

SOFTWARE AUXILIAR PARA DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Rafael Marinho dos Anjos¹, Idalmir de Souza Queiroz Júnior²

Departamento de Engenharia Elétrica

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasil

rafael.anjos@alunos.ufersa.edu.br¹, idalmir@ufersa.edu.br²

Resumo — A elaboração de projetos de instalações elétricas é algo constantemente presente no exercício das engenharias civil e elétrica. A habilidade de elaborar um bom projeto é de extrema importância para o engenheiro, visto que o dimensionamento correto dos elementos da instalação proporciona maior segurança à estrutura do local atendido e evita desperdícios de investimento com materiais superdimensionados. O *software* desenvolvido neste trabalho permite que o usuário realize o dimensionamento dos elementos básicos de uma instalação elétrica de baixa tensão a partir das regras estabelecidas pela norma NBR-5410 [1] de forma simples, intuitiva e rápida similar ao apresentado por outros *softwares* de mesmo objetivo como PRO-elétrica, desenvolvido pela empresa MULTIPLUS, ou QiElétrico, desenvolvido pela empresa Alto Qi. Escrito na linguagem de programação C# através do ambiente de programação do Visual Studio, o *software* visa facilitar e acelerar o fluxo de informações entre o usuário e seu projeto. A partir da manipulação e adequação de componentes em um formulário, foi desenvolvida a *interface* gráfica do *software* que possibilitou uma boa compreensão e dinâmica para o usuário simular o projeto de uma instalação elétrica. A aplicação possibilita a fácil interação do usuário com os dados do projeto através de uma *interface* simples e intuitiva.

Palavras-chave— *Software de dimensionamento, instalações elétricas de baixa tensão, dimensionamento de condutores elétricos, NBR 5410.*

1. INTRODUÇÃO

A instalação elétrica é uma parte crucial de qualquer construção e permite a distribuição de energia elétrica por toda a edificação em proporção suficiente para atender às cargas instaladas evitando a sobrecarga dos seus componentes, possibilitando o exercício das atividades no local de forma segura. Portanto, é de extrema importância que toda a instalação seja dimensionada corretamente visando o atendimento à atividade que será exercida no local.

Todo o dimensionamento dos componentes de uma instalação elétrica de baixa tensão é descrito de acordo com a norma brasileira NBR-5410 [1], o que torna o procedimento padronizado, principalmente se tratando de projetos mais extensos. Dessa forma, é viável a automatização do processo, trazendo mais simplicidade para o trabalho do projetista, assim como a eliminação de erros humanos, como equívocos nos cálculos ou leitura de tabelas inseridas na norma técnica.

A automatização do procedimento de dimensionamento de uma instalação elétrica torna o processo mais rápido e confiável, reduzindo assim o tempo necessário para a entrega de um projeto e proporcionando mais segurança ao projetista.

Os principais cuidados a serem observados ao se projetar uma instalação elétrica são: evitar gastos desnecessários, como a adoção de cabos de seção transversal muito maior do que seria suficiente para atender às cargas instaladas; e promover uma boa proteção a toda a instalação, prevenindo a ocorrência de acidentes e/ou descargas elétricas através de eletrodomésticos. Com a automatização do processo de dimensionamento, a identificação dos condutores e proteção que melhor atendem a esses detalhes é facilitada.

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um *software* capaz de realizar o dimensionamento dos elementos que compõem uma instalação elétrica de baixa tensão, aplicando as regras estabelecidas de acordo com a norma NBR-5410 [1].

O código do *software* foi desenvolvido usando a linguagem de programação C# e a *interface* gráfica foi desenvolvida usando o ambiente de programação Visual Studio desenvolvido pela empresa Microsoft. O algoritmo foi escrito de forma a calcular o dimensionamento da instalação elétrica a partir de dados inseridos pelo usuário, como a descrição das cargas a serem atendidas e parâmetros locais como tensão de atendimento e temperatura local.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção trata sobre a teoria contida nos cálculos para o dimensionamento de uma instalação elétrica retirados da norma NBR-5410 [1].

