “Memorial de cálculos”, com a especificação de cada ambiente e seus respectivos raciocínios.

Na tabela são mostrados os valores mínimos (potência e quantidade) e os usados no projeto para iluminação, TUG's e TUE's.

Ambiente	Dimensões		Iluminação		TUG				TUE				
			Potência (VA)		Quantidade		Potência (VA)		Quantidade		Potência (W)		Identificação
	Área (m²)	Perímetro (m)	Mínimo	Usada*	Mínima	Usada	Mínima	Usada	Mínima	Usada	Mínima	Usada	
Dormitório 1	11,7	13,8	160	240	3	8	300	800	-	1	-	1800	Ar cond.
Dormitório 2	9	12	100	180	3	8	300	800	-	1	-	1800	Ar cond.
Suíte	11,55	13,7	160	240	3	8	300	800	1	1	-	1800	Ar cond.
Cozinha	5,768	9,72	100	200	3	5	1800	2000	1	1	-	2000	Lava-louça
Sala de Jantar	13,5	15	160	410	3	3	300	300	-	-	-	-	-
Sala de Estar	9	12	100	270	3	7	300	700	1	1	-	1800	Ar cond.
Banho Suíte	3,64	8,2	100	100	1	2	600	1200	1	1	-	7.900	Chuveiro
Banho	3,64	8,2	100	100	1	2	600	1200	1	1	-	7.900	Chuveiro
Circulação	4,35	8,9	100	100	2	2	200	200	-	-	-	-	-
Área de Serviço	4	8,5	100	100	3	3	1800	1800	1	1	-	2500	Lava-roupa
Varanda	22,2	24	340	342	1	3	100	300	-	-	-	-	-
Total	98,348	134,02	1520	2282	26	51	6600	10100	6	8	-	27.500	-
Potência Total (W)			1520	2282			5280	8080			-	27.500	
Fator de Demanda			0,75	0,66			0,45	0,31			-	0,57	
Potência Ativa Total Demandada (W)	19685,92												
Número de Fases	Bifásico [3 fios, 2 fases + neutro (+PE)]												
Potência Aparente Total Demandada (VA)	20722,02105												
Corrente Total Demandada (A)	47,09550239												
Corrente de Dimensionamento (A)	58,86937798												
Tipo de Instalação do Ramal de Entrada	Aérea (método B1)												
Condutor do Ramal de Entrada	Condutor de Cu Isolamento de PVC Flexível (16mm² 68 A B1)												
Disjuntor do Ramal de Entrada (A)	63 A (bipolar)												

Tabela 3 - Levantamento preliminar de cargas

2.2.3 Quadro de cargas

2.2.3.1 Definição

Uma excelente definição de quadro de cargas é a seguinte:

“O quadro de cargas é uma tabela que auxilia na estimativa das cargas, na divisão dos circuitos terminais, e no dimensionamento dos condutores, proteções e eletrodutos da instalação elétrica.” (MUSSOI, 2014, p. 54).

É altamente recomendado que o quadro de cargas possua, ao menos, as informações básicas da instalação, como a potência de cada circuito e a bitola do condutor.

Afirma-se que neste projeto acrescentam-se na tabela colunas para corrente de referência de cada circuito (para o dimensionamento dos condutores); disjuntores termomagnéticos de cada circuito; proteção com disjuntor diferencial-residual (DR) e o tamanho do diâmetro dos eletrodutos (juntamente ao número de condutores carregados em seu interior).

Assim como para a tabela de levantamento preliminar de cargas, os cálculos e desenvolvimento de raciocínio para o resultante quadro de cargas apresentado, encontra-se na seção “Memorial de Cálculos”.

2.2.3.2 Tabela

A Tabela 4 apresenta o quadro de cargas, com os circuitos separados e definidos. Os dados obtidos e cálculos mais detalhados são expostos na seção “Memorial de cálculos”, com a especificação de cada circuito e seus respectivos raciocínios.

Circuitos Terminais		Iluminação (VA)	TUG (VA)	Quantidade	TUE (W)	Fase	Iref (A)	Condutor (mm²)	Disjuntor (A)	Proteção DR	Dutos (mm)
Nº	Descrição										
1	Ar Cond.	-	-	1	1800	R	12,6	2,5	20	100mA	25
2	Ar Cond.	-	-	1	1800	R	12,6	2,5	20	100mA	
3	Ar Cond.	-	-	1	1800	R	12,6	2,5	20	100mA	
4	Ar Cond.	-	-	1	1800	S	12,6	2,5	20	100mA	
5	Lava-Louça	-	-	1	2000	R	12,5	2,5	20	30mA	
6	Lava-Roupa	-	-	1	2500	S	15,6	2,5	20	30mA	
7	Chuveiro	-	-	1	7900	S	49,4	10	50	30mA	
8	Chuveiro	-	-	1	7900	S	49,4	10	50	30mA	
9	Iluminação 1	1160	-	-	-	R	6,59	1,5	15	100mA	
10	Iluminação 2	1122	-	-	-	R	6,38	1,5	15	100mA	
11	TUGs 1	-	800	-	-	R	5,59	2,5	20	100mA	
12	TUGs 2	-	800	-	-	R	5,59	2,5	20	100mA	
13	TUGs 3	-	800	-	-	R	5,59	2,5	20	100mA	
14	TUGs 4	-	2000	-	-	R	14	2,5	20	100mA	
15	TUGs 5	-	700	-	-	R	4,9	2,5	20	100mA	
16	TUGs 6	-	1800	-	-	R	12,6	2,5	20	100mA	
17	TUGs 7	-	600	-	-	R	4,2	2,5	20	100mA	
18	TUGs 8	-	2600	-	-	R	18,2	2,5	20	100mA	
Potência Ativa Total (W)		2282	8080		27500						
Potência Demandada (W)		1506,12	2505		15675						
Circuito de Alimentação						R+S		16	63A	300mA	25

Tabela 4 - Quadro de Cargas

2.2.4 Quadros de Medição (QM) e de Distribuição (QD)

O Quadro de Medição (QM) é o elemento responsável pela medição da potência consumida por unidade de tempo na instalação. Possui um medidor de energia polifásico, adequado segundo especificações da concessionária de energia elétrica do estado. Possui proteção com aterramento e um disjuntor termomagnético compatível com a rede elétrica.

