



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO
COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE DEMANDA
SEGUNDO AS NORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DA CEB E
DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E
DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SEGUNDO A ABNT NBR
5410:2004**

FERNANDO JOSÉ DAS NEVES JÚNIOR

Brasília, julho de 2014.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FERNANDO JOSÉ DAS NEVES JÚNIOR 09/94472

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA
CÁLCULO DE DEMANDA SEGUNDO AS NORMAS DE
DISTRIBUIÇÃO DA CEB E DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES
E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SEGUNDO A ABNT NBR 5410:2004**

Projeto de conclusão de curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília para obtenção do diploma de bacharel em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Instalações Elétricas

Orientador: Mauro Moura Severino.

Brasília/2014

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA
CÁLCULO DE DEMANDA SEGUNDO AS NORMAS DE
DISTRIBUIÇÃO DA CEB E DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES
E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SEGUNDO A ABNT NBR 5410:2004**

FERNANDO JOSÉ DAS NEVES JÚNIOR 09/94472

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE BACHAREL
EM ENGENHARIA ELÉTRICA. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS

APROVADO POR:

**PROF. MAURO MOURA SEVERINO, DR. ENE/UNB.
(ORIENTADOR)**

**PROF. RAFAEL AMARAL SHAYANI, DR. ENE/UNB.
(EXAMINADOR INTERNO)**

**PROF. ALCIDES LEANDRO SILVA, DR. ENE/UNB.
(EXAMINADOR INTERNO)**

FICHA CATALOGRÁFICA

FERNANDO JOSÉ DAS NEVES JÚNIOR

Desenvolvimento de aplicativo computacional para cálculo de demanda segundo as normas de distribuição da CEB e dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção segundo a ABNT NBR 5410:2004,

[Distrito Federal] 2014.

xvii, 121p., 297 mm (FT/UnB, Engenheiro, Elétrica, Potência, 2014). Trabalho de Graduação – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

1.Instalações elétricas
3.Cálculo de demanda

2.Dimensionamento de circuitos
4.Aplicativo computacional

I. Elétrica/FT/UnB

II. Desenvolvimento de aplicativo computacional para cálculo de demanda segundo as normas de distribuição da CEB e dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção segundo a ABNT NBR 5410:2004.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NEVES, F.J. (2014). Desenvolvimento de aplicativo computacional para cálculo de demanda segundo as normas de distribuição da CEB e dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção segundo a ABNT NBR 5410:2004. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica, Publicação FT.TG-nº, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 121p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Fernando José das Neves Júnior.

TÍTULO DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO: Desenvolvimento de aplicativo computacional para cálculo de demanda segundo as normas de distribuição da CEB e dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção segundo a ABNT NBR 5410:2004.

GRAU: Engenheiro ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Trabalho de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Fernando José das Neves Júnior
Condomínio Solar de Brasília, Quadra 02 conj. 09 Lt. 09 – Lago Sul
71680-349 Brasília– DF – Brasil.

Homenagem póstuma especial ao meu avô Norbertino Neves, exemplo de vida e grande incentivador dos meus estudos. Sei que, lá de cima, está me guiando e participando dessa conquista. É dele uma frase que sempre me inspirou e me acalmou em momentos de aflição: “Aquele problema que não tem solução, para você que gosta de matemática, solucionado está!”. Obrigado por todos os ensinamentos e conversas, meu avô. Sei que era seu sonho ver seu primeiro neto se formando e é por isso que lhe dedico todo este meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus que me deu forças e o dom para realizar todos os meus sonhos. Acima de tudo, sou grato por Ele ter colocado no meu caminho tantas pessoas especiais.

Nenhuma grande batalha se conquista sozinho, e nessa minha luta tive muita ajuda. Logo no início da minha história existem dois personagens principais. Minha mãe Sueli, forte guerreira batalhando por nossos futuros e ao mesmo tempo carinhosa sempre contribuindo para a realização dos meus sonhos. E meu pai Fernando que além de pai sempre foi meu melhor amigo, e me ensinou desde cedo que não importava o que eu ia ser no futuro desde que eu fosse feliz e não fosse medíocre, mas buscasse o meu melhor. Graças a esses dois que pude me tornar o homem que sou hoje.

Agradeço ao meu irmão mais novo, Fillipe, grande amigo e companheiro de aventuras, sempre ao meu lado. E a toda a minha família, em especial as minhas vovós Ambrosina e Marlene que sempre tiveram um lugar especial no meu coração. E claro a minha Dinda que tanto me apoiou até este momento.

Agradeço a minha futura mulher, Lorena, meu porto seguro em momentos difíceis e minha inspiração em construir um futuro melhor. Agradeço também a toda essa nova família que você me proporcionou: meu sogro, sogra e cunhadas queridas. Muito obrigado.

E como agradecer a um orientador como o Mauro? Obrigado pela paciência e pela receptividade em me aceitar como orientando. Brinco que me orientou em todos os aspectos: academicamente, profissionalmente, em relacionamentos e até na saúde. Foi, para mim, professor em todos os sentidos possíveis da palavra. Agradeço a Universidade de Brasília por me proporcionar uma excelente equipe de professores, técnicos e servidores que contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço a todos os meus amigos, colegas e todos aqueles que direta ou indiretamente participaram da minha jornada, contribuindo para a realização deste sonho. A eles, o meu muito obrigado. Em especial aqueles que participaram diretamente na construção deste trabalho, com todo o apoio: Michell, Pedro, Ronald e novamente minha melhor amiga, Lorena.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE DEMANDA SEGUNDO AS NORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DA CEB E DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SEGUNDO A ABNT NBR 5410:2004

No projeto de uma instalação elétrica é fundamental a realização dos cálculos de demanda e dos dimensionamentos dos circuitos, tanto do ponto de vista econômico quanto da segurança das instalações. O projetista atuante no mercado precisa ser eficaz, rápido e preciso seguindo as normas em todos os seus projetos.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver um aplicativo computacional para cálculo de demanda, determinação do tipo de fornecimento e dimensionamento do ramal de entrada segundo as normas técnicas de distribuição da Companhia Energética de Brasília (CEB) para unidades consumidoras individuais, prédios de múltiplas unidades e instalações com distribuição em tensão primária e o dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção contra sobrecargas de acordo com os seis critérios de dimensionamento da ABNT NBR 5410. Desenvolvido no Microsoft Excel, com a linguagem de programação VBA como plano de fundo, esse trabalho alcançou êxito no desenvolvimento do Aplicativo Computacional para Cálculos e Dimensionamentos em Instalações Elétricas (ACADIE).

O aplicativo visa ser intuitivo e de fácil manuseio, proporcionando um aumento da produtividade do usuário. Atende um nicho de engenheiros projetistas atuantes em Brasília, pois segue as normas da concessionária local, além de atender também os estudantes, futuros projetistas, da Universidade de Brasília.

No trabalho, vários fluxogramas e interpretações das normas foram elaborados, os quais auxiliam na consolidação dos conceitos envolvidos. Buscando o rápido aprendizado das funcionalidades do aplicativo uma série de vídeos tutoriais foi desenvolvida e colocada em plataforma própria para compartilhamento com o público-alvo. Como contribuição acadêmica, o trabalho é uma ferramenta de auxílio didático à disciplina de instalações elétricas da UnB.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO.....	1
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	2
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2.	BASE DE CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTOS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BRASÍLIA.....	5
2.1	NORMAS DA CEB.....	5
2.1.1	NTD 6.01 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO SECUNDÁRIA A UNIDADES CONSUMIDORAS INDIVIDUAIS (CEB, 2005)	5
2.1.2	NTD 6.07 - FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO A PRÉDIOS DE MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS (CEB, 2011)	7
2.1.2.1	Determinação da demanda para U.C. com Tipo de Fornecimento “T” e edifícios não Residenciais.....	8
2.1.2.2	Determinação da demanda em edifícios de uso coletivo residencial	9
2.1.2.3	Determinação da Demanda em Edificações de Uso Misto	11
2.1.3	NTD 6.05 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO (CEB, 2012)	11
2.2	NORMAS DA ABNT	13
2.2.1	ABNT NBR 5410:2004 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO.....	13
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1	MATERIAIS	17
3.1.1	Normas	17
3.1.1.1	NTD – 6.01.....	17
3.1.1.2	NTD – 6.05.....	18
3.1.1.3	NTD – 6.07.....	18
3.1.1.4	ABNT NBR 5410.....	18
3.1.2	Microsoft Excel e Microsoft Visual Basic for Applications.....	18
3.1.3	Microsoft Visio.....	19
3.1.4	Microsoft Word	19
3.1.5	Editores de Vídeo	19
3.2	MÉTODOS.....	20
3.2.1	Cálculo de demandas.....	20
3.2.1.1	Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.01.	21
3.2.1.2	Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.07.....	30

a)	Prédio de uso coletivo residencial.....	31
b)	Prédio de uso coletivo não-residencial.....	33
c)	Prédio de uso misto	37
3.2.1.3	Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.05.....	38
3.2.2	Dimensionamentos do ramal de entrada.....	44
3.2.2.1	Dimensionamentos do ramal de entrada segundo a NTD – 6.01.....	45
3.2.2.2	Dimensionamentos do ramal de entrada segundo a NTD – 6.07.....	47
3.2.3	Dimensionamento de circuitos	47
3.2.3.1	Dimensionamento do condutor de fase.....	49
3.2.3.1.1	Critério da seção mínima.....	51
3.2.3.1.2	Critério dos limites de queda de tensão.....	52
3.2.3.1.3	Critério da capacidade de condução de corrente	53
3.2.3.1.4	Critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas	56
3.2.3.2	Dimensionamento do condutor neutro.....	58
3.2.3.3	Dimensionamento do condutor de proteção	62
3.2.3.4	Dimensionamento do dispositivo de proteção contra sobrecargas	63
3.2.3.5	Verificação do comprimento-limite do circuito para proteção contra contatos indiretos em circuitos com seccionamento automático.....	64
4.	APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE DEMANDA E DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO.....	66
4.1	NOME E LOGOMARCA DO APLICATIVO.....	66
4.2	UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO	68
4.2.1	Unidades Consumidoras Individuais (NTD – 6.01).....	69
4.2.2	Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD – 6.07).....	74
4.2.3	Distribuição em Tensão Primária (NTD – 6.05)	77
4.2.4	Dimensionamento de circuitos internos segundo a ABNT NBR 5410:2004	79
4.2.5	Dimensionamento de circuitos segundo a ABNT NBR 5410:2004	90
4.2	ESTUDOS DE CASOS.....	92
4.2.1	Estudo de caso 1:.....	93
4.2.2	Estudo de caso 2:.....	98
4.3	COMPARATIVO COM APLICATIVOS SEMELHANTES NO MERCADO.....	110
5.	CONCLUSÕES.....	112
5.1	ASPECTOS GERAIS.....	112
5.2	PRINCIPAIS CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES	113
5.3	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	115

REFERÊNCIAS	117
APÊNDICE UM	118
APÊNDICE DOIS	120
ANEXO	126

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1 - Lista de tabelas da NTD 6.01 usadas para o cálculo da demanda.</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 3.2 - Subdemanda a, utilização do f.p.</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 3.3 - Fatores de conversão para cv</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 3.4- Lista de tabelas da NTD-6.07 usadas para o cálculo da demanda</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 3.5 - Lista de tabelas da NTD-6.05 utilizada para o cálculo da demanda</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 3.6- Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de aparelhos de ar-condicionado.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 3.7- Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de bombas d'água.</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 3.8- Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de motores.</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 3.9- Lista de tabelas da NBR 5410 usadas para o dimensionamento de circuitos.</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 3.10 – Seção reduzida do condutor neutro.....</i>	<i>60</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 3.1 - Fluxograma do cálculo de demanda.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3.2 - Fluxograma para cálculo de demanda de aparelhos de ar-condicionado.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.3- Tipos de fornecimento na NTD - 6.01</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3.4- Fluxograma do dimensionamento do ramal de entrada.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.5- Fluxograma do dimensionamento de circuito segundo a ABNT NBR 5410.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3.6- Fluxograma do critério da seção mínima.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3.7- Fluxograma para dimensionamento do condutor neutro.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3.8 - Fluxograma do dimensionamento do condutor de proteção elétrica</i>	<i>63</i>
<i>Figura 4.1 - Logomarca do aplicativo ACADIE</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4.2 - Tela de escolha da resolução do monitor</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.3 - Tela de apresentação do aplicativo</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.4 - Aba para o cálculo de demanda para Unidades Consumidoras Individuais.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 4.5 - Tela de inserção de dados relativos a máquinas de solda.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.6 - Mensagem de confirmação de dados</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.7 - Localização dos circuitos a serem dimensionados (antes ou após ramal de entrada).</i>	<i>73</i>
<i>Figura 4.8 - Tela com resultado do dimensionamento do ramal de entrada.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 4.9 - Tela para o cálculo de demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 4.10 - Tela para a inserção das cargas de unidades não residenciais de determinado tipo.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 4.11 - Aba para o cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 4.12 - Tela para dimensionamento do circuito interno</i>	<i>79</i>
<i>Figura 4.13 - Dimensionamento do condutor de fase pelo critério dos limites de queda de tensão.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 4.14 - Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da capacidade de condução de corrente</i>	<i>81</i>
<i>Figura 4.15 - Tela com esquemas ilustrativos relativos aos métodos de referência de instalação de condutores.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 4.16 - Tela para escolha do modo de disposição do método F.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 4.17 - Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas.....</i>	<i>83</i>

<i>Figura 4.18 – Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da seção mínima</i>	<i>84</i>
<i>Figura 4.19 – Mensagem informando que a norma não determina seção mínima no caso selecionado para material do condutor de alumínio</i>	<i>85</i>
<i>Figura 4.20 – Mensagem informando que a norma admite determinada seção mínima no caso específico em que o usuário selecionou</i>	<i>85</i>
<i>Figura 4.21 – Mensagem informando que a norma admite determinada seção mínima no caso específico em que o usuário selecionou</i>	<i>85</i>
<i>Figura 4.22 – Dimensionamento do condutor neutro</i>	<i>86</i>
<i>Figura 4.23 – Dimensionamento do condutor de proteção.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 4.24 – Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecargas com o condutor de fase.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 4.25 – Verificação do máximo comprimento do circuito de acordo com o critério de proteção contra contatos indiretos.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 4.26 – Curva de disparo dos disjuntores de classe B e C da Siemens</i>	<i>89</i>
<i>Figura 4.27 – Tela para dimensionamentos do circuito</i>	<i>91</i>
<i>Figura 4.28 – Tela para o cálculo da carga instalada e demanda com os valores do exemplo inseridos e subdemandas e a demanda calculadas abaixo</i>	<i>97</i>
<i>Figura 4.29 – Tela com o dimensionamento do ramal de entrada em função do tipo de fornecimento determinado de acordo com a NTD-6.01 no ACADIE.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 4.30 – Dimensionamento pelo critério dos limites de queda de tensão para o estudo de caso.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 4.31 – Dimensionamento pelo critério da capacidade de condução de corrente para o estudo de caso.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 4.32 – Dimensionamento pelo critério de proteção contra curtos-circuitos para o estudo de caso.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 4.33 – Dimensionamento pelo critério da seção mínima para o estudo de caso.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 4.34 – Dimensionamento dos condutores de fase para o estudo de caso</i>	<i>104</i>
<i>Figura 4.35 – Dimensionamento do condutor neutro para o estudo de caso.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 4.36 – Resultado do dimensionamento do condutor neutro para o estudo de caso... </i>	<i>106</i>
<i>Figura 4.37 – Resultado do dimensionamento do condutor de proteção para o estudo de caso</i>	<i>106</i>
<i>Figura 4.38 – Dimensionamento do dispositivo de proteção contra sobrecargas para o estudo de caso</i>	<i>107</i>

<i>Figura 4.39 – Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecargas com o condutor de fase para o estudo de caso.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 4.40 – Verificação do comprimento- limite do circuito para o estudo de caso</i>	<i>109</i>
<i>Figura 4.41 – Resultados finais do dimensionamento do circuito pelo ACADIE para o estudo de caso</i>	<i>109</i>
<i>Figura 4.42 – Aplicativo DCE da Prysmian fabricante de cabos.....</i>	<i>111</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACADIE	Aplicativo computacional para Cálculos e Dimensionamentos em Instalações Elétricas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CEB	Companhia Energética de Brasília
CI	Carga Instalada
EPR	Borracha etileno-propileno
FD	Fator de Demanda
fp	Fator de potência
Fs	Fator de simultaneidade
Fu	Fator de utilização
Ip	Corrente de projeto
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
NTD	Norma Técnica de Distribuição
PVC	Policloreto de vinila
TTHM	Taxa de Terceira Harmônica e seus Múltiplos
TCC	trabalho de conclusão de curso
UnB	Universidade de Brasília
XLPE	Polietileno reticulado

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

η - Rendimento.

$\cos \theta$ - Fator de Potência (fp).

C – Carga Instalada.

W – Watt.

A– Ampére.

V–Volt.

kVA– Quilovolt-ampere.

TR– Tonelada de refrigeração

BTU/h– *British Thermal Unit per hour*

hp– *horse power*

cv– cavalo vapor

S– Potência Aparente.

P– Potência Ativa.

Q– Potência Reativa.

m–Metro.

m²-Metro Quadrado.

mm²-Milímetro Quadrado.

V/(km × A)– Volt por quilômetro-ampère

(K × m)/W– Kelvin vezes metro por watt

D–Demanda.

Dt–Demanta Total.

D1–Demanda dos Apartamentos.

D2–Demanda do Condomínio.

1. INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

O mundo atravessa hoje uma era de revolução digital, as pessoas estão sempre conectadas com aplicativos que as auxiliam em suas tarefas diárias. O tempo é extremamente valioso, a necessidade de precisão e velocidade em cada tarefa de um profissional é uma exigência. Nesse contexto o projetista de instalações elétricas moderno precisa buscar ferramentas que o auxiliem em suas tarefas, tornando as mais ágeis, precisas e consequentemente mais seguras.

As normas relacionadas ao cálculo de demanda de um projeto elétrico são específicas para cada concessionária e apenas a partir do seu cálculo é possível determinar, levando em conta outros elementos do circuito, qual o tipo de fornecimento adequado à instalação. Demanda pode ser definida como o valor médio da potência em um intervalo de tempo especificado, podendo ser indicada em unidades de potência ativa, reativa e aparente e calculada pela seguinte equação (MACINTYRE, 2008):

$$D = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} P(t) . dt$$

Demanda leva em conta a provável não simultaneidade na utilização dos equipamentos, e deve ser calculada para cada ponto de distribuição - desde os quadros terminais até o quadro de distribuição geral. Da demanda, obtém-se a corrente de projeto e com isso pode-se proceder para o dimensionamento dos condutores, capaz de permitir sem excessivo aquecimento e com queda de tensão predeterminada, a passagem da corrente elétrica.

O dimensionamento de condutores é indispensável na construção de qualquer sistema elétrico de potência. E o correto dimensionamento dos condutores possibilita uma instalação segura e economicamente viável uma vez que um projeto subdimensionado traz riscos aos usuários possibilitando pontos de aquecimento na instalação e prováveis focos de incêndio e ao mesmo tempo, o superdimensionamento gera custos e adaptações que tornam o projeto economicamente inviável. De maneira clara, o correto dimensionamento traz segurança, reduz gastos em

condutores e dispositivos de proteção e atende aos prescritos na norma brasileira ABNT NBR 5410:2004.

Logo, um profissional situado em Brasília, onde as normas de distribuição da CEB são válidas, precisa de uma ferramenta ajustada a essas normas para aumentar a eficiência de seu trabalho. Buscando esse nicho de profissionais projetistas já situados no mercado e o auxílio na formação de futuros projetistas na UnB, por meio da disciplina de instalações elétricas, foi desenvolvido no escopo de trabalho de conclusão de curso um aplicativo computacional para cálculos e dimensionamentos em instalações elétricas, intitulado de Aplicativo Computacional para Cálculos e Dimensionamentos em Instalações Elétricas (ACADIE), que atendesse a essas necessidades e à realidade de um profissional projetista situado em Brasília.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este projeto tem como objetivo desenvolver um aplicativo para cálculo de demanda e potência instalada, determinação do tipo de fornecimento a ser pedido para a concessionária e dimensionamento do ramal de entrada em função do tipo de fornecimento segundo as normas da Companhia Energética de Brasília (CEB): NTD-6.01, NTD-6.07 e NTD-6.05: Dimensionamento dos condutores de fase, neutro e proteção em função dos seis critérios existentes na ABNT NBR 5410:2004 e também o dimensionamento básico do dispositivo de proteção contra sobrecargas. O aplicativo visa ser de uso intuitivo, didático e preciso, para servir como apoio nos cálculos e dimensionamentos necessários em um projeto. E ao mesmo tempo, o ACADIE pode ser visto como uma ferramenta educacional sendo utilizado na consolidação dos conceitos e nos métodos de cálculos e dimensionamentos.

O trabalho conta com um tutorial escrito, em que é possível acompanhar os passos desenvolvidos para obtenção da demanda e dimensionamentos, bem como as tabelas que foram consultadas e os valores utilizados, facilitando o desenvolvimento do memorial de cálculos do projeto. Para auxílio no entendimento da lógica do aplicativo e como contribuição para interpretação das normas utilizadas foram elaborados fluxogramas didáticos e intuitivos para auxiliar no dimensionamento e tomadas de decisão. Além do tutorial escrito e buscando novamente como

meta a eficiência e agilidade, foi desenvolvida uma série de vídeos tutoriais exemplificando a utilização do aplicativo em alguns estudos de caso, tornando o aprendizado do aplicativo mais dinâmico, visual e elucidativo possível. Dessa forma, o Aplicativo é uma ferramenta muito útil no processo de ensino e aprendizagem, quando o aluno poderá acompanhar o passo a passo do cálculo de demanda, carga instalada, determinação do tipo de fornecimento, dimensionamentos de condutores e dimensionamento básico de dispositivos de proteção contra sobrecargas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No Capítulo 2 é feita uma breve revisão dos pontos principais para a elaboração do trabalho, nele é mostrada a definição de demanda e dimensionamento. Ainda no capítulo 2 serão apresentadas as três normas que devem ser obedecidas segundo a Companhia Energética de Brasília (CEB) para o cálculo de demanda e determinação do tipo de fornecimento e dimensionamento do ramal de entrada, a NTD 6.01 de 2005, a NTD 6.07 de 2011 e a NTD 6.05 de 2012. E para o dimensionamento da seção nominal dos condutores de fase, neutro e proteção e dimensionamento do dispositivo de proteção contra sobrecargas foram utilizados os seis critérios de dimensionamento determinados na ABNT NBR 5410:2004 para instalações elétricas de baixa tensão.

No Capítulo 3 são apresentados a metodologia, os materiais e as ferramentas utilizadas para obtenção do objetivo do trabalho. Nesse capítulo é feita uma breve explanação sobre as normas e *softwares* utilizados, como: o Microsoft Excel em conjunto com o Microsoft Visual Basic para desenvolvimento do aplicativo; o Microsoft Visio, que foi uma ferramenta poderosa na construção de fluxogramas pelos quais é explicada a estrutura do aplicativo desenvolvido; e uma interpretação mais intuitiva e rápida das normas utilizadas. Também nesse capítulo é mencionado a utilização de *softwares* para edição de vídeo, captura de tela e o Microsoft Word para edição de textos

Mais adiante no Capítulo 4, foi elaborado um tutorial para utilização do programa. Esse tutorial foi dividido em cinco partes, cálculo de demanda para unidades consumidoras individuais, para múltiplas unidades consumidoras, distribuição em tensão primária, dimensionamento de

condutores de fase, do condutor neutro, do condutor de proteção, verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecarga dimensionado e o condutor de fase, verificação do comprimento máximo do circuito para a proteção contra contatos indiretos. Além da elaboração desse tutorial escrito, nesse capítulo o leitor pode ter como auxílio o uso dos vídeos tutoriais para exemplificar o uso do aplicativo de maneira mais dinâmica e visual e depois retornar ao texto.

Por fim, no Capítulo 5, é feita a conclusão com todas as contribuições do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2. BASE DE CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTOS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BRASÍLIA

Nesse capítulo, será apresentado um resumo das normas da CEB – seus objetivos, definições e determinações para o cálculo de demanda e escolha do tipo de fornecimento, e campos de aplicação – e da ABNT NBR 5410:2004 – definições e determinações para o dimensionamento de condutores e compatibilidade dos dispositivos de proteção contra sobrecargas com os condutores de fase.

2.1 NORMAS DA CEB

Além dos tópicos que serão abordados, essas normas tratam das responsabilidades do consumidor, responsabilidades da CEB, condições gerais de fornecimento, ramal de ligação, ramal de entrada, localização da entrada de energia, componentes da entrada de energia, medição de energia, proteção das instalações, sistemas de aterramento, cargas potencialmente perturbadoras, documentação da instalação e verificação final e vistoria.

2.1.1 NTD 6.01 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO SECUNDÁRIA A UNIDADES CONSUMIDORAS INDIVIDUAIS (CEB, 2005)

Nesse subitem será apresentada a NTD 6.01 de 2005, em que será explicado os objetivos da norma, tanto como seu campo de aplicação, e como é estruturado a forma do cálculo da demanda.

Objetivo

Estabelecer os critérios e os padrões para o fornecimento de energia elétrica e fixar os requisitos mínimos para a construção, reforma ou adequação do padrão de entrada de unidades consumidoras individuais ou agrupadas, até o limite de 6 (seis) unidades, conforme composição dos tipos de fornecimento da Tabela 13, atendidas em tensão secundária de distribuição, localizadas na área de concessão da CEB.

Campo de Aplicação

Esta NTD aplica-se ao fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição, isto é, às unidades consumidoras com carga instalada igual ou inferior a 75 kW, localizadas na área de concessão da CEB e observadas as seguintes características adicionais:

- a) instalações novas, reformas e ampliações de instalações existentes;
- b) unidades consumidoras individuais com demanda até 65 kVA, conforme limites indicados no item 6.2;
- c) medições agrupadas, com até 6 (seis) unidades consumidoras, conforme composição estabelecida na tabela 13; e
- d) unidades consumidoras existentes, no que couber.

Esta NTD não se aplica a instalações com múltiplas unidades cuja composição das unidades não conste da tabela 13.

Determinação da Demanda para Edificações Individuais

O cálculo da demanda provável da unidade consumidora, necessário para o dimensionamento do padrão de entrada com medição trifásica, é de inteira responsabilidade do consumidor. A CEB sugere que a demanda (D) seja determinada pela expressão:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

em que:

“a” representa a demanda, em kVA, das potências para iluminação e tomadas, calculada conforme Tabelas 4 e 5;

“b” representa a demanda, em kVA, de todos os aparelhos de aquecimento e condicionamento de ar (chuveiros, aquecedores, fornos fogões, aparelhos individuais de ar-condicionado etc.), calculada conforme Tabelas 2 e 3;

“c” representa a demanda, em kVA, dos motores elétricos e máquinas de solda tipo motor-gerador, de acordo com Tabelas 6 e 7;

“d” representa a demanda, em kVA, das máquinas de solda a transformador e aparelhos de Raios X, conforme indicados a seguir:

- 100% da potência, em kVA, da maior máquina de solda somada à 100% do maior aparelho de Raios X;

- mais 70% da potência, em kVA, da segunda maior máquina de solda somada à 70% do segundo maior aparelho de Raios X;
- mais 50% da potência, em kVA, da terceira maior máquina de solda somada à 50% do terceiro maior aparelho de Raios X;
- mais 30% da potência, em kVA, das demais máquinas de solda e aparelhos de Raios X.

NOTAS:

- a) não deve ser computada a potência dos aparelhos de reserva;
- b) as ampliações de carga, previstas ou prováveis, deverão também ser consideradas no cálculo da demanda;

2.1.2 NTD 6.07 - FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO A PRÉDIOS DE MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS (CEB, 2011)

Nesse subitem será apresentada a NTD 6.07 de 2011, em que será explicado os objetivos da norma, tanto como seu campo de aplicação, e como é estruturado a forma do cálculo da demanda. Todas as tabelas, referentes a esse subitem, estão relacionadas com a NTD 6.07.

Objetivo

Esta norma tem por objetivo estabelecer as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária a prédios de múltiplas unidades consumidoras e unidades individuais com demanda mínima de 65 kVA, a partir das redes de distribuição aéreas ou subterrâneas, localizadas na área de concessão da CEB Distribuição.

Campo de Aplicação

Fornecimento em prédio com até seis unidades consumidoras que não exigem projeto elétrico, o qual é tratado na NTD 6.01 - Fornecimento em tensão secundária de distribuição – Unidades consumidoras Individuais.

2.1.2.1 Determinação da demanda para U.C. com Tipo de Fornecimento “T” e edifícios não Residenciais

A demanda (D) deve ser determinada pela expressão:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

em que:

“a” representa a demanda, em kVA, das potências para iluminação (inclusive perdas dos reatores) e tomadas, calculada conforme Tabelas 1 e 2;

“b” representa a demanda, em kVA, de todos os aparelhos de aquecimento e condicionamento de ar (chuveiros, aquecedores, fornos fogões, aparelhos individuais de ar-condicionado, etc.), calculada conforme Tabelas 3, 4 e 5;

“c” representa a demanda, em kVA, dos motores elétricos de acordo com a Tabelas 7 ;

“d” representa a demanda, em kVA, das máquinas de solda a transformador e aparelhos de Raios X, conforme indicados a seguir:

100% da potência, em kVA, da maior máquina de solda somada a 100% do maior aparelho de Raios X;

Mais 70% da potência, em kVA, da segunda maior máquina de solda somada a 70% do segundo maior aparelho de Raios X;

Mais 50% da potência, em kVA, da terceira maior máquina de solda somada a 50% do terceiro maior aparelho de Raios X;

Mais 30% da potência, em kVA, das demais máquinas de solda e aparelhos de Raios X.

NOTAS:

- 1) Não deve ser computada a potência dos aparelhos de reserva.
- 2) As ampliações de cargas, previstas ou prováveis, devem também ser consideradas no cálculo da demanda.

2.1.2.2 Determinação da demanda em edifícios de uso coletivo residencial

O dimensionamento entrada de energia das edificações de uso coletivo residencial deve ser feito pela demanda da edificação.

O presente método está de acordo com a **RTD - 27 do CODI**.

$$D_T = D_1 + D_2 \text{ (kVA)}$$

Sendo: $D_1 = (1,2 \times f \times a)$

em que:

“D1” representa a demanda dos apartamentos residenciais;

“D2” representa a demanda do condomínio;

“a” representa a demanda por apartamento em função de sua área útil – Tabela 12;

“f” representa o fator para diversificação de carga em função do número de apartamentos – Tabela 13.

NOTAS:

3) RTD - Recomendação Técnica de Distribuição do Comitê de Distribuição. O texto completo desta RTD está disponível aos interessados na CEB.

4) Fica a critério do projetista a adoção do Fator 1,2 ou outro, em função das características de cargas específicas de cada edifício, uma vez que o cálculo da demanda é de sua inteira responsabilidade.

Determinação da demanda total do edifício para o cálculo da demanda total do edifício, deve ser feito tratamento independente da demanda correspondente aos apartamentos e da demanda do condomínio, sendo a demanda total determinada pela soma dessas duas demandas.

Demanda dos apartamentos:

O cálculo da demanda dos apartamentos é feito pela aplicação da Tabela 12 que determina a demanda em kVA de um apartamento em função de sua área útil e em seguida a Tabela 13 que

estabelece a demanda total dos apartamentos considerando os fatores de diversidade em função da quantidade de apartamentos.

A Tabela 12 é aplicável na determinação da demanda de apartamentos com área útil de até 400 m². Para apartamentos com área superior, deve ser feito o cálculo através da fórmula:

$$Y = 0,034939 \cdot X^{0,895075}$$

em que:

“Y” representa a demanda do apartamento em kVA; e

“X” representa a área útil em m² do apartamento.