2.1 Instalação elétrica

Entende-se por instalação elétrica o conjunto de elementos dispostos após o ponto de entrega da empresa distribuidora de energia com o objetivo de conduzir eletricidade até as cargas instaladas e elementos de proteção.

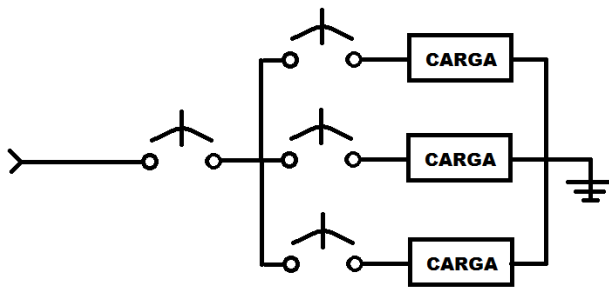


Figura 1 – Diagrama simplificado de uma instalação elétrica.

2.2 Condutor elétrico

Entende-se como condutor elétrico para um projeto de instalação elétrica qualquer elemento que interligue o fornecimento aos pontos de utilização, possibilitando a transmissão de energia. Na prática geralmente são utilizados fios e cabos uni ou multipolares de cobre ou alumínio com isolamento de PVC, EPR ou XLPE.

Os condutores devem ter sua seção transversal selecionada de forma a atender aos critérios estabelecidos em norma para garantir o fornecimento de energia suficiente às cargas conectadas e evitar superaquecimento.

2.2.1 Dimensionamento dos condutores elétricos de fase

Os métodos adotados para o cálculo do dimensionamento dos condutores foram os métodos de ampacidade e queda de tensão com condutores de cobre e isolamento de PVC ou XLPE, pois são mais amplamente utilizados.

A norma estabelece que deverão ser utilizadas as seções mínimas de 1,5 mm² para circuitos de iluminação e 2,5 mm² para demais circuitos em casos onde os cálculos de dimensionamento resultem em condutores de seção inferior.

2.2.1.1 Dimensionamento pelo método da ampacidade

O método da ampacidade garante que para as condições previstas em projeto de temperatura ambiente, agrupamento e tipos de linhas elétricas utilizadas não ocorra o superaquecimento dos condutores, assim evitando riscos de ocorrências de acidentes.

Para realizar o dimensionamento utilizando esse método, primeiro é necessário calcular a corrente nominal do circuito através da lei de Ohm de acordo com a tensão local e potência ativa total conectada ao circuito em questão [4].

$$I_n = S/V_F [A] \text{ para circuitos monofásicos;} \quad (1)$$

$$I_n = S/(\sqrt{3} \cdot V_L) [A] \text{ para circuitos trifásicos.} \quad (2)$$

A corrente nominal calculada deve ser multiplicada pelo fator de potência da carga para que seja obtida a corrente de projeto [4].

$$I_p = fp \cdot I_n [A] \quad (3)$$

A corrente de projeto representa a quantidade de energia que realmente é transformada em trabalho pela carga. Para que sejam aplicadas as condições previstas no projeto é necessária a aplicação de alguns fatores de correção para simular essas condições no cálculo.

$$I_c = I_p / (F_T \cdot F_A \cdot F_R) [A] \quad (4)$$

Onde:

F_T – Fator de temperatura;

F_A – Fator de agrupamento;

F_R – Fator de resistividade do solo.

Os respectivos fatores de correção estão dispostos nas tabelas 40, 42 e 41 disponíveis na norma NBR-5410 [1].

Feito o cálculo da corrente corrigida, a escolha do condutor deve ser feita através da sua capacidade de condução de corrente de acordo com o tipo de linha elétrica utilizado para o circuito.

As seções transversais dos condutores estão dispostas nas tabelas de número 36 e 37 na norma NBR-5410 [1], uma para condutores com isolamento de PVC e outra para isolamento em EPR ou XLPE.