O QM deve ser instalado posteriormente à mureta, muro ou parede.

O Quadro de Distribuição (QD) é o equipamento central responsável pelo recebimento da energia elétrica do Quadro de Medição (QM) e ramificação dos circuitos. Aplica as proteções necessárias com disjuntores diferenciais-residuais específicos e termomagnéticos para cada circuito.

Para o projeto referido também acrescentou-se um dispositivo de proteção contra-surtos (DPS), com tensão de disparo em 1,5kV e corrente em 25kA.

A versão atualizada de 2004 da NBR 5410 não prevê um número mínimo de circuitos reservas no quadro de distribuição, deixando à escolha do projetista julgar a quantidade necessária segundo análise própria. Por isso, para este projeto seguiu-se a determinação da versão de 1997 da Norma, na qual prescreve que Quadros de 13 a 30 circuitos necessitam de, ao menos, espaço reserva de 4 circuitos. Como o projeto possui 18 circuitos, foi-se acrescentado um reserva além do mínimo, ou seja, 5 circuitos reservas. Tais circuitos reservas, afirma-se novamente, são para possíveis aplicações futuras e expansões na rede elétrica da residência; com isto, são disponibilizados, sem impor o valor ou detalhamento de disjuntores, eletrodutos e outras características, apenas a classificação “Reserva”.

2.2.5 Aterramento

O aterramento de uma instalação elétrica é fundamental por medidas de segurança pessoais e materiais; visando tanto proteger o residente (em primeira instância), em caso de choque elétrico, quanto os condutores da instalação.

Segundo a NBR 5410, “*toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento, denominada ‘eletrodo de aterramento’ tal que possa conduzir correntes de falta à terra sem risco de danos térmicos, termomecânicos e eletromecânicos, ou de choques elétricos causados por essas correntes*”.

Especificamente para o projeto, optou-se por aplicar sistema de aterramento TT (pontos diretamente aterrados), no qual os condutores neutro e proteção (PE) são separados, sendo aterrados de forma independente.

O material do eletrodo é cobre⁵, com diâmetro de 20mm (mínimo recomendado).

Vale lembrar que o aterramento não traz proteção total aos residentes em caso de choque elétrico. A verificação do valor da corrente e execução efetiva da proteção é realizada pelos disjuntores diferenciais-residuais. O aterramento é questão de segurança, o acionamento do DR é indispensável.

A Figura 3 apresenta o esquema de ligação bifásico de um DR tetrapolar (duas fases, neutro e proteção PE) utilizado na instalação. Tal esquema é uma simplificação. O detalhamento de cada DR é elaborado no diagrama unifilar.

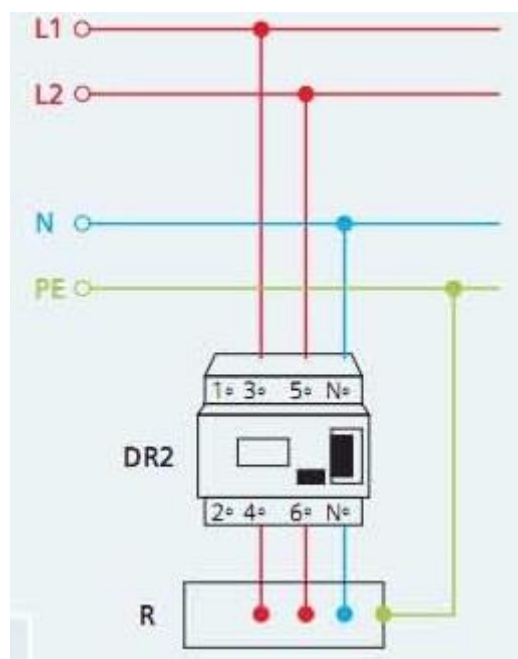


Figura 3 - Esquema de ligação de DR tetrapolar

⁵ Detalhes mais específicos e complexos, como condições do solo, corrosão e resistência mecânica não são consideradas nesta análise. Segue-se, portanto, o recomendado pela norma.

Ainda sobre o aterramento, diz-se que visa o mesmo por motivos de faltas elétricas comuns (choques elétricos e curto-circuito). O sistema de aterramento não é projetado propriamente para eventos anormais e/ou provenientes de forças naturais (não sendo seguido o que é expresso na NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas).