NOTAS:

- 1) O critério é aplicado à área útil do apartamento, não devendo ser consideradas áreas de garagem e outras áreas comuns dos edifícios, normalmente incluídos nas áreas dos apartamentos.
- 2) Edifícios com apartamentos de diferentes áreas, por exemplo, um edifício com 70 apartamentos sendo, 20 apartamentos com área útil de 90 m², 20 apartamentos com área de 100 m² e 30 apartamentos com área útil de 110 m², deverá ser considerado como um edifício com 70 apartamentos de 101 m². Neste caso, o valor encontrado foi através de média ponderada.

b) Demanda do condomínio:

A demanda do condomínio é calculada pelos seguintes critérios:

Para cargas de iluminação:

100% para os primeiros 10 kVA; e 25% para os demais.

Para as cargas de tomadas:

20% da carga total.

Para os motores:

Aplicação das Tabelas 6, 7, 8 e 9 para cada tipo de motor existente na instalação.

No cálculo das cargas do condomínio, devem ser considerados os fatores de potência de cada uma dessas cargas.

Outras cargas eventualmente encontradas em condomínio, como motores para piscinas, saunas, centrais de refrigeração ou de aquecimento, devem ser tratadas do mesmo modo, individualmente, aplicando-se o fator de demanda 1 às mesmas.

2.1.2.3 Determinação da Demanda em Edificações de Uso Misto

A demanda da parte residencial e do condomínio, existentes nestas edificações, é calculada conforme o item 2.1.2.2. A demanda das outras unidades consumidoras coletivas não residenciais, existentes nestas edificações, é calculada conforme o 2.1.2.1.

2.1.3 NTD 6.05 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO (CEB, 2012)

Nesse subitem será apresentada NTD 6.05 de 2012, em que serão explicados os objetivos da norma, tanto como seu campo de aplicação, e como é estruturada a forma do cálculo da demanda.

Objetivo

Esta norma tem por objetivo estabelecer as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica em tensão primária a unidades consumidoras individuais, a partir das redes de distribuição aéreas ou subterrâneas localizadas na área de concessão da CEB Distribuição, bem como fixar os requisitos técnicos mínimos para as entradas de energia dessas edificações.

Campo de Aplicação

Esta norma aplica-se ao fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição na frequência de 60 Hz, às instalações novas ou a reformar, com carga instalada superior a 75 kW e demanda contratada, ou estimada pelo interessado, igual ou inferior a 2500 kW. Acima deste limite, é necessário consulta prévia a Empresa.

Aplica-se ainda às instalações com carga instalada igual ou inferior a 75 kW, que possuem equipamentos cujo funcionamento provoque perturbações na rede se alimentados em tensão secundária de distribuição

As instalações tratadas nesta norma podem ter caráter permanente ou provisório, com fornecimento de energia elétrica a qualquer classe de unidade consumidora.

Determinação da demanda

O projetista deve apresentar o memorial descritivo com o demonstrativo do cálculo da demanda efetiva para instalação. Como sugestão a CEB apresenta a metodologia seguinte, podendo, no entanto, ser utilizada outra fórmula de cálculo, desde que devidamente demonstrada e justificada.

$$D = \left(\frac{0,77a}{f.p.} + 0,7b + 0,95c + 0,59e + 1,2e + F + G \right) \text{kVA}$$

em que

- D** : Demanda da instalação em kVA;
- a** : Demanda das potências, em kW, para iluminação e tomadas de uso geral (ventiladores, máquinas de calcular, televisão, som etc.).
- f.p.** : Fator de potência da instalação de iluminação e tomadas. Seu valor é determinado em função do tipo de iluminação e reatores utilizados.
- b** : Demanda de todos os aparelhos de aquecimento em kVA (chuveiros, aquecedores, fornos, fogões etc.).
- c** : Demanda de todos os aparelhos de ar-condicionado, em kW.
- d** : Potência nominal, em kW, das bombas d'água do sistema de serviço da instalação (não considerar bomba de reserva).
- e** : Demanda de todos os elevadores, em kW.
- f** : Somatório da potência nominal dos demais motores, em cv.

O valor de F deve ser determinado pela expressão:

$$F = \sum (0,87P_{nm} \times F_u) \times F_s$$

em que:

- P_{nm}** : Potência nominal dos motores em cv utilizados em processo industrial.
- F_u** : Fator de utilização dos motores.
- F_s** : Fator de simultaneidade dos motores.

G: Outras cargas não relacionadas, em kVA – neste caso o projetista deve estipular o fator de demanda característica das mesmas.

NOTAS:

- Nas instalações cujos motores operem com alto índice de simultaneidade, podem ser adotados outros valores de Fs.
- Para o dimensionamento da potência do transformador, é admitido um valor de até 30% superior à demanda calculada segundo a fórmula apresentada. Percentuais superiores devem ser plenamente justificados.
- Os condutores e a proteção geral na baixa tensão devem ser dimensionados em função da potência do transformador.

2.2 NORMAS DA ABNT

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 5410 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (CE – 03:064.01). Esta norma será abordada, pois ela foi utilizada para realizar a parte de dimensionamento de cabos elétricos do aplicativo.

2.2.1 ABNT NBR 5410:2004 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Nesse subitem será apresentada ABNT NBR 5410 de 2004, com os seus objetivos. Esta norma trata de:

- princípios fundamentais;
- proteção contra choques elétricos;
- proteção contra efeitos térmicos;
- proteção contra sobrecorrentes;
- circulação de correntes de falta;
- proteção contra sobretensões;
- serviços de segurança;
- desligamento de emergência;
- seccionamento;
- independência da instalação elétrica;
- acessibilidade dos componentes;
- seleção dos componentes;
- prevenção de efeitos danosos ou indesejados;
- instalação dos componentes;
- verificação da instalação;
- qualificação profissional.

Objetivo

Esta norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

Esta norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

Esta norma aplica-se também às instalações elétricas:

- a) em áreas descobertas das propriedades, externas às edificações;
- b) de reboques de acampamento (*trailers*), locais de acampamento (*campings*), marinas e instalações análogas; e
- c) de canteiro de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

Esta norma aplica-se:

- a) aos circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua;
- b) aos circuitos elétricos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1000 V e alimentados através de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada (por exemplo, circuitos de lâmpadas e descarga, precipitadores eletrostáticos ,etc.);
- c) a toda fiação e a toda linha elétrica que não sejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; e
- d) às linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos).

NOTA

A aplicação às linhas de sinal concentra-se na prevenção dos riscos decorrentes das influências mútuas entre essas linhas e as demais linhas elétricas da instalação, sobretudo sob os pontos de vista da segurança contra choques elétricos, da segurança contra incêndios e efeitos térmicos prejudiciais e da compatibilidade eletromagnética.

Esta norma aplica-se às instalações novas e a reformas em instalações existentes.

NOTA

Modificações destinadas a, por exemplo, acomodar novos equipamentos elétricos, inclusive de sinal, ou substituir equipamentos existentes, não caracterizam necessariamente uma reforma geral da instalação.

Esta Norma não se aplica a:

- a) instalações de tração elétrica;
- b) instalações elétricas de veículos automotores;
- c) instalações elétricas de embarcações e aeronaves;
- d) equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida que não comprometam a segurança das instalações;

- e) instalações de iluminação pública;
- f) redes públicas de distribuição de energia elétrica;
- g) instalações de proteção contra quedas diretas de raios. No entanto, esta Norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações (por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobretensões);
- h) instalações em minas;
- i) instalações de cercas eletrificadas.

Os componentes da instalação são considerados apenas no que concerne à sua seleção e condições de instalação. Isto é igualmente válido para conjuntos em conformidade com as normas a eles aplicáveis.

A aplicação desta Norma não dispensa o atendimento a outras normas complementares, aplicáveis a instalações e locais específicos.

NOTA

1. São exemplos de normas complementares à ABNT NBR 5410, as normas ABNT NBR 13534, ABNT NBR 13570 e ABNT NBR 5418
2. A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer.
3. As instalações elétricas cobertas por esta Norma estão sujeitas também, naquilo que for pertinente, às normas para fornecimento de energia, estabelecidas pelas autoridades regulamentadoras e pelas empresas distribuidoras de eletricidade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir de uma extensa pesquisa e interpretação das normas de distribuição da CEB e da ABNT NBR 5410:2004, com o apoio de literaturas específicas sobre instalações elétricas, a base metodológica do aplicativo foi construída. Neste capítulo, são apresentados todos os métodos que criam as condições necessárias para a utilização prática do aplicativo. Para síntese das normas e lógicas computacionais adotadas, utilizaram-se fluxogramas didáticos para melhor visualização.

3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do aplicativo consistem nas normas técnicas de distribuição NTD - 6.01, NTD - 6.05 e NTD - 6.07 da Companhia Energética de Brasília (CEB), na ABNT NBR 5410 e no Microsoft Excel, que foi a ferramenta escolhida para ser a base tanto do desenvolvimento quanto da utilização do aplicativo.

3.1.1 Normas

As normas, tanto as da CEB quanto a da ABNT, são consideradas materiais, não apenas por servirem como suporte de embasamento técnico e teórico, mas por fornecerem insumos, por meio de tabelas, que fazem parte da programação realizada no Microsoft Excel.

3.1.1.1 NTD – 6.01

Esta norma, que atende unidades consumidoras individuais por meio de distribuição em tensão secundária, disponibiliza as tabelas necessárias para o cálculo de demanda e o tipo de fornecimento.

3.1.1.2 NTD – 6.05

Esta norma, que atende unidades consumidoras por meio de distribuição em tensão primária, disponibiliza as tabelas necessárias para o cálculo de demanda.

3.1.1.3 NTD – 6.07

Esta norma, que atende prédios de múltiplas unidades consumidoras em função de distribuição em tensão secundária, disponibiliza as tabelas necessárias para o cálculo de demanda e o tipo de fornecimento.

3.1.1.4 ABNT NBR 5410

Esta norma, que trata de instalações elétricas de baixa tensão, disponibiliza as tabelas necessárias para o dimensionamento básico de condutores para circuitos internos.

3.1.2 Microsoft Excel e Microsoft Visual Basic for Applications

O Microsoft Excel é um programa de planilha eletrônica escrito e produzido pela Microsoft para computadores que utilizam sistema operacional Microsoft Windows e também computadores Macintosh da Apple Inc.. Seus recursos incluem uma interface intuitiva e capacitadas ferramentas de cálculo que foram de extrema serventia as necessidades de desenvolvimento do aplicativo.

A escolha do Microsoft Excel como plataforma base do aplicativo se deve a sua popularidade em relação ao público-alvo, sem a necessidade de atualizações ou instalações de novos programas na máquina do usuário. Um simples arquivo de 2,3 Mb carrega todas as informações necessárias para o aplicativo funcionar, tornando essa escolha extremamente versátil para o usuário.

As tabelas presentes nas normas da CEB e ABNT, que tinham ligação direta com os cálculos do aplicativo foram transcritas para planilhas do Microsoft Excel e por meio de códigos

desenvolvidos em VBA (*Visual Basic for Applications*) eram acessadas a fim de se obter os dados necessários para a ação pretendida.

O VBA também foi a linguagem utilizada para a realização dos cálculos e da parte gráfica do aplicativo, facilitando a utilização de tal maneira que durante o uso não há a necessidade de o usuário acessar ou manipular as planilhas presentes no arquivo. Todas as ações e decisões necessárias para a obtenção da demanda, tipos de fornecimento e dimensionamento de condutores para circuitos internos aparecem em telas que sobrepõem às planilhas.

Esse fato permite intitular o trabalho como desenvolvimento de um aplicativo de tal modo que mesmo o usuário mais leigo, entretanto, com alguma experiência em instalações elétricas pode, de maneira intuitiva, realizar cálculos e dimensionamentos facilmente.

3.1.3 Microsoft Visio

O Microsoft Visio é um poderoso software de diagrama profissional ideal para simplificar informações complexas por meio de diagramas simples e fáceis. O Visio inclui estênceis para diagramas comerciais, diagramas de rede básicos, organogramas, fluxogramas básicos e diagramas multifuncionais em geral. Por este motivo foi escolhido como a ferramenta ideal para desenvolver os fluxogramas que explicam o funcionamento do aplicativo e auxiliam na interpretação da norma.

3.1.4 Microsoft Word

Conhecido como o mais popular editor de textos do mercado, o Microsoft Word é um processador de texto produzido pela Microsoft e foi utilizado para elaboração do trabalho escrito.

3.1.5 Editores de Vídeo

Como recursos visuais ao trabalho de conclusão de curso (TCC) foram elaborados vídeos tutoriais do aplicativo e um vídeo de apresentação. Para a confecção destes vídeos dois

programas foram usados como ferramentas principais: o primeiro deles, o Screen Capturer, é um *software* para captura da tela do computador e através dele pode-se obter imagens do aplicativo em execução; o segundo, o Windows Movie Maker, é um editor de vídeos que foi utilizado para a edição propriamente dita dos vídeos tutoriais.

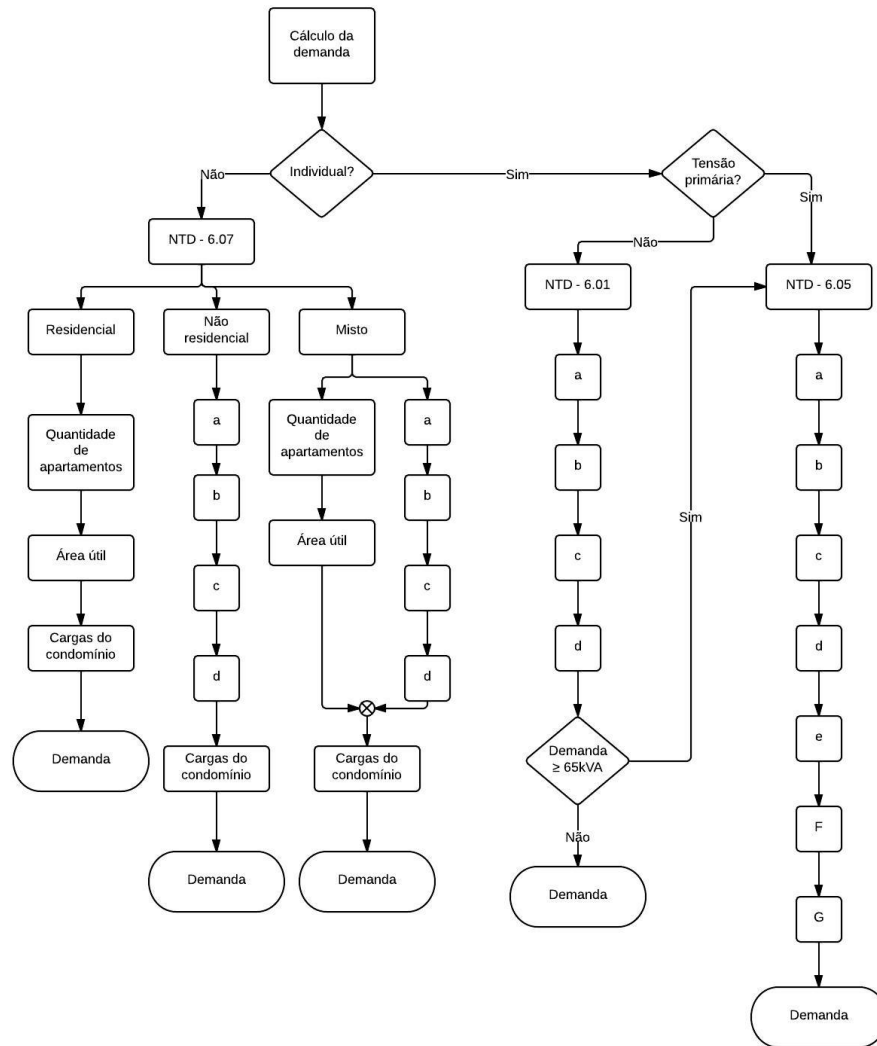
3.2 MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os métodos utilizados tanto para os cálculos das demandas segundo as normas da CEB quanto para o dimensionamento dos condutores e dispositivos de proteção contra sobrecargas de acordo com a ABNT NBR 5410:2004.

3.2.1 Cálculo de demandas

Como visto no capítulo anterior, os cálculos de demanda são regidos pelas normas da CEB, na qual cada situação é descrita por uma determinada norma. O fluxograma abaixo, Figura 3.1, mostra de maneira simplificada as relações entre as normas e como a demanda é encontrada em cada situação.

Para facilitar a explicação, serão detalhados todos os métodos utilizados em cada norma em subseções.



Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Figura 3.1 - Fluxograma do cálculo de demanda

3.2.1.1 Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.01.

Essa norma trata de unidades consumidoras individuais com fornecimento em tensão secundária. Para o cálculo da demanda é necessário que a unidade consumidora seja atendida por tipo de fornecimento trifásico, portanto, deverá ter potência instalada superior a 22 kW. O Cálculo da potência instalada não foi do escopo do aplicativo, cabe ao projetista garantir que esta seja maior que 22kW e que o fornecimento seja trifásico.

Como visto anteriormente, a demanda nessa situação é calculada da seguinte maneira:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

Essa norma prevê casos em que a demanda tenha valor máximo de 65 kVA. Caso o valor da demanda calculada esteja no intervalo de 55 kVA a 65kVA o programa sugere, mas não obriga, que a demanda seja calculada usando as especificações da NTD - 6.05 . Mas se a demanda D calculada for maior do que 65 kVA é obrigatório o cálculo utilizando-se a NTD - 6.05. Se essa situação ocorrer, o aplicativo passa automaticamente os dados pertinentes já preenchidos para o local apropriado.

As seguintes tabelas da NTD - 6.01 serão utilizadas para o cálculo da demanda:

Tabela 3.1 - Lista de tabelas da NTD 6.01 usadas para o cálculo da demanda.

TABELAS - NTD 6.01	PÁGINA DA NORMA
TABELA 03: FATORES DE DEMANDA PARA APARELHOS DE AQUECIMENTO E AR-CONDICIONADO	39
TABELA 04: FATORES DE DEMANDA PARA INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS ATÉ 600 W	40
TABELA 05: FATORES DE DEMANDA PARA INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS RESIDENCIAIS	41
TABELA 06: POTÊNCIA DE MOTORES MONOFÁSICOS	42
TABELA 07: POTÊNCIA DE MOTORES TRIFÁSICOS	43
TABELA 08: FATORES DE UTILIZAÇÃO (Fu)	44
TABELA 09: FATORES DE SIMULTANEIDADE (Fs)	44

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)

A subdemanda **a**, expressa em kVA, trata das cargas relativas a iluminação e tomadas de uso geral da unidade consumidora.

Para o cálculo dessa subdemanda informa-se primeiramente a potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral. Essa potência pode ser informada em kW ou em kVA. Escolhe-se então o tipo de atividade exercida por essa unidade consumidora, residencial ou não residencial. Dependendo da combinação da unidade de potência e do tipo de atividade escolhidos o valor do fator de potência deverá ser informado.

Caso o tipo de atividade escolhido tenha sido o residencial, a Tabela 05 da NTD - 6.01 deverá ser consultada. Essa tabela nos fornece um fator de demanda (FD) que depende de uma carga instalada em kW, ou seja, caso a carga não tenha sido fornecida em kW necessita-se do fator de potência (f.p.) para convertê-la. A relação entre kVA, kW e f.p. se dá da seguinte maneira:

$$\text{kW} = \text{kVA} \cdot \text{fator de potência}$$

Na Tabela 05 os fatores de demanda são dados para uma determinada faixa de valores da potência instalada, de tal maneira que para se encontrar a demanda para uma determinada potência somam-se todos os fatores de demanda de faixas anteriores e mais o percentual do fator de demanda da faixa onde se encontra. Por exemplo, se a carga instalada devida a iluminação e tomadas de uso geral for de 4,5 kW. 4,5 está presente na faixa que compreende valores entre 4kW e 5 kW e está após as faixas C (carga instalada) ≤ 1 ; $1 < C \leq 2$; $2 < C \leq 3$; $3 < C \leq 4$. Portanto, a demanda é igual a soma dos fatores de demanda de todas essas faixas mais 0,5 do fator de demanda da faixa $4 < C \leq 5$.

O resultado da subdemanda **a** deverá ser fornecido em kVA, portanto é necessário realizar a transformação de kW para kVA:

$$\text{kVA} = \frac{\text{kW}}{\text{fator de potência}}$$

Caso o tipo de atividade escolhido tenha sido o não residencial, a tabela a ser consultada será a Tabela 04, nela está presente uma lista de atividades não residenciais, escolhe-se então uma dessas atividades. Os fatores de demanda constantes nessa tabela dependem unicamente da atividade não residencial escolhida e não da potência e/ou sua unidade. Portanto, se a potência

instalada for fornecida em kVA, o resultado é a multiplicação entre a potência e o FD. Mas caso esteja em kW, faz-se necessária a conversão de kW para kVA para só então obter-se o resultado.

Tabela 3.2 - Subdemanda a, utilização do f.p.

Tipo de atividade	Tabela consultada	Unidade	Necessário f.p.?
Residencial	4	kW	Sim
		kVA	Sim
Não Residencial	5	kW	Sim
		kVA	Não

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)

A subdemanda **b**, expressa em kVA, pode ser dividida duas partes. A primeira trata da demanda relativa a aparelhos de aquecimento e a segunda é relativa a aparelhos de ar-condicionado.

Para o cálculo da parte que leva em conta os aparelhos de aquecimento deverão ser informados três dados: potência individual (em kVA) do aparelho, número de aparelhos com tal potência e a sua espécie. Entre as espécies de aparelhos escolhe-se entre chuveiro elétrico, torneira elétrica, boiler elétrico, fogão elétrico, forno elétrico e outras três opções que não tem nomes vinculados, mas que servem para representar quaisquer outros aparelhos de aquecimento que não estejam listados. De tal maneira que elementos com a mesma espécie e mesma potência deverão estar representados na mesma linha com sua respectiva quantidade. Elementos de mesma espécie, mas com potências diferentes, deverão ser representados em linhas diferentes com as suas respectivas quantidades. E elementos de mesma potência, mas espécies diferentes, também devem ser representadas em linhas diferentes com suas respectivas quantidades.

O cálculo da demanda dos aparelhos de aquecimento de mesma espécie é feito da seguinte maneira:

$$b1 = FD \cdot \sum_{i=1}^n Q_{tde \text{ de aparelhos } x \text{ Potência individual}}$$

em que n é o número de linhas para aparelhos de mesma espécie.

O fator de demanda é encontrado por intermédio da Tabela 03 da norma NTD - 6.01. Essa tabela tem duas colunas, a primeira mostra fatores de demanda para aparelhos com potência individual $\leq 3,5$ kVA e a segunda para aparelhos com potência individual $> 3,5$ kVA. Soma-se a quantidade de aparelhos de uma mesma espécie e com ajuda da tabela encontra-se a linha de interesse. O próximo passo então é dividir o total de aparelhos de mesma espécie em dois subtotais: Nt1. Número de aparelhos com potência individual $\leq 3,5$ kVA; Nt2. Número de aparelhos com potência individual $> 3,5$ kVA e a partir disso fazer uma média ponderada para a obtenção do fator de demanda (FD) correspondente para uma espécie.

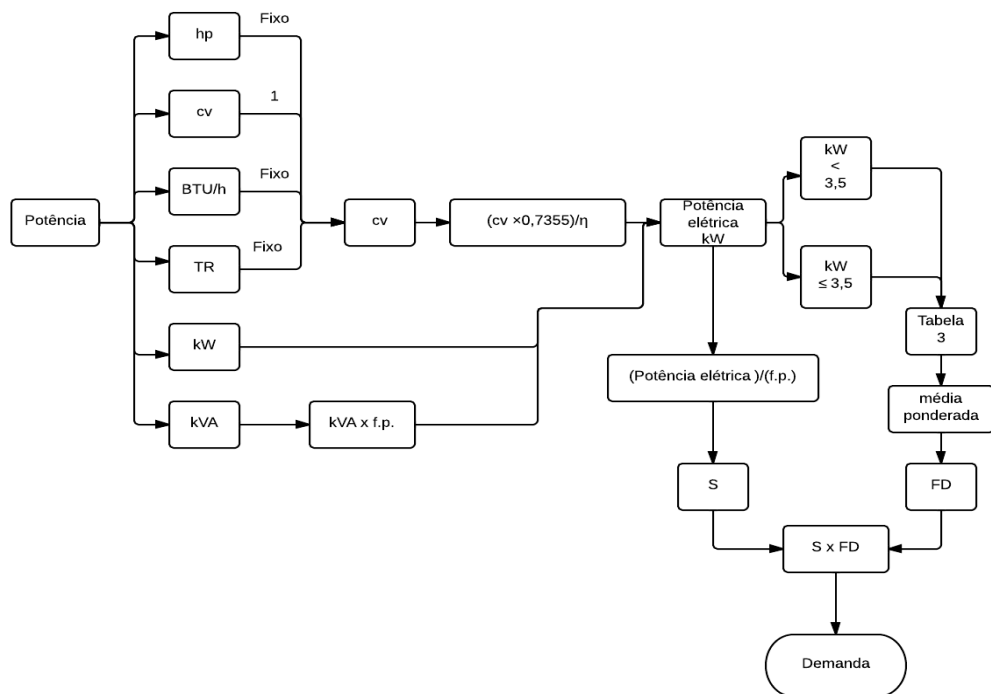
$$FD = \frac{Nt1 \cdot FD \text{ obtido na coluna 1} + Nt2 \cdot FD \text{ obtido na coluna 2}}{\text{Quantidade total de aparelhos de uma espécie}}$$

Repete-se esse processo para cada espécie de aparelhos de aquecimento representada e somam-se as suas demandas.

Para aparelhos de ar-condicionado as seguintes informações são necessárias: Quantidade, potência individual, unidade, rendimento, fator de potência e espécie. Pode-se optar por fornecer os dados relativos a unidade, rendimento e fator de potência individualmente ou no conjunto. Escolhido o no conjunto, os dados informados serão utilizados para todas as linhas. Caso o individualmente tenha sido escolhido, os dados deverão ser informados linha por linha.

A espécie para aparelhos de ar-condicionado pode ser escolhida dentre duas opções: Janela ou *split* e central de refrigeração.

A demanda relativa a aparelhos de ar-condicionado é calculada de maneira similar a demanda dos aparelhos de aquecimento, porém algumas considerações devem ser feitas. Enquanto que para aparelhos de aquecimento a unidade em que a potência individual informada é sempre o kVA, para aparelhos de ar-condicionado essa potência poderá ter como unidade kVA, kW, cv, hp, BTU/h e TR. E como a Tabela 03 para aparelhos de ar-condicionado fornece fatores de demandas relativas a potências em kW e a unidade de saída para o cálculo de demanda é o kVA, conversões deverão ser feitas. O fluxograma, Figura 3.2, abaixo mostra a cadeia de conversões necessárias.



Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Figura 3.2 - Fluxograma para cálculo de demanda de aparelhos de ar-condicionado.

A potência inserida poderá ter qualquer uma das unidades mostradas acima. As unidades hp, cv, BTU/h e TR são convertidas para cv, pois há uma tabela de conversão fixa para elas. A conversão de cv para kW se dá seguinte forma:

$$kW = \frac{cv \cdot 0,7355}{\eta}$$

De kVA para kW utiliza-se a fórmula já vista anteriormente e a potência fornecida em kW já é a própria potência elétrica, não precisando de conversões.

Tabela 3.3 - Fatores de conversão para cv

Potência em	Fator de correção para cv
HP	x 1,0138697
cv	x 1
BTU/h	x 0,0003985
TR	x 4,7816
kW	x 0,7355 / η
kVA	x 0,7355/(η x f.p.)

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013)

De posse da potência elétrica, assim como para aparelhos de aquecimento, encontra-se a quantidade total de aparelhos de uma mesma espécie e divide-se em número de aparelhos com potência individual $\leq 3,5$ kW e número de aparelhos com potência individual $> 3,5$ kW. O FD será a média ponderada dos valores encontrados. A conversão da potência elétrica de kW para kVA é feita e por fim é multiplicado pelo FD encontrado. Se houver mais de uma espécie de aparelhos repete-se o processo e os resultados são somados.

A subdemanda **b** será a soma das parcelas correspondentes a aparelhos de aquecimento e a aparelhos de ar-condicionado.

Cálculo da subdemanda c (motores e máquinas de solda do tipo motor-gerador)

A subdemanda **c**, expressa em kVA, trata da demanda dos motores monofásicos e motores trifásicos. Esta subdemanda pode ser dividida em duas parcelas, a primeira para o cálculo da demanda de motores monofásicos e a segunda para o cálculo da demanda de motores trifásicos.

Para a demanda de motores monofásicos os seguintes dados devem ser informados: quantidade de motores, potência individual, unidade de potência, rendimento, fator de potência e espécie. Assim como para aparelhos de ar-condicionado, as unidades de potência, rendimento e fator de potência podem ser informados individualmente ou no conjunto, onde caso a opção no conjunto seja escolhida os dados informados serão utilizados em todas as linhas. Se a opção individualmente for escolhida há a possibilidade de se utilizar valores de rendimento e fator de

potência presentes na Tabela 6. Para tanto, a unidade escolhida tem que ser cv e a opção ‘Usar valor tabelado?’ deverá ser marcada. Marcada essa opção, o aplicativo mostrará nos campos correspondentes os valores tabelados. Caso a potência informada não tiver um valor tabelado, os dados mostrados serão dos valores mais próximos.

O cálculo da demanda para motores monofásicos de uma mesma espécie se dá da seguinte forma:

$$\sum c_{1n} = n^{\circ} \text{ de motores} \cdot \text{potência (em kVA)} \cdot Fu \cdot Fs$$

O somatório das demandas de cada espécie será o resultado da demanda da parcela que corresponde aos motores monofásicos.

As espécies que podem ser escolhidas para motores monofásicos são as seguintes: bomba d’água, elevador e mais 2 opções sem nomes específicos que podem ser utilizadas para a representação de determinado tipo de motor monofásico.

O fator de utilização (Fu) é um fator de demanda que depende da potência do motor e é encontrado pela tabela 8, mas para tanto, a potência desses motores deverão estar expressas em cv. Como as unidades disponíveis são cv, hp, kVA e kW, caso não estejam em cv as potências deverão ser convertidas para essa unidade. Os fatores de conversão são os mesmos utilizados na tabela 3.2 acima.

O fator de simultaneidade (Fs), encontrado pela tabela 9, depende das potências dos motores (em cv) e do número de equipamentos. Como as potências já foram transformadas para se encontrar o Fu , neste passo elas já estarão na unidade correta. Para um número total de motores de uma mesma espécie pode-se ter aparelhos com potências diferentes, aqui também é feita uma média ponderada para que um Fs mais pertinente seja utilizado.

$$Fu = \frac{(n^{\circ} \text{ motores} \cdot Fu) \text{ até } 2,5 \text{ cv} + (n^{\circ} \text{ motores} \cdot Fu) \text{ de } 3 \text{ a } 15 \text{ cv} + (n^{\circ} \text{ motores} \cdot Fu) \text{ de } 20 \text{ a } 30 \text{ cv}}{n^{\circ} \text{ total de motores}}$$

Como dito anteriormente, essa subdemanda **c** tem como unidade de saída kVA, portanto, as suas parcelas também o tem. Para o cálculo de c_1 deve-se transformar a potência, que no atual momento está em cv, para kVA. Utiliza-se, portanto, a seguinte fórmula:

$$\text{potência (em kVA)} = \frac{\text{potência(em cv)} \cdot 0,7355}{\eta \cdot f \cdot p}$$

Estando a potência em kVA e encontrados o F_u e o F_s , o c_{1n} é calculado e por fim a parcela da demanda correspondente aos motores monofásicos.

O cálculo da parcela correspondente aos motores trifásicos se dá da mesma forma que a dos motores monofásicos. A única exceção é que, ao se marcar a opção ‘Usar valor tabelado?’ ao invés de consultar a Tabela 06, a Tabela 07 é que será consultada. Todos os outros cálculos e métodos para se obter F_u e F_s permanecem os mesmos.

Cálculo da subdemanda d (máquinas de solda a transformador e equipamentos de raios X)

A subdemanda **d**, expressa em kVA, consiste na demanda proveniente de máquinas de solda e equipamentos de raios X, apesar de não serem comuns há situações em que serão utilizados e, por isso, devem ser levados em consideração.