Para selecionar os condutores de fase é necessário também conhecer o tipo de linha elétrica do circuito, que está referenciada na tabela de número 33 da norma NBR-5410 [1].

2.2.1 Dimensionamento pelo método da queda de tensão

O método da queda de tensão garante o fornecimento de energia em níveis de tensão suficientes para o bom atendimento da carga. Devido à resistência dos condutores é natural que haja a queda de tensão entre o ponto de fornecimento de energia e utilização da carga.

A resistência do condutor é diretamente proporcional ao comprimento e inversamente proporcional à área da seção transversal do mesmo, devido a isso, para circuitos de comprimentos maiores é necessário que se adote um condutor de maior seção transversal para que se evite a ocorrência de subtensão na alimentação da carga.

O cálculo da queda de tensão percentual é dado pela equação [4].

$$\Delta V_C = \frac{200 \cdot \rho \cdot \Sigma(L_c \cdot I)}{S_c \cdot V_F} \% \text{ para circuitos monofásicos;} \quad (5)$$

$$\Delta V_C = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \Sigma(L_c \cdot I)}{S_c \cdot V_L} \% \text{ para circuitos trifásicos.} \quad (6)$$

Onde:

ΔV_C – Queda de tensão máxima admitida em projeto;

ρ – Resistividade do material condutor;

L_c – Comprimento do condutor;

I – Corrente que circula no condutor;

S_c – Seção mínima do condutor;

V_F – Tensão de fase;

V_L – Tensão de linha.

2.2.2 Dimensionamento dos condutores elétricos neutros

Deve se adotar a mesma seção do condutor de fase para os condutores de neutro nos seguintes casos:

- Circuitos monofásicos e circuitos com duas fases e neutro, independente da seção de fase adotada;
- Circuitos trifásicos com fase de seção inferior a 25 mm²;
- Circuitos trifásicos com presenças de harmônicas.

Para demais casos deve se obedecer às proposições dispostas na tabela a seguir.

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

Tabela 1 – Seção reduzida do condutor neutro. (tabela de número 48 da norma NBR-5410 [1])

2.2.3 Dimensionamento dos condutores elétricos de proteção

O condutor de proteção pode ser utilizado para mais de um circuito desde que seja instalado no mesmo conduto dos condutores de fase, neste caso deve ser adotado o condutor de fase de maior seção como referência.

O dimensionamento do condutor de proteção está disposto na Tabela 2.

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

Tabela 2 – Seção mínima do condutor de proteção. (tabela de número 58 da norma NBR-5410 [1])

2.3 Proteção

Todo sistema elétrico está sujeito à ocorrência de falhas, isso não é diferente para instalações de baixa tensão. A prevenção contra falhas diminui os riscos de danos aos componentes da instalação elétrica, à propriedade e reduz a incidência de acidentes que possam ser fatais ou prejudiciais à saúde.

Por exemplo, a proteção contra subtensão evita que as cargas instaladas operem numa tensão inferior à tensão ideal, assim evitando que haja danos aos equipamentos instalados. A proteção contra sobrecorrente tem o intuito de evitar que, em casos de ocorrência de curto-circuitos ou instalação de carga de potência maior do que os condutores estão preparados para receber, ocorra a ruptura dos condutores ou incêndios em casos mais graves. A proteção diferencial, geralmente utilizada em áreas molhadas, garante que não ocorra a fuga de corrente para locais indesejados, ou seja, a ocorrência de passagem de corrente para estruturas externas às cargas conectadas evitando choques, por padrão são utilizados dispositivos ajustados para 30 mA para a proteção diferencial residual por ser o nível de corrente mínimo para se causar danos ao corpo humano.