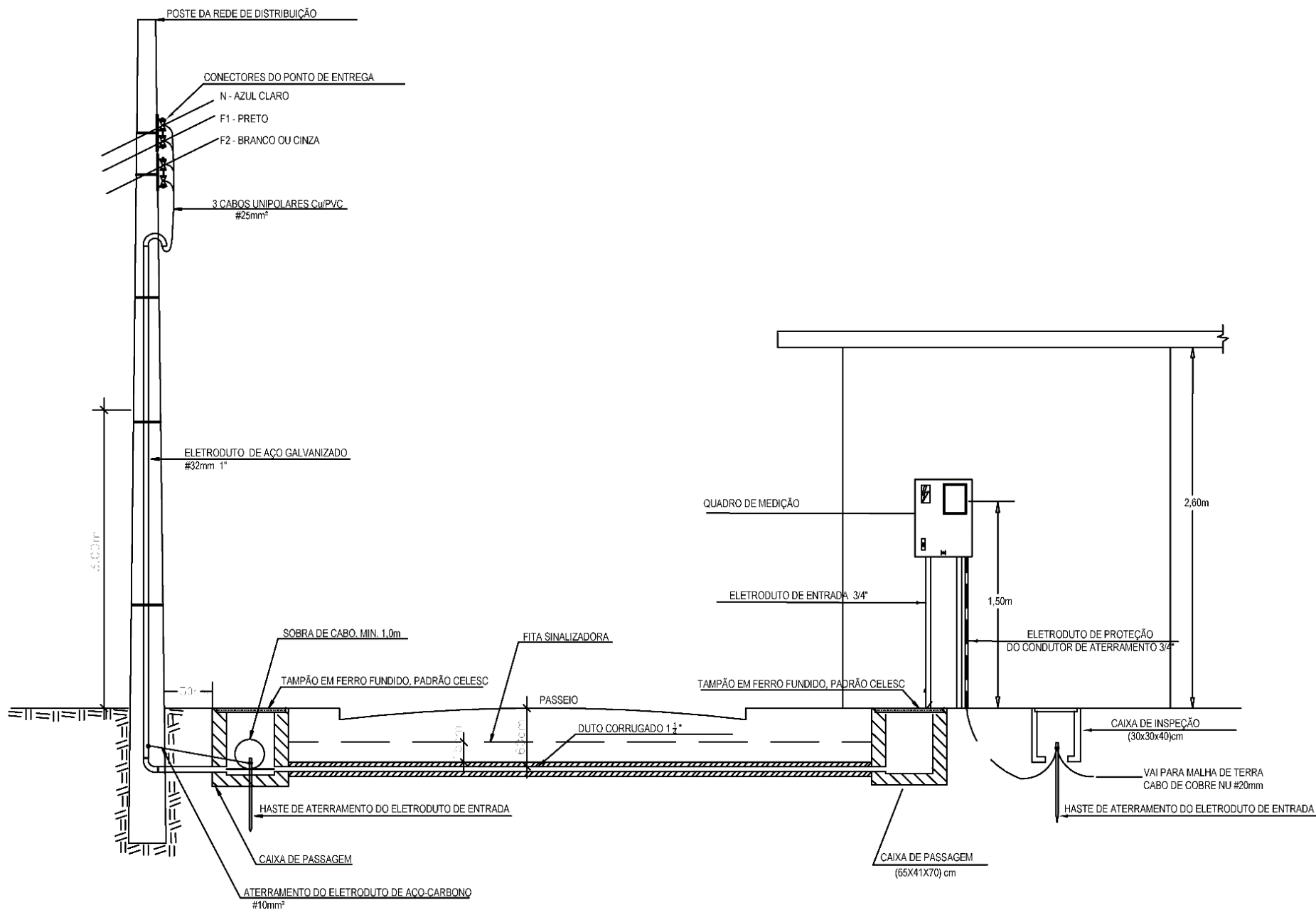
2.2.6 Ramal de Entrada

As especificações do ramal de entrada foram retiradas da fonte “Padronização de Entrada de Energia Elétrica de Unidades Consumidoras de Baixa Tensão” da concessionária de eletricidade do estado de Santa Catarina – CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina). O documento foi última vez atualizado em novembro de 2007, continuando vigente.

No diagrama do ramal de entrada encontram-se especificados: o poste da rede de distribuição; os conectores do ponto de entrega (bifásico: Fase 1 – cor preta, Fase 2 – cor branca ou cinza, Neutro – azul claro), sendo tais três cabos unipolares de cobre com diâmetro 16mm²; eletroduto de aço galvanizado de 1 pol.; o aterramento do eletroduto de aço-carbono, determinado pela norma em 10mm²; a sobra acima do solo da haste de aterramento, que é de, no mínimo, 1 metro; o duto corrugado de 1 ¼’ que conduz os cabos da caixa de passagem de aterramento até a caixa de passagem abaixo do quadro de medição; a caixa de passagem, com suas respectivas dimensões; o eletroduto de ¾’ de entrada no quadro de medição; o quadro de medição, com a sua altura em relação ao solo; a mureta do quadro de medição com a sua altura em relação ao solo; o eletroduto de proteção do condutor de aterramento de ¾’; a caixa de inspeção da haste de aterramento do eletroduto de entrada, com suas respectivas dimensões e o cabo de cobre nu de #20mm, além da haste de aterramento tipo Copperweld⁶.

A seguir o diagrama do ramal de entrada com todas as especificações apresentadas:

⁶ O condutor tipo Copperweld (Fushi Copperweld) é recomendado e comumente utilizado por projetistas devido à sua confiabilidade e atributos, como ser de camada de cobre, projetado propriamente para aterramentos.



3 MEMORIAL DESCRITIVO

Instalação Residencial Elétrica

Área Total: 100,58m² Perímetro: 134,02m

Potência Ativa Total da Instalação: 37862W

Potência Ativa Total Demandada da Instalação: 19686W

Sistema: Bifásico (2F + N – Fases R e S).

Tensão Eficaz Nominal: 220V

Sistema de Aterramento: TT – Haste de Aterramento (Copperweld) de Cu nu #20mm

Método de Instalação: Aéreo (7-B1)

Ramal de Entrada: Padrão CELESC (detalhamento no diagrama)

Condutor do Ramal de Entrada: Cu 16mm² 68A.

Fator de Temperatura: 1 Fator de condutores carregados: 1

Os circuitos do projeto são divididos entre: iluminação, tomadas de uso geral (TUG's) e tomadas de uso específico (TUE's).

Os circuitos de iluminação estão divididos em:

- Iluminação 1: Dormitório 1, Dormitório 2, Banho, Suíte, Banho Suíte, Circulação e Cozinha (1160VA).
- Iluminação 2: Sala de Estar, Sala de Jantar, Área de Serviço e Varanda (1122VA).

Os circuitos de tomadas de uso geral estão divididos em:

- TUGs 1: Suíte (800VA).
- TUGs 2: Dormitório 1 (800VA).
- TUGs 3: Dormitório 2 (800VA).
- TUGs 4: Cozinha (2000VA).
- TUGs 5: Sala de Estar (700VA).

- TUGs 6: Área de Serviço (1800VA).
- TUGs 7: Varanda e Sala de Jantar (600VA).
- TUGs 8: Banho, Banho Suíte e Circulação (2600VA).

Os eletrodutos no interior da residência são de PVC rígido e possuem diâmetro interno de 25mm. O eletroduto do ramal de entrada é de material aço-carbono, com seção circular de 10mm².