A subdemanda **d** é calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} d = & (\text{potência da maior solda} + \text{potência do maior raios X}) \\ & + (\text{potência da segunda maior solda} \\ & + \text{potência do segundo maior raios X}) \cdot 0,7 \\ & + (\text{potência da terceira maior solda} \\ & + \text{potência do terceiro maior raios X}) \cdot 0,5 \\ & + (\text{potência das demais soldas} + \text{potência dos demais raios X}) \cdot 0,3 \end{aligned}$$

Todas essas potências deverão ser dadas em kVA. Os termos que representam a potência das demais máquinas de solda e demais raios X, nada mais são que as somas das potências dos equipamentos correspondentes aos quartos, quintos, sextos, sétimos etc. maiores.

3.2.1.2 Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.07.

Essa norma trata de prédios de múltiplas unidades consumidoras com fornecimento em tensão secundária.

As seguintes tabelas da NTD - 6.07 serão utilizadas para o cálculo da demanda:

Tabela 3.4 - Lista de tabelas da NTD-6.07 usadas para o cálculo da demanda

TABELAS - NTD 6.07	PÁGINA DA NORMA
TABELA 01 - FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS DE USO GERAL EM INSTALAÇÕES COMERCIAIS E INDUSTRIAIS	63
TABELA 03 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS DE AR-CONDICIONADO	65
TABELA 04 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS DE AQUECIMENTO	66
TABELA 06 - MOTORES ASSÍNCRONOS TRIFÁSICOS COM ROTOR EM CURTO-CIRCUITO CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	68
TABELA 07 - MOTORES ASSÍNCRONOS MONOFÁSICO COM ROTOR EM CURTO-CIRCUITO CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	70
TABELA 08 - FATORES DE SIMULTANEIDADE (Fs) PARA MOTORES E OUTRAS CARGAS	72
TABELA 09 - FATORES DE UTILIZAÇÃO (Fu) PARA MOTORES E OUTRAS CARGAS	73
TABELA 10 - FATORES DE DEMANDA PARA ELEVADORES	74
TABELA 12 - CÁLCULO DAS DEMANDAS DOS APARTAMENTOS EM FUNÇÃO DAS ÁREAS ÚTEIS	76
TABELA 13 - FATORES DE DIVERSIFICAÇÃO DE CARGA EM FUNÇÃO DO Nº DE APARTAMENTOS	77

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Um prédio de múltiplas unidades consumidoras pode ter três tipos de uso: residencial, não residencial e misto, que são prédios que possuem tanto unidades residenciais quanto unidades não

residenciais. A cada tipo de uso do prédio está vinculada uma maneira diferente de se calcular a demanda.

a) **Prédio de uso coletivo residencial**

Aqui se enquadram prédios constituídos unicamente por unidades de uso residencial e um condomínio de uso comum às unidades.

No Capítulo 2, foi visto que a demanda para esse tipo de prédio é calculada da seguinte forma:

$$D_T = D_1 + D_2 \text{ (kVA)}$$

Onde D_1 representa a subdemanda relativa aos apartamentos residenciais e D_2 é a subdemanda que diz respeito às cargas do condomínio.

Cálculo da subdemanda D_1 (unidades residenciais)

A subdemanda D_1 (em kVA) é calculada pela fórmula abaixo:

$$D_1 = 1,2 \cdot f \cdot a$$

Onde a é a demanda por apartamento em função da sua área útil. Este fator a , para apartamentos de até 400m², é obtido consultando-se a tabela 20. Para prédios que possuem apartamentos de tamanho único a consulta se dá de maneira direta, porém em casos de prédios que possuem apartamentos de tamanho variado, faz-se uma média ponderada entre o número de apartamentos e suas respectivas áreas. Este resultado é então considerado a área útil levando-se em conta os tamanhos variados e então a tabela 20 é consultada. Para apartamentos de área útil maior que 400m² esta tabela não pode ser aplicada, calcula-se então um termo equivalente ao fator a que é descrito abaixo:

$$Y = 0,034939 \cdot X^{0,895075}$$

Onde,

Y = demanda do apartamento em kVA; e

X = área útil em m^2 do apartamento.

O fator f é um fator de diversificação da carga em função do número de apartamentos. O seu valor é encontrado por intermédio da tabela 21.

De posse do fator a (ou Y) e do fator f , acha-se a demanda relativa aos apartamentos residenciais.

Cálculo da subdemanda D_2 (condomínio)

A demanda relativa ao condomínio é proveniente de quatro fontes: carga devido a iluminação, carga devido a tomadas de uso geral, motores monofásicos e motores trifásicos. Essa subdemanda D_2 também é expressa em kVA

A demanda devido a carga de iluminação é calculada da seguinte maneira:

- 100 % para os primeiros 10 kVA; e
- 25% para os demais.

Essa potência de iluminação pode ser fornecida tanto em kVA quanto em kW. Caso seja fornecida em kVA o resultado se dá de maneira direta, mas caso a unidade utilizada seja kW, é necessário ser informado o f.p, para a conversão em kVA.

Já a demanda devida à carga de tomada de uso geral é calculada da seguinte maneira:

- 20% da carga total.

As demandas para os motores monofásicos e trifásicos são calculadas da mesma forma que para a subdemanda d da subseção anterior. As únicas diferenças aqui são as espécies de motores disponíveis para escolha (bomba d'água, bomba de esgoto, central de aquecimento, central de refrigeração, motor para piscina, motor para sauna e mais 2 opções não especificadas), a não presença da opção de escolha no conjunto da unidade, fator de potência e rendimento e as tabelas

consultadas, que apesar de terem os mesmos valores, têm numeração diferente na norma NTD - 6.07.

Somadas todas as contribuições (carga de iluminação, carga de tomadas de uso geral, motores monofásicos e motores trifásicos) obtém-se a demanda do condomínio.

b) Prédio de uso coletivo não-residencial

Nesta seção são incluídos os prédios que são constituídos apenas por unidades não residenciais e um condomínio.

Segundo a norma, a demanda para este tipo de forma é calculada da seguinte maneira:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

Porém se o cálculo for feito dessa maneira não será levada em consideração a demanda relativa ao condomínio, que está presente em qualquer prédio de múltiplas unidades consumidoras.

Adicionou-se, portanto, uma subdemanda D_2 a este somatório de tal maneira que a demanda para um prédio de uso coletivo não residencial agora é calculado pela fórmula abaixo:

$$D = a + b + c + d + D_2$$

Essa subdemanda D_2 é calculada da mesma maneira que a demanda do condomínio de um prédio de uso coletivo individual.

Para o cálculo das outras subdemandas é necessário informar se há mais de um tipo de unidade não residencial presente no prédio. Por exemplo, se for um prédio unicamente de escritórios só há um tipo de unidade não residencial, porém se for um prédio formado por escritórios, lojas comerciais e auditórios haverá três tipos de unidades não residenciais ou ainda caso haja um prédio com dois tipos de escritórios muito diferentes entre si, esses também serão considerados

tipos diferentes. Escolhe-se então a atividade e o número de unidades correspondente àquele tipo de unidade não residencial. Serão abertas janelas correspondentes ao número escolhido.

Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)

Para cada tipo de unidade não residencial deverá ser preenchido a sua potência de iluminação fornecida em kVA ou kW. Como a unidade de saída dessa subdemanda é kVA, quando uma potência de iluminação for fornecida em kW, o f.p. também deverá ser dado para que seja feita a devida conversão. Para potências informadas em kVA o f.p não é necessário (com exceção das atividades correspondentes a ‘Escolas e semelhantes’, ‘Escritórios (edifícios DE)’, ‘Hospitais e semelhantes’ e ‘Hotéis e semelhantes’, para estas o f.p. deverá ser informado para qualquer unidade potência fornecida, pois seus fatores de demanda são encontrados para potências em kW). Pela tabela 01, os FDs correspondentes a atividade são encontrados e a subdemanda **a** pode ser calculada da seguinte maneira:

$$a = \sum_{i=1}^n \text{potência (em kVA)} \cdot FD \cdot \text{número de unidades daquele tipo}$$

Onde n é o número total de tipos de unidades não residenciais existentes no prédio de uso coletivo.

Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)

Assim como para a subdemanda **a**, os valores devidos a subdemanda **b** deverão ser preenchidos para cada tipo de atividade não residencial.

O preenchimento dos dados dessa subdemanda se dá da mesma maneira que o da subdemanda **b** para unidades individuais, com a diferença, apenas, nas espécies de aparelhos de aquecimento para a escolha (chuveiro elétrico, torneira elétrica, máquina de lavar louça, aquecedor de passagem, aquecedor de acumulação, máquina de secar roupas, micro-ondas e mais duas opções não especificadas).

Porém o método de cálculo é diferente. Há na tabela 04 uma coluna para cada espécie de aparelho de aquecimento e as linhas são definidas por número de aparelhos. Portanto, encontra-se o número total de aparelhos daquela espécie presente em todos os tipos de unidades não residenciais, a intersecção de coluna e linha fornecerá o FD correspondente.

Para aquela espécie de aparelho a sua demanda será:

$$b_j = FD \cdot \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kVA)}_i \cdot n^{\circ} \text{ de aparelhos}_i \\ \cdot n^{\circ} \text{ de unidades daquele tipo}$$

Em que n é o número de linhas de aparelhos de aquecimento preenchidas, i representa o conjunto número de aparelhos-potência individual de determinada linha e j representa j -ésima espécie

A parcela da subdemanda **b** que representa os aparelhos de aquecimento é o somatório dos b_j .

Já para aparelhos de ar-condicionado, algo semelhante é aplicado. Porém, não há diferença entre os FDs das suas espécies. Soma-se o número total de aparelhos de ar-condicionado em todos os tipos de unidades não residenciais e encontra-se o FD correspondente na tabela 03. Converte-se as potências informadas em outras unidades que não o kVA para kVA e então utilizando a fórmula acima calcula-se a demanda relativa a aparelhos de ar-condicionado.

A soma dessas duas parcelas (aparelhos de aquecimento e aparelhos de ar-condicionado) é o resultado da subdemanda **b**.

Cálculo da subdemanda c (motores monofásicos e trifásicos)

Para o cálculo da demanda correspondente aos motores monofásicos, preenchem-se todas as áreas respectivas aos motores monofásicos nas janelas de unidades não residenciais que irão se abrir (o preenchimento em cada janela se dá como o da subdemanda **c** para unidades individuais). Os motores serão agrupados por espécie (todos os motores de todas as unidades não residenciais)

e o método de cálculo é o mesmo para motores monofásicos mostrado anteriormente. Converte-se as potências para cv, acha-se o F_u pela tabela 09 e o F_s pela tabela 08, levando em conta a média ponderada entre número de motores presentes em cada faixa de potência, transforma-se a potência novamente em kVA e, por fim, calcula-se a parcela dos motores monofásicos da seguinte maneira:

$$c_j = F_s \cdot F_u \cdot \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kVA)}_i \cdot n^\circ \text{ de motores}_i \\ \cdot n^\circ \text{ de unidades daquele tipo}$$

Em que n é o número de linhas de motores preenchidas, i representa o conjunto número de motores-potência individual de determinada linha e j representa j-ésima espécie. A soma das j espécies é a demanda relativa aos motores monofásicos.

Para motores trifásicos o mesmo procedimento é adotado. A soma da parcela correspondente aos motores monofásicos e trifásicos corresponde a subdemanda **c** do prédio de uso coletivo não residencial.

Cálculo da subdemanda d (máquinas de solda a transformador e equipamentos de raios X)

Assim como as outras subdemandas, a subdemanda **d** é preenchida como a subdemanda **d** para unidades individuais e só é calculada após todas as janelas de tipos de unidades não residências forem preenchidas. Agrupa-se então as soldas e os raios X de tal maneira que o cálculo dessa subdemanda segue como o abaixo:

$$\begin{aligned}
d = & \left(\sum \text{potências das maiores soldas} + \sum \text{potências dos maiores raios } X \right) \\
& + \left(\sum \text{potências das segundas maiores soldas} \right. \\
& + \left. \sum \text{potências dos segundos maiores raios } X \right) \cdot 0,7 \\
& + \left(\sum \text{potências das terceiras maiores soldas} \right. \\
& + \left. \sum \text{potências dos terceiro maiores raios } X \right) \cdot 0,5 \\
& + \left(\sum \text{potências das demais soldas} + \sum \text{potências dos demais raios } X \right) \\
& \cdot 0,3
\end{aligned}$$

A unidade dessas potências fornecidas é o kVA.

Após a determinação de todas as subdemandas, pode-se encontrar a demanda para o prédio de uso coletivo não residencial.

c) Prédio de uso misto

O prédio de uso misto nada mais é que um prédio que contém apartamentos residenciais e unidades não residenciais. A sua demanda é calculada pela soma da demanda relativa a parte residencial com a demanda relativa a parte não residencial mais o condomínio. Ou seja, pode-se unir as demandas em uma só, podendo reescrever a fórmula para o cálculo de demanda:

$$D_t = D_1 + D_2 + a + b + c + d$$

em que,

D_t demanda total do prédio de uso misto;

D₁ subdemanda relativa à parte residencial do prédio;

D₂ subdemanda relativa ao condomínio;

a subdemanda relativa a iluminação e tomadas de uso geral da parte não residencial do prédio;

b subdemanda relativa a aparelhos de aquecimento e ar-condicionado da parte não residencial do prédio;

c subdemanda relativa a motores monofásicos e trifásicos da parte não residencial do prédio; e
d subdemanda relativa a aparelhos de solda e equipamentos de raios X da parte não residencial do prédio.

3.2.1.3 Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.05.

Essa norma trata das condições de fornecimento elétrico em tensão primária a consumidores individuais.

As seguintes tabelas da NTD - 6.05 serão utilizadas para o cálculo da demanda:

Tabela 3.5 - Lista de tabelas da NTD-6.05 utilizada para o cálculo da demanda

TABELAS - NTD 6.05	PÁGINA DA NORMA
TABELA 15 - Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral em instalações comerciais e industriais	90
TABELA 16 - Fatores de demanda para Instalações não Residenciais de Iluminação e Tomadas até 600 W.	91
TABELA 17 - Fatores de demanda de aparelhos de ar-condicionado	92
TABELA 19 - Fatores de Demanda de aparelhos de aquecimento	94
TABELA 20 - Motores assíncronos trifásicos com rotor em curto circuito. Características elétricas	95
TABELA 21 - Motores assíncronos monofásicos com rotor em curto circuito. Características elétricas	97
TABELA 22 - Fatores de simultaneidade (Fs) para motores e outras cargas	98
TABELA 23 - Fatores de utilização (Fu) para motores e outras cargas	99
TABELA 24 - Fatores de demanda para elevadores	99

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

A demanda (em kVA) para esse tipo de instalação é calculada da seguinte maneira:

$$D = 0,77 \cdot a + 0,7 \cdot b + 0,95 \cdot c + 0,59 \cdot d + 1,2 \cdot e + F + G$$

Nem todas as subdemandas presentes nessa fórmula são expressas em kVA (as subdemandas **c**, **d** e **e** são dadas em kW), mas o fator de multiplicação presente a frente delas já trata da conversão de unidades.

Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)

Assim como nas outras normas deve-se calcular o termo da demanda total relativa às cargas de iluminação e tomadas de uso geral. Fornece-se a potência total para tais cargas e em seguida a sua unidade, kVA ou kW. Caso a unidade fornecida seja o kW, o fator de potência tem que ser informado, se a unidade for o kVA o fator de potência não é necessário pois a subdemanda **a** já é expressa nessa unidade (com exceção das atividades correspondentes a ‘Escolas e semelhantes’, ‘Escritórios (edifícios DE)’, ‘Hospitais e semelhantes’ e ‘Hotéis e semelhantes’, para essas o f.p. deverá ser informado para qualquer unidade de potência fornecida, pois seus fatores de demanda são encontrados para potências em kW e depois faz-se necessária a conversão para kVA). O próximo passo é a escolha da atividade que se encontra em uma lista formada pela junção das tabelas 15 e 16, onde cada atividade possui o seu fator de demanda correspondente.

$$a = \text{Potência} \cdot FD$$

Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento)

A subdemanda **b**, ao contrário das outras normas, é calculada apenas pela contribuição dos aparelhos de aquecimento na demanda total. A subdemanda **b** é expressa em kVA.

A forma de preenchimento dos dados é a mesma que para a parcela de aparelhos de aquecimento nos prédios de uso coletivo. O cálculo de demanda também é similar, mas nessa situação, como é uma instalação individual, não é preciso somar as contribuições de múltiplas unidades. A tabela 19 possui colunas correspondentes as espécies e linhas com o número de aparelhos. Acha-se o número total de aparelhos de uma mesma espécie. Esse número total será a linha da tabela 19 e a intersecção de coluna e linha fornecerá o FD correspondente.

Para aquela espécie de aparelho a sua demanda será:

$$b_j = FD \cdot \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kVA)}_i \cdot \text{Número de aparelhos}_i$$

Em que n é o número de linhas de aparelhos de aquecimento preenchidas, i representa o conjunto número de aparelhos-potência individual de determinada linha e j representa j -ésima espécie. A soma de todas as demandas das espécies será a subdemanda **b**.

$$b = \sum_{j=1}^k b_j$$

Em que k é o número de espécies de aparelhos de ar-condicionado.

Cálculo da subdemanda c (aparelhos de ar-condicionado)

A subdemanda **c**, expressa em kW, é a demanda dos aparelhos de ar-condicionado. Seu preenchimento se dá da mesma forma que nas normas anteriores. Porém, como é expressa em kW, as potências que são fornecidas em outras unidades são convertidas. Quando a potência é fornecida em kVA, o f.p. também deve ser dado para cv, hp, BTU/h e para o TR é necessário ser dado o rendimento. O fator de demanda é encontrado somando-se o número de aparelhos de uma mesma espécie, a fim de se obter a quantidade total. De posse desse valor procura-se na Tabela 20 a linha correspondente e assim fica determinado o FD para aquela espécie. A subdemanda **c**, por fim, é determinada:

$$c_j = FD \cdot \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kW)}_i \cdot \text{Número de aparelhos}_i$$

Em que n é o número de linhas de aparelhos de aquecimento preenchidas, i representa o conjunto número de aparelhos-potência individual de determinada linha e j representa j -ésima espécie.

Como só existe duas espécies de ar-condicionado (janela ou *split* e central), j pode ser no máximo igual a 2. A soma desses c_j será o resultado para a subdemanda c .

$$c = \sum_{j=1}^k c_j$$

Em que k é o número de espécies de aparelhos de ar-condicionado.

Tabela 3.6- Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de aparelhos de ar-condicionado.

Unidade	Fator de potência	Rendimento
cv	-	Sim
hp	-	Sim
kVA	Sim	-
kW	-	-
BTU/h	-	Sim
TR	-	Sim

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Cálculo da subdemanda d (bombas d'água)

Tratadas em outras normas, como um tipo de motor, as bombas d'água constituem uma subdemanda própria na NTD-6.05. Expressa em kW, a subdemanda d é constituída pela soma das demandas de cada bomba d'água.

As potências para bombas podem ser informadas em kW, kVA, cv e hp. Unidades diferentes de kW são convertidas internamente no aplicativo para kW. Portanto, quando a potência é fornecida em kVA o f.p. também deve ser dado, para cv e hp é necessário ser dado o rendimento.

Tabela 3.7- *Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de bombas d'água.*

Unidade	Fator de	Rendimento
Cv	-	Sim
Hp	-	Sim
kVA	Sim	-
kW	-	-

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

A subdemanda **d** é simplesmente:

$$d = \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kW)}_i \cdot \text{Número de aparelhos}_i$$

Em que n é o número de linhas de bombas d'água preenchidas e i representa o conjunto número de bombas-potência individual de determinada linha.

Cálculo da subdemanda e (elevadores)

Assim como as bombas d'água, os elevadores também constituem uma subdemanda separada na NTD - 6.05 e essa subdemanda é expressa em kW. O valor dessa subdemanda é obtido de forma similar a subdemanda **d**, com o detalhe adicional que existe um FD pertinente ao número total de elevadores presentes em um bloco, esse fator de demanda é obtido por consulta a tabela 24.

$$e = FD \cdot \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kW)}_i \cdot \text{Número de aparelhos}_i$$

Cálculo da subdemanda F (elevadores)

Na NTD – 6.05, a demanda proveniente dos motores advém do cálculo dessa subdemanda. Interpretando-se a norma (pois a maneira como está escrita gera ambiguidade), F por espécie é calculado por:

$$F_j = 0,87 \cdot F_s \cdot \sum_{i=1}^n Pnm_i \cdot Fu_i$$

em que:

- Pnm_i : Potência nominal dos motores em cv utilizados em processo industrial.
- Fu_i : Fator de utilização dos motores.
- F_s : Fator de simultaneidade dos motores.
- n : Número de motores de uma espécie.

Tabela 3.8- *Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de motores.*

Unidade	Fator de potência	Rendimento
cv	-	-
hp	-	-
kVA	Sim	Sim
kW	-	Sim

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

A potência nominal dos motores podem ser fornecidas em cv, hp, kW e kVA. Se a unidade informada for diferente de cv é necessário a conversão para essa unidade. Caso a unidade seja dada em hp não é necessário o f.p. e nem o rendimento, caso em kW o rendimento também é obrigatório e caso em kVA rendimento e f.p. devem ser inseridos.

O fator de utilização (Fu) é obtido pela tabela 23 e o fator de simultaneidade (Fs) é encontrado na tabela 22. Para o Fs leva-se em conta a média ponderada caso haja motores de uma mesma espécie em mais de uma faixa de potência.

O somatório de F_j , em que j é a espécie do motor, é o valor da subdemanda F .

$$F = \sum_{j=1}^k F_j$$

Em que k é o número de espécies de motor.

Cálculo da subdemanda G (outras cargas)

Expressa em kVA, esta é uma forma de serem listadas cargas que não se encaixam em nenhuma das outras subdemandas. Devem ser informadas a potência da carga e um fator de demanda. Esse fator de demanda deve ser estipulado pelo projetista em virtude das características dessas cargas.

$$G = \sum_{i=1}^n Potência (em kVA)_i \times FD_i$$

Em que,

n é o número de cargas informado e FD_i é o fator de demanda característico da carga.

3.2.2 Dimensionamentos do ramal de entrada

Calculada a demanda por meio de uma das normas o usuário tem a opção de finalizar o aplicativo ou ver dados relativos ao dimensionamento. Dependendo da localização do circuito, pode optar pelo dimensionamento do ramal de entrada ou dimensionamento de um circuito interno.

A NTD – 6.05 que trata sobre fornecimento em tensão primária não se enquadra no dimensionamento do ramal de entrada, pois não estabelece ramais de entrada pré-determinados na norma. Portanto o trabalho foca no dimensionamento do ramal de entrada segundo a NTD - 6.01 e a NTD - 6.07, as quais possuem tabelas que informam: Tipo de fornecimento, número de fases, número de fios, tamanho do disjuntor, seção do condutor de aterramento, seção do condutor do ramal de ligação aéreo (em mm² ou AWG), seção do condutor de cobre do ramal de entrada (em mm²), seção do condutor do neutro do ramal de entrada (em mm²) e diâmetro nominal do eletroduto do ramal de entrada (em mm).

3.2.2.1 Dimensionamentos do ramal de entrada segundo a NTD – 6.01

Para realizar o dimensionamento do ramal de entrada basta determinar o tipo de fornecimento da instalação elétrica fornecido pela distribuidora, no caso a CEB. Em Brasília existem oito possibilidades de fornecimento pela distribuidora sendo possível o fornecimento monofásico, bifásico ou trifásico. Para mais fácil visualização foi criado o fluxograma abaixo, que relaciona todos os tipos de fornecimento da NTD – 6.01 com o dimensionamento do ramal de entrada.

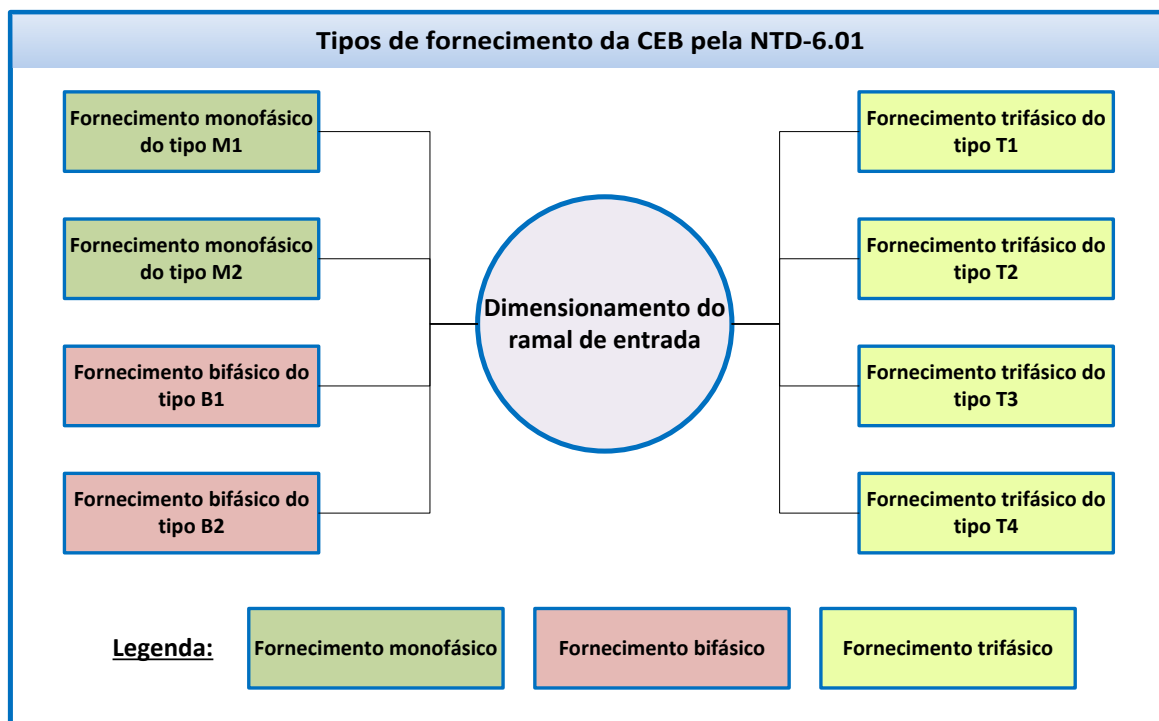


Figura 3.3- Tipos de fornecimento na NTD - 6.01

A norma NTD – 6.01 em função de todas essas variáveis que devem ser analisadas, em cada caso determina-se um tipo de fornecimento específico, para facilitar a interpretação da norma. Como contribuição acadêmica deste TCC foi elaborado um fluxograma de tomada de decisões para a determinação do tipo de fornecimento de acordo com todas as prerrogativas da norma.

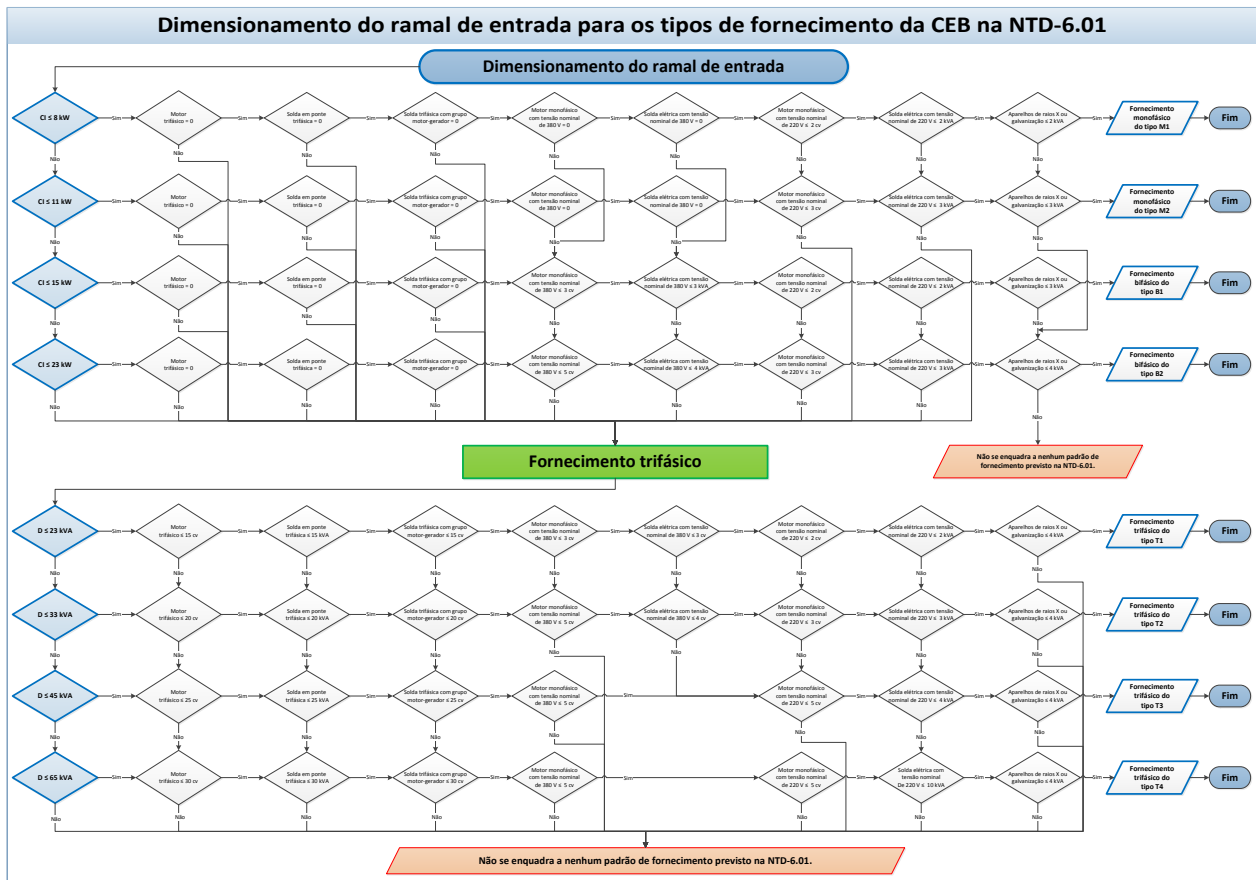


Figura 3.4- Fluxograma do dimensionamento do ramal de entrada

Para a determinação do tipo de fornecimento na NTD – 6.01 foram consideradas todas as variáveis que a norma exige para tal, elas são:

- Carga instalada;
- Demanda;
- Potência do motor trifásico;
- Potência do motor monofásico com tensão nominal de 220 V;
- Potência do motor monofásico com tensão nominal de 380 V;

- Potência da solda elétrica com tensão nominal de 220 V;
- Potência da solda elétrica com tensão nominal de 380 V;
- Potência da solda em ponte trifásica;
- Potência da solda trifásica com grupo motor-gerador;
- Potência do aparelho de raios-x ou galvanização.

Devido às dimensões do fluxograma, ele se encontra duplicado no Apêndice dois em versão melhor adaptada para o tamanho A2 com melhor visualização. É interessante observar, mesmo na imagem reduzida, a quantidade de condicionais que devem ser analisadas para uma tomada de decisão correta.

Após determinação do tipo de fornecimento de acordo com a norma verifica-se na tabela 10 (fornecimentos monofásicos ou bifásicos) ou na Tabela 11 (fornecimento trifásico) da NTD – 6.01 o devido dimensionamento do ramal de entrada.

3.2.2.2 Dimensionamentos do ramal de entrada segundo a NTD – 6.07

Para o dimensionamento do ramal de entrada em relação à norma NTD – 6.07 foi utilizado um modelo simplificado que considera para a determinação do tipo de fornecimento apenas o valor da demanda calcula e só possibilita para unidades múltiplas o fornecimento trifásico. Então, apenas utilizando a demanda de acordo com a tabela 15 da NTD – 6.07 é possível determinar o tipo de fornecimento trifásico e conseqüentemente o dimensionamento do ramal de entrada.

3.2.3 Dimensionamento de circuitos

O dimensionamento técnico de um circuito é a aplicação das diversas prescrições da ABNT NBR 5410 relativas à escolha da seção de um condutor e do seu respectivo dispositivo de proteção contra sobrecargas. Para que se considere um circuito corretamente dimensionado, são necessários seis critérios. Em princípio, cada um deles pode resultar numa seção diferente e a seção a ser finalmente adotada é a maior dentre todas as seções obtidas.