A norma NBR-5410 [1] prevê o uso obrigatório de DR (dispositivo diferencial residual) para as seguintes situações:

- Em circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais que contenham chuveiro ou banheira;
- Em circuitos que alimentam tomadas situadas em áreas externas à edificação;
- Em circuitos que alimentam tomadas situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos na área externa;
- Em circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas normalmente molhadas ou sujeitas a lavagens.

Toda instalação elétrica obrigatoriamente precisa possuir proteção contra sobrecorrente. Comumente em instalações de baixa tensão são utilizados disjuntores em cada circuito conectados a um disjuntor geral.

2.3.1 Dimensionamento dos disjuntores

A função do disjuntor é interromper o fornecimento de energia caso a corrente ultrapasse um valor estabelecido. A escolha do disjuntor ideal deve levar em conta a finalidade do circuito, pois o dispositivo deve permitir a passagem de corrente suficiente para atender às cargas conectadas, porém deve se sensibilizar caso a corrente atinja níveis prejudiciais aos elementos da instalação elétrica.

Sendo assim, a corrente nominal do disjuntor deve ser superior ou igual à corrente de projeto do circuito protegido e menor ou igual à capacidade de condução dos condutores do circuito.

$$I_p \leq I_N \leq I_Z \quad (7)$$

O disjuntor também deve atuar com segurança para correntes não superiores a $1,45 \cdot I_Z$.

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (8)$$

2.4 Tipos de cargas

Os tipos de carga se dividem em três tipos: cargas de iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico. É recomendável evitar utilizar o mesmo circuito para alimentar cargas de diferentes tipos.

A norma NBR-5410 [1] propõe formas de previsão de cargas para a edificação de acordo com as suas dimensões. É importante ressaltar que a previsão de cargas descrita na norma é uma sugestão e que o projetista pode alterar as cargas de acordo com a necessidade do projeto.

2.4.1 Cargas de iluminação

Os circuitos de iluminação tem a finalidade de alimentar as cargas de iluminação da edificação. É importante salientar que cada tipo de lâmpada possui uma relação entre potência e iluminação diferente, lâmpadas incandescentes são equivalentes a lâmpadas fluorescentes de potência quatro vezes menor e lâmpadas led de potência 7 vezes menor.

O dimensionamento das cargas de iluminação leva em conta a área total do cômodo a ser atendido, sendo 100VA para os primeiros 6m² e acrescido de 60VA para cada aumento de 4m² inteiros.

Este método de previsão de carga considera a utilização de lâmpadas incandescentes, caso no projeto sejam utilizadas lâmpadas de tipos diferentes deve ser feita a conversão de potência para uma lâmpada equivalente, conforme mostrado na Figura 2.

Incandescente	Potência da Lâmpada Fluorescente (em Watts = W)	Fluxo Luminoso equivalente (em Lúmens = Lm)	Potência da Lâmpada LED (em Watts = W)
40W	Compacta 10W	600	7W
60W	Compacta 15W	850	9W
75W	Compacta 20W	1.200	12W
100W	Compacta 25W	1.500	15W
–	Tubular 20W	1.000	Tubular 9W
150W	Tubular 50W	2.000	Tubular 18W

Figura 2 – Tabela de equivalência entre lâmpadas da empresa Abilumi.

2.4.2 Circuitos de potência

Tomadas de uso geral (TUE's) são pontos de conexão de cargas indefinidas, ou seja, não previstas pelo projeto. Devido a aleatoriedade de seu uso, a norma NBR-5410 [1] estabelece que essas tomadas devem ser dimensionadas para atender potências previstas com valor padrão de acordo com a média de potência das cargas normalmente utilizadas no Brasil.