Todos os circuitos possuem proteção com disjuntores termomagnéticos monopolares e disjuntores diferenciais-residuais bifásico tetrapolares com especificações próprias para cada circuito (ver diagrama unifilar).

Disjuntor Termomagnético de Entrada: Bipolar; 63A.

DPS: Classe I; 25kA; 1,5kV.

QD com aterramento: 18 circuitos em uso; 5 circuitos reservas.

QM: Medidor de Energia Polifásico; Padrão CELESC.

4 MEMORIAL DE CÁLCULOS

Nesta secção serão apresentados os cálculos que foram necessários para cada uma das etapas do projeto.

4.1 Dimensão dos aposentos

Para definir o perímetro e área de cada sala são utilizadas as seguintes fórmulas:

$$P = 2 * l0 + 2 * l1$$

$$A = l0 * l1$$

Tendo:

P: Perímetro (em m);

A: Área (em m²);

l0 e *l1*: medida dos lados do ambiente.

Cálculo do perímetro e área do Dormitório 1:

$$PD1 = 2 * 3,9 + 2 * 3 \rightarrow PD1 = 13,8m$$

$$AD1 = 3,9 * 3 \rightarrow AD1 = 11,7m^2$$

Cálculo do perímetro e área do Dormitório 2:

$$PD2 = 2 * 3 + 2 * 3 \rightarrow PD2 = 12m$$

$$AD2 = 3 * 3 \rightarrow AD2 = 9m^2$$

Cálculo do perímetro e área da Suíte:

$$PS = 2 * 3,85 + 2 * 113 \rightarrow PS = 13,7m$$

$$AS = 3,85 * 3 \rightarrow AS = 11,55m^2$$

Cálculo do perímetro e área da Cozinha:

$$PC = 2 * 2,06 + 2 * 2,80 \rightarrow PC = 9,72m$$

$$AC = 2,06 * 2,80 \rightarrow AC = 5,77m^2$$

Cálculo do perímetro e área da Sala de Jantar:

$$PSJ = 2 * 4,5 + 2 * 3 \rightarrow PSJ = 15m$$

$$ASJ = 4,5 * 3 \rightarrow ASJ = 13,5m^2$$

Cálculo do perímetro e área da Sala de Estar:

$$PSE = 2 * 3 + 2 * 3 \rightarrow PSE = 12m$$

$$ASE = 3 * 3 \rightarrow ASE = 9m^2$$

Cálculo do perímetro e área do Banho Suíte:

$$PBS = 2 * 2,80 + 2 * 1,30 \rightarrow PBS = 8,20m$$

$$ABS = 2,80 * 1,30 \rightarrow ABS = 3,64m^2$$

Cálculo do perímetro e área do Banho:

$$PBS = 2 * 2,80 + 2 * 1,30 \rightarrow PBS = 8,20m$$

$$ABS = 2,80 * 1,30 \rightarrow ABS = 3,64m^2$$

Cálculo do perímetro e área da Circulação:

$$PCi = 2 * 3 + 2 * 1,45 \rightarrow PCi = 8,90m$$

$$ACi = 3 * 1,45 \rightarrow ACi = 4,35m^2$$

Cálculo do perímetro e área da Área de Serviço:

$$PAS = 2 * 1,40 + 2 * 2,85 \rightarrow PAS = 8,5m$$

$$AAS = 1,40 * 2,85 \rightarrow AAS = 3,99m^2$$

O cálculo do perímetro e área da varanda são feitos um pouco diferente por esta não ser retangular:

$$PV = 3 * 3 + 2 * 1,5 + 5,9 + 4,5 + 1,6 \rightarrow PV = 24m$$

$$AV = 1,5 * 3 + 5,9 * 3 \rightarrow AV = 22,2m^2$$

Cálculo do perímetro e área totais da casa:

$$PT = 13,8 + 12 + 13,7 + 9,72 + 15 + 12 + 8,2 + 8,2 + 8,9 + 8,5 + 24$$

$$PT = 134,02m$$

$$AT = 11,7 + 9 + 11,55 + 5,77 + 13,5 + 9 + 3,64 + 3,64 + 4,35 + 4 + 22,2$$

$$AT = 98,348m^2$$

4.2 Estimativa de carga

4.2.1 Estimativa de carga de iluminação

Para calcular o mínimo de carga de iluminação determinado pela norma, explicada no item 2.2.2.1, é utilizada a seguinte equação:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{A - 6}{4}$$

Tendo:

CI_{mi}: Carga de Iluminação mínima (em VA); A: área do aposento (em m²).

Tal que a equação que multiplica 60 deverá possuir valor inteiro imediatamente abaixo do resultado.

É também calculado o valor de carga de iluminação considerando a tabela de densidade de cargas de iluminação (Tabela 2, item 2.2.2.1), adotando sempre os maiores valores tendo em vista uma família da classe média.

$$CI = DCI * A$$

Tendo:

CI: Carga de Iluminação pela densidade (em VA).

Cálculo da carga de iluminação do Dormitório 1:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{11,7 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 160VA$$

$$CI = 20 * 11,7 \rightarrow CI = 234VA$$

Cálculo da carga de iluminação do Dormitório 2:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{9 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 100VA$$

$$CI = 20 * 9 \rightarrow CI = 180VA$$

Cálculo da carga de iluminação da Suíte:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{11,55 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 160VA$$

$$CI = 20 * 11,55 \rightarrow CI = 234VA$$

Cálculo da carga de iluminação da Cozinha:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{5,77 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 100VA$$

$$CI = 25 * 5,77 \rightarrow CI = 144,25VA$$

Cálculo da carga de iluminação da Sala de Jantar:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{13,5 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 160VA$$

$$CI = 30 * 13,5 \rightarrow CI = 405VA$$

Cálculo da carga de iluminação da Sala de Estar:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{9 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 100VA$$

$$CI = 30 * 9 \rightarrow CI = 270VA$$

Cálculo da carga de iluminação do Banho Suíte:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{3,64 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 100VA$$

$$CI = 10 * 3,64 \rightarrow CI = 36,4VA$$

Cálculo da carga de iluminação do Banho:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{3,64 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 100VA$$