As seguintes tabelas da ABNT NBR 5410 serão utilizadas para o dimensionamento de circuitos:

Tabela 3.9- *Lista de tabelas da NBR 5410 usadas para o dimensionamento de circuitos.*

TABELAS – NBR 5410	PÁGINA DA NORMA
TABELA 33 – Tipos de linhas elétricas	90
TABELA 36 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D – isolamento PVC	101
TABELA 37 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D – isolamento EPR ou XLPE	102
TABELA 38 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G – isolamento PVC	103
TABELA 39 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G – isolamento EPR ou XLPE	104
TABELA 40 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.	106
TABELA 41 - Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W	107
TABELA 42 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.	108
TABELA 43 - Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores – Métodos de referência C (tabelas 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39).	109
TABELA 44 - Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados	09
TABELA 45 - Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados	110
TABELA 47 - Seção mínima dos condutores	113
TABELA 30 - Valores de k para condutores com isolamento de PVC, EPR ou XLPE	68
TABELA 48 - Seção reduzida do condutor neutro	115
TABELA F.1 - Fator fh para a determinação da corrente de neutro	196
TABELA 58 - Seção mínima do condutor de proteção	150

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

O trabalho irá analisar todos os seis critérios para o dimensionamento dos condutores e do dispositivo de proteção contra sobrecargas de um determinado circuito. Separando, para isso, o dimensionamento do circuito em cinco fases: dimensionamento do condutor de fase;

dimensionamento do condutor neutro; dimensionamento do condutor de proteção; dimensionamento e verificação da compatibilidade entre o dispositivo de proteção contra sobrecargas e o condutor de fase; e verificação do máximo comprimento do circuito para proteção contra contatos indiretos, quando se usam dispositivos a sobrecorrente na função de seccionamento automático.

A seção dos condutores deve ser determinada de forma a que sejam atendidos, no mínimo, todos os seguintes critérios:

- a) critério da capacidade de condução de corrente;
- b) critério de proteção contra sobrecargas;
- c) critério de proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas;
- d) critério de proteção contra contatos indiretos;
- e) critério dos limites de queda de tensão;
- f) critério das seções mínimas.

3.2.3.1 Dimensionamento do condutor de fase

Para o dimensionamento da seção nominal do condutor de fase aplica-se inicialmente quatro critérios de dimensionamento. A partir de uma seção nominal prevista para o condutor de fase, realiza-se o dimensionamento do condutor neutro e do condutor de proteção, logo após realiza-se o dimensionamento do dispositivo de proteção. Com a corrente nominal do dispositivo de proteção realiza-se uma verificação da compatibilidade do dispositivo com o condutor de fase, caso não haja compatibilidade é necessário alterar a seção nominal do condutor de fase e recalcular as dimensões do condutor N e PE. Após a verificação do dispositivo de proteção é realizado a verificação do critério de proteção contra choques elétricos por seccionamento automático da alimentação em caso de circuitos com esquemas de aterramento TN ou IT. Essa verificação final irá resultar em um comprimento-limite para o circuito, caso o comprimento do circuito seja inferior ao comprimento necessário, será necessário redimensionar o circuito novamente aumentando a seção nominal do condutor de fase. Para melhor visualização de todos esses passos foi elaborado um fluxograma didático do dimensionamento de circuitos.

Para o dimensionamento dos condutores, a corrente de projeto I_B é a principal variável para análise. No aplicativo existem duas situações para obtenção da corrente de projeto. Caso o projetista opte por realizar o dimensionamento de condutores diretamente sem cálculo anterior da demanda a partir do aplicativo, ele deve informar o valor da corrente de projeto (dada em A) em campo específico. Caso o usuário projetista realize o cálculo da demanda a partir do aplicativo, a corrente de projeto é calculada em função do tipo de circuito e da tensão de linha (dada em V) do mesmo.

- **Circuito monofásico:**

$$I_B = \frac{\textit{Demanda}}{\textit{Tensão de fase}}$$

- **Circuito bifásico:**

$$I_B = \frac{\textit{Demanda}}{2 \times \textit{Tensão de fase}}$$

- **Circuito trifásico:**

$$I_B = \frac{\textit{Demanda}}{\sqrt{3} \times \textit{Tensão de linha}}$$

De posse da corrente de projeto I_B (dada em A) pode se dimensionar os condutores em função de cada um dos seis critérios de dimensionamento de circuitos da ABNT NBR 5410:2004.

Para dimensionamento do condutor de fase, o aplicativo de baseia em quatro critérios iniciais que serão minuciosamente abordados em subseção específica a seguir. Todo esse método para dimensionamento de um circuito foi sintetizado em um fluxograma simples e didático que auxilia na interpretação da norma e da lógica computacional utilizada para dimensionamento dos condutores e dispositivos de proteção no aplicativo.

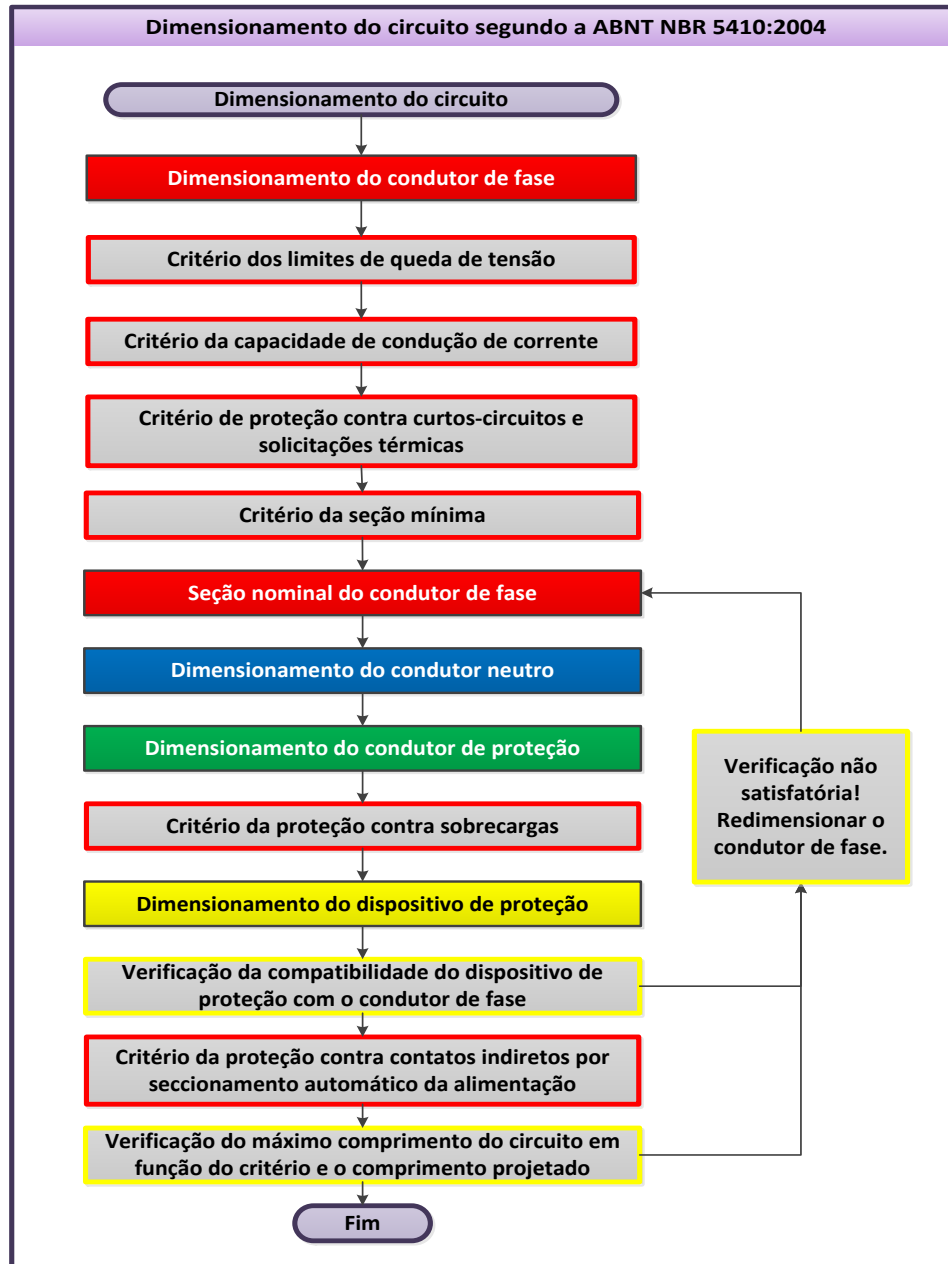


Figura 3.5- Fluxograma do dimensionamento de circuito segundo a ABNT NBR 5410

3.2.3.1.1 Critério da seção mínima

As seções mínimas admitidas em qualquer instalação de baixa tensão estão definidas na tabela 47 da ABNT NBR 5410. A seção dos condutores de fase, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, não deve ser inferior ao valor pertinente dado na tabela 47 da NBR 5410.

Para fácil análise da tabela, ela foi transformada em um fluxograma intuitivo para rápida tomada de decisão e construção da lógica do aplicativo.

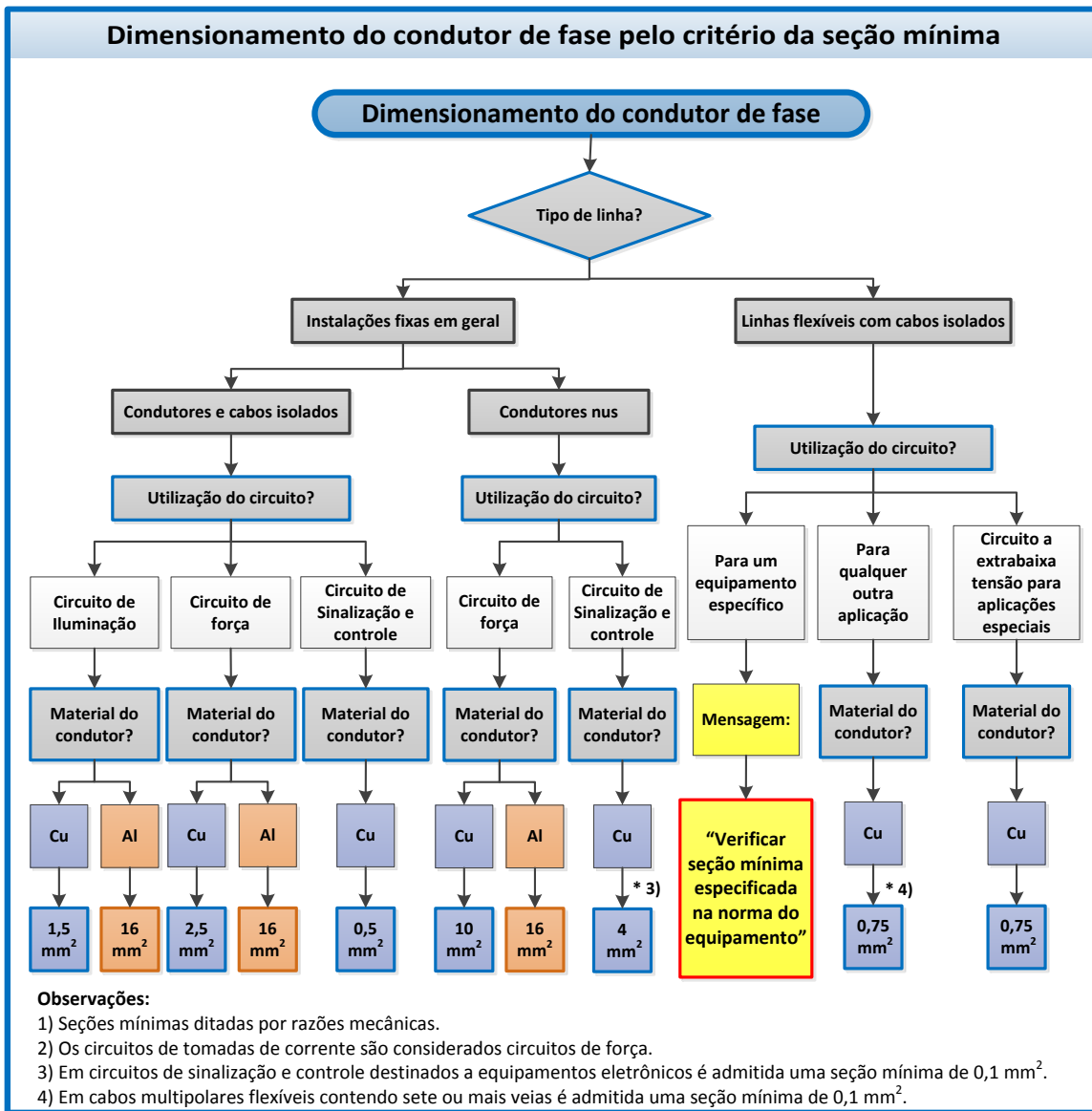


Figura 3.6- Fluxograma do critério da seção mínima

3.2.3.1.2 Critério dos limites de queda de tensão

Para que funcionem corretamente aparelhos, equipamentos e motores, deve-se garantir que a tensão sob a qual a corrente lhes é fornecida fique dentro dos limites prefixados. Ao longo do caminho entre o ponto de chegada até alcançar o ponto de utilização ocorre uma queda de tensão. Esse critério visa dimensionar condutores que possam garantir até um limite de queda de tensão

admissível, não ultrapassando os valores da norma NBR 5410, que garanta aos equipamentos a sua funcionalidade.

Para o dimensionamento de cabos utilizando este critério, alguns dados devem ser fornecidos além da tensão de linha e da corrente de projeto (I_B), são eles:

- material do eletroduto;
- fator de potência (fp);
- queda de tensão admissível para o caso (em %); e
- comprimento do circuito (em km).

No aplicativo o material do eletroduto pode ser escolhido entre as opções magnético e não magnético, o fator de potência pode ser 0,8 ou 0,95, a queda de tensão admissível máxima é 7,5% e o comprimento do circuito pode ser dado em metros (o comprimento é convertido para km durante os cálculos).

O método consiste no cálculo de um termo chamado queda de tensão (QT) expresso em V/(A x km) calculado da seguinte maneira:

$$QT = \frac{\textit{Tensão de linha} \cdot \textit{queda de tensão admissível}}{\textit{Corrente de projeto} \cdot \textit{comprimento do circuito}}$$

De posse desse termo e com a combinação entre material do eletroduto e fator de potência, consulta-se a Tabela 4.18 (MACINTYRE, 2008) e determina-se a seção nominal do condutor de fase.

3.2.3.1.3 Critério da capacidade de condução de corrente

Um condutor submetido a um aquecimento muito grande provocado pela passagem de corrente elétrica, pode ter a sua isolação e cobertura danificadas e com isso provocar problemas na instalação elétrica considerada. Este critério leva em conta essa preocupação para o dimensionamento dos condutores.

A capacidade de condução de corrente é um critério importantíssimo, pois leva em consideração os efeitos térmicos provocados nos componentes de circuito pela passagem da corrente elétrica em condições normais (corrente de projeto).

Este critério de dimensionamento é tratado na seção 6.2.5 da NBR 5410, que apresenta tabelas para determinação das seções dos condutores pela capacidade de corrente. Entretanto, o uso correto destas tabelas requer que seus dados sejam devidamente traduzidos para a situação concreta que o projetista tem pela frente. Portanto, o projetista deve converter os dados reais do circuito que está dimensionando em equivalências harmonizadas com as condições nas quais foram baseados os números fornecidos pela norma. Na prática, este é o procedimento que efetivamente ocorre para o dimensionamento.

Por isso, para possibilitar esse casamento entre as situações reais dos projetos e as situações assumidas na obtenção dos valores de capacidade de condução de corrente por ela fornecidos, a norma inclui, na mesma seção 6.2.5, uma série de fatores de correção.

Para o critério da capacidade de corrente alguns fatores devem ser considerados:

- tipo de isolamento e de cobertura;
- número de condutores carregados;
- maneira de instalar os cabos;
- proximidade de outros condutores e cabos; e
- temperatura ambiente ou do solo.

O tipo de instalação e a maneira de instalar os cabos serão indispensáveis para a escolha da tabela que fornecerão a seção nominal do condutor de fase. Os tipos de isolamento disponíveis para escolha no aplicativo são PVC e EPR ou XLPE. As maneiras de instalar os cabos estão presentes na tabela 33 da NBR 5410.

Este método consiste em se obter a corrente de projeto (I_B) e corrigi-la por meio de alguns fatores que levam em consideração a temperatura (k_1), o agrupamento de condutores e a sua proximidade a outros circuitos (k_2), o agrupamento de eletrodutos (k_3) e a resistividade do solo (k_4) e o número de condutores carregados. De posse desses fatores, a corrente corrigida é calculada:

$$I_B' = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4}$$

O fator k_1 é obtido pela tabela 40. Ele depende do tipo de isolamento e da temperatura ambiente ou temperatura do solo caso o condutor esteja enterrado.

O fator k_2 é o mais complexo de ser obtido. Ele será igual a 1 caso não haja outros circuitos ou cabos multipolares próximos do circuito que está sendo dimensionado. Se houverem outros circuitos ou cabos multipolares próximos o valor de k_2 dependerá das seguintes situações:

1) Condutores não enterrados

Encontra-se k_2 na Tabela 42 se estiverem:

- Dispostos em feixe: ao ar livre ou sobre superfícies; embutidos; em conduto fechado.
- Em camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira.
- Em camada única no teto.
- Em camada única em bandeja não perfurada.
- Em camada única sobre leito, suporte etc.

Encontra-se k_2 na Tabela 43 se estiverem:

- Em camadas.

2) Condutores enterrados

Encontra-se k_2 na Tabela 44 se estiverem:

- Diretamente aterrados.

Encontra-se k_2 na Tabela 45 se estiverem:

- Dentro de eletrodutos.

O fator k_3 depende do agrupamento de eletrodutos, dispostos horizontalmente e verticalmente. Caso os eletrodutos estejam ao ar livre, k_3 advém da Tabela 4.13 (MACINTYRE, 2008), se estiverem enterrados k_3 é obtido pela tabela 4.14 (MACINTYRE, 2008).

O valor de k_4 é 1 se os condutores não estiverem enterrados. Se estiverem, o seu valor é obtido pela Tabela 41.

De posse desses valores, a corrente é corrigida pela fórmula mencionada anteriormente. Se o número de condutores carregados desse circuito for igual a 4, multiplica-se a corrente corrigida por 0,86.

Com o resultado da corrente corrigida procura-se o valor da seção nominal das fases na tabela correspondente na ABNT NBR 5410:

- Tabela 36, se a isolação for PVC e a maneira de instalar os cabos estiver entre A e D.
- Tabela 37, se a isolação for EPR ou XLPE e a maneira de instalar os cabos estiver entre A e D.
- Tabela 38, se a isolação for PVC e a maneira de instalar os cabos estiver entre E e G.
- Tabela 39, se a isolação for EPR ou XLPE e a maneira de instalar os cabos estiver entre E e G.

Após verificação na tabela específica com a corrente de projeto corrigida obtemos a seção nominal mínima dimensionada pelo critério de capacidade de corrente, também conhecido como método do aquecimento.

3.2.3.1.4 Critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas

As correntes de curto-circuito presumidas devem ser determinadas em todos os pontos da instalação julgados necessários. Essa determinação pode ser efetuada por cálculo ou por medição.

Devem ser providos dispositivos que assegurem proteção contra curtos-circuitos em todos os pontos em que uma mudança (por exemplo, redução de seção) resulte em alteração do valor da capacidade de condução de corrente dos condutores.

A capacidade de interrupção do dispositivo deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto onde for instalado. Só se admite um dispositivo com capacidade de interrupção inferior se houver, a montante, um outro dispositivo com a capacidade de interrupção

necessária; neste caso, as características dos dois dispositivos devem ser coordenadas de tal forma que a energia que eles deixam passar não seja superior à que podem suportar, sem danos, o dispositivo situado a jusante e as linhas por eles protegidas.

A integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito, o que pode ser indicado pela seguinte expressão:

$$\int_0^t i^2 dt \leq k^2 \cdot S^2$$

em que:

- $\int_0^t i^2 dt$ é a integral de Joule (energia) que o dispositivo de proteção deixa passar, em ampères quadrados/segundo;

- $k^2 \cdot S^2$ é a integral de Joule (energia) capaz de elevar a temperatura do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, supondo-se aquecimento adiabático.

- O valor de k é indicado na tabela 30 da ABNT NBR 5410.

- SF é a seção do condutor, em milímetros quadrados.

NOTA

Para curtos-circuitos de qualquer duração em que a assimetria da corrente não seja significativa, e para curtos-circuitos assimétricos de duração: $0,1s \leq t \leq 5s$, pode-se escrever:

$$I^2 \cdot t \leq k^2 \cdot SF^2$$

Em que:

- I é a corrente de curto-circuito presumida simétrica, em ampères, valor eficaz;

- t é a duração do curto-circuito, em segundos.

Podemos então definir a seção mínima do condutor de fase dimensionada por este critério a partir da expressão:

$$SF \geq \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{k^2}}$$

Em que o limite inferior da seção do condutor é calculado e a partir desse limite é adotada a seção nominal logo superior a este.

3.2.3.2 Dimensionamento do condutor neutro

Para o dimensionamento do condutor neutro, o trabalho utiliza como base a seção 6.2.6.2 e o anexo F da ABNT NBR 5410. Na norma são determinadas certas condições para o dimensionamento em função do tipo de circuito.

Dimensionamento do condutor neutro em circuito monofásico

O condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase.

Dimensionamento do condutor neutro em circuito bifásico

A seção do condutor neutro de um circuito com duas fases e neutro não deve ser inferior à seção dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%.

Quando, num circuito com duas fases e neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores de fase. Para se determinar a seção do condutor neutro, com confiança, é necessária uma estimativa segura do conteúdo de terceira harmônica das correntes de fase e do comportamento imposto à corrente de neutro pelas condições de desequilíbrio em que o circuito pode vir a operar. O anexo F fornece subsídios para esse dimensionamento.

Dimensionamento do condutor neutro em circuito trifásico

Quando, num circuito trifásico com neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, a seção do condutor neutro não deve ser inferior à dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se essa taxa não for superior a 33%.

Quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores de fase.

Num circuito trifásico com neutro e cujos condutores de fase tenham uma seção superior a 25 mm², a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores de fase, sem ser inferior aos valores indicados na tabela 48 da ABNT NBR 5410:2004, em função da seção dos condutores de fase, quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

- a) o circuito for presumivelmente equilibrado, em serviço normal;
- b) a corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%; e
- c) o condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes conforme.

NOTA

- Os valores da tabela 48 são aplicáveis quando os condutores de fase e o condutor neutro forem do mesmo metal.

A tabela 48 da ABNT NBR 5410:2004 não possui tabelado todas as seções nominais dos condutores necessários para o dimensionamento da seção reduzida do condutor neutro, possuindo apenas seções reduzidas tabeladas até a seção nominal de 400 mm² para o condutor de fase. Como uma das contribuições do trabalho, foi feita uma análise do padrão de redução da seção do neutro para todas as seções nominais que são tabeladas na ABNT NBR 5410:2004. Essa tabela com os valores expandidos para seção reduzida do condutor neutro foi proposta nesse trabalho e utilizada no aplicativo segue abaixo como tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Seção reduzida do condutor neutro

SEÇÃO REDUZIDA DO CONDUTOR NEUTRO	
Seção dos condutores de fase (mm²)	Seção reduzida do condutor neutro (mm²)
SF ≤ 25	SN = SF
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
500	240*
630	300*
800	400*
1000	500*

*Valores não tabelados na ABNT NBR 5410:2004, propostos por este trabalho em análise realizada sobre a tabela 48 da norma.

Anexo F (informativo)

Seção do condutor neutro quando o conteúdo de terceira harmônica das correntes de fase for superior a 33%. Tais níveis de correntes harmônicas são encontrados, por exemplo, em circuitos que alimentam principalmente computadores ou outros equipamentos de tecnologia de informação.

Para a determinação da corrente de neutro quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro, a uma taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, a corrente que circula pelo neutro, em serviço normal, é superior à corrente das fases. A seção do condutor neutro pode ser determinada calculando-se a corrente no neutro sob a forma:

$$I_N = f_h \cdot I_B$$

em que:

I_B é a corrente de projeto do circuito, valor eficaz total:

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_i^2 + I_j^2 + \dots + I_n^2}$$

Sendo,

- I_1 o valor eficaz da componente fundamental, ou componente de 60 Hz;
- I_i, I_j, \dots, I_n os valores eficazes das componentes harmônicas de ordem i, j, \dots, n presentes na corrente de fase;
- E_{fh} o fator pertinente dado na tabela F.1, em função da taxa de terceira harmônica e do tipo de circuito (circuito trifásico com neutro ou circuito com duas fases e neutro). Na falta de uma estimativa mais precisa da taxa de terceira harmônica esperada, recomenda-se a adoção de um E_{fh} igual a 1,73 no caso de circuito trifásico com neutro e igual a 1,41 no caso de circuito com duas fases e neutro.

Após cálculo da corrente corrigida no neutro I_N , utilizam-se as tabelas de capacidade de corrente com o respectivo método de instalação para a obtenção da seção nominal do condutor neutro. Em função do fator de correção E_{fh} essa seção do condutor neutro pode ser superior à seção nominal dimensionada para o condutor de fase.

Devido a extensão das normas relativas ao dimensionamento do condutor neutro, foi elaborado fluxograma didático para interpretação da norma e para fornecer maior rapidez e precisão nas tomadas de decisão de um projetista.

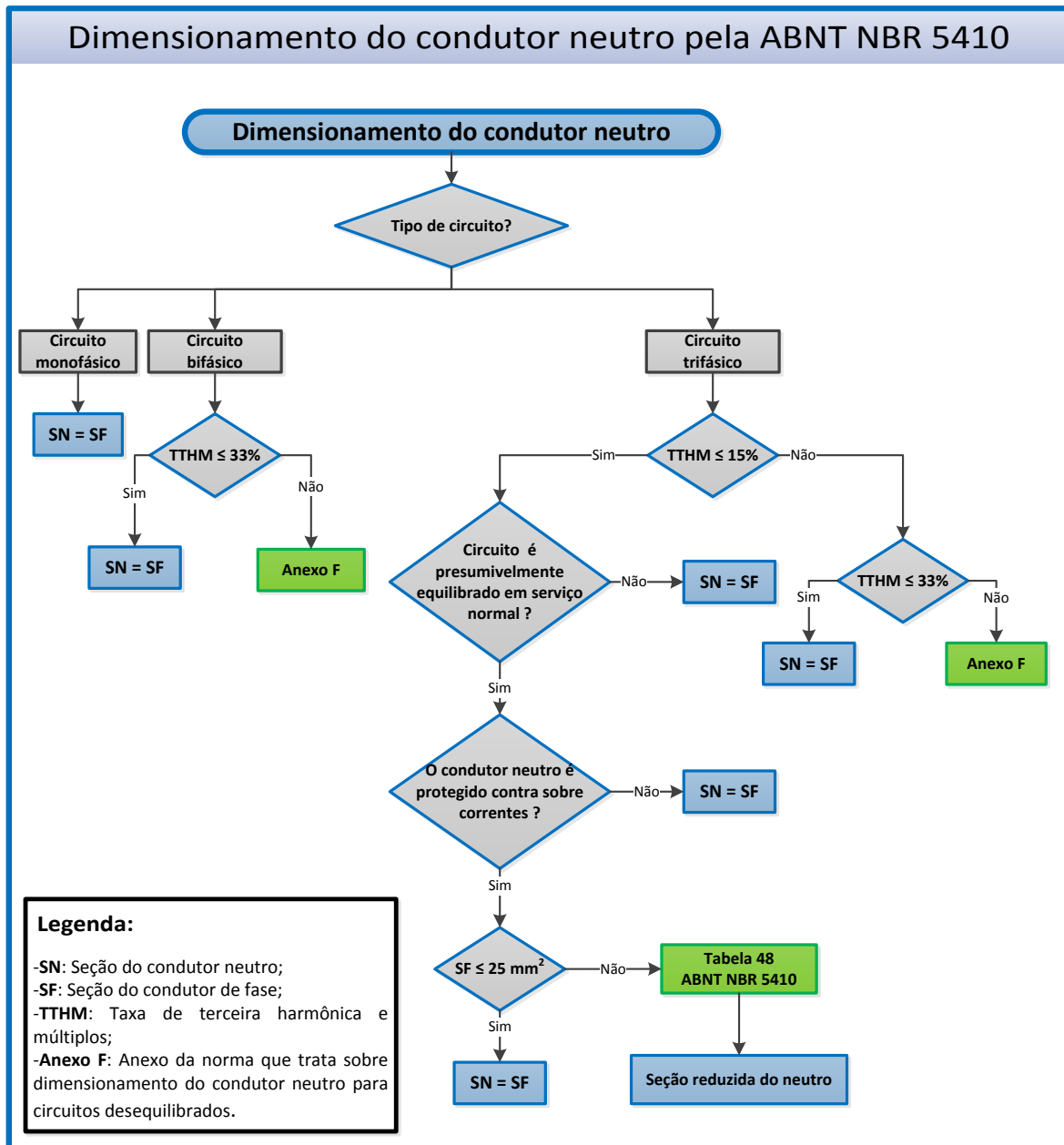


Figura 3.7– Fluxograma para dimensionamento do condutor neutro

3.2.3.3 Dimensionamento do condutor de proteção

A seção do condutor de proteção pode ser determinada através da tabela 58. Quando a aplicação da tabela conduzir a seções não padronizadas, devem ser escolhidos condutores com a seção padronizada mais próxima. A tabela 58 da ABNT NBR 5410:2004 é válida apenas se o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que os condutores de fase.

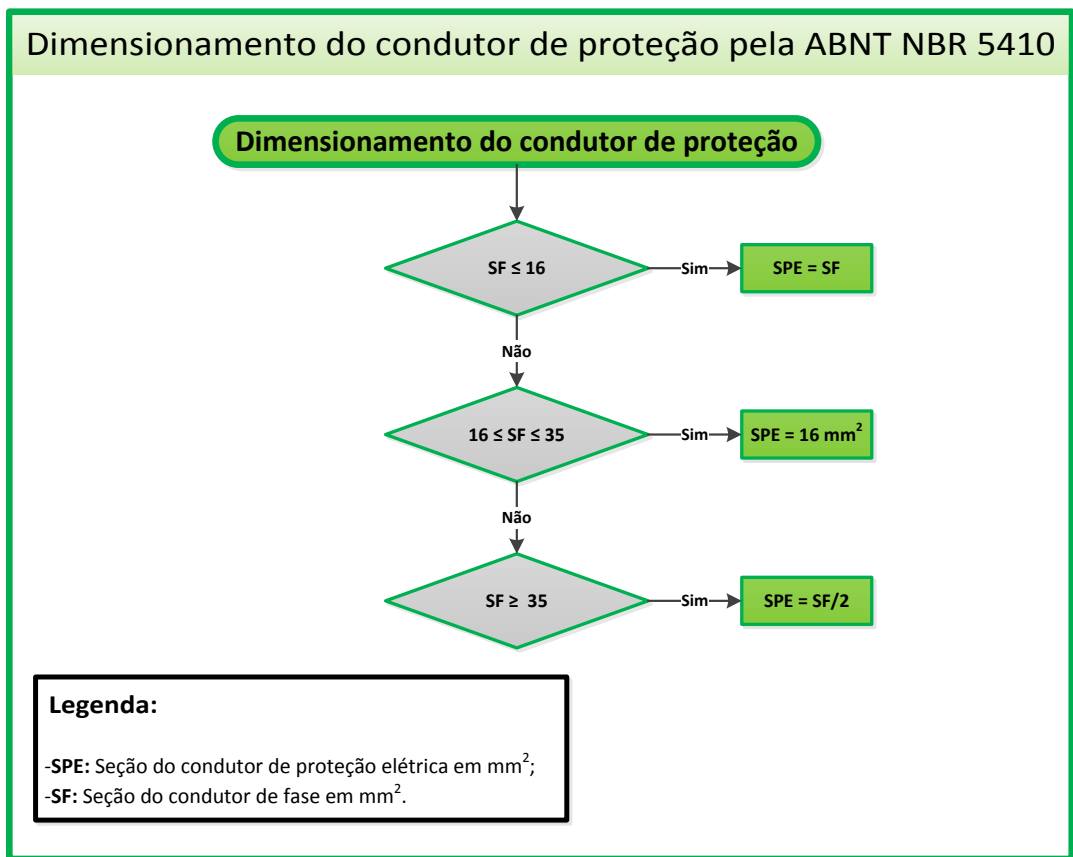


Figura 3.8 – Fluxograma do dimensionamento do condutor de proteção

3.2.3.4 Dimensionamento do dispositivo de proteção contra sobrecargas

Os condutores vivos devem ser protegidos, por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos. Excetuam-se os casos em que as sobrecorrentes forem limitadas, previstos em 5.3.7, e os casos em que for possível ou mesmo recomendável omitir tais proteções, tratados em 5.3.4.3, 5.3.4.4 e 5.3.5.3.