Segundo a norma, a previsão de carga para as TUG's deve considerar o tipo de recinto no qual deve ser instalada:

- Em cômodos e dependências com área inferior ou igual a 6m² deve se aplicar no mínimo uma tomada de 100VA;
- Em cômodos e dependências com área maior a 6m² deve se aplicar no mínimo uma tomada de 100VA para cada 5m de perímetro completos ou não;

- Em subsolos, varandas, garagens e sótãos deve haver no mínimo uma tomada de 100VA independente da área;
- Em banheiros deve haver no mínimo uma tomada de 100VA junto à pia, com distância mínima de 60cm de áreas molhadas, independente da área.
- Para copa e cozinha ou área de serviço deve haver no mínimo uma tomada de 100VA a cada 3m inteiros ou não de perímetro, sendo que pelo menos 3 tomadas devem ser de 300VA.

Tomadas de uso específico (TUE's) são destinadas a atender cargas específicas, sua potência e localização dependem unicamente do projeto.

3. METODOLOGIA

O programa foi desenvolvido utilizando programação orientada ao objeto e teve todos os seus dados internos organizados em classes distintas. O *software* tem seu código fonte escrito em linguagem c# e pode ser aberto e editado no ambiente de programação Visual Studio.

Os cálculos de dimensionamento e regras de seleção para os componentes da instalação elétrica foram traduzidos e adaptados para a linguagem C#. Foi adotada uma queda de tensão máxima de 5% para o cálculo dos condutores pelo método da queda de tensão.

Há a liberdade de alterar, excluir e adicionar cargas em cada circuito livremente no *software*, além de poder realizar a previsão de cargas de acordo com os métodos descritos na norma.

Algumas das classes que compõem o programa são responsáveis também pela estrutura gráfica, as classes restantes são voltadas apenas para o processamento dos dados.

A seguir encontra-se a listagem das classes que compõem o programa com uma breve descrição das suas funções.

- tela_inicial (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela inicial do programa, executa funções de salvar e carregar projetos em arquivos externos, invoca objetos de outras classes e mostra algumas informações sobre os dados do projeto. Essa classe reúne todas as informações gerais sobre o projeto como título, nome do autor, tensão, tipo de lâmpadas, etc;
- config (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de configurações, recebe valores arbitrários para as informações gerais do projeto e as valida (a validação dos dados ocorre de acordo com regras lógicas, por exemplo, o valor do fator de potência das tomadas deve ser compreendido entre 0 e 1 inclusive), caso todos os dados arbitrários inseridos sejam válidos e o usuário confirme as configurações estes dados são retornados para o objeto tela_inicial e sobrescrevem as informações gerais do projeto;
- novo (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de criação de novo projeto, onde se recebe o título e nome do autor e, caso seja confirmado, sobrescreve todos os objetos únicos por novos objetos com valores padrão e deleta os demais;
- novoCirc (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de criação de circuito,

recolhe dados gerais do circuito (nome, descrição, comprimento e tipo de carga) e, caso seja feita a confirmação, cria um novo objeto da classe *circ* e um novo da classe *editCirc* conforme as informações inseridas;

- *editCirc* (Vários objetos por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de edição do circuito selecionado na tela inicial do programa, invoca objetos da classe *editCarga* e deleta objetos da classe *carga*;
- *circ* (Vários objetos por projeto) – Reúne informações gerais sobre o circuito (id do circuito, nome, descrição, comprimento, tipo de carga, potência aparente, potência ativa, potência reativa, fator de potência);
- *editCarga* (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de adição/edição de cargas, recebe informações sobre a carga a ser criada/editada ou realiza o cálculo de previsão de carga de acordo com a norma NBR-5410 [1] para adicionar cargas de iluminação ou TUG, ao confirmar são criados os objetos da classe *carga* referentes à carga adicionada ou são atualizados os dados da carga editada no seu respectivo objeto;
- *carga* (Vários objetos por projeto) – Reúne informações gerais sobre a carga (id do circuito ao qual pertence, tipo de carga, potência aparente, ativa e reativa, fator de potência);
- *relatorio* (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de relatório, realiza os cálculos para dimensionamento de proteção e condutores de cada circuito, para casos onde o projeto necessite de ligação trifásica realiza busca em espaço de estados para identificar a melhor distribuição dos circuitos em cada fase para promover o balanceamento das cargas;
- *sobre* (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de ajuda, onde são mostradas algumas funções do programa;
- *creditos* (Apenas um objeto por projeto) – Cria a estrutura gráfica da janela de créditos.