$$CI = 10 * 3,64 \rightarrow CI = 36,4VA$$

Cálculo da carga de iluminação da Circulação:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{4,35 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 100VA$$

$$CI = 10 * 4,35 \rightarrow CI = 43,5VA$$

Cálculo da carga de iluminação da Área de Serviço:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{4 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 100VA$$

$$CI = 10 * 4 \rightarrow CI = 40VA$$

Cálculo da carga de iluminação da Varanda:

$$CI_{mi} = 100 + 60 * \frac{22,2 - 6}{4} \rightarrow CI_{mi} = 342VA$$

Cálculo da carga total de iluminação:

$$CIT_{mi} = 160 + 100 + 160 + 100 + 160 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 340$$

$$CIT_{mi} = 1520VA$$

$$CIT = 240 + 180 + 240 + 200 + 410 + 270 + 100 + 100 + 100 + 100 + 342$$

$$CIT = 2282VA$$

4.2.2 Estimativa de carga de tomadas de uso geral

Para calcular a quantidade mínima de tomadas de uso geral são considerados alguns parâmetros como visto no item 2.2.2.2.

Equação geral:

$$NT_{mi} = \frac{P}{5}$$

Equação para Cozinha e Área de Serviço:

$$NT_{mi} = \frac{P}{3,5}$$

Tendo:

NT_{mi} : Número de TUGs (em unidade); P : Perímetro do aposento (em m).

Tal que a equação deverá possuir valor inteiro imediatamente acima do resultado.

Se a área do ambiente for menor que 6m² ou for um ambiente externo:

$$NT_{mi} = 1$$

Calculo da Potência Total mínima (geral):

$$PT_{mi} = NT_{mi} * 100$$

Calculo da Potência Total mínima (cozinha, área de serviço, banheiro):

Se o número de TUGs mínimo for menor ou igual a 3 unidades

$$PTmi = NTmi * 600$$

Se o número de TUGs mínimo for maior que 3

$$PTmi = 3 * 600 + (NTmi - 3) * 100$$

Tendo:

PTmi: Potência total mínima (em VA).

Cálculo de tomadas de uso geral do Dormitório 1:

$$NTmi = \frac{13,8}{5} \rightarrow NTmi = 3$$

$$PTmi = 3 * 100 \rightarrow PTmi = 300VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral do Dormitório 2:

$$NTmi = \frac{12}{5} \rightarrow NTmi = 3$$

Cálculo de tomadas de uso geral da Suíte:

$$NTmi = \frac{13,7}{5} \rightarrow NTmi = 3$$

$$PTmi = 3 * 100 \rightarrow PTmi = 300VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral da Cozinha:

$$NTmi = \frac{9,72}{3,5} \rightarrow NTmi = 3$$

$$PTmi = 3 * 600 \rightarrow PTmi = 1800VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral da Sala de Jantar:

$$NTmi = \frac{15}{5} \rightarrow NTmi = 3$$

$$PTmi = 3 * 100 \rightarrow PTmi = 300VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral da Sala de Estar:

$$NTmi = \frac{12}{5} \rightarrow NTmi = 3$$

$$PTmi = 3 * 100 \rightarrow PTmi = 300VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral do Banho Suíte:

$$NTmi = 1$$

$$PTmi = 1 * 600 \rightarrow PTmi = 600VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral do Banho:

$$NTmi = 1$$

$$PTmi = 1 * 600 \rightarrow PTmi = 600VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral da Circulação:

$$NTmi = 1$$

$$PTmi = 1 * 600 \rightarrow PTmi = 600VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral da Área de Serviço:

$$NTmi = \frac{8,5}{3,5} \rightarrow NTmi = 3$$

$$PTmi = 3 * 600 \rightarrow PTmi = 1800VA$$

Cálculo de tomadas de uso geral da Varanda:

$$NTmi = 1$$

$$PTmi = 1 * 600 \rightarrow PTmi = 600VA$$

Cálculo da carga total de tomadas de uso geral

$$NTTmi = 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 1 + 1 + 2 + 3 + 1$$

$$NTTmi = 26 TUGs$$

$$PTTmi = 300 + 300 + 300 + 1800 + 300 + 300 + 600 + 600 + 200 + 1800 + 100$$

$$PTT = 6600VA$$

$$NTT = 8 + 8 + 8 + 5 + 3 + 7 + 2 + 2 + 2 + 3 + 3$$

$$NTT = 51 TUGs$$

$$PTT = 800 + 800 + 800 + 2000 + 300 + 700 + 1200 + 1200 + 200 + 1800 + 300$$

$$PTT = 10100VA$$

Tendo:

NTT_{mi}: Número Total de TuGs mínimo (em unidades); *PTT_{mi}*: Potência Total de TUGs mínima (em VA); *NTT*: Número Total de TUGs utilizadas (em unidades); *PTT*: Potência Total de TUGs utilizadas (em VA).

4.2.3 Estimativa de carga de tomadas de uso específico

Como a norma não especifica um mínimo para as TUEs, estas são definidas de acordo com as possíveis necessidades que o usuário poderá ter.

Para o cálculo da potência de ar condicionado é utilizada a seguinte equação:

$$PBTU = 800 * A + Np * 800$$

Onde:

PBTU: Potência do ar condicionado em BTU (em BTU); *NP*: Número de pessoas que frequentam o aposento (em unidades).

Estimativa de TUE do Dormitório 1: TUE para ar condicionado.

$$BTU = 800 * 11,7 + 800 \rightarrow BTU = 9360BTU$$

Estimativa de TUE do Dormitório 2: TUE para ar condicionado.

$$BTU = 800 * 9 + 800 \rightarrow BTU = 8000BTU$$

Estimativa de TUE do Suíte: TUE para ar condicionado.

$$BTU = 800 * 11,55 + 2 * 800 \rightarrow BTU = 10840BTU$$

Estimativa de TUE da Cozinha: TUE para máquina de lavar louças.

A média da potência das máquinas de lavar louça atual é de 1500W, porém pensando no consumo futuro estabeleceu-se uma potência de 200W.