Para o dimensionamento do dispositivo de proteção e verificação da compatibilidade do dispositivo com o condutor de fase se utiliza o quinto critério de dimensionamento de circuitos segundo a ABNT NBR 5410.

Critério da proteção contra correntes de sobrecarga

Para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que garantam a coordenação entre condutores e dispositivos de proteção:

a) $I_B < I_n < I_Z$; e

b) $I_2 < 1,45 \cdot I_Z$

em que:

- I_B é a corrente de projeto do circuito;

- I_Z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação;

- I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

- I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

NOTA

A condição da alínea **b)** é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não venha a ser mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos, ou por 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso não ocorrer, a condição da alínea **b)** deve ser substituída por: $I_2 < I_Z$.

3.2.3.5 Verificação do comprimento-limite do circuito para proteção contra contatos indiretos em circuitos com seccionamento automático

No estudo do seccionamento automático usando dispositivo a sobrecorrente em esquemas TN e TT é necessário checar se as exigências da norma referentes ao seccionamento via dispositivo a sobrecorrente estão sendo atendidas. Este é um passo facilmente integrável à rotina de cálculos ou procedimentos que o profissional projetista deve realizar no projeto dos circuitos de uma instalação. Esta é uma etapa que tira proveito de etapas anteriores, dentro da evolução natural do projeto.

Essas condições são encontradas na seção 5.1.2.2.4 da ABNT NBR 5410:2004, que são resumidas abaixo como o sexto e último critério para dimensionamento de circuitos na ABNT NBR 5410.

Critério da proteção contra contatos indiretos por seccionamento automático da alimentação em esquemas TN e IT

Na prática, tudo o que o projetista tem a fazer é verificar se o comprimento do circuito em questão ultrapassa ou não certo limite. Esse limite é o comprimento máximo admissível do circuito, isto é, o comprimento até o qual o seccionamento automático fica garantido. Caso ultrapasse realiza-se o redimensionamento da seção nominal do condutor de fase e verifica-se novamente o comprimento-limite do circuito de acordo com esse critério.

Para cálculo do comprimento-limite do circuito de acordo com esse critério o aplicativo utiliza o método simplificado abaixo. Entretanto existem várias tabelas de fabricantes que fornecem o comprimento-limite do circuito diretamente a partir da corrente nominal do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes selecionado e com a seção dos condutores de fase do circuito sendo analisado. Essas mesmas tabelas fornecidas pelos fabricantes utilizam da mesma expressão utilizada no aplicativo.

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot SF}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$$

Em que:

- U_0 é a tensão fase-neutro, em volts;
- SF é a seção nominal dos condutores de fase, em mm^2 ;
- ρ é a resistividade do material condutor, em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, à temperatura de regime;
- m é a relação entre as seções do condutor de fase e do condutor de proteção, isto é,

$$m = \frac{SF}{S_{PE}}$$

4. APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE DEMANDA E DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Como já mencionado anteriormente, o objetivo do trabalho é desenvolver um aplicativo intuitivo, preciso e de manuseio prático, aumentando a produtividade de um profissional ou estudante no cálculo de demandas segundo as normas da CEB e dimensionamentos de condutores e dispositivos de proteção contra sobrecargas segundo a ABNT NBR 5410. Na busca deste objetivo, foi desenvolvido o aplicativo resultado deste trabalho.

Neste capítulo, são apresentados os resultados do trabalho desde o desenvolvimento do aplicativo até a utilização prática do aplicativo pelos usuários. Aqui serão mostradas as telas, o modo como são preenchidas as informações e alguns exemplos de utilização do cálculo de demanda, utilizando cada uma das normas de distribuição da CEB e os dimensionamentos pertinentes aos circuitos segundo a ABNT NBR 5410.

4.1 NOME E LOGOMARCA DO APLICATIVO

Uma marca bem sucedida está sempre aliada a um bom nome e logotipo, pois ele pode carregar consigo uma série de conceitos sobre o produto. O nome é aquilo pelo qual uma marca é lembrada e quem tem um bom nome pode gastar menos em publicidade e ter o mesmo efeito, pois o seu nome é a sua publicidade.

Escolher o nome do aplicativo exigiu grande responsabilidade, pois o seu título irá representá-lo perante seu público-alvo. Durante o processo criativo, ocorreu uma busca por um nome que gerasse maior aceitação e evitasse conotações embaraçosas. O aplicativo resultado deste trabalho de conclusão de curso e de dois outros anteriores, uma ideia iniciada com o orientador professor Mauro Moura e desenvolvida durante esses três anos de trabalho, foi batizado, tendo todos esses conceitos como plano de fundo, com o nome de Aplicativo Computacional para Cálculos e Dimensionamentos em Instalações Elétricas (ACADIE).

O nome ACADIE surgiu como uma sigla para aplicativo computacional para cálculos e dimensionamentos em instalações elétricas. Um fato interessante da escolha dessa sigla é que ela permite a pronúncia do aplicativo como um nome e possui uma aceitação fonética ao usuário. O nome do aplicativo foi elaborado pensando em uma possível expansão em que dimensionamento de seção econômica e dimensionamento de eletrodutos também sejam computados, entre outras possibilidades de dimensionamentos e cálculos para instalações elétricas. Nesse caso, não existiria necessidade de modificar o nome, apenas atualizar uma nova versão, sendo esse um projeto interessante para um futuro trabalho. Após a criação do nome, a idealização de uma logomarca é fundamental para reforçar a imagem do produto e criar vínculo com novos usuários. Pensando na importância da representação visual do aplicativo, foi elaborada a logomarca abaixo que pode ser vista na Figura 4.1:



Figura 4.1 - Logomarca do aplicativo ACADIE

Na elaboração da logomarca, um dos elementos mais importantes é a cor. As cores associam ideias à marca e comunicam emoções e sentimentos, por isso foi dada uma atenção especial à escolha das cores da logomarca. As três cores primárias escolhidas foram vermelho, verde e azul. Estas também são as cores bases utilizadas no layout do aplicativo e correspondem às três cores comuns em condutores de fase, de proteção e neutro. As três curvas sobre o nome representam os condutores de F, PE e N conduzindo a corrente elétrica, o que remete diretamente ao tema desse aplicativo, instalações elétricas. Quanto à forma, essas ondulações provocam uma maior dinamicidade, sugerindo uma fluidez de movimento para toda a identidade visual da marca

ACADIE. Por fim, pode-se destacar a flexibilidade de aplicação dessa logomarca, podendo ser facilmente aplicada e adaptada para diversos tipos de mídias distintas.

4.2 UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO

O aplicativo foi desenvolvido em Microsoft Excel. Portanto, é necessário para o correto funcionamento, ter instalado no computador no qual o aplicativo será executado o pacote Microsoft Office. Para outros programas de planilha eletrônica, pode ser que existam incompatibilidades devido ao uso da linguagem de programação VBA.

Ao se abrir o arquivo que contém o aplicativo, uma tela de escolha da resolução do monitor (Figura 4.2) perguntando qual a resolução do monitor onde o programa está sendo utilizado aparecerá. Essa escolha de resolução faz-se necessária para que as telas do aplicativo fiquem corretamente distribuídas no monitor do usuário.



Figura 4.2 - Tela de escolha da resolução do monitor

Após a escolha, uma tela de apresentação será mostrada (Figura 4.3). Nessa tela de apresentação além do nome do aplicativo e de um resumo dos objetivos os quais ele se propõe, estão presentes os nomes dos desenvolvedores, do professor orientador e quatro botões que ao serem clicados

mostrarão as telas correspondentes ao cálculo de demanda segundo determinada norma ou ao dimensionamento direto dos condutores de um circuito de distribuição ou terminal.



Figura 4.3 - Tela de apresentação do aplicativo

A tela aberta pelo botão verde será utilizada para o cálculo de demanda de unidades consumidoras individuais, regida pela NTD - 6.01. O botão amarelo abrirá a aba que permitirá o cálculo de demanda de prédios de múltiplas unidades consumidoras, regida pela NTD - 6.07. O botão azul levará para o cálculo da demanda em unidades individuais que são atendidas em tensão primária, regida pela norma NTD-6.05. O botão vermelho irá abrir uma tela para dimensionamento de circuitos segundo as normas da ABNT NBR 5410:2004.

4.2.1 Unidades Consumidoras Individuais (NTD – 6.01)

Caso selecionado o botão verde na tela de apresentação, o usuário é direcionado para a aba (figura 4.2) de cálculo de demanda para unidades consumidoras individuais:

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01)	Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07)	Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)																																																																																																					
Cálculo da Carga Instalada e da Demanda para Unidades Consumidoras Individuais <small>(Conforme NTD 6.01 da CEB, 2ª edição, dezembro de 2005)</small>																																																																																																							
Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral) Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral: <input type="text" value="0"/> Unidade: <input type="text" value="kW"/> Fator de potência: <input type="text" value="1,00"/> Atividade: <input checked="" type="radio"/> Residencial <input type="radio"/> Não-residencial <input type="text" value="Abatedouro de animais e conservas de carne"/>	Subdemanda c- motores monofásicos Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): <input checked="" type="radio"/> No conjunto <input type="radio"/> Individualmente Unidade: <input type="text" value="cv"/> Rendimento: <input type="text" value="0,70"/> Tensão nominal: <input type="text" value="220 V"/> Fator de potência: <input type="text" value="0,80"/> <table border="1"> <tr><td>Quantidade:</td><td>Potência individual:</td><td>Unidade:</td><td>Usar valor tabelado?</td><td>Rendimento:</td><td>Tensão nominal:</td><td>Fator de potência:</td><td>Espécie:</td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="220 V"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="220 V"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="220 V"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="220 V"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> </table>		Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Tensão nominal:	Fator de potência:	Espécie:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																													
Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Tensão nominal:	Fator de potência:	Espécie:																																																																																																
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="220 V"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																
Subdemanda b- aparelhos de aquecimento <table border="1"> <tr><th>Quantidade:</th><th>Potência individual (em kVA):</th><th>Espécie:</th><th>Quantidade:</th><th>Potência individual (em kVA):</th><th>Espécie:</th></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="chuveiro elétrico"/></td></tr> </table> <hr/> Subdemanda b- aparelhos de ar-condicionado Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): <input checked="" type="radio"/> No conjunto <input type="radio"/> Individualmente Unidade: <input type="text" value="cv"/> Rendimento: <input type="text" value="1,00"/> Fator de potência: <input type="text" value="1,00"/> <table border="1"> <tr><th>Quantidade:</th><th>Potência individual</th><th>Unidade:</th><th>Rendimento:</th><th>Fator de potência</th><th>Espécie:</th></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="janela ou split"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="janela ou split"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="janela ou split"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="janela ou split"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="1,00"/></td><td><input type="text" value="janela ou split"/></td></tr> </table>	Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:	Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	Quantidade:	Potência individual	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência	Espécie:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>	Subdemanda c- motores trifásicos Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): <input checked="" type="radio"/> No conjunto <input type="radio"/> Individualmente Unidade: <input type="text" value="cv"/> Rendimento: <input type="text" value="0,70"/> Fator de potência: <input type="text" value="0,80"/> <table border="1"> <tr><td>Quantidade:</td><td>Potência individual:</td><td>Unidade:</td><td>Usar valor tabelado?</td><td>Rendimento:</td><td>Fator de potência:</td><td>Espécie:</td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> <tr><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="0"/></td><td><input type="text" value="cv"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="text" value="0,70"/></td><td><input type="text" value="0,80"/></td><td><input type="text" value="bomba d'água"/></td></tr> </table>		Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:	Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>																																																																																																		
Quantidade:	Potência individual	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência	Espécie:																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>																																																																																																		
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>																																																																																																		
Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:																																																																																																	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>																																																																																																	
Subdemanda d (máquinas de solda e equipamentos de raios X) Dados relativos a máquinas de solda: <input type="text" value="Inserir dados"/> Dados relativos a equipamentos de raios X: Potência do maior equipamento de raios X (em kVA): <input type="text" value="0"/> Potência do segundo maior equipamento de raios X (em kVA): <input type="text" value="0"/> Potência do terceiro maior equipamento de raios X (em kVA): <input type="text" value="0"/> Soma das potências dos demais equipamentos de raios X (em kVA): <input type="text" value="0"/>																																																																																																							
<table border="1"> <tr> <td>Carga instalada (em kW) CI = <input type="text"/></td> <td>Demandas (em kVA) a = <input type="text"/> b = <input type="text"/> c = <input type="text"/> d = <input type="text"/></td> <td>Demanda total = a + b + c + d Demanda total = <input type="text"/></td> <td><input type="button" value="Calcula"/></td> <td><input type="button" value="Limpa"/></td> </tr> </table>			Carga instalada (em kW) CI = <input type="text"/>	Demandas (em kVA) a = <input type="text"/> b = <input type="text"/> c = <input type="text"/> d = <input type="text"/>	Demanda total = a + b + c + d Demanda total = <input type="text"/>	<input type="button" value="Calcula"/>	<input type="button" value="Limpa"/>																																																																																																
Carga instalada (em kW) CI = <input type="text"/>	Demandas (em kVA) a = <input type="text"/> b = <input type="text"/> c = <input type="text"/> d = <input type="text"/>	Demanda total = a + b + c + d Demanda total = <input type="text"/>	<input type="button" value="Calcula"/>	<input type="button" value="Limpa"/>																																																																																																			

Figura 4.4 - Aba para o cálculo de demanda para Unidades Consumidoras Individuais.

A área 1, demarcada em vermelho, é a parte que contém os dados necessários para o cálculo da subdemanda **a (iluminação e tomadas de uso geral)**. A potência deve ser informada no campo definido, a unidade pode ser escolhida entre kVA e kW, o fator de potência deverá ser informado quando estiver habilitado pra edição (caso não seja necessário ser informado aparecerá desabilitado e com ‘---’ em seu valor). Opta-se aqui também pela atividade da unidade consumidora, caso marcado o campo ‘Não - Residencial’ deve-se escolher por uma das atividades presentes na lista.

A área 2, em azul, corresponde as informações necessárias para o cálculo da subdemanda **b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)**. A linha pontilhada é apenas uma maneira de evidenciar os termos inerentes a aparelhos de aquecimento e aparelhos de ar-condicionado. Para aparelhos de aquecimento, em ‘Quantidade’ deve ser dado o número de chuveiros correspondente a uma ‘Potência individual (em kVA)’ e a uma espécie (chuveiro elétrico, torneira elétrica, fogão elétrico, forno elétrico, [6], [7] e [8]). As espécies representadas por [6], [7] e [8] devem ser utilizadas para representar equipamentos não listados na norma. Por exemplo, há na instalação equipamentos de forno micro-ondas, este não está discriminado nas opções logo deve-se utilizar algum dos números para representa-lo.

As unidades de potência, rendimento e fator de potência dos aparelhos de ar-condicionado podem ser dadas ‘No conjunto’ ou ‘Individualmente’. A opção no conjunto é feita para que seja facilitado o preenchimento, pois o que for escolhido será utilizado para todos os equipamentos, ainda devem ser preenchidos a “Quantidade” de aparelhos que possuem determinada “Demanda Individual (em kVA)” e a sua espécie. Se a opção “Individualmente” tiver sido marcada, todos os dados deverão ser informados caso a caso. As unidades de potência disponíveis para escolha são BTU/h, cv, hp, kVA, kW e TR. As espécies disponíveis são janela ou *split* e central.

Os dados na área 3, em roxo, são usadas para o cálculo da subdemanda **c (motores monofásicos e trifásicos)**. A linha pontilhada serve para que o fiquem evidenciados dados de motores monofásicos e motores trifásicos. O preenchimento se dá como o dos aparelhos de ar-condicionado. Pode-se optar por informar os dados de unidade de potência, rendimento e fator de potência dos motores ‘No conjunto’ ou ‘Individualmente’. Caso ‘Individualmente’ tenha sido escolhido e se a unidade de potência for o cv poderá ser utilizado o campo ‘Usar valor tabelado?’. Se marcado, serão buscados nas tabelas da NTD - 6.01 os valores do rendimento e do fator de potência, porém esses valores não poderão ser editados. As unidades de potência disponíveis para motores são cv, hp, kVA e kW. Motores monofásicos e trifásicos são preenchidos da mesma maneira.

A subdemanda **d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)** é obtida pelos dados fornecidos na área 4, em vinho. A potências (em kVA) de aparelhos de raios X são informados nos campos a direita. Para a inserção dos dados relativos às máquinas de solda, o botão ‘Inserir dados’ nesse campo deve ser selecionado. Ao selecionar este campo uma tela para inserção dos dados se sobrepõem a tela anterior e permite inserir a potência da maior até a terceira maior e a potência do conjunto das demais soldas e o tipo de cada uma dessas soldas que influencia diretamente no tipo de fornecimento a ser determinado.

Dados relativos a máquinas de solda:

	Tipo de solda	Potência	Unidade	Rendimento	Fator de potência
Dados da máquina de solda de maior potência:	[dropdown]	0	kVA	0,70	0,80
Dados da máquina de solda de segunda maior potência:	Solda a transformador da Classe de 220 V	0	kVA	0,70	0,80
Dados da máquina de solda de terceira maior potência:	Solda a transformador da Classe de 380 V	0	kVA	0,70	0,80
Dados relativos ao conjunto das demais máquinas de solda:	[dropdown]	0	kVA	0,70	0,80

Inserir dados

Figura 4.5 – Tela de inserção de dados relativos a máquinas de solda

Após completado o preenchimento dessa tela e pressionar o botão ‘Inserir dados’, todos os campos estarão preenchidos e deve-se clicar no botão ‘Calcula’ no canto inferior direito da tela inicial da aba da NTD-6.01. Aparecerá então a seguinte mensagem:

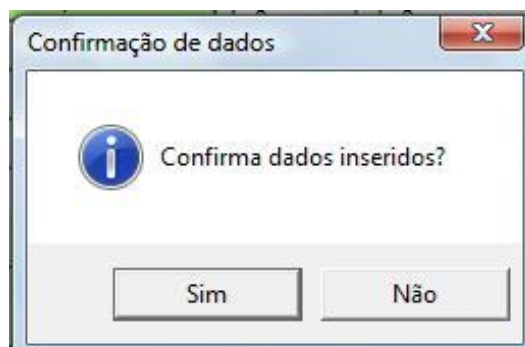


Figura 4.6 - Mensagem de confirmação de dados

É importante observar que, caso a configuração do Windows do usuário esteja em inglês as opções serão Yes e No. Apertado o sim, a demanda é calculada. Apertado o não, pede-se para corrigir os dados.

Os resultados parciais (subdemandas), a demanda total e a carga instalada serão mostrados nos respectivos locais na parte vermelha no final da tela.

Para resultados de demanda entre 55 kVA e 65 kVA, sugere-se a mudança de cálculo para a aba que trata de Distribuição em Tensão Primária. Resultados acima de 65 kVA obrigatoriamente devem ser recalculados nessa aba.

Se a demanda for calculada sem restrição, ou seja, caso menor do que 65 kVA, é perguntado se o usuário deseja ver dados relativos ao dimensionamento. Se sim, deverá ser feita a escolha entre duas opções a respeito da localização dos circuitos a serem dimensionados (antes ou após o ramal de entrada).

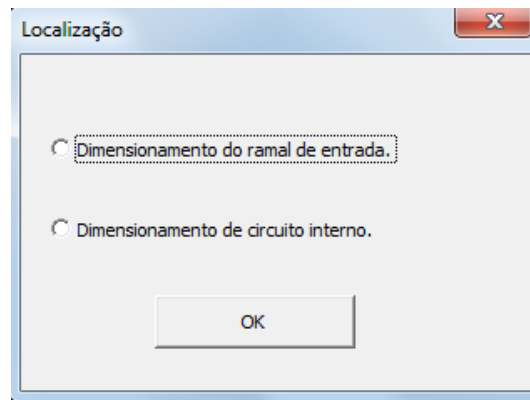


Figura 4.7 - Localização dos circuitos a serem dimensionados (antes ou após ramal de entrada).

Se o dimensionamento do ramal de entrada for escolhido, será mostrada a seguinte tela com os resultados anteriormente obtidos pelo cálculo de demanda e potência instalada, determinação do tipo de fornecimento e dimensionamento do ramal de entrada com seção nominal dos condutores, dimensionamento dos eletrodutos e disjuntos para a devida proteção do circuito a jusante do ramal de entrada.

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

Cálculo da Carga Instalada e da Demanda para Unidades Consumidoras Individuais

Dimensionamento do tipo de fornecimento

Potência instalada (em kW): 17,15

Demanda (em kVA): 12,43

Tipo de fornecimento: B2

Número de fases: 2

Número de fios: 3

Disjuntor (em A): 50

Aterramento (em mm²): 10

RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO	RAMAL DE ENTRADA
Seção do condutor (em mm ²): T 16	Seção dos condutores de cobre (em mm ²): 2 # 10
Seção do condutor (em AWG): T 6	Seção do condutor neutro (em mm ²): 10
	Eletrodutos DN - diâmetro nominal (em mm): 32

Carrega instalada (em kW): $CI = 17,15$

Demanda (em kVA): $a = 5,16$ $b = 4,00$ $c = 3,27$ $d = 0,00$ $Demanda total = 12,43$

Figura 4.8 – Tela com resultado do dimensionamento do ramal de entrada

Nessa tela não é necessário o preenchimento de nenhum campo, os dados mostrados já são os resultados finais obtidos em função da determinação do tipo de fornecimento de acordo com o método proposto. A tela se sobrepõem a tela anterior de cálculo de demanda e carga instalada e essas duas variáveis são novamente informadas nessa tela de conclusão, que pode ser utilizada como uma síntese de todos os resultados obtidos no cálculo de demanda, carga instalada e o dimensionamento do ramal de entrada a partir da determinação do tipo de fornecimento.

O caso de dimensionamento de circuitos internos é comum a todas as abas de cálculo de demanda e será abordado a seguir no trabalho em seção específica.

4.1.2 Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD – 6.07)

Caso selecionada esta opção, a tela inicial para esta seção será a seguinte:

Cálculo de demandas

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

Cálculo de Demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras

(Conforme NTD 6.07 da CEB, 2.ª edição, julho de 2011)

Tipo de uso do edifício: Residencial Não-residencial Misto

Subdemanda D_1 (unidades residenciais)

Há unidades residenciais de áreas diferentes no edifício? Sim Não

Quantidade de unidades residenciais: 0 Área útil (em m²): 0

Quantidade de unidades residenciais: 0 Área útil (em m²): 0

Quantidade de unidades residenciais: 0 Área útil (em m²): 0

Quantidade de unidades residenciais: 0 Área útil (em m²): 0

Subdemanda D_2 - iluminação e tomadas de uso geral do condomínio

Carga de iluminação: 0 Unidade: kVA Fator de potência: ---

Carga de tomadas: 0 Unidade: kVA Fator de potência: ---

Subdemanda D_3 - motores monofásicos do condomínio

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

Subdemanda D_3 - motores trifásicos do condomínio

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

Subdemanda D_3 (unidades não-residenciais)

Há mais de um tipo de unidade não-residencial no prédio? Sim Não

Quantos tipos de unidades não-residenciais diferentes há no prédio? 1

Unidade do tipo 1:

Atividade: Bancos, Lojas e semelhantes Número de unidades: 1 Inserir/Editar

Unidade do tipo 2:

Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 3:

Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 4:

Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 5:

Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 6:

Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 7:

Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Demanda (em kVA)

Demanda total = $D_1 + D_2 + D_3$

$D_1 =$ $D_2 =$ $D_3 =$ **Demanda total =**

Subdemanda de D_3 (em kVA)

$D_3 = a + b + c + d$

$a =$ $c =$

$b =$ $d =$

Calcula Limpa

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Figura 4.9 - Tela para o cálculo de demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras

A primeira pergunta presente nessa tela diz respeito ao tipo de uso do edifício. Se for um prédio puramente residencial, somente a área em laranja estará habilitada para ser preenchida. Se o edifício em questão for de uso não residencial, a área marcada em verde deverá ser completada. E se o uso misto for o escolhido então os dados das áreas laranja e verde deverão ser informados.

Para edifícios de uso residencial, é necessário informar apenas o número de apartamentos, suas respectivas áreas úteis (se houverem apartamentos com áreas diferentes, o aplicativo calcula a área útil equivalente fazendo a média ponderada entre áreas e números de apartamentos) e os dados do condomínio: ‘Carga de iluminação’, ‘Carga de tomadas’ e os dados dos motores. As cargas de iluminação e tomadas podem ser informadas em kVA ou em kW, se informadas em kW também deverá ser dado o fator de potência. Os motores devem ser preenchidos do mesmo modo da subdemanda c para unidades consumidoras individuais.

Para prédios não residenciais, preenchem-se os dados do condomínio da mesma maneira e responde-se se há mais de 1 tipo de unidade não residencial no prédio. Se não existirem mais de um tipo, apenas os campos relativos à ‘Unidade do tipo 1’ deverão ser preenchidos. Caso existam mais tipos, deverão completados todos os campos. O número máximo de tipos diferentes que podem ser escolhidos é igual a sete. Escolhe-se a atividade e depois o número de unidades. Para inserir as cargas do conjunto de unidades daquele tipo clica-se no botão ‘Inserir/Editar’ e então uma janela irá se abrir, nela deverão ser informados todos os dados relativos aquele conjunto. Esse botão também é utilizado no caso de se desejar alterar algum dado já fornecido.

O preenchimento dos dados da janela que se abre é quase idêntico ao realizado para unidades consumidoras individuais. As duas únicas diferenças são: Para a subdemanda **a** (relativa a iluminação) não existe a opção residencial e há um maior número nas espécies de aparelhos de aquecimento. Após a inserção dos dados a janela é fechada.

Repete-se o processo até que todas as informações dos tipos de unidades não residenciais tenham sido dadas.

Para prédios de uso misto o preenchimento dos dados nada mais é do que a junção do modo de preenchimento para prédio de uso residencial e prédios de uso não residencial.

A confirmação de dados também está presente nessa aba após se clicar em ‘Calcula’ e as mesmas perguntas e opções de dimensionamentos estão presentes.

Cálculo de demandas
Unidades não-residenciais 1

Cargas da unidade não-residencial do tipo 1

Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)

Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral: Unidade: Fator de potência:

Atividade: Número de Lojas:

Subdemanda c - motores monofásicos

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): No conjunto Individualmente

Unidade: Rendimento: Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>

Subdemanda b - aparelhos de aquecimento

Potência individual			Potência individual		
Quantidade: (em kVA):	Espécie:	Quantidade: (em kVA):	Espécie:	Quantidade: (em kVA):	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico

Subdemanda c - motores trifásicos

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): No conjunto Individualmente

Unidade: Rendimento: Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>

Subdemanda b - aparelhos de ar-condicionado

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): No conjunto Individualmente

Unidade: Rendimento: Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>

Subdemanda d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)

Potência da maior máquina de solda (em kVA): Potência do maior aparelho de raios X (em kVA):

Potência da segunda maior máquina de solda (em kVA): Potência do segundo maior aparelho de raios X (em kVA):

Potência da terceira maior máquina de solda (em kVA): Potência do terceiro maior aparelho de raios X (em kVA):

Soma das potências das demais máquinas de solda (em kVA): Soma das potências dos demais aparelhos de raios X (em kVA):

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Figura 4.10 - Tela para a inserção das cargas de unidades não residenciais de determinado tipo.

4.1.3 Distribuição em Tensão Primária (NTD – 6.05)

Há duas maneiras básicas de se alcançar essa aba. A primeira, advindo da tela de apresentação, ou seja, já querendo fazer o cálculo de demanda segundo a NTD – 6.05. A segunda forma é após se obter uma demanda muito grande após feito o cálculo seguindo a NTD - 6.01. Quando calculada utilizando a aba de Unidades Consumidoras Individuais a demanda é superior a 55 kVA, já é sugerido ao usuário a utilização do cálculo em Distribuição em Tensão Primária e quando o resultado é superior a 65 kVA essa mudança torna-se obrigatória. A tela inicial para esta seleção será a seguinte:

Cálculo de demandas

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

Cálculo de Demanda para Distribuição em Tensão Primária

(Conforme NTD 6.05 da CEB, 2.ª edição, agosto de 2012)

Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)

Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral: Unidade: Fator de potência:

Atividade:

Subdemanda d (bombas d'água)

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>

Subdemanda b (aparelhos de aquecimento)

Potência individual		Potência individual	
Quantidade: (em kVA):	Espécie:	Quantidade: (em kVA):	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico

Subdemanda e (elevadores)

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>

Subdemanda c (aparelhos de ar-condicionado)

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): No conjunto Individualmente

Unidade: Rendimento: Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>

Subdemanda f (motores)

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[1]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[2]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[3]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[4]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[5]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[6]"/>

Subdemanda g (outras cargas)

Carga 1	Potência (em kVA):	<input type="text" value="0"/>	Fator de demanda:	<input type="text" value="1,00"/>
Carga 2	Potência (em kVA):	<input type="text" value="0"/>	Fator de demanda:	<input type="text" value="1,00"/>
Carga 3	Potência (em kVA):	<input type="text" value="0"/>	Fator de demanda:	<input type="text" value="1,00"/>

Demanda total = $0,77 \cdot a' + 0,7 \cdot b + 0,95 \cdot c + 0,59 \cdot d + 1,2 \cdot e + F + G$ $a' = a / (\text{fator de potência})$

a = kVA c = kW e = kW G = kVA Demanda total = kVA
 b = kVA d = kW F = kVA

Fonte: MARTINS e KOMATSU (2013).

Figura 4.11 - Aba para o cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária.

O preenchimento dessa aba é semelhante à aba de unidades consumidoras individuais. Inclusive, quando o usuário é migrado, por escolha (demandas entre 55 kVA e 65 kVA) ou de maneira compulsória (demandas maiores que 65 kVA), da aba relativa a NTD - 6.01 para esta, os dados necessários já vem preenchidos, cabendo apenas uma simples conferência e confirmação dos dados após pressionar o botão ‘Calcula’.

Como explicado no Capítulo 3, às diferenças aqui estão relacionadas à separação dos aparelhos de aquecimento e de ar-condicionado em duas subdemandas diferentes e a independência das bombas d’água e elevadores, que deixam de ser considerados como espécies de motores para se tornarem tipos de subdemandas.

Ao contrário das outras duas abas, apenas um tipo de dimensionamento é possível aqui. A NTD-6.05 não oferece subsídios para o dimensionamento para ramal de entrada, cabendo apenas o dimensionamento de circuitos após o ramal.

4.1.4 Dimensionamento de circuitos internos segundo a ABNT NBR 5410:2004

Após realizar o cálculo da demanda para qualquer uma das situações anteriormente expostas no aplicativo, o aplicativo dá a opção para ver dados relativos a dimensionamento. Caso o usuário informe que o circuito a ser dimensionado está após o ramal de entrada, ele será levado a uma tela para dimensionamento de condutores de circuito interno.

Dimensionamento de condutores de circuito interno
(Conforme ABNT NBR 5410, 2.ª edição, setembro de 2004)

Dados Gerais

Tipo de circuito: Material dos condutores:

Demanda (em kVA): Tensão nominal (em V): Corrente de projeto (em A):

Dimensionamento dos condutores de fase:

Que critério(s) de dimensionamento será(ão) utilizado(s)?