Na figura 2 é mostrado um fluxograma simplificado para auxiliar no entendimento de como os objetos das classes interagem uns com os outros.

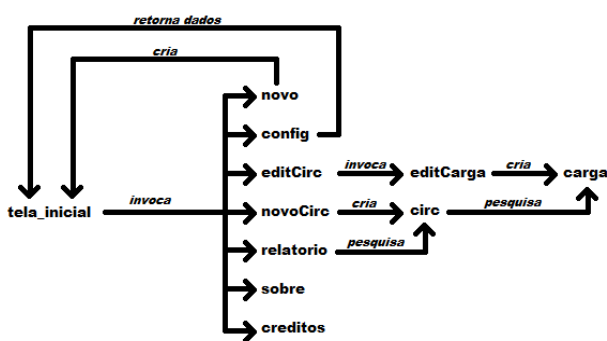


Figura 3 – Fluxograma simplificado das interações entre as classes de dados do projeto.

3.1. Implementação do *software*

A Figura 4 mostra a área de interação inicial do *software* onde são exibidas as opções para adicionar, editar e excluir circuitos, a listagem de todos os circuitos existentes no projeto, a opção de calcular os componentes e menus, além de mais informações sobre o projeto e do circuito atualmente selecionado.

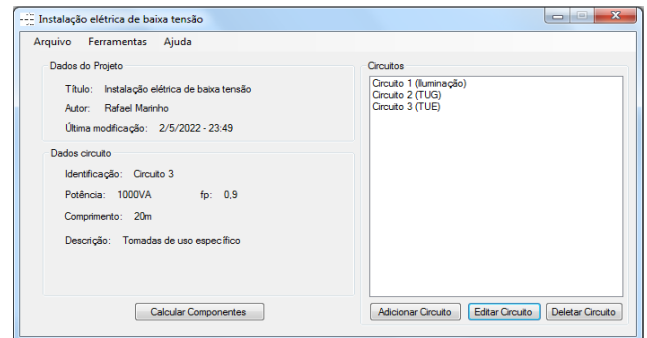


Figura 4 – Ambiente inicial da aplicação.

No menu arquivo há opções para salvar o andamento do projeto em um arquivo externo, iniciar novo projeto, carregar projeto salvo em arquivo externo e sair da aplicação, o que dá a liberdade ao projetista de salvar o progresso para retomar futuramente ou transferir projetos para trabalhar em computadores diferentes.

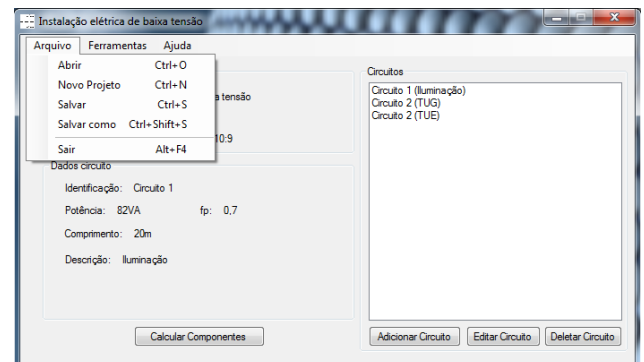


Figura 5 – Menu Arquivo da janela principal.

No menu Ferramentas há o link para a página de configurações (Figura 8), onde é possível editar informações cruciais do projeto, e o recurso de abrir a tela de edição após criar circuito, esse recurso funciona como forma de lembrete para que o projetista não se esqueça de editar as cargas de cada circuito que pode ser ativado ou desativado de acordo com as preferências do usuário.