Estimativa de TUE da Sala de Estar: TUE para ar condicionado.

$$BTU = 800 * 9 + 4 * 800 \rightarrow BTU = 10400BTU$$

Estimativa de TUE do Banho Suíte: TUE para chuveiro.

Foi consultada uma tabela do Inmetro de classificação da potência dos chuveiros elétricos. Com isso, pensando que a família mora na região Sul do Brasil, estabeleceu-se a potência de 7900W, que está dentro da classificação F do Inmetro.

Estimativa de TUE do Banho: TUE para chuveiro.

Foi consultada uma tabela do Inmetro de classificação da potência dos chuveiros elétricos. Com isso, pensando que a família mora na região Sul do Brasil, estabeleceu-se a potência de 7900W, que está dentro da classificação F do Inmetro.

Estimativa de TUE da Área de Serviço: TUE para máquina de lavar roupas.

A média da potência das máquinas de lavar roupa atual é de 1500W, porém pensando no consumo futuro e pesquisa dos produtos disponíveis no mercado, estabeleceu-se uma potência de 200W.

4.2.4 Divisão das fases

$$R = C1 + C2 + C3 + C5 + CI + CT$$

$$R = 1800 + 1800 + 1800 + 2000 + 2282 + 8080$$

$$R = 17762W$$

Tendo:

R: Fase R (em W); *C1*: Circuito 1 (em W); *C2*: Circuito 2 (em W); *C3*: Circuito 3 (em W); *C5*: Circuito 5 (em W); *CI*: Circuitos de iluminação (circuitos 9 e 10) (em W); *CT*: Circuitos de TUGs (circuitos 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) (em W).

$$S = C4 + C6 + C7 + C8$$

$$S = 1800 + 2500 + 7900 + 7900$$

$$S = 20100W$$

Tendo:

S: Fase S (em W); *C4*: Circuito 4 (em W); *C6*: Circuito 6 (em W); *C7*: Circuito 7 (em W); *C8*: Circuito 8 (em W).

4.2.5 Dimensionamento dos condutores

A seguir serão desenvolvidos os cálculos do dimensionamento dos condutores, seguindo diferentes critérios. Releva-se que a decisão de uso da dimensão dos condutores é aquela que suporta a maior intensidade de corrente e proporciona o alcance dos objetivos desejados para o projeto.

4.2.5.1 Dimensionamento dos condutores pelo critério do aquecimento e capacidade de condução de corrente

$$I_{Condutor} > I_{Ref}$$

$$I_{Ref} = \frac{I_{Proj}}{ft * fa * fc}$$

$$I_{Proj} = \frac{SC}{V} = \frac{PC}{V * \cos\phi}$$

Onde:

ICondutor: Corrente nominal do condutor (Tabela 36 da NBR-5410:2004) (em A);

IRef: corrente de referência para o dimensionamento do condutor (em A);

IProj: Corrente de projeto do circuito (em A); *ft*: fator de temperatura (Tabela 40 da NBR-5410:2004);

fa: Fator de agrupamento (Tabela 42 da NBR-5410:2004);

fc: Fator de correção (Tabela 15: MUSSOI, 2014);

SC: Potência aparente do circuito (em VA);

V: Tensão de alimentação (em V);

PC: Potência ativa do circuito (em W);

cosφ: Fator de potência do circuito.

Dimensionamento do condutor para o Circuito 1:

$$I_{Proj} = \frac{1800}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 8,18A$$

$$I_{Ref} = \frac{8,18}{1 * 0,7 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 11,67A$$

$$I_{Condutor} = 14A \rightarrow Bitola = 1mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 2:

$$I_{Proj} = \frac{1800}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 8,18A$$

$$I_{Ref} = \frac{8,18}{1 * 0,65 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 12,58A$$

$$I_{Condutor} = 14A \rightarrow Bitola = 1mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 3:

$$I_{Proj} = \frac{1800}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 8,18A$$

$$I_{Ref} = \frac{8,18}{1 * 0,65 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 12,58A$$

$$I_{Condutor} = 14A \rightarrow Bitola = 1mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 4:

$$I_{Proj} = \frac{1800}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 8,18A$$

$$I_{Ref} = \frac{8,18}{1 * 0,57 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 14,35A$$

$$I_{Condutor} = 17,5A \rightarrow Bitola = 1,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 5:

$$I_{Proj} = \frac{2000}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 9,09A$$

$$I_{Ref} = \frac{9,09}{1 * 0,7 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 12,99A$$

$$I_{Condutor} = 14A \rightarrow Bitola = 1mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 6:

$$I_{Proj} = \frac{2500}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 11,36A$$

$$I_{Ref} = \frac{11,36}{1 * 0,57 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 19,94A$$

$$I_{Condutor} = 24A \rightarrow Bitola = 2,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 7:

$$I_{Proj} = \frac{7900}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 35,91A$$

$$I_{Ref} = \frac{35,91}{1 * 1 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 35,91A$$

$$I_{Condutor} = 41A \rightarrow Bitola = 6mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 8:

$$I_{Proj} = \frac{7900}{220 * 1} \rightarrow I_{Proj} = 35,91A$$

$$I_{Ref} = \frac{35,91}{1 * 1 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 35,91A$$

$$I_{Condutor} = 41A \rightarrow Bitola = 6mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 9:

$$I_{Proj} = \frac{1160}{220} \rightarrow I_{Proj} = 5,27A$$

$$I_{Ref} = \frac{5,27}{1 * 0,65 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 8,11A$$

$$I_{Condutor} = 9A \rightarrow Bitola = 0,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 1,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 10:

$$I_{Proj} = \frac{1122}{220} \rightarrow I_{Proj} = 5,1A$$

$$I_{Ref} = \frac{5,1}{1 * 0,57 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 8,95A$$

$$I_{Condutor} = 9A \rightarrow Bitola = 0,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 1,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 11:

$$I_{Proj} = \frac{800}{220} \rightarrow I_{Proj} = 3,64A$$

$$I_{Ref} = \frac{3,64}{1 * 0,7 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 5,19A$$