- Critério dos limites de queda de tensão
- Critério da capacidade de condução de corrente
- Critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas
- Critério das seções mínimas

Seção mínima do condutor de fase dimensionada pelo critério (em mm²):

Seção nominal do condutor de fase (em mm²):

Dimensionamento do condutor neutro:

Seção nominal do condutor neutro (em mm²):

Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção com o condutor de fase:

Dispositivo escolhido:

Máxima corrente convencional de atuação (em A): Corrente nominal (em A):

Dimensionamento do condutor de proteção:

Seção nominal do condutor de proteção (em mm²):

Verificação do máximo comprimento do circuito em função do critério de proteção contra contatos indiretos:

Comprimento-limite (em m):

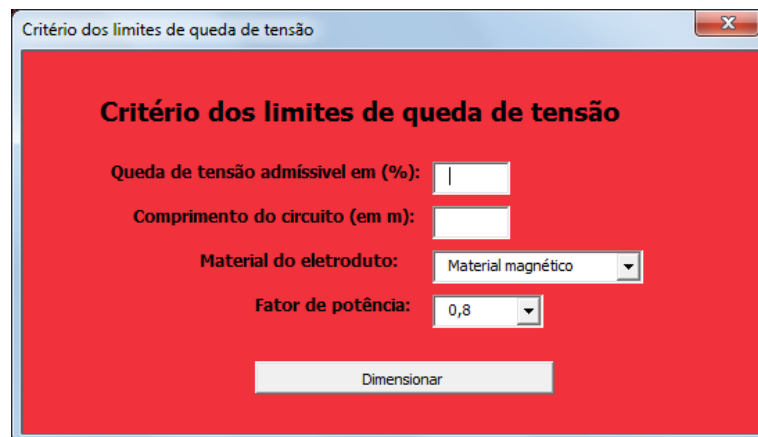
Figura 4.12 – Tela para dimensionamento do circuito interno

Nessa primeira tela o usuário deve informar inicialmente, no campo ‘Dados Gerais’, o tipo de circuito: monofásico, bifásico ou trifásico. Após essa escolha e com a demanda já calculada anteriormente em kVA, basta o usuário informar a tensão nominal do circuito, tensão de fase no caso de circuitos monofásicos ou bifásicos ou a tensão de linha no caso de circuitos trifásicos. Com esses dados coletados, o aplicativo automaticamente calcula a corrente de projeto e atualiza o campo corrente de projeto com o valor da mesma. Esse valor corresponde a corrente de projeto não corrigida e seu método de cálculo foi abordado anteriormente no capítulo três. O usuário

deve informar também nessa parte inicial, qual o material do condutor que será utilizado no projeto do circuito. Após a corrente de projeto calculada e material do condutor determinado, o usuário realiza o primeiro passo para o dimensionamento de um circuito, dimensionamento do condutor de fase.

Para dimensionamento do condutor de fase, o usuário pode optar por qual ou quais dos quatro critérios de dimensionamento possíveis. Para cada critério escolhido, uma tela nova surge para inserir dados relativos ao dimensionamento por este método. Ao inserir todos os dados e pressionar o botão dimensionar em cada tela, o valor da seção nominal dimensionada pelo critério irá aparecer no campo específico ao lado do critério. O aplicativo adota a maior seção nominal dimensionada por cada critério como seção nominal para o condutor de fase.

Caso o critério dos limites de queda de tensão seja selecionado, a tela mostrada na Figura 4.13 irá surgir e nela devem ser informados dados necessários ao cálculo. Um dos dados necessários é a queda de tensão admissível em porcentagem. Na ABNT NBR 5410:2004, a norma fixa os limites máximos de queda de tensão admissíveis nas instalações alimentadas por ramal de baixa tensão em 4 % e por transformador ou gerador próprio em 7 %. Entretanto o usuário tem liberdade para colocar outra queda de tensão admissível por sua própria responsabilidade.



A imagem mostra uma janela de software com o título "Critério dos limites de queda de tensão". O fundo da janela é vermelho. No topo, há um campo de entrada para "Queda de tensão admissível em (%)" com o valor "1" inserido. Abaixo dele, há um campo para "Comprimento do circuito (em m)" que está vazio. Em seguida, há um menu suspenso para "Material do eletroduto" com "Material magnético" selecionado. Abaixo disso, há um menu suspenso para "Fator de potência" com "0,8" selecionado. No rodapé da janela, há um botão cinza com o texto "Dimensionar".

Figura 4.13 – Dimensionamento do condutor de fase pelo critério dos limites de queda de tensão

Após o preenchimento de todos os campos necessários e pressionar o botão dimensionar, o usuário é redirecionado a tela de dimensionamento do circuito e o valor da seção dimensionada pelo critério aparece no campo específico.

Caso o critério selecionado seja o de capacidade de condução de corrente a tela mostrada na Figura 4.14 irá surgir. E nela o usuário deve preencher todos os campos habilitados. De acordo com o preenchimento novas informações se tornam necessárias e novos campos para preenchimento são habilitados. Esse recurso foi aplicado em vários pontos do aplicativo e o torna mais ágil, impedindo o usuário de dar informações desnecessárias ao seu objetivo final.

Critério da capacidade de condução de corrente

Critério da capacidade de condução de corrente

Método de referência: B1

Isolação: PVC Material do condutor: cobre

Tipo de cabo: unipolar Número total de circuitos ou cabos multipolares: 1

Condutores em eletrodutos? Não Condutores enterrados? Não

Condutores carregados: 3 Temperatura ambiente (em °C): 15

Forma de agrupamento dos condutores:

Quantidade de camadas de condutores:

Espaçamento entre cabos diretamente enterrados: Nulo

Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: 1

Número de eletrodutos dispostos verticalmente: 1

Resistividade térmica do solo em (K.m/W): 2,5

Figura 4.14 – Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da capacidade de condução de corrente

Alguns recursos gráficos foram utilizados no aplicativo para auxílio do preenchimento dos campos. Caso o usuário não tenha certeza sobre o método de referência de instalação dos condutores, ele pode pressionar o botão ‘Ver esquemas ilustrativos’. Ao pressionar este botão surge uma tela mostrada na Figura 4.15 que mostra imagens retiradas da ABNT NBR 5410 com os respectivos métodos de referência, auxiliando assim o usuário na tomada de decisão.

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ¹	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ¹	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

Figura 4.15 – Tela com esquemas ilustrativos relativos aos métodos de referência de instalação de condutores

E o aplicativo não se limita a utilização dos recursos gráficos apenas para consulta, mas também para a inserção de dados no mesmo. Caso o método de referência escolhido seja igual ao método E, F ou G. Irá surgir uma tela para escolha visual do correto modo de disposição dos condutores no projeto. Isso afeta diretamente no cálculo da seção mínima do condutor e a importância de uma tomada de decisão correta afeta sistematicamente o objetivo final do aplicativo. Um exemplo dessa tela se encontra na Figura 4.16.

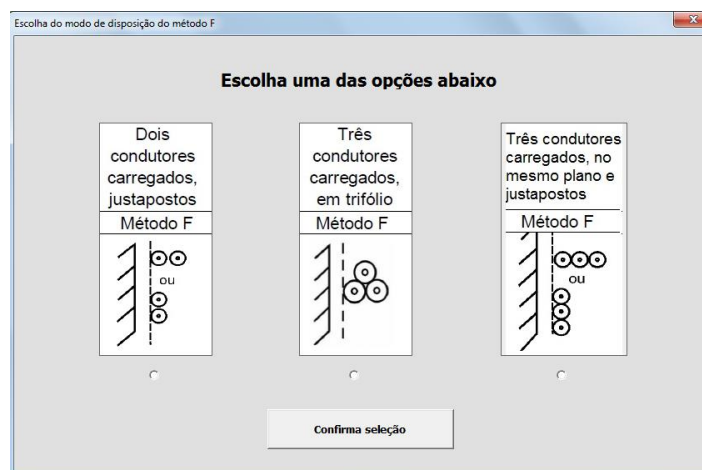


Figura 4.16 – Tela para escolha do modo de disposição do método F

Após a inserção de todos os dados necessários e pressionado o botão ‘Dimensionar’, o usuário é novamente redirecionado a tela de dimensionamentos de circuitos. E o valor da seção nominal dimensionada por este critério é inserido em campo específico. Nesse momento já ocorre uma análise interna do aplicativo para definir a seção nominal do condutor de fase em função dos valores que foram calculados. O aplicativo irá atualizar a seção nominal do condutor de fase com o maior valor calculado entre os critérios.

Caso o critério de proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas seja selecionado, a tela mostrada na Figura 4.17 irá surgir. Nela, o projetista deve ter informações relacionadas ao curto-circuito. É recomendado dimensionar esse critério após outros critérios, pois caso o material de isolamento do condutor seja de PVC, o aplicativo pede para você estimar a faixa de valor da seção nominal do condutor de fase se é maior ou menor que 300 mm².

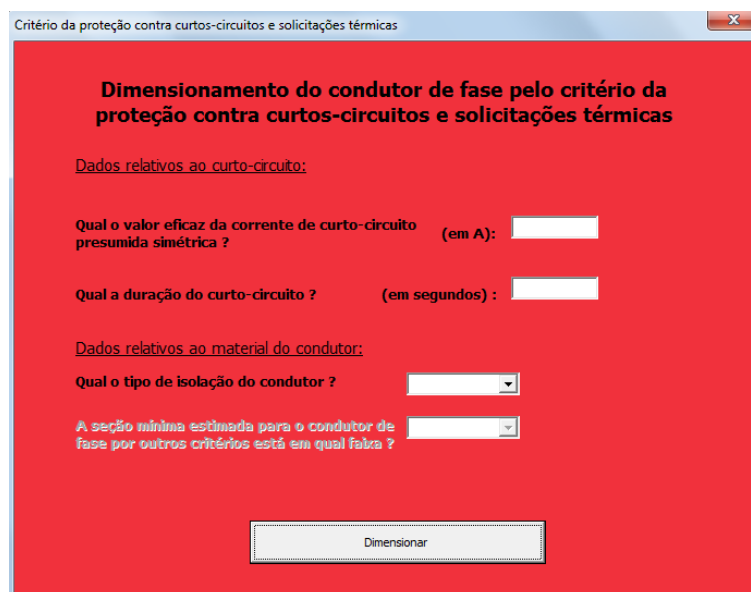


Figura 4.17 – Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas

Após a inserção de todos os dados necessários e pressionado o botão ‘Dimensionar’, o usuário é novamente redirecionado a tela de dimensionamentos de circuitos. O valor da seção nominal do condutor de fase é novamente atualizado caso superior aos outros dimensionamentos.

Caso o critério da seção mínima seja selecionado, a tela mostrada na Figura 4.18 *irá surgir*. Nela o usuário informa o tipo de linha do circuito entre um conjunto de possibilidades listadas na norma. Em função dessa primeira escolha surgem opções para escolha da utilização do circuito. Nessa parte do aplicativo foi utilizado o mesmo recurso anterior de habilitar funções apenas para opções determinadas na norma. Assim, o aplicativo está com sua lógica diretamente ligada a ABNT NBR 5410 com método para dimensionamento já abordado anteriormente.

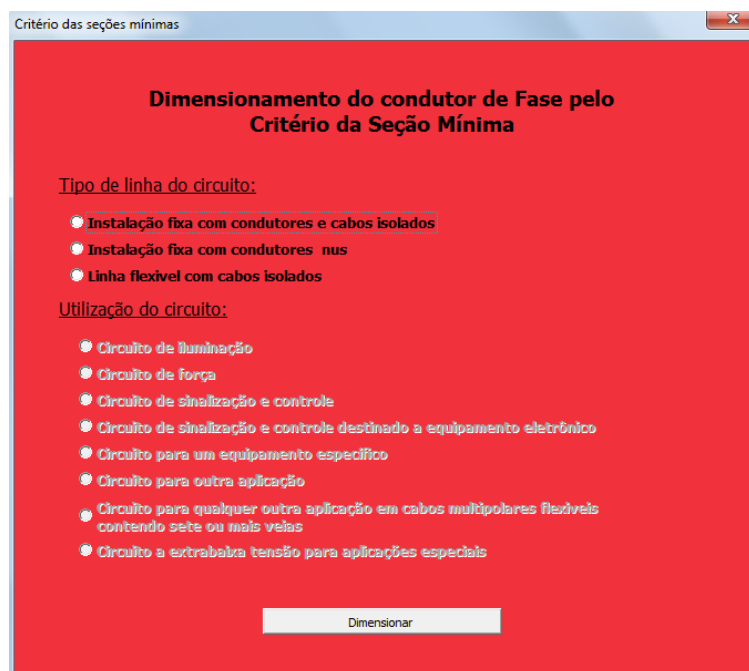


Figura 4.18 – Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da seção mínima

Em função das escolhas do usuário no projeto, não é possível determinar a seção do condutor de fase pelo critério em cada um destes casos, aparece uma mensagem informando ao usuário do ocorrido e o que a norma diz em relação ao caso. Isto auxilia o usuário a tomar uma decisão pela mudança de algum critério de seu projeto ou decidir a seção nominal por sua inteira responsabilidade ou consultando outras fontes como o manual do equipamento que ele pretende instalar. Algumas dessas mensagens foram listadas abaixo nas figuras: Figura 4.19, Figura 4.20 e Figura 4.21.

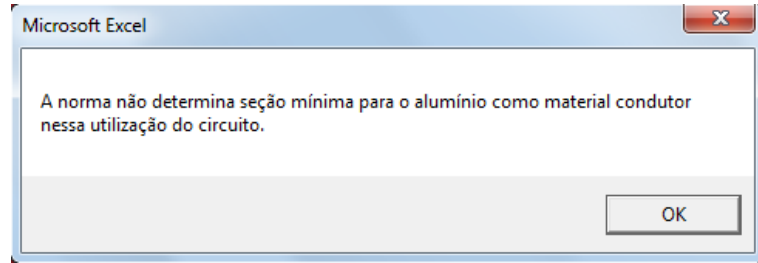


Figura 4.19 – Mensagem informando que a norma não determina seção mínima no caso selecionado para material do condutor de alumínio

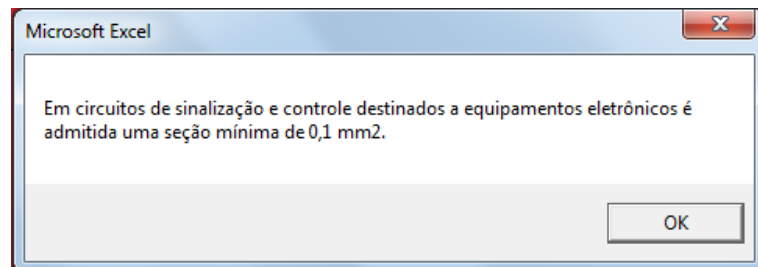


Figura 4.20 – Mensagem informando que a norma admite determinada seção mínima no caso específico em que o usuário selecionou

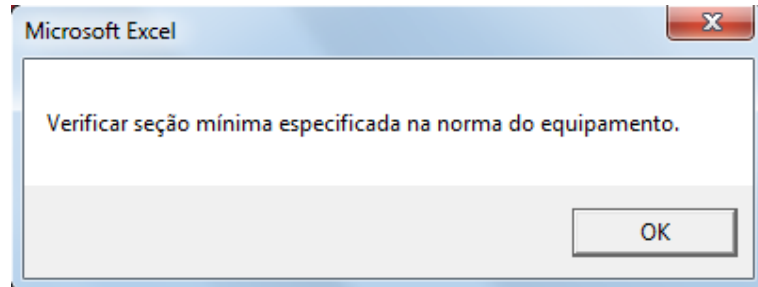


Figura 4.21 – Mensagem informando que a norma admite determinada seção mínima no caso específico em que o usuário selecionou

Todas essas mensagens estão de acordo com a lógica abordada no capítulo três em relação ao critério dos limites de queda de tensão. Após o botão ‘Dimensionar’ ser pressionado, ou uma das mensagens irá aparecer ou o usuário será novamente redirecionado a tela de dimensionamentos de circuitos onde o valor da seção nominal do condutor de fase será atualizado.

Após o dimensionamento do condutor de fase, o próximo passo é o dimensionamento do condutor neutro. Ao pressionar o botão ‘Dimensionar’ no campo azul de dimensionamento, surge uma tela mostrada na Figura 4.22 para inserção dos dados relativos a esse dimensionamento. A

primeira informação para o correto dimensionamento do condutor neutro é o tipo de circuito, em função do tipo de circuito varias outras informações podem ser necessárias.

Dimensionamento condutor neutro

Dados relativos ao dimensionamento do condutor neutro:

Qual é o tipo de circuito?

Legenda TTHM : Taxa de Terceira Harmônica e seus Múltiplos

Qual a Taxa de Terceira Harmônica e seus Múltiplos estimada para o projeto do circuito?

Em qual faixa de valores , acima de 33%, para a TTHM o seu circuito projetado se enquadra?

Método de referência: Ver esquemas ilustrativos Isolação:

O circuito é presumivelmente equilibrado em serviço normal?

O condutor neutro é protegido contra sobrecorrentes conforme a norma?

Dimensionar

Figura 4.22 – Dimensionamento do condutor neutro

Caso o circuito seja trifásico com TTHM superior a 33% em uma faixa determinada, o aplicativo irá considerar esse desequilíbrio e com uma corrente de neutro calculada internamente, propor uma seção nominal capaz de conduzir tal corrente de acordo com as tabelas de capacidade de condução de corrente. Um exemplo desse caso pode ser visto na figura acima.

Após o preenchimento de todos os campos habilitados da tela e pressionando o botão ‘Dimensionar’ o usuário é redirecionado novamente a tela de dimensionamentos do circuito atualizando o valor da seção nominal do condutor neutro calculado de acordo com o método exposto no capítulo anterior.

Para dimensionamento do condutor de proteção, basta que o usuário após dimensionamento do condutor de fase, pressione no campo verde o botão ‘Dimensionar’, como mostrado na Figura 4.23. Ao realizar esta ação, o aplicativo realizado todo o processamento interno de acordo com o método proposto no capítulo anterior e dimensiona a correta seção nominal para o condutor de proteção.

Dimensionamento do condutor de proteção:

Seção nominal do condutor de proteção (em mm²):

Figura 4.23 – Dimensionamento do condutor de proteção

Até este momento do dimensionamento, quatro critérios dos seis critérios de dimensionamento da ABNT foram utilizados para dimensionamento do condutor de fase. No campo amarelo de verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecargas com o condutor de fase é utilizado o critério de proteção contra sobrecargas para o dimensionamento do dispositivo de proteção e verifica-se a compatibilidade deste com a capacidade de condução de corrente do condutor de fase anteriormente dimensionado. Ao pressionar o botão ‘Verificar’ surge uma tela mostrada na Figura 4.24 na qual o usuário deve inserir informações referentes ao dispositivo de proteção contra sobrecargas.

Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecargas com o condutor de fase:

Qual é o tipo de dispositivo de proteção utilizado no circuito?

É possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não será mantida por um tempo superior a 100 horas durante 12 meses consecutivos?

É possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não será mantida por um tempo superior a 500 horas ao longo da vida útil do condutor?

Método de referência:

Isolação: Condutores carregados:

Figura 4.24 – Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecargas com o condutor de fase

Nessa tela o usuário deve optar entre os dispositivos de proteção: disjuntor, minidisjuntor ou fusível. Além dessa escolha, outras informações são necessárias para determinação da máxima corrente convencional de atuação do dispositivo. Essas perguntas foram retiradas diretamente da

norma e afetam diretamente no cálculo da máxima corrente convencional de atuação ou fusão (no caso de fusíveis) do dispositivo.

Após o preenchimento de todos os dados e pressionando o botão ‘Verificar’ o usuário é redirecionado a tela de dimensionamento de circuitos e o tipo de dispositivo selecionado é mostrado em campo específico. A corrente nominal para o dispositivo de proteção e a máxima corrente convencional de atuação são informadas nesse campo para auxiliar o projetista a optar por determinado dispositivo.

O último dos seis critérios para dimensionamento de circuitos é o critério de proteção contra contatos indiretos. Esse critério se resume a uma verificação do comprimento limite do circuito e deve ser realizado com um dos últimos passos, por depender diretamente da seção nominal do condutor de fase e de proteção. Esse critério só deve ser analisado quando o esquema de aterramento utilizado é do tipo TN ou IT e caso o dispositivo de proteção utilize a função de seccionamento automático da alimentação. Caso se enquadre nesse caso, ao pressionar o botão ‘Verificar’ surge uma tela como mostrada na Figura 4.25.

Critério da proteção contra contatos indiretos

Verificação do máximo comprimento do circuito de acordo com o critério de proteção contra contatos indiretos

O esquema de aterramento utilizado é TN ou IT ?

O dispositivo de proteção contra sobrecorrente utiliza a função de seccionamento automático da alimentação ?

Qual a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção a sobrecorrente dentro do tempo de seccionamento máximo admissível fixado pela NBR 5410 ? (em A):

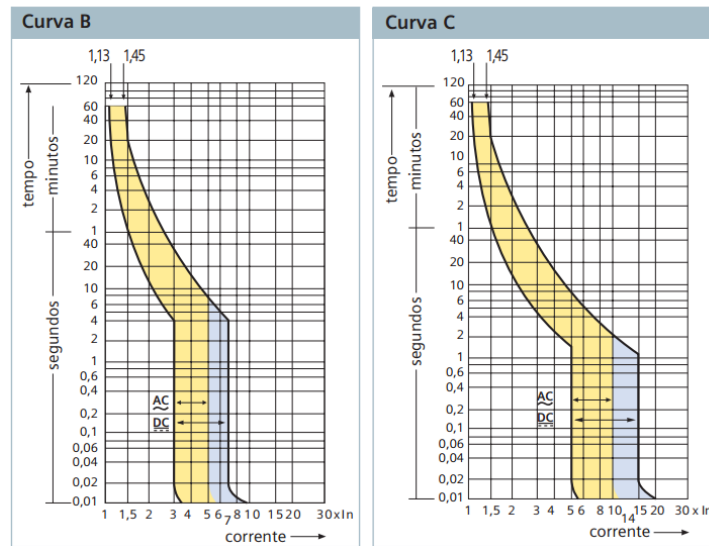
Verificar

Figura 4.25 – Verificação do máximo comprimento do circuito de acordo com o critério de proteção contra contatos indiretos.

Nessa tela o usuário deve responder a algumas perguntas para conferir se o circuito projetado realmente se enquadra ao critério de proteção contra contatos indiretos, caso não se enquadre, uma mensagem irá aparecer informando ao usuário a não necessidade de verificação do

comprimento-limite do circuito. Além disso, deve se informar a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção a sobrecorrente dentro do tempo de seccionamento máximo admissível fixado pela NBR 5410. Esse valor é obtido a partir de informações dadas pela fabricante do dispositivo de proteção em suas curvas de atuação, como mostra um exemplo tirado do catalogo da Siemens na Figura 4.26 abaixo.

Curvas características de disparo



Fonte: *Catálogo de disjuntores da Siemens*. Disponível em: <www.industry.siemens.com.br>
Acesso em: 31 jun. 2014. (Modificado)

Figura 4.26 – Curva de disparo dos disjuntores de classe B e C da Siemens

A corrente convencional de atuação de um dispositivo de proteção é o valor de corrente que a partir da qual o dispositivo de proteção leve no máximo uma hora para atuar quando a corrente nominal é inferior a 60 amperes ou duas horas quando a corrente nominal é superior a 60 amperes, de acordo com a ABNT NBR 5361. Nesse exemplo, podemos notar que para disjuntores da classe B e C, a corrente convencional de atuação para disjuntores com corrente nominal inferior a 60 amperes esta na faixa entre 1,13 vezes a corrente nominal a 1,45 vezes a corrente nominal. Podemos dizer como projetistas que uma corrente convencional segura de atuação do disjuntor se encontra no limite superior dessa faixa e poderíamos adotar para esse disjuntor do exemplo uma corrente convencional de atuação igual a 1,45 vezes a corrente

nominal do mesmo. Nos estudos de caso, essa informação será importante para compreensão dos resultados obtidos pelo aplicativo.

Após inserir todos os dados necessários, o usuário deve pressionar o botão ‘Verificar’ e ele será redirecionado a tela de dimensionamentos do circuito. Nessa tela irá surgir o comprimento-limite do circuito devido a esse ultimo critério de dimensionamento. Caso a comprimento do circuito projetado seja inferior ao comprimento-limite, o circuito está bem dimensionado e atende todos os critérios da norma. Caso o comprimento do circuito seja superior ao comprimento-limite, deve se então redimensionar a seção do condutor de fase, propondo ao aplicativo um novo valor nominal para seção do condutor de fase. Após isso, deve-se redimensionar a seção do condutor neutro, de proteção, redimensionar o dispositivo de proteção contra sobrecargas e verificar a compatibilidade com condutor de fase. E depois de todos os redimensionamentos, verificar novamente o comprimento-limite do circuito. E necessário repetir esse processo até que o comprimento-limite do circuito atenda as necessidades do circuito projetado.

4.1.5 Dimensionamento de circuitos segundo a ABNT NBR 5410:2004

Caso o usuário do aplicativo entre no ACADIE na tela inicial e deseje realizar diretamente o dimensionamento de circuitos, ele pode optar pelo botão vermelho ‘Dimensionamento de Circuitos (ABNT NBR 5410)’. Ao pressionar este botão, o usuário é direcionado a tela de dimensionamento de circuitos. Essa tela que pode ser vista na Figura 4.27 e é muito semelhante à tela de dimensionamentos de circuitos internos. Mas possui algumas diferenças que serão abordados nessa seção.

Dimensionamento do circuito

(Conforme ABNT NBR 5410, 2.ª edição, setembro de 2004)

Dados Gerais

Tensão nominal de linha (em V): Corrente de projeto (em A): Material dos condutores:

Dimensionamento dos condutores de fase:

Que critério(s) de dimensionamento será(ão) utilizado(s)?

- Critério dos limites de queda de tensão
- Critério da capacidade de condução de corrente
- Critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas
- Critério das seções mínimas

Seção mínima do condutor de fase dimensionada pelo critério (em mm²):

Seção nominal do condutor de fase (em mm²):

<h4>Dimensionamento do condutor neutro:</h4> <p>Seção nominal do condutor neutro (em mm²): <input type="text"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Dimensionar"/></p>	<h4>Verificação da compatibilidade do Dispositivo de proteção com o condutor de fase:</h4> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Verificar"/></p> <p>Dispositivo escolhido: <input type="text"/></p> <p>Máxima corrente convencional de atuação (em A): <input type="text"/> Corrente nominal (em A): <input type="text"/></p>
<h4>Dimensionamento do condutor de proteção:</h4> <p>Seção nominal do condutor de proteção (em mm²): <input type="text"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Dimensionar"/></p>	<h4>Verificação do máximo comprimento do circuito em função do critério de proteção contra contatos indiretos:</h4> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Verificar"/></p> <p>Comprimento-limite (em m): <input type="text"/></p>

Figura 4.27 – Tela para dimensionamentos do circuito

As diferenças no modo de dimensionar os circuitos através dessa tela estão relacionadas ao campo ‘Dados Gerais’. Como o projetista não realizou o cálculo de demanda através do ACADIE, o aplicativo pede o valor da corrente de projeto diretamente ao usuário projetista. Como essa informação é obtida diretamente pelo usuário, não é necessário informar o tipo de circuito. Resumindo as informações básicas iniciais à tensão nominal do circuito, corrente de projeto e material do condutor.

Nos demais aspectos, o dimensionamento do circuito é equivalente ao dimensionamento de circuitos internos. Seguindo todos os passos listados na seção anterior para dimensionamento dos condutores de fase, neutro e de proteção e dimensionamento do dispositivo de proteção seguindo os critérios optados pelo usuário projetista.

4.2 ESTUDOS DE CASOS

Nesta seção serão apresentados alguns exemplos de cálculos de demandas e carga instalada, determinação do tipo de fornecimento da distribuidora, dimensionamento do ramal de entrada, dimensionamentos de circuitos internos. Em todos os exemplos as respostas serão calculadas passo a passo e será mostrada também a sua resolução via aplicativo para que seja constatada a facilidade e praticidade que o seu uso ocasiona.

Devido à quantidade de detalhes do aplicativo, os estudos de caso aqui abordados podem não sanar todas as possibilidades do mesmo. Foi desenvolvida no escopo do trabalho, para sanar essa necessidade de aprendizado das funcionalidades do ACADIE, uma série de vídeos aulas tutoriais que abordam de maneira geral todas as funcionalidades do aplicativo. Essas vídeo-aulas tutoriais estão no complemento do TCC em mídia anexa ao trabalho. Além disso, para facilitar o compartilhamento desses vídeos com o público alvo do aplicativo, estudantes e engenheiros projetistas, foi criado um canal no Youtube, site de compartilhamento de vídeos mais popular na internet. Esse canal já contempla na publicação deste TCC com quatro vídeos em alta definição de imagem e som, abordando em mais de uma hora e vinte minutos todas as funcionalidades do aplicativo.

Todos os vídeos elaborados, quatro tutoriais e o vídeo de apresentação do aplicativo, assim como fluxogramas inéditos, aplicativo para teste e a versão digital deste trabalho se encontram no material complementar do trabalho.

Além disso, o usuário do aplicativo pode usar a referência Martins e Komatsu como consulta para o cálculo de demanda para prédios de múltiplas unidades e para projetos elétricos com distribuição em tensão primária no aplicativo, nesta referência se encontram estudos de casos relacionados e desenvolvidos através do aplicativo. Entretanto, para cálculo de demanda e dimensionamento para unidades consumidoras individuais, utilize os estudos de casos desse trabalho, pois o aplicativo passou por algumas melhorias na parte lógica e respeito às normas.

4.2.1 Estudo de caso 1:

Suponha uma residência com fornecimento de energia por ramal de ligação independente. Essa residência possui as seguintes cargas instaladas: potência de iluminação e tomadas de 9,5 kVA com fator de potência 0,9; 2 chuveiros de 2,5 kW ; 3 chuveiros de 4,4kW; 2 torneiras elétricas de 1,5 kW; 1 torneira elétrica de 2 kW; sauna a vapor de 7 kVA; 1 ar-condicionado de 18000 BTU/h com rendimento (η) igual a 70% e fator de potência 0,8; 2 ar-condicionado de 0,75 cv com rendimento (η) igual a 60% e fator de potência 0,6; 2 bombas d'água (sendo 1 reserva) de 1,5 cv; 2 motores monofásico de 1 hp rendimento (η) igual a 68% e fator de potência 0,71 e 1 motor trifásico de 3 kW com rendimento (η) igual a 70% e fator de potência 0,8.

Utiliza-se a NTD-6.01 para a resolução desse exemplo.

- **Iluminação:** 9,5 kVA, f.p.= 0,9

- **Aquecedores:** 2 chuveiros de 2,5 kW
3 chuveiros de 4,4 kW
2 torneiras elétricas de 1,5 kW
1 torneira elétrica de 2kW
1 sauna de 7 kVA

- **Ar-condicionado:** 1 de 18.000 BTU/h, rendimento = 70% e f.p.=0,8
2 de 0,75 cv, rendimento = 60% e f.p. = 0,6

- **Motores monofásicos:** 2 bombas d'água (1 reserva) de 1,5 cv
2 motores monofásicos de 1 hp, rendimento 68% e f.p.=0,71

- **Motor trifásico:** 1 motor trifásico de 3kW, rendimento 70% e f.p.=0,8

Cálculo da subdemanda a:

Iluminação e tomadas:

9,5 kVA transformando para kW para utilizar a tabela 5 tem-se : $9,5 \cdot 0,9 = 8,55 \text{ kW}$

$$1 \cdot 0,86 + 1 \cdot 0,75 + 1 \cdot 0,66 + 1 \cdot 0,59 + 1 \cdot 0,52 + 1 \cdot 0,45 + 1 \cdot 0,40 + 1 \cdot 0,35 + 1 \cdot 0,35 + 1 \cdot 0,31 \\ \cdot 0,55 = 4,75 \text{ kVA}$$

Cálculo da subdemanda b:

Aparelhos de Aquecimento:

Utilizando a tabela 03 e fazendo uma a média ponderada para a obtenção do fator de demanda dos chuveiros e das torneiras.

Para chuveiros:

$$\frac{3 \cdot 0,45 + 2 \cdot 0,62}{5} = 0,518$$

Para torneiras: como as potências são todas abaixo de 3,5 kW o fator de demanda utilizado é de 0,7.

$$[(2 \cdot 2,5) + (3 \cdot 4,4)] \cdot 0,518 + 7 \cdot 1 + [(2 \cdot 1,5) + (1 \cdot 2,0)] \cdot 0,7 = 19,93 \text{ kVA}$$

Aparelhos de ar-condicionado:

Primeiramente é necessário converter as potências fornecidas dos aparelhos para kW

Primeiro aparelho: $18.000 \text{ BTU/h} = 18.000 \cdot 0,0003985 = 7,173 \text{ cv}$

$$P_{kW} = \frac{7,173 \cdot 0,7355}{0,7} = 7,5368 \text{ kW}$$

Segundo aparelho 0,75 cv

$$P_{kW} = \frac{0,75 \cdot 0,7355}{0,6} = 0,9194 \text{ kW}$$

Pela tabela 03 faz-se a média ponderada para o número total de aparelhos de ar-condicionado, para determinar o fator de demanda.

Fator de demanda:

$$\frac{(2 \cdot 0,9 + 1 \cdot 0,85)}{3} = 0,8833$$

De tal maneira que,

$$\left[\left(\frac{1 \cdot 7,5368}{0,8} \right) + \left(\frac{2 \cdot 0,9194}{0,6} \right) \right] \cdot 0,8833 = 11,0286 \text{ kVA}$$

Portanto, subdemanda b = 19,93 + 11,0286 = 30,9586 kVA.

Cálculo da subdemanda c:

Primeiramente convertem-se todas as unidades de motor para cavalo.

$$1 \text{ hp} = 1,0139 \text{ cv}$$

$$3 \text{ kW} = (3 \cdot 0,7)/0,7355 = 2,855 \text{ cv}$$

Motores monofásicos (utilizando a tabela 08 e 09 da NTD – 6.01 para a obtenção do Fu e do Fs)

$$\left(\frac{1,5 \cdot 0,7355}{0,72 \cdot 0,85} \right) \cdot 0,7 \cdot 1 + 2 \cdot \left(\frac{1,0139 \cdot 0,7355}{0,68 \cdot 0,71} \right) \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 3,0999 \text{ kVA}$$

Motor trifásico (utilizando a tabela 08 e 09 da NTD – 6.01 para a obtenção do Fu e do Fs)

$$1 \cdot \left(\frac{2,855 \cdot 0,7355}{0,7 \cdot 0,8} \right) \cdot 0,83 \cdot 1 = 3,1123 \text{ kVA}$$

Somando os dois motores tem-se que a subdemanda $c = 6,2122 \text{ kVA}$

Portanto,

$$D = a + b + c$$

$$D = 4,75 + 30,9586 + 6,2122$$

$$D = 41,9208 \text{ kVA}$$

Alocando todos os dados no ACADIE e calculando a demanda:

Utilizando o ACADIE, todos os dados do estudo de caso foram inseridos no aplicativo, como mostrado na Figura 4.28 e após inserção dos dados obtêm-se o valor da carga instalada e da demanda que corresponderam aos valores calculados na mão. Isso mostra a eficiência, praticidade e precisão do aplicativo para esse estudo de caso.

Cálculo da Carga Instalada e da Demanda para Unidades Consumidoras Individuais
(Conforme NTD 6.01 da CEB, 2ª edição, dezembro de 2005)

Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)
 Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral: 9,5 Unidade: kVA Fator de potência: 0,9
 Atividade: Residencial Não-residencial Abatedouro de animais e conservas de carne

Subdemanda b- aparelhos de aquecimento

Quantidade	Potência individual (em kVA)	Espécie	Quantidade	Potência individual (em kVA)	Espécie
2	2,5	chuveiro elétrico	1	7	[6]
3	4,4	chuveiro elétrico	0	0	chuveiro elétrico
2	1,5	tomeira elétrica	0	0	chuveiro elétrico
1	2	tomeira elétrica	0	0	chuveiro elétrico

Subdemanda b- aparelhos de ar-condicionado
 Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): No conjunto Individualmente
 Unidade: --- Rendimento: --- Fator de potência: ---

Quantidade	Potência individual	Unidade	Rendimento	Fator de potência	Espécie
1	18000	BTU/h	0,7	0,8	janela ou split
2	0,75	cv	0,6	0,6	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split

Subdemanda c- motores monofásicos
 Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): No conjunto Individualmente
 Unidade: --- Rendimento: --- Tensão nominal: --- Fator de potência: ---

Quantidade	Potência individual	Unidade	Usar valor tabelado?	Rendimento	Tensão nominal	Fator de potência	Espécie
1	1,5	cv	<input checked="" type="checkbox"/>	0,72	220 V	0,85	bomba d'água
2	1	hp	<input type="checkbox"/>	0,68	220 V	0,71	[3]
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	220 V	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	220 V	0,80	bomba d'água

Subdemanda c- motores trifásicos
 Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência): No conjunto Individualmente
 Unidade: kW Rendimento: 0,70 Fator de potência: 0,80

Quantidade	Potência individual	Unidade	Usar valor tabelado?	Rendimento	Fator de potência	Espécie
1	3	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

Subdemanda d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)
 Dados relativos a máquinas de solda: Inserir dados
 Dados relativos a equipamentos de raios X:
 Potência do maior equipamento de raios X (em kVA): 0
 Potência do segundo maior equipamento de raios X (em kVA): 0
 Potência do terceiro maior equipamento de raios X (em kVA): 0
 Soma das potências dos demais equipamentos de raios X (em kVA): 0

Carregamento (em kW) $C_T = 54,85$
Demanda (em kVA) $Demandas = a + b + c + d$
 $a = 4,75$ $b = 30,96$ $c = 6,21$ $d = 0,00$ **Demanda total = 41,92**
 [Calcula] [Limpa]

Figura 4.28 – Tela para o cálculo da carga instalada e demanda com os valores do exemplo inseridos e subdemandas e a demanda calculadas abaixo

Dimensionamento do ramal de entrada segundo a NTD-6.01 no ACADIE:

Caso o dimensionamento do ramal de entrada fosse realizado sem o auxílio do aplicativo, bastaria ao usuário verificar na norma todas as condicionais existentes ou com o auxílio do fluxograma elaborado nesse TCC, realizar a determinação do tipo de fornecimento. Com o tipo de fornecimento da distribuidora, basta verificar na tabela respectiva da NTD-6.01 e verificar o dimensionamento do ramal de entrada.

Veja quantos passos foram realizados, quanto tempo o projetista leva para realizar esse dimensionamento. Existe a possibilidade do mesmo esquecer-se de levar em conta algum parâmetro na determinação do tipo de fornecimento e levar conseqüentemente a um erro de projeto. No ACADIE o usuário precisa apenas pressionar um botão e tem automaticamente o dimensionamento do ramal de entrada levando em conta todos os critérios da norma em poucos instantes. Esse resultado pode ser visto na *figura 4.29*.

Dimensionamento dos tipos de fornecimentos trifásicos

Dimensionamento do tipo de fornecimento

Potência instalada (em kW):

Demanda (em kVA):

Tipo de fornecimento:

Número de fases:

Número de fios:

Disjuntor (em A):

Aterramento (em mm²):

RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO	RAMAL DE ENTRADA
Seção do condutor (em mm ²): <input type="text" value="Q 35"/>	Seção dos condutores de cobre (em mm ²): <input type="text" value="3 # 25"/>
Seção do condutor (em AWG): <input type="text" value="Q 4"/>	Seção do condutor neutro (em mm ²): <input type="text" value="25"/>
	Eletrodutos DN - diâmetro nominal (em mm) <input type="text" value="40"/>

Figura 4.29 – Tela com o dimensionamento do ramal de entrada em função do tipo de fornecimento determinado de acordo com a NTD-6.01 no ACADIE

4.2.2 Estudo de caso 2 – Dimensionamento de circuitos internos:

Realizando o dimensionamento do circuito considerando a demanda calculada para um circuito após o ramal de entrada.

Dados para o dimensionamento do circuito:

Inicialmente, devido a existência de um motor trifásico, pode-se afirmar que o circuito é do tipo trifásico e possui os seguintes dados:

Queda de tensão admissível = 1%; comprimento do circuito = 5 m; material do eletroduto - material magnético; fator de potência 0,8; isolamento - PVC; método de referencia - cabos unipolares em eletrodutos de seção circular embutido em alvenaria (B1); material do condutor - cobre; temperatura ambiente = 25 °C; número de eletrodutos dispostos horizontalmente = 2;

número de eletrodutos dispostos verticalmente =1. condutores não estão enterrados; número de condutores carregados =4, que significa que o circuito está desequilibrado; TTHM do circuito superior a 33 %, sem conseguir determinar o quão maior; os condutores estão agrupados em 3 camadas e há mais um circuito ou cabo multipolar próximo; a corrente eficaz de curto circuito é da ordem de 5 vezes a corrente de projeto do circuito; espera-se que o dispositivo de proteção elimine o curto circuito em no máximo 3 segundos; o tipo de linha é uma instalação fixa com condutores e cabos isolados; é classificado como um circuito de força, possui esquema de aterramento IT, e utiliza dispositivo de proteção com função de seccionamento automático;

Cálculo da corrente de projeto:

Primeiramente calcula-se a corrente de projeto (I_B), dado que o circuito é do tipo trifásico

$$I_B = \frac{41,92 \cdot 10^3}{380 \cdot \sqrt{3}} = 63,69 A$$

Dimensionamento do condutor de fase pelo critério dos limites de queda de tensão:

- Queda de tensão admissível (%) = 1%
- Comprimento do circuito = 50 m
- Material do eletroduto: material magnético
- Fator de potência: 0,8

Com a corrente de projeto a queda de tensão pode ser calculada:

$$Queda\ de\ tensão = \frac{380 \cdot 0,01}{5 \times 10^{-3} \cdot 63,69} = 1,1933 V/(km \times A)$$

Pela tabela da queda de tensão em anexo, a seção nominal das fases é de **35 mm²**.

Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da capacidade de condução de corrente:

- Método de referência: B1
- Isolação: PVC
- Tipo de cabo: unipolar
- Material do condutor: cobre
- Número total de circuitos ou cabos multipolares: 2
- Condutores em eletrodutos? Sim
- Condutores enterrados? Não
- Temperatura ambiente: 25 °C
- Forma de agrupamento de condutores: camadas
- Quantidade de camadas de condutores: 3
- Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: 2
- Número de eletrodutos dispostos verticalmente: 1

Cálculo de k_1 :

Como a temperatura ambiente é de 25 °C, pela tabela 40 $k_1=1,06$.

Cálculo de k_2 :

Como o número total de circuitos ou cabos multipolares é igual a 2, $k_2 \neq 1$.

Como a forma de agrupamento é camadas, e o número de camadas é igual a 3 pela tabela 43 da NBR 5410, $k_2 = 0,62$.

Cálculo de k_3 :

Como há condutores em eletrodutos, $k_3 \neq 1$. O número de eletrodutos dispostos horizontalmente é igual a 2 e o número de eletrodutos verticalmente é igual a 1, pela tabela 4.13 em anexo temo que $k_3 = 0,94$.

Cálculo de k_4 :

Como não há condutores enterrados $k_4 = 1$.

Cálculo da corrente de projeto corrigida:

$$I_B' = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4} = \frac{63,69}{1,06 \cdot 0,62 \cdot 0,94 \cdot 1} = 103,097 \text{ A}$$

Como o número de condutores, I_B' é multiplicado por 0,86,

$$I_B'' = 103,097 \cdot 0,86 = 88,66 \text{ A}$$

Portanto, o valor da corrente de projeto corrigida é $I_B'' = 88,66 \text{ A}$

Considerando que a isolação é em PVC e o método de referência é o B1, pela tabela 36 da NBR 5410 a seção do condutor de fase é de **25 mm²**.

Dimensionamento do condutor de fase pelo critério de proteção contra curtos-circuitos:

Podemos definir a seção mínima do condutor de fase dimensionada por este critério a partir da expressão, como visto no capítulo 3:

$$SF \geq \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{k^2}}$$

- Intervalo de tempo t : 3 s;
- Corrente eficaz de curto-circuito : 636,9 A;
- Constante k , após verificação na tabela 30:

Sabendo que o material do condutor é cobre e que a isolação do condutor é de PVC e que a seção do condutor estimada é inferior a 300 mm², podemos dizer que a constante k para esse cálculo é igual a 115;

logo, podemos calcular o limite inferior de SF, como:

$$SF \geq \sqrt{\frac{(636,9)^2 \cdot 3}{115^2}} = \sqrt{92,017} = 9,59$$

Considerando a primeira seção nominal superior ao limite encontrado, podemos dimensionar a seção dos condutores de fase de acordo com o critério de proteção contra curtos-circuitos como sendo igual a **10 mm²**.

Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da seção mínima:

Para realizar o dimensionamento de acordo com o critério das seções mínimas basta verificar na tabela 47 da NBR 5410 ou no fluxograma elaborado nesse trabalho e presente no capítulo 3 como *figura 3.6*. Nele a partir do tipo de linha do circuito: instalação fixa com condutores e cabos isolados; em função da utilização do circuito: circuito de força; e do material condutor: cobre. Podemos determinar a seção nominal dimensionada por este critério como sendo igual a **2,5 mm²**.

Realizando o dimensionamento dos condutores de fase pelo ACADIE:

Em cada uma das telas respectivas aos quatro critérios de dimensionamento dos condutores de fase, foram inseridos os dados do estudo de caso, essas telas preenchidas se encontram nas figuras: Figura 4.30 – critério da queda de tensão , Figura 4.31 – critério da capacidade de condução de corrente, Figura 4.32 – critério de proteção contra curtos-circuitos, Figura 4.33 – critério da seção mínima.

Critério dos limites de queda de tensão

Queda de tensão admissível em (%): 1

Comprimento do circuito (em m): 50

Material do eletroduto: Material magnético

Fator de potência: 0,8

Dimensionar

Figura 4.30 – Dimensionamento pelo critério dos limites de queda de tensão para o estudo de caso

Critério da capacidade de condução de corrente

Método de referência: B1 Ver esquemas ilustrativos

Isolação: PVC Material do condutor: cobre

Tipo de cabo: unipolar Número total de circuitos ou cabos multipolares: 2

Condutores em eletrodutos? Sim Condutores enterrados? Não

Condutores carregados: 4 Temperatura ambiente (em °C): 25

Forma de agrupamento dos condutores: Casadas

Quantidade de camadas de condutores: 3

Espaçamento entre eletrodutos enterrados: Nulo

Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: 2

Número de eletrodutos dispostos verticalmente: 1

Resistividade térmica do solo em (K.m/W): 2,5

Dimensionar

Figura 4.31 – Dimensionamento pelo critério da capacidade de condução de corrente para o estudo de caso

Dimensionamento do condutor de fase pelo critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas

Dados relativos ao curto-circuito:

Qual o valor eficaz da corrente de curto-circuito presumida simétrica? (em A): 636,9

Qual a duração do curto-circuito? (em segundos): 3

Dados relativos ao material do condutor:

Qual o tipo de isolação do condutor? PVC

A seção mínima estimada para o condutor de fase por outros critérios está em qual faixa? menor que 300

Dimensionar

Figura 4.32 – Dimensionamento pelo critério de proteção contra curtos-circuitos para o estudo de caso

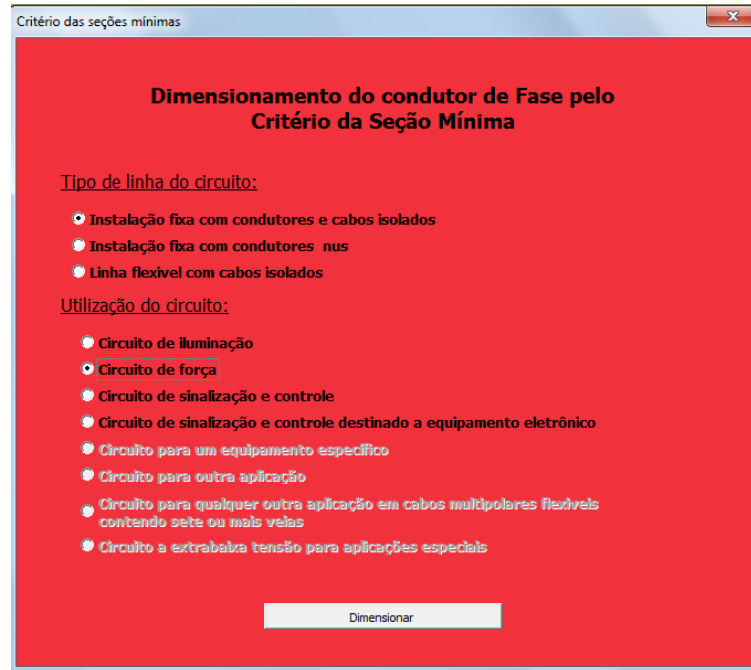


Figura 4.33 – Dimensionamento pelo critério da seção mínima para o estudo de caso

Após o dimensionamento dos condutores de fase pelos quatro critérios, o aplicativo mostra de maneira sintética cada um dos resultados dos dimensionamentos em relação a cada critério e adota a maior seção dimensionada para a seção nominal do condutor de fase. Caso o usuário não deseje adotar mais determinado critério, basta desmarcar a opção do critério indesejado. Esses resultados podem ser vistos na tela de dimensionamentos do circuito como mostrado na Figura 4.34.

Dimensionamento dos condutores de fase:	
Que critério(s) de dimensionamento será(ão) utilizado(s)?	Seção mínima do condutor de fase dimensionada pelo critério (em mm ²):
<input checked="" type="checkbox"/> Critério dos limites de queda de tensão	35,00
<input checked="" type="checkbox"/> Critério da capacidade de condução de corrente	25,00
<input checked="" type="checkbox"/> Critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas	10,00
<input checked="" type="checkbox"/> Critério das seções mínimas	2,50
Seção nominal do condutor de fase (em mm²):	35,00

Figura 4.34 – Dimensionamento dos condutores de fase para o estudo de caso

Pode-se notar nesse exemplo que todas as seções nominais dimensionadas corresponderam aos valores calculados na mão sem auxílio do aplicativo, o que demonstra a eficácia nesse estudo de caso.

Realizando o dimensionamento do condutor neutro pelo ACADIE:

Para mostrar a facilidade em realizar o dimensionamento do neutro, mesmo em uma situação de desequilíbrio do circuito, como o desse estudo de caso, foi realizado o dimensionamento do condutor neutro através do aplicativo e sem o auxílio do mesmo.

Inicialmente, todos os dados necessários para o dimensionamento devem ser inseridos no ACADIE. Fato interessante desse exemplo, mesmo que o usuário projetista não saiba exatamente em qual faixa de valores acima de 33 % se enquadra a TTHM do seu circuito, ele pode marcar a opção ‘*Não sei precisar quão maior*’ e o aplicativo adota um valor estipulado na norma para estes casos. A tela com todos os dados preenchidos para esse dimensionamento pode ser vista na figura

Dimensionamento condutor neutro

Dados relativos ao dimensionamento do condutor neutro:

Qual é o tipo de circuito?

Legenda TTHM : Taxa de Terceira Harmônica e seus Múltiplos

Qual a Taxa de Terceira Harmônica e seus Múltiplos estimada para o projeto do circuito?

Em qual faixa de valores, acima de 33%, para a TTHM o seu circuito projetado se enquadra?

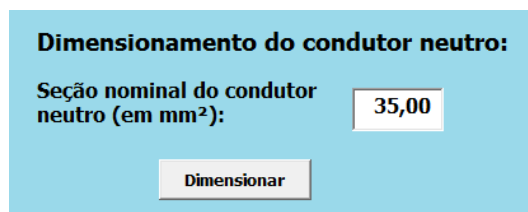
Método de referência: Isolação:

O circuito é presumivelmente equilibrado em serviço normal?

O condutor neutro é protegido contra sobrecorrentes conforme a norma?

Figura 4.35 – Dimensionamento do condutor neutro para o estudo de caso

Após o preenchimento dos dados e pressionando o botão ‘Dimensionar’, o usuário é redirecionado a tela de dimensionamentos do circuito onde ele pode verificar o resultado do dimensionamento do condutor neutro, como mostra a Figura 4.36.



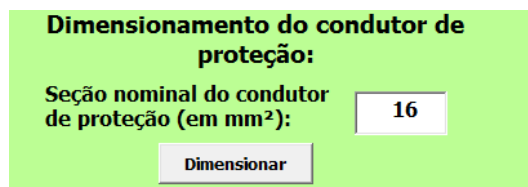
Dimensionamento do condutor neutro:
Seção nominal do condutor neutro (em mm²): 35,00
Dimensionar

Figura 4.36 – Resultado do dimensionamento do condutor neutro para o estudo de caso

Esse valor obtido pelo ACADIE correspondeu ao dimensionamento realizado sem o aplicativo, mostrando a precisão do ACADIE para esse estudo de caso.

Realizando o dimensionamento do condutor neutro pelo ACADIE:

Para realizar o dimensionamento do condutor de proteção basta simplesmente pressionar o botão ‘Dimensionar’, todos os dados necessários já foram obtidos nesse momento. O resultado será atualizado no campo específico como pode ser visto através da Figura 4.37.



Dimensionamento do condutor de proteção:
Seção nominal do condutor de proteção (em mm²): 16
Dimensionar

Figura 4.37 – Resultado do dimensionamento do condutor de proteção para o estudo de caso

Realizando o dimensionamento do dispositivo de proteção contra sobrecargas pelo ACADIE:

Ao dimensionar um dispositivo de proteção contra sobrecargas, o usuário deve se atentar ao fato de que a norma NBR 5410, trata essa escolha como uma verificação da compatibilidade do dispositivo com o condutor de fase. Será demonstrado nesse estudo de caso, como proceder ao dimensionamento adequado com o aplicativo.

Inicialmente deve se optar por um determinado dispositivo de proteção, no caso foi escolhido o disjuntor para realizar a função de proteção do circuito. Além disso, algumas considerações relativas ao tempo de permanência do circuito em sua temperatura limite de sobrecarga devem ser respondidas. Assim como determinar o método de referência de instalação dos condutores, com o número de condutores carregados. Esse preenchimento dos dados pode ser visto na Figura 4.38.

Critério da proteção contra sobre-cargas

Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecargas com o condutor de fase:

Qual é o tipo de dispositivo de proteção utilizado no circuito?

É possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não será mantida por um tempo superior a 100 horas durante 12 meses consecutivos?

É possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não será mantida por um tempo superior a 500 horas ao longo da vida útil do condutor?

Método de referência:

Isolação: Condutores carregados:

Figura 4.38 – Dimensionamento do dispositivo de proteção contra sobrecargas para o estudo de caso

Após o preenchimento da tela mostrada na Figura 4.38, o aplicativo realizou os processamentos internos e para o tipo de dispositivo escolhido, disjuntor, determinou a corrente nominal do disjuntor e a máxima corrente convencional de atuação que o dispositivo de proteção pode ter em função do circuito dimensionado. Os resultados obtidos pelo aplicativo podem ser vistos na Figura 4.39, onde a corrente nominal adota foi igual a 70 amperes. Pode-se verificar que essa corrente é superior a corrente de projeto do circuito e inferior a capacidade de corrente do circuito de acordo com a norma atendendo o critério de proteção contra sobrecargas, de maneira rápida e intuitiva. Com esses resultados, procura-se o equipamento que melhor se adapta ao circuito.

Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção com o condutor de fase:

<input type="button" value="Verificar"/>	Dispositivo escolhido:	<input type="text" value="disjuntor"/>
Máxima corrente convencional de atuação (em A):	<input type="text" value="159,5"/>	Corrente nominal (em A): <input type="text" value="70"/>

Figura 4.39 – Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção contra sobrecargas com o condutor de fase para o estudo de caso

Nesse estudo de caso, propõe-se que o disjuntor escolhido seja da Siemens e após observar a curva de atuação do dispositivo como pode ser visto na Figura 4.26 pode se garantir a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção a sobrecorrentes dentro do tempo de seccionamento máximo admissível fixado pela NBR 5410 igual a 1,45 vezes a corrente nominal. No caso do estudo de caso, igual a 1,45 vezes 70 que resulta em 101,5 amperes. Esse valor é importante para o cálculo do último critério de dimensionamento de circuitos adotado pela NBR 5410, o critério de proteção contra contatos indiretos.

Para realizar a verificação do comprimento-limite a partir do ACADIE, basta o usuário preencher a tela mostrada na Figura 4.40. Nessa tela foi preenchido os campos necessários de acordo com o mostrado na figura. Adotando que o circuito utiliza esquema de aterramento com esquema TN e dispositivo de proteção contra sobrecorrente com função de seccionamento automático da alimentação.

Crítério da proteção contra contatos indiretos

Verificação do máximo comprimento do circuito de acordo com o critério de proteção contra contatos indiretos

O esquema de aterramento utilizado é TN ou IT ?

O dispositivo de proteção contra sobrecorrente utiliza a função de seccionamento automático da alimentação ?

Qual a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção a sobrecorrente dentro do tempo de seccionamento máximo admissível fixado pela NBR 5410 ? (em A):

Figura 4.40 – Verificação do comprimento- limite do circuito para o estudo de caso

Dimensionamento de condutores de circuito interno

(Conforme ABNT NBR 5410 , 2.ª edição, setembro de 2004)

Dados Gerais

Tipo de circuito: Material dos condutores:

Demanda (em kVA): Tensão nominal de linha (em V): Corrente de projeto (em A):

Dimensionamento dos condutores de fase:

Que critério(s) de dimensionamento será(ão) utilizado(s)?

- Critério dos limites de queda de tensão
- Critério da capacidade de condução de corrente
- Critério da proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas
- Critério das seções mínimas

Seção mínima do condutor de fase dimensionada pelo critério (em mm²):

<input type="text" value="35,00"/>
<input type="text" value="25,00"/>
<input type="text" value="10,00"/>
<input type="text" value="2,50"/>

Seção nominal do condutor de fase (em mm²):

Dimensionamento do condutor neutro:

Seção nominal do condutor neutro (em mm²):

Verificação da compatibilidade do dispositivo de proteção com o condutor de fase:

Dispositivo escolhido:

Máxima corrente convencional de atuação (em A): Corrente nominal (em A):

Dimensionamento do condutor de proteção:

Seção nominal do condutor de proteção (em mm²):

Verificação do máximo comprimento do circuito em função do critério de proteção contra contatos indiretos:

Comprimento-limite (em m):

Figura 4.41 – Resultados finais do dimensionamento do circuito pelo ACADIE para o estudo de caso

Como podem ser observados para este exemplo todos os valores de seções nominais dimensionadas por cada critério para condutores de fase calculados e obtidos por intermédio do aplicativo foram compatíveis.

4.3 COMPARATIVO COM APLICATIVOS SEMELHANTES NO MERCADO

Uma importante análise antes de desenvolver qualquer aplicativo é a pesquisa de aplicativos semelhantes no mercado. Inicialmente foi feita uma pesquisa por aplicativos que realizassem cálculo de demanda e determinação do tipo de fornecimento pela distribuidora de acordo com as normas técnicas de distribuição respectivas da CEB. Essa não resultou em nenhum aplicativo voltado para Brasília, existindo aplicativos web semelhantes para São Paulo.

Continuando a pesquisa, alterando o filtro para aplicativos de dimensionamento de circuitos, encontrou-se aplicativos gratuitos com versão *mobile* (adaptados a um *smartphone*) que realizavam o dimensionamento de circuitos levando em consideração o critério da queda de tensão e capacidade de corrente. Entretanto esses aplicativos: Bcenge e Cálculos elétricos que foram testados mostraram várias limitações. Outros dois aplicativos se mostraram mais eficazes e seguiam mais critérios da norma em relação a dimensionamento de circuitos.

O primeiro aplicativo com versão *web* e *mobile* analisado foi o Nexans, esse possui várias funcionalidades como banco de dados e dentre as versões *mobiles* pesquisadas é o aplicativo mais completo. Entretanto, não é tão intuitivo e não segue a risca o método de dimensionamento da NBR 410, existem algumas adaptações, algumas informações que deveriam ser informadas e o aplicativo não pede. Assim como o próximo aplicativo, esse foi desenvolvido por uma fabricante do ramo de instalações elétricas e naturalmente faz uma recomendação e utiliza em seus bancos de dados informações técnicas apenas de seus produtos, levando de maneira subliminar o usuário projetista a adotar por um produto da marca do aplicativo.

O segundo aplicativo, DCE, um *software* para uso computacional desenvolvido pela Prysmian, famosa fabricante de cabos no mundo. Entre todos os aplicativos, esse é o que em comparação com o ACADIE, realiza o dimensionamento com o maior respeito às regras da NBR 5410. Utilizando os seis critérios de dimensionamento, realizando dimensionamento da seção econômica, considera o caso de circuito desequilibrado e dimensionamento de eletrodutos. Possui um banco de dados para salvar projetos realizados ou em andamento, resumindo após análise desse estudo é o aplicativo com maior número de funcionalidades e atualmente, o mais recomendado para uso. Assim como o aplicativo da Nexans subliminarmente incentiva o usuário

a utilizar produtos da Prysmian por ser desenvolvido por uma fabricante de cabos. A tela de dimensionamentos do aplicativo pode ser vista na Figura 4.42.

Dados do circuito

Circuito: [Redacted]

Maneira de instalar: [Redacted]

Sistema: [Redacted]

Cabo: [Redacted]

Comprimento: [Redacted] m Temperatura ambiente: [Redacted] °C

Tensão fase-fase: [Redacted] V Tensão fase-neutro: [Redacted] V

Seção mínima: 2,50 mm² Circuito de força: [Redacted]

Fator de demanda: 1,00 Fator de agrupamento: Autom.

Corrente curto circuito: [Redacted] kA Possui Harmônicos? Não sei

Nº de condutores por fase: Autom. Conteúdo de harmônicas: [Redacted] %

Resistiv. térmica solo: 2,5 K.m/W Seção nominal do condutor: [Redacted] mm²

Queda de tensão máxima admitida (%)

Do circuito: [Redacted] Do circuito na partida: [Redacted]

Desde a origem: 0,0 Desde a origem na partida: 0,0

Dispensar sobrecarga Dispensar contatos indiretos

Circuito contém motor(es) Circuito contém carga(s) não motor

OK Cancelar



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de captura de tela do aplicativo DCE da Prysmian

Figura 4.42 – Aplicativo DCE da Prysmian fabricante de cabos

Após analisar vários aplicativos no mercado, a conclusão da pesquisa é que o aplicativo se mostra com funcionalidades inéditas em todos os aspectos, principalmente no cálculo de demanda para Brasília e dimensionamento mais intuitivo dos circuitos. No desenvolvimento do aplicativo, a cor sempre foi muito utilizada, esse fato auxilia no preenchimento de dados do usuário. Por exemplo: na tela de dimensionamentos do circuito, a região vermelha é utilizada para dimensionamento dos condutores de fase, azul para o neutro, verde para proteção assim como as cores adotadas para os condutores na NBR 5410.

Mostra-se uma ferramenta mais adaptada ao uso por estudantes e até mesmo para auxílio de profissionais projetistas, principalmente os de Brasília, que queiram fazer uma rápida conferência, pois seu dimensionamento de circuitos é mais dinâmico e intuitivo e no cálculo de demanda e dimensionamento de ramal de entrada, não encontrado pela pesquisa em outros.

5. CONCLUSÕES

5.1 ASPECTOS GERAIS

Este trabalho mostra o desenvolvimento de um aplicativo computacional para cálculos e dimensionamentos em instalações elétricas. O aplicativo contempla cálculos de demanda segundo as normas da Companhia Energética de Brasília (CEB):

- NTD-6.01 - Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária a Unidades Consumidoras Individuais;
- NTD-6.07 - Fornecimento em tensão secundária de distribuição a prédios de múltiplas unidades consumidoras;
- NTD-6.05 - Fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição.

Além disso, fornece dimensionamentos de circuitos segundo a ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão, Realizando de maneira intuitiva o dimensionamento de condutores de fase, de proteção e neutro e dimensionamento de dispositivos de proteção. Para o alcance desse objetivo foi realizado um amplo estudo de todas as normas utilizadas e devido a necessidade de síntese de todos os conceitos para uma lógica computacional, após interpretação das normas e pormenores, vários fluxogramas e tabelas foram desenvolvidos para auxílio de um projeto em instalação elétrica. Assim, o trabalho não só cumpri com a meta principal no desenvolvimento do aplicativo, mas se torna uma ferramenta possível no auxílio didático na disciplina de instalações elétricas e no treinamento de futuros projetistas como na Empresa Júnior de Consultoria em Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília (ENETEC).