$$I_{Condutor} = 9A \rightarrow Bitola = 0,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 12:

$$I_{Proj} = \frac{800}{220} \rightarrow I_{Proj} = 3,64A$$

$$I_{Ref} = \frac{3,64}{1 * 0,65 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 5,59A$$

$$I_{Condutor} = 9A \rightarrow Bitola = 0,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 13:

$$I_{Proj} = \frac{800}{220} \rightarrow I_{Proj} = 3,64A$$

$$I_{Ref} = \frac{3,64}{1 * 0,65 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 5,59A$$

$$I_{Condutor} = 9A \rightarrow Bitola = 0,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 14:

$$I_{Proj} = \frac{2000}{220} \rightarrow I_{Proj} = 9,09A$$

$$I_{Ref} = \frac{9,09}{1 * 0,7 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 12,99A$$

$$I_{Condutor} = 14A \rightarrow Bitola = 1mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 15:

$$I_{Proj} = \frac{700}{220} \rightarrow I_{Proj} = 3,18A$$

$$I_{Ref} = \frac{3,18}{1 * 0,57 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 5,58A$$

$$I_{Condutor} = 9A \rightarrow Bitola = 0,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 16:

$$I_{Proj} = \frac{1800}{220} \rightarrow I_{Proj} = 8,18A$$

$$I_{Ref} = \frac{8,18}{1 * 0,57 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 14,35A$$

$$I_{Condutor} = 17,5A \rightarrow Bitola = 1,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 17:

$$I_{Proj} = \frac{600}{220} \rightarrow I_{Proj} = 2,73A$$

$$I_{Ref} = \frac{2,73}{1 * 0,57 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 4,78A$$

$$I_{Condutor} = 9A \rightarrow Bitola = 0,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 18:

$$I_{Proj} = \frac{2600}{220} \rightarrow I_{Proj} = 11,82A$$

$$I_{Ref} = \frac{11,82}{1 * 0,65 * 1} \rightarrow I_{Ref} = 18,18A$$

$$I_{Condutor} = 24A \rightarrow Bitola = 2,5mm^2 \rightarrow BitolaMinima = 2,5mm^2$$

4.2.5.2 Dimensionamento dos condutores pelo critério da queda de tensão

$$QT_{Max} = \frac{QT\%_{Max} * V}{I_{Proj} * L * 100}$$

Onde:

QT_{Max} : queda de tensão máxima(em V/A*Km);

$QT\%_{Max}$: Queda de tensão percentual máxima (estabelecido 5% para alimentação em baixa tensão pela NBR-5410) (em %);

V: Tensão de alimentação (em V);

I_{Proj} : Corrente de projeto do circuito (em A);

L: Comprimento dos condutores no trecho analisado (em Km).

Dimensionamento do condutor para o Circuito 1:

$$QT_{Max} = \frac{5 * 220}{8,18 * 0,007 * 100} \rightarrow QT_{Max} = 192,11V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 2:

$$QT_{Max} = \frac{5 * 220}{8,18 * 0,005 * 100} \rightarrow QT_{Max} = 268,95V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 3:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{8,18 * 0,004 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 336,19V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 4:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{8,18 * 0,004 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 336,19V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 5:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{9,09 * 0,008 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 151,27V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 6:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{11,36 * 0,01 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 96,83V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 7:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{35,91 * 0,004 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 76,58V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 8:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{35,91 * 0,006 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 51,05V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 9:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{5,27 * 0,007 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 298,18V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 10:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{5,10 * 0,01 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 251,69V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 11:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{3,64 * 0,009 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 335,78V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 12:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{3,64 * 0,005 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 604,40V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 13:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{3,64 * 0,006 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 503,66V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 14:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{9,09 * 0,01 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 121,01V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 15:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{3,18 * 0,007 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 494,16V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 16:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{8,18 * 0,01 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 134,47V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 17:

$$QTM_{\text{Max}} = \frac{5 * 220}{2,73 * 0,01 * 100} \rightarrow QTM_{\text{Max}} = 402,93V/A * Km$$

Dimensionamento do condutor para o Circuito 18:

$$QTM_{ax} = \frac{5 * 220}{11,82 * 0,006 * 100} \rightarrow QTM_{ax} = 155,10V/A * Km$$

4.2.5.3 Cálculos para definição do condutor do ramal de entrada

Potência ativa demandada:

$$PD = FD * P_{inst}$$

Onde:

PD: Potência ativa demandada (em W);

FD: Fator de demanda;

P_{inst}: Potência ativa instalada (em W).

Pontos de iluminação:

$$PDILUM = 0,66 * 2282 \rightarrow PDILUM = 1506,12W$$

TUGs:

$$PDTUG = 0,31 * 8080 \rightarrow PDTUG = 2504,8W$$

TUEs:

$$PDTUE = 0,57 * 27500 \rightarrow PDTUE = 15675W$$

Potência ativa total demandada:

$$PDT = PDILUM + PDTUG + PDTUE$$

$$PDT = 1506,12 + 2504,8 + 15675$$

$$PDT = 19685,92W$$

Potência aparente demandada:

$$SD = \frac{PDT}{\cos\phi}$$

Onde:

SD: Potência aparente demandada (em VA);

PDT: Potência ativa total demandada (em W);

cosφ: fator de potência (usualmente adotado 0,95).

$$SD = \frac{19685,92}{0,95}$$

$$SD = 20722,02VA$$

Corrente total demandada:

$$ID = \frac{SD}{NF * VF}$$

Onde:

ID: Corrente total demandada (em A);

SD: Potência aparente demandada (em VA);

VF: Tensão de fase (em V);

NF: número de fases.

$$ID = \frac{20722,02}{2 * 220}$$

$$ID = 47,10A$$

Corrente de dimensionamento:

$$IDim = 1,25ID$$

Onde:

IDim: Corrente de Dimensionamento (em A);

ID: Corrente total demandada (em A);

$$IDim = 1,25 * 47,10$$

$$IDim = 58,87A$$

5 CONSIDERAÇÕES RELEVANTES

Seguem considerações finais sobre as diversas questões envolvidas na elaboração do projeto.