5.2 PRINCIPAIS CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES

Foi desenvolvido um aplicativo para cálculo de demanda e dimensionamentos elaborados segundo as normas da Companhia Energética de Brasília (CEB): NTD-6.01, NTD-6.07 e NTD-6.05 e para dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção contra sobrecargas de acordo com a ABNT NBR 5410. Uma das preocupações iniciais era deixá-lo bastante intuitivo, versátil e de fácil compartilhamento. Feito na plataforma do Microsoft Excel com a linguagem de programação VBA e com a interface escolhida o aplicativo atingiu todos esses objetivos.

Desenvolvido com base em aplicativo anterior no trabalho de conclusão de curso da referência Martins e Komatsu (2013), em que o aplicativo realizava cálculo de demanda e dimensionamento básico de condutores. Nesse trabalho foi aprimorado o dimensionamento do ramal de entrada, a partir do qual a lógica computacional do aplicativo leva em consideração todos os pormenores da NTD-6.01 para a determinação do tipo de fornecimento da distribuidora e dimensionamento do ramal de entrada como visto no Capítulo três. Além disso, o dimensionamento de circuitos deixa de ser básico contando com os seis critérios de dimensionamento de circuitos da NBR 5410 para o dimensionamentos dos condutores de fase e dispositivos de proteção. Foi realizado uma extensa verificação dos códigos e funcionamento da versão anterior do aplicativo ajustando assim o código base utilizado para as necessidades e precisões almejadas no projeto. O dimensionamento do dispositivo de proteção e a verificação do comprimento-limite do circuito em função do critério de proteção contra contatos indiretos é uma funcionalidade inédita no aplicativo e assim como no mercado, da maneira como é feita pelo mesmo.

Normalmente, existe certa dificuldade de interpretação, visualização e sintetização das normas que envolvem cálculo de demanda. Assim, o aplicativo se torna uma ferramenta muito útil no processo de ensino e aprendizagem, no qual o aluno poderá acompanhar o passo a passo do cálculo de demanda e dimensionamentos básicos do projeto. Com isso, uma das propostas é permitir o uso didático da ferramenta, para fins de auxílio na disciplina de Instalações Elétricas. Juntamente com o uso de todos os fluxogramas elaborados ao longo do trabalho que ajudam a sintetizar de maneira visual todos os conceitos e tomadas de decisões necessárias em um projeto elétrico. Esse material pode ser usado até mesmo por escritórios de engenharia, para auxiliar o

projetista em uma consulta rápida e dinâmica aos conceitos das normas necessárias em seu dia a dia como projetista.

Corroborando com a ideia de auxílio didático foram desenvolvidas vídeo-aulas tutoriais que facilitam e dinamizam o aprendizado do aplicativo, sendo estas gravadas para proporcionar ao espectador uma boa qualidade de vídeo e som. Pensando no fácil compartilhamento futuro com o público-alvo do aplicativo, as vídeo-aulas já foram adicionadas em um canal do Youtube, site de compartilhamento de vídeos mais popular atualmente na internet. Esse canal já possui quatro vídeos-aulas tutoriais com mais de uma hora de estudos de caso envolvendo o aplicativo, que auxiliam no aprendizado das ferramentas e ainda ajudam a consolidar os conceitos sobre cálculos de demanda e dimensionamento de circuitos. Além dos tutoriais do aplicativo, foi desenvolvido um vídeo de apresentação, onde em menos de dois minutos o espectador tem noção de todas as suas funcionalidades.

Adicionalmente, pode-se afirmar que entre as grandes inovações aqui apresentadas estão os fluxogramas. Criados de forma inédita, os mesmos poderão ser uma grande ferramenta, tanto para profissionais projetistas, quanto para acadêmicos. Entre um dos beneficiários dessa contribuição, se coloca a ENETEC que já mostrou interesse em utilizar os fluxogramas elaborados no trabalho para o treinamento de sua equipe que trabalha na área de projetos.

O aplicativo pode também ser uma contribuição importante a ENETEC, cuja demanda de projetos é centrada, em grande parte, na área de Instalação Elétrica. O aplicativo traz mais segurança aos dados e é muito útil na verificação do dimensionamento dos projetos realizados pela empresa. De maneira semelhante, quando a ENETEC realiza seus treinamentos internos, o trabalho como um todo pode auxiliar no treinamento. Sintetizando de forma didática o que orientam as normas da CEB e ABNT NBR 5410. O trabalho auxiliará esse treinamento, através de seus fluxogramas e tabelas que facilitam o entendimento e trazem uma visão holística do passo-a-passo de um dimensionamento, conforme estabelecido pela norma. Colaborar com o Movimento Empresa Júnior é contribuir para a formação de profissionais empreendedores e futuros líderes do país. Uma importante contribuição do trabalho se consolidará à medida que o aplicativo se tornar uma ferramenta útil para o crescimento da ENETEC e de seus membros.

Uma contribuição possível ao departamento de Engenharia Elétrica da UnB, após realizar teste extensivo do aplicativo, com a utilização de usuários testes, e correção de qualquer possível erro, visto que nenhum trabalho é à prova de erros, é disponibilizar o aplicativo em seu sítio eletrônico para a comunidade acadêmica. E ao mesmo tempo, após correções possíveis, propor a CEB em seu sítio eletrônico que disponibilize o aplicativo em uma versão *web* modificada que atenda a necessidade de um grande nicho de profissionais projetistas que atuam em Brasília e podem se beneficiar diretamente desta contribuição acadêmica da UnB por meio deste trabalho.

5.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Não obstante o reconhecimento das contribuições deste trabalho, no qual foi alcançado o objetivo de desenvolver o produto ACADIE, muitas implementações ainda são possíveis e podem ser utilizadas como objeto de estudo.

O aplicativo foi desenvolvido utilizando como base o software Microsoft Excel e, nos bastidores da programação lógica, a linguagem VBA. Entretanto, o aplicativo é passível de sabotagens, uma vez que os códigos do aplicativo são de fácil acesso. Uma possível solução é a migração deste para um aplicativo escrito em C ou C++ com possibilidades de uso como um aplicativo web.

Outra possível melhoria a ser implementada com o intuito de auxiliar na elaboração do projeto é a integração do aplicativo com ferramentas gráficas, com a finalidade de construir diagramas unifilares do projeto elétrico. Adicionalmente, pode-se implementar melhorias na parte do dimensionamento, com a inserção de dimensionamento da seção econômica e dimensionamento de eletrodutos.

Com o objetivo de complementar os recursos já implementados, e permitir aos profissionais maior agilidade na elaboração dos projetos, sugere-se que seja criado um memorial de cálculo com relatório que possa ser salvo e exportado em um arquivo PDF permitindo o arquivamento dessas informações ou mesmo a impressão direta do mesmo.

Por fim, é sugerido que seja implementado um banco de dados ao aplicativo, para os cálculos e dimensionamentos realizados. Com isso, o aplicativo terá a opção de salvar projetos já executados ou em andamento, com a possibilidade de se resgatar cada projeto separadamente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: 2004.

CEB - Companhia Energética de Brasília. Disponível em <www.ceb.com.br>. Acesso em 31 maio 2014.

CEB. NTD-6.01-*Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária a Unidades Consumidoras Individuais*, 2.^a EDIÇÃO, dezembro de 2005.

CEB. NTD-6.05- *Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição*, 2.^a EDIÇÃO, agosto de 2012.

CEB. NTD-6.07- *Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição a Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras*. 2.^a EDIÇÃO, julho 2011.

MACINTYRE, Archibald Joseph e NISKIER, Julio, *Instalações Elétricas*, 5.^a edição, 2008.

MARTINS, Michell Viudes Garcia e KOMATSU, Paulo Takeo. *Aplicativo para cálculo de demandas segundo as normas de distribuição da CEB e dimensionamentos básicos* [trabalho de conclusão de curso]. Brasília: Universidade de Brasília, Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica; 2013.

MOROGUMA, Alex Yuzo e PALHANO, Wagner Ribeiro. *Aplicativo para cálculo de demanda segundo as normas da CEB* [trabalho de conclusão de curso]. Brasília: Universidade de Brasília, Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica; 2011.

APÊNDICE UM

Definições segundo as Normas NTD-6.01,NTD-6.07 e NTD-6.05:

Edificação individual: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, contendo uma única unidade consumidora.

Edifício de uso coletivo: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, constituída por duas ou mais unidades consumidoras, cujas áreas comuns, com consumo de energia sejam juridicamente de responsabilidade do condomínio, de construção horizontal ou vertical.

Concessionária: Agente titular de concessão federal para prestar o serviço público de distribuição ou transmissão ou geração de energia elétrica.

Demanda: Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reativo (kVAr) respectivamente.

Energia elétrica ativa: Energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh).

Energia elétrica reativa: Energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilo Volt-Ampère-reativo-hora (kVArh).

Fator de demanda: Razão entre a demanda máxima num intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

Fator de potência: Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas em um mesmo período especificado.

Fator de simultaneidade: Razão entre a demanda simultânea máxima de um conjunto de equipamentos ou instalações elétricas e a soma das demandas máxima individuais, ocorrida no mesmo intervalo de tempo especificado.

Fator de utilização: Razão entre a potência efetivamente absorvida e a potência nominal.

Prédio de múltiplas unidades consumidoras: Toda e qualquer construção de uso coletivo, horizontal e ou vertical, constituída por 2 (duas) ou mais unidades consumidoras, cujo consumo de energia elétrica das áreas comuns, seja de responsabilidade do condomínio.

APÊNDICE DOIS

Nesse apêndice encontram-se todos os fluxogramas elaborados neste trabalho que podem ser considerados como uma contribuição acadêmica para o aprendizado e fortalecimento dos conceitos de cálculo de demanda e dimensionamento de circuitos em instalações elétricas em Brasília.

Figura 3.4 com o fluxograma do dimensionamento do ramal de entrada em tamanho A2 adicionado ao trabalho. Esta adaptação se torna necessária devido à quantidade de condicionais necessárias para esse dimensionamento. O autor aconselha a impressão deste fluxograma em tamanho A2 para a utilização como um cartaz que pode ser afixado em uma parede para a realização de treinamento de projetistas em relação à determinação do tipo de fornecimento da distribuidora.

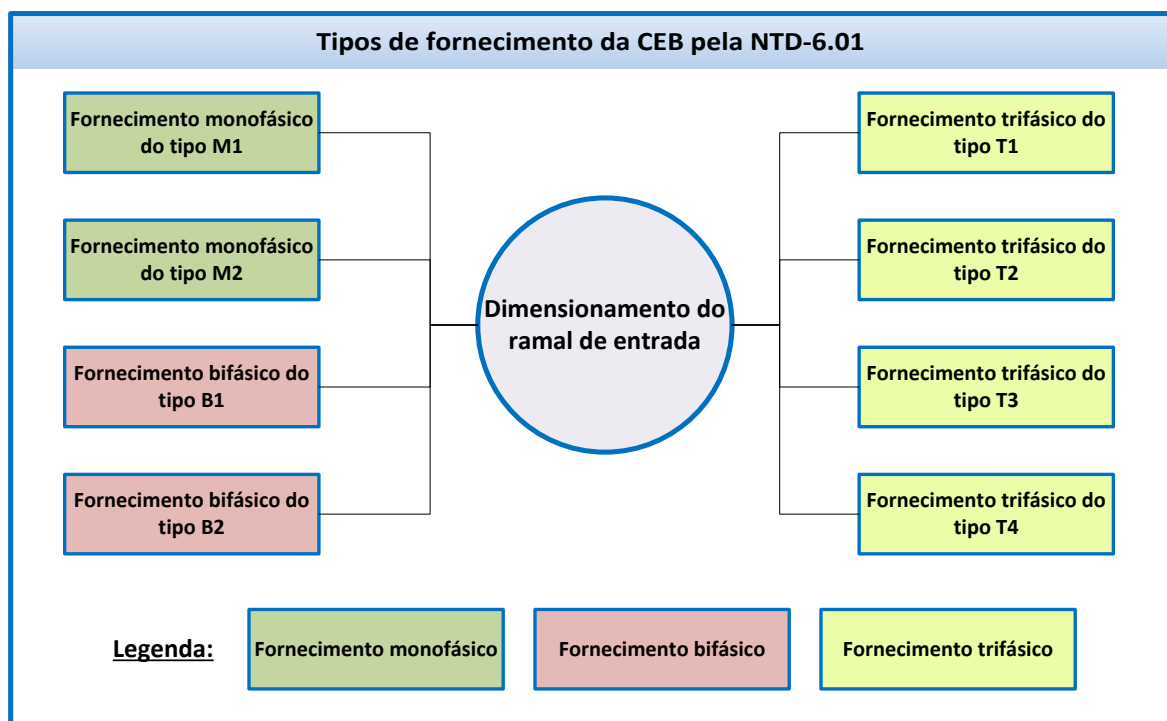


Figura 0.1- Tipos de fornecimento na NTD - 6.01

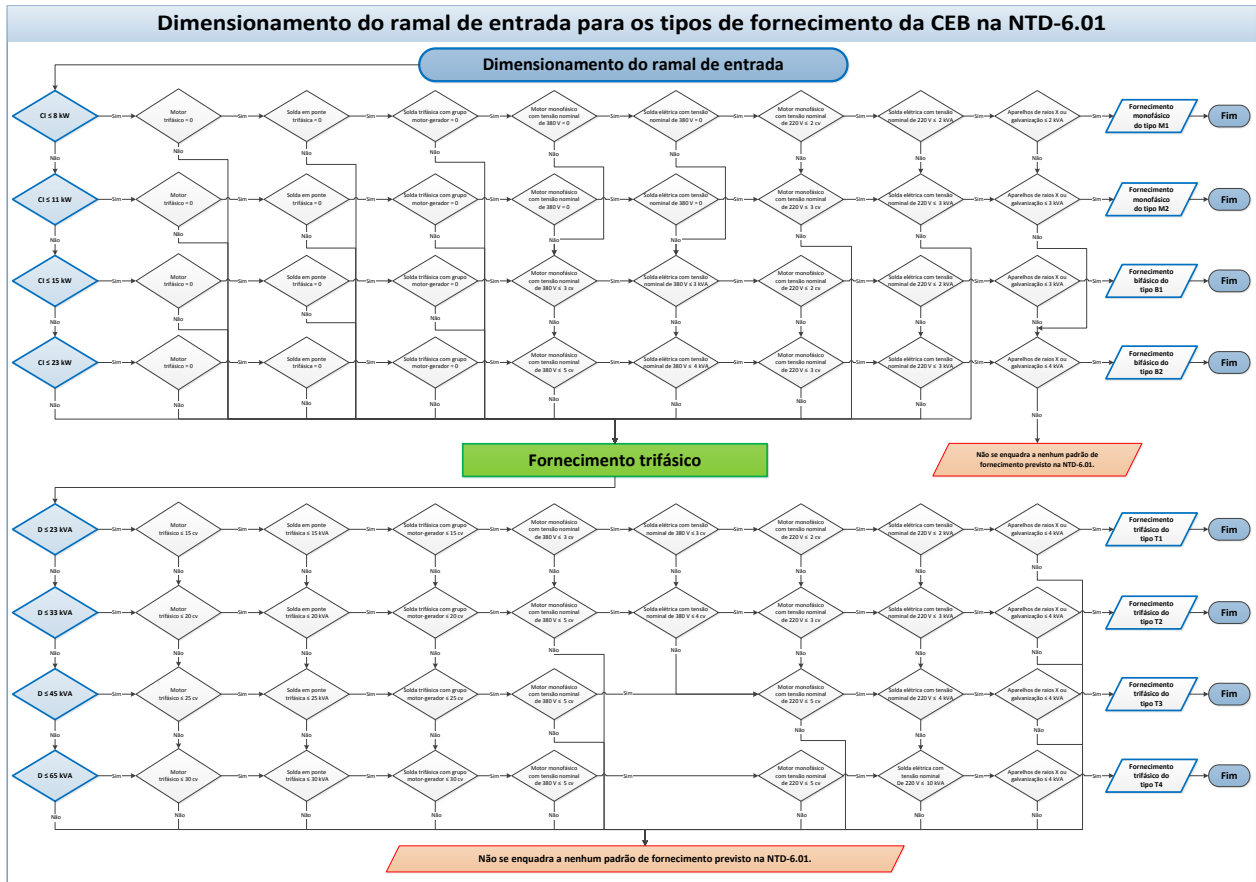


Figura 0.2- Fluxograma da dimensionamento do ramal de entrada

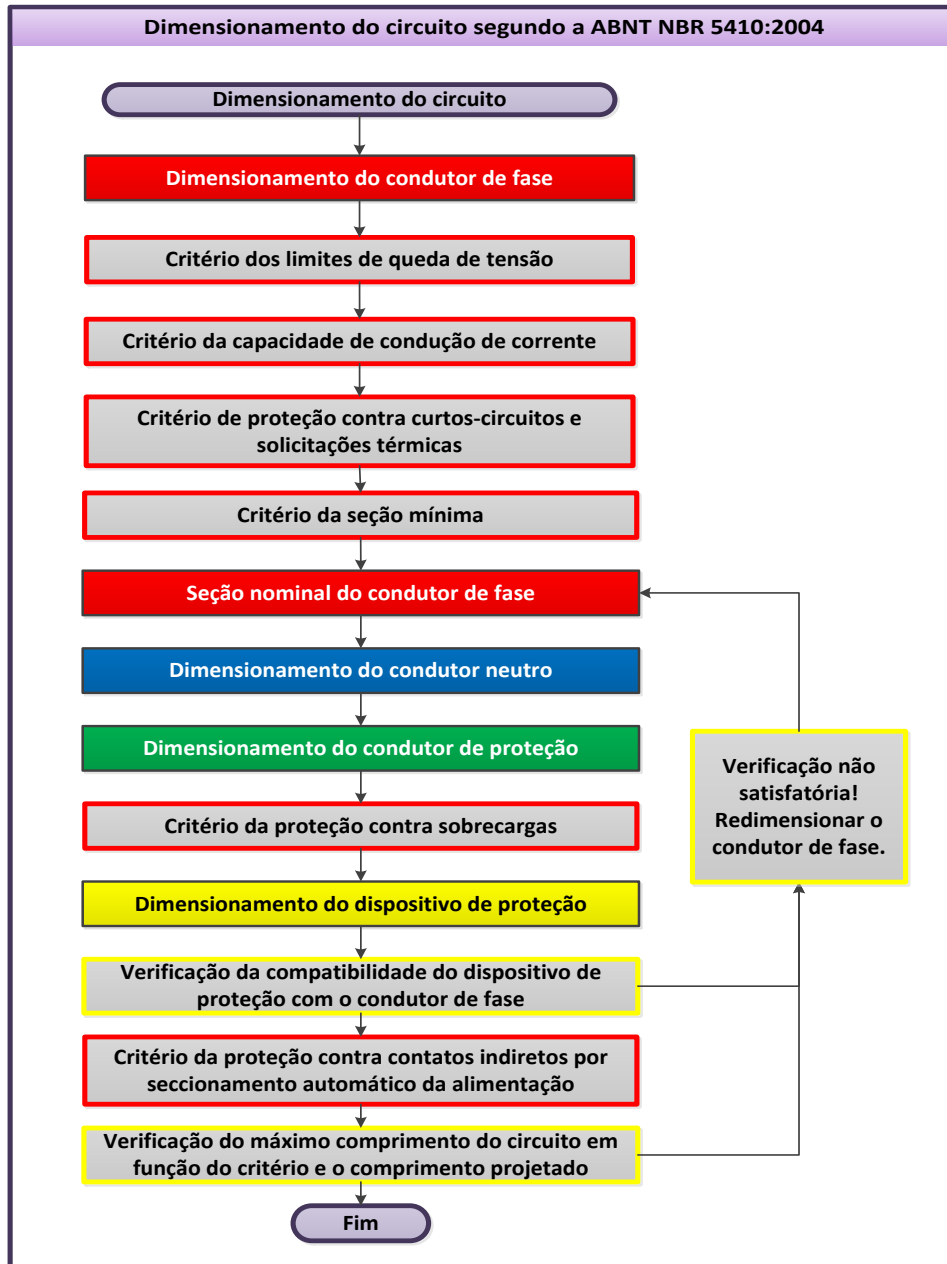
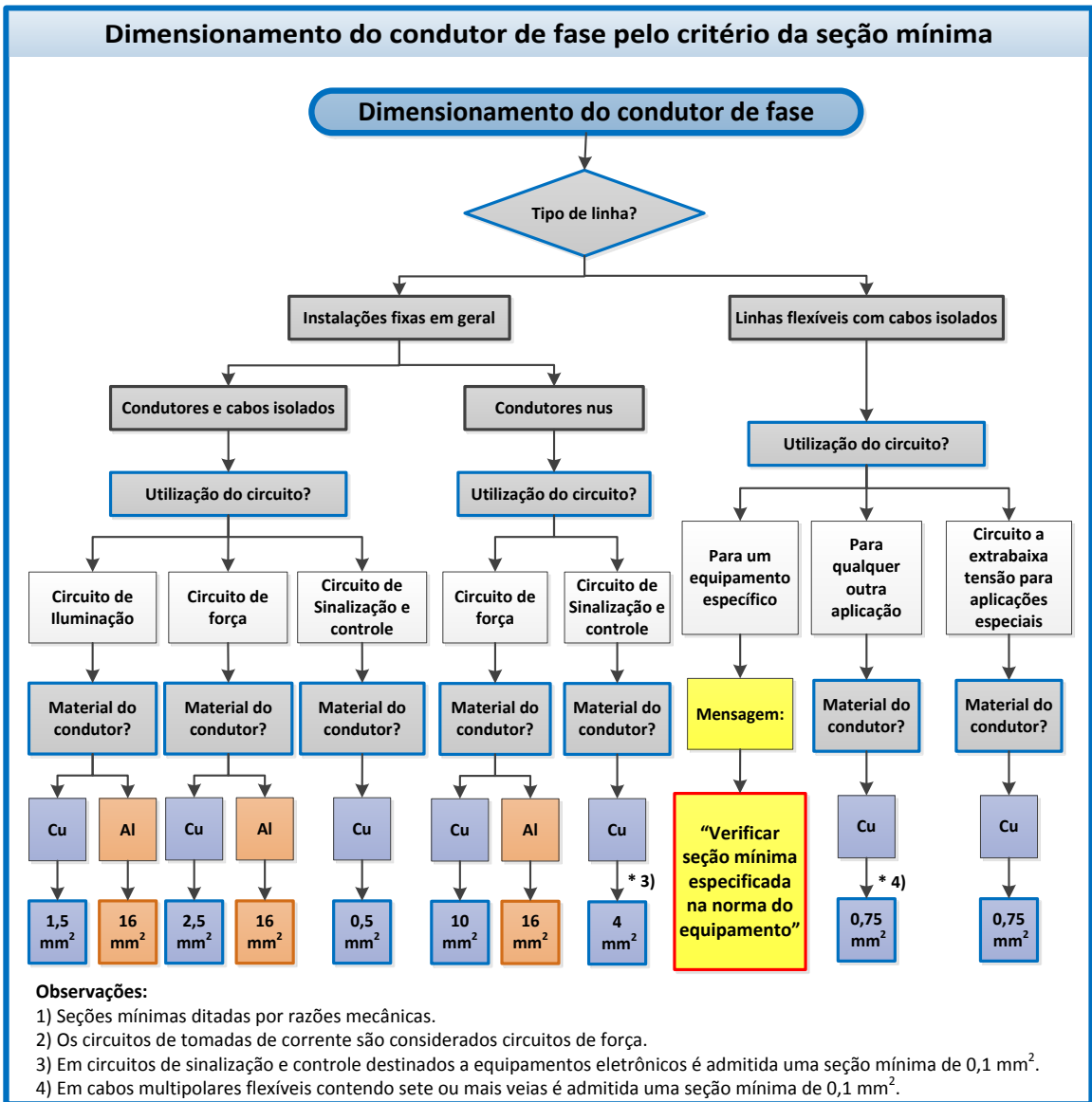


Figura 0.3- Fluxograma do dimensionamento de circuito segundo a ABNT NBR 5410



Figura

0.4- Fluxograma do critério da seção mínima

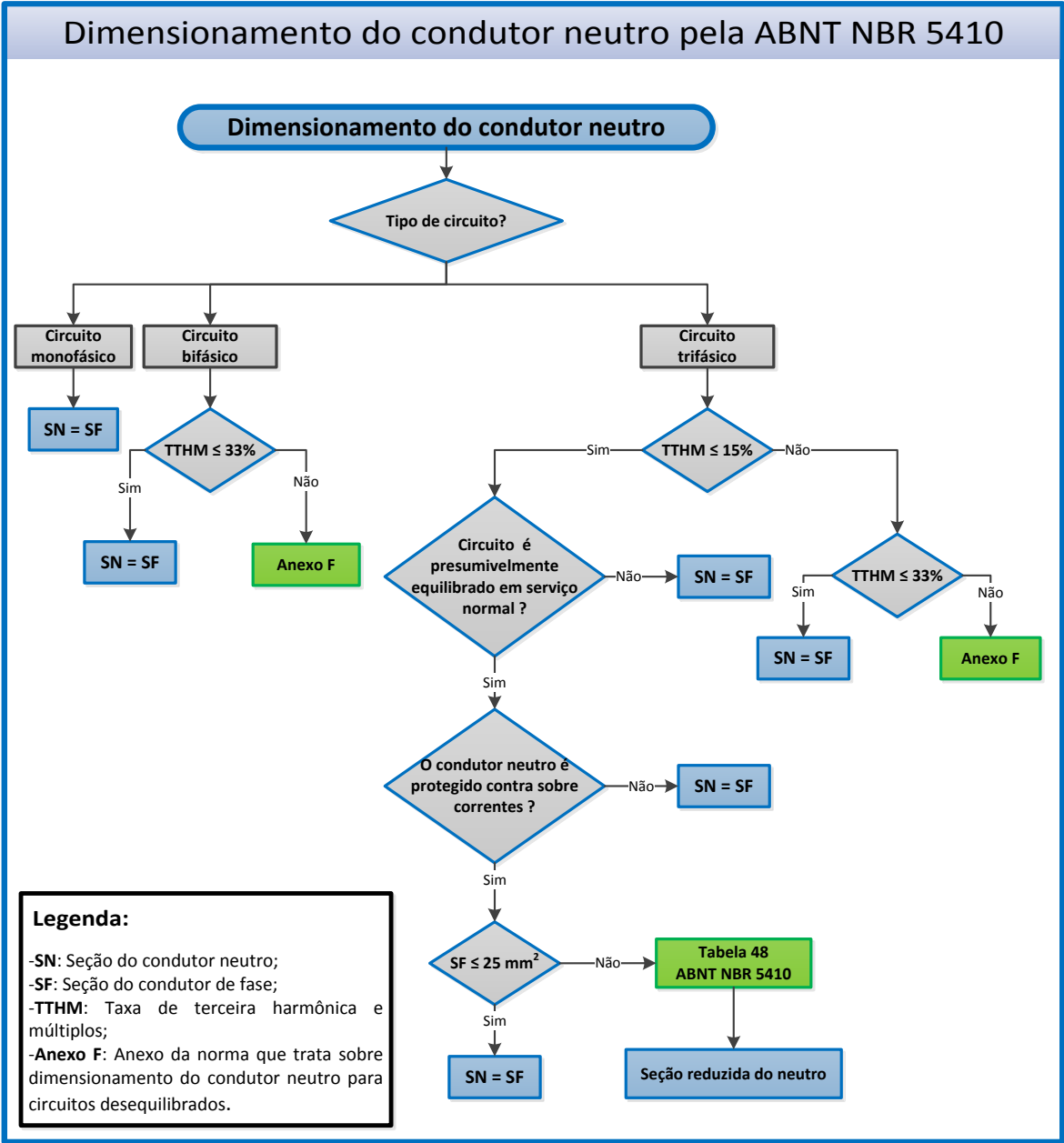


Figura 0.5– Fluxograma para dimensionamento do condutor neutro

Dimensionamento do condutor de proteção pela ABNT NBR 5410

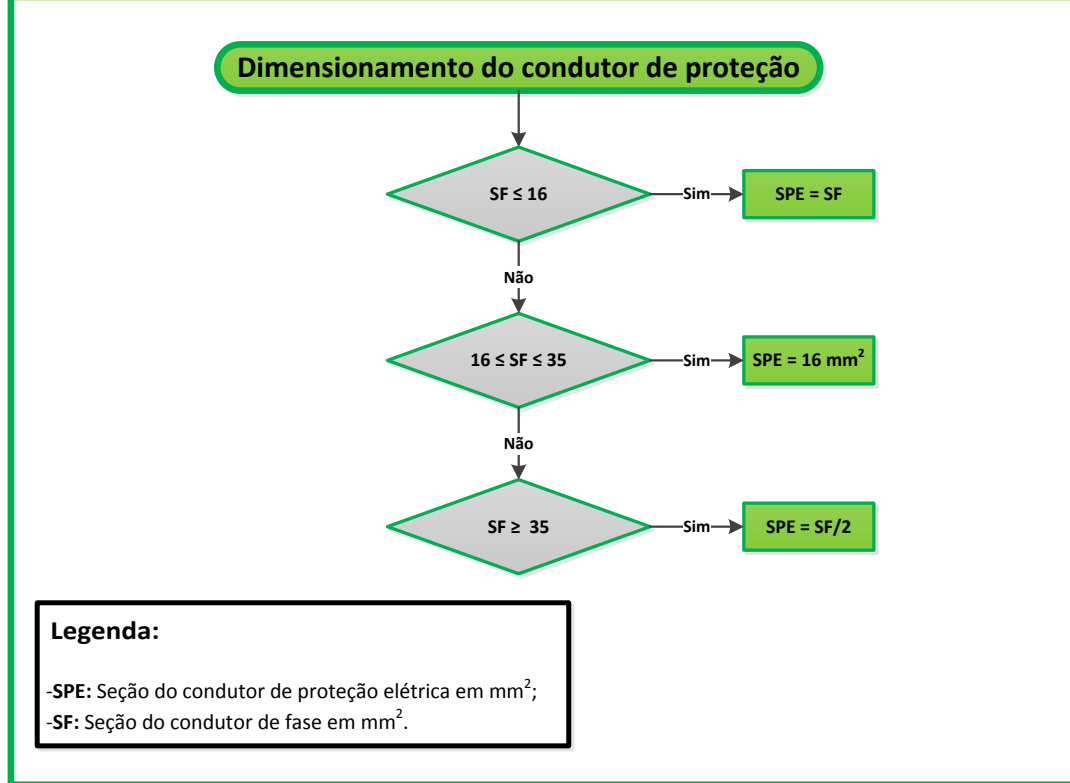


Figura 0.6 – Fluxograma do dimensionamento do condutor de proteção

ANEXO

Tabelas usadas para dimensionamento de condutores retiradas de Macintyre (2008):

Tabela 4.13 Fatores k_3 de correção em função do número de eletrodutos ao ar livre

Número de eletrodutos dispostos verticalmente	Número de eletrodutos dispostos horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1,00	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,78	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68

Tabela 4.14 Fatores k_3 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	1,00	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32

Tabela 4.18 Quedas de tensão unitárias. Condutores isolados com PVC (Pirastic Ecoflam e Pirastic-Flex Antiflam) em eletroduto ou calha fechada

Seção nominal (mm ²)	Eletroduto ou calha de material não-magnético				Eletroduto ou calha de material magnético	
	Circuito monofásico		Circuito trifásico		Circuito monofásico ou trifásico	
	$\cos \varphi = 0,8$ (V/A × km)	$\cos \varphi = 0,95$ (V/A × km)	$\cos \varphi = 0,8$ (V/A × km)	$\cos \varphi = 1$ (V/A × km)	$\cos \varphi = 0,8$ (V/A × km)	$\cos \varphi = 0,95$ (V/A × km)
1,5	23,03	27,6	20,2	24,0	23,0	27,4
2,5	14,03	16,9	12,4	14,7	14,0	16,8
4	8,9	10,6	7,8	9,2	9,0	10,5
6	6,0	7,1	5,2	6,1	5,9	7,0
10	3,6	4,2	3,2	3,7	3,5	4,2
16	2,3	2,7	2,0	2,3	2,3	2,7
25	1,5	1,7	1,3	1,5	1,5	1,7
35	1,1	1,2	0,98	1,1	1,1	1,2
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