5.1 Quanto à norma

É de extrema importância o seguimento das normas vigentes da ABNT e da concessionária de energia elétrica local (no caso, a CELESC). Embora haja inúmeras determinações, sobre os mais diversos elementos presentes no projeto, implica-se a obrigação da ciência e aplicação do mínimo prescrito. Caso desejável (ou necessário) maiores detalhamentos (para instalações de caráter mais específico), aplicam-se outras regras, de outras NBR's, como as já citadas, porém não usadas, sobre Luminotécnica, Padrões de Eletrodutos, entre várias.

A eficiência do projeto é de responsabilidade do projetista elétrico, mas lembra-se que, segundo exigência da concessionária da CELESC, *“é de responsabilidade do consumidor a manutenção do Padrão de Entrada (Caixa, eletrodutos, poste, condutores do ramal de entrada, disjuntor, etc.)”*.

5.2 Quanto ao software de CAD

Frisa-se que o software de CAD (Computer Assisted Design – Desenho Assistido por Computador) é de grande utilidade para o projetista. Isso pois oferece um rol de possibilidades de construção, esboço, personalização e alteração do desenho.

Tal software é útil e disposto não somente no caráter elétrico, mas também (e primariamente) no estrutural arquitetônico, sanitário, artístico e de design de elementos.

Há softwares livres como o QCAD e o FREECAD, no entanto o AutoCAD (embora pago – mas com licença de estudante durável por 3 anos) é o mais popular e usado, tanto no âmbito profissional, quanto no acadêmico.

5.3 Quanto às questões de elaboração de projeto

O projetista elétrico, como já afirmado, possui a responsabilidade de associar a demanda de potência atual dos consumidores, com a projeção futura de consumo, tão como às obrigações e recomendações da norma vigente. Uma base sólida de conhecimento é fundamental para a boa execução, tanto durante a análise prévia, quanto quando à elaboração e desenvolvimento do projeto. Seu raciocínio deve ser exato, metucioso, preciso, para evitar problemas futuros. Dever utilizar de ferramentas adequadas, utilitários especializados e demais tecnologias que possam vir a contribuir ao máximo para a facilitação de seu labor. Tais afirmações são estabelecidas por tratar-se de questões que envolvem a segurança de pessoas; sendo o estado da instalação elétrica e seu modo operacional correto crucial para tal.

Portanto, o projetista deve contornar óbices e planejar com zelo e profissionalismo para o alcance concreto dos objetivos: um Projeto de Qualidade.

6 REFERÊNCIAS

MUSSOI, Fernando L. R. (2014). Instalações elétricas. 1 ed. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), 226p.

ABNT. NBR 5410/04 Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Disponível em: <http://www.ppgel.net.br/schroeder/AulasGradPAE/NBR5410.pdf>. Acesso em 26 mar. 2015.

GETNINJA. Potência do Ar Condicionado. Disponível em: <http://www.getninjas.com.br/guia/assistencia-tecnica/ar-condicionado/calcule-a-potencia-necessaria-do-ar-condicionado/>. Acesso em 26 mar. 2015.

INMETRO. Informações ao consumidor: Tabelas de consumo/eficiência energética. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>. Acesso em 26 mar. 2015.

EFLUL. Tabela de consumo dos aparelhos. Disponível em: <http://www.eflul.com.br/consumidores/tabela-de-consumo>. Acesso em 26 mar. 2015.

ABNT. NBR 6492/94 Representação de projetos de arquitetura. Disponível em: <http://www.ufjf.br/projeto3/files/2011/03/NBR-6492-Representa%C3%A7%C3%A3o-de-projetos-de-arquitetura.pdf>. Acesso em 28 mar. 2015.

WIKIPÉDIA. Classe de Isolamento. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Classe_de_isolamento. Acesso em 04 abr. 2015.

BIASI. Memorial Descritivo. Disponível em: http://www.ufpr.br/portalufpr/wp-content/uploads/2014/07/luiz_antonio_biasi.pdf. Acesso em 04 abr. 2015.

CELESC. Padronização de Entrada de Energia Elétrica de Unidades Consumidoras de Baixa Tensão. Disponível em: <http://portal.celesc.com.br/portal/atendimento/images/e3210001.pdf>. Acesso em 7 abr. 2015.

NODARI. Aula 5: Projetos Elétricos. Disponível em: http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Mecatr%C3%B4nica/Aula_5_Projeto_el%C3%A9trico_rev._04-04-2012.pdf. Acesso em 7 abr. 2015.

IPCE. Tabela Fator de Agrupamento. Disponível em: http://www.ipce.com.br/tabela_dimensional/tabela_fator_agrupamento.php. Acesso em 11 abr. 2015.

ABNT. NBR 5413/92 – Iluminância de interiores. Disponível em: <http://www.labcon.ufsc.br/anexos/13.pdf>. Acesso em 11 abr. 2015.

ABNT. NBR 16055/12 – Paredes de concreto. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/109588444/NBR-16055-Paredes-de-Concreto>. Acesso em 12 abr. 2015.

SILVA, Sérgio Ferreira de Paula. Esquemas de Aterramento. Disponível em: http://www.joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Aterramento%20el%C3%A9trico/Esquemas_de_Aterramento.pdf. Acesso em 13 abr. 2015.

CELESC. Manual Simplificado Padrão de Entrada. Disponível em: http://ruthmann.com.br/cms/assets/pdf/arquivos/1972012_manual-simplificado-celesc-padrao-de-entrada.pdf. Acesso em 13 abr. 2015.

ABNT. Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Disponível em: <http://www.comservicefire.com.br/docs/Para-raios/NBR%205419%20-%20Para-raios.pdf>. Acesso em 13 abr. 2015.

PRYSMIAN. Instalações Elétricas Residenciais. Disponível em: http://br.prysmiangroup.com/br/files/manual_instalacao.pdf . Acesso em 13 abr. 2015.

Aprenda elaborar Projetos Elétricos no AutoCAD. 6:27min. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dPD2Dys21AA>. Acesso em 10 abr. 2015.

fim...