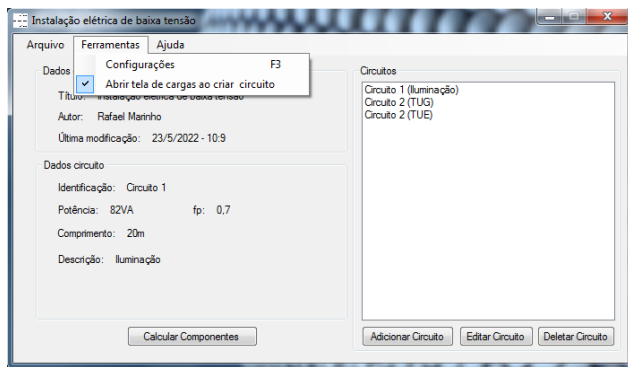


Figura 6 – Menu Ferramentas da janela principal.

No menu ajuda há as opções “sobre o programa” onde há uma breve descrição das funcionalidades da aplicação com o intuito de auxiliar novos usuários a entender o funcionamento da aplicação, “reportar bug” onde há o contato do desenvolvedor para que possa ser sugerida alguma melhoria do *software* e os créditos do desenvolvedor.

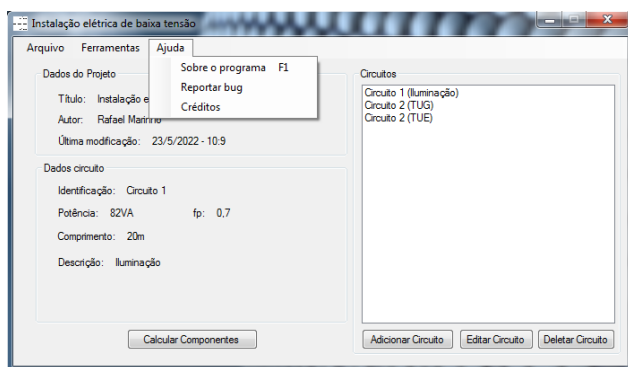


Figura 7 – Menu Ajuda da janela principal.

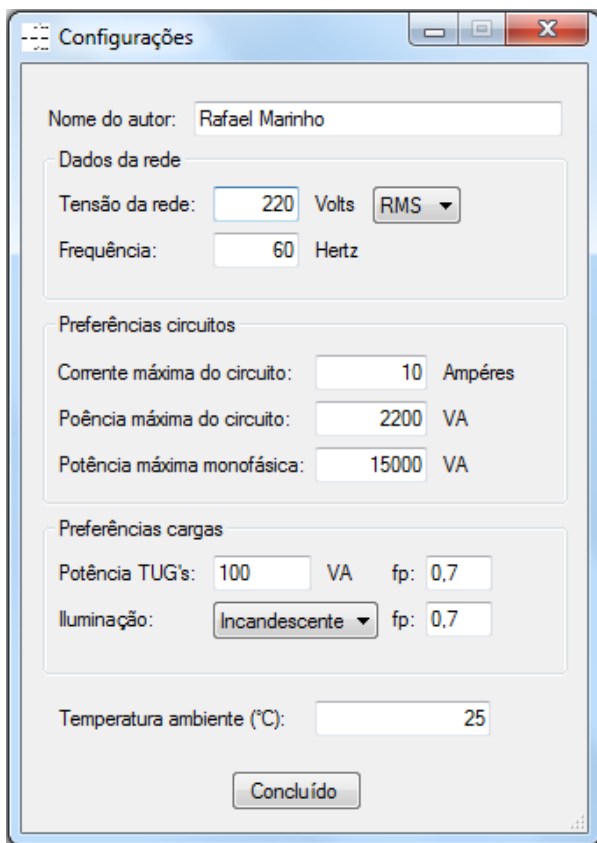


Figura 8 – Tela de configuração do projeto.

Na Figura 9 é mostrada a tela de edição de circuito, onde se pode adicionar, excluir ou editar cargas livremente ou adicionar cargas automaticamente de acordo com o método de previsão sugerido pela norma.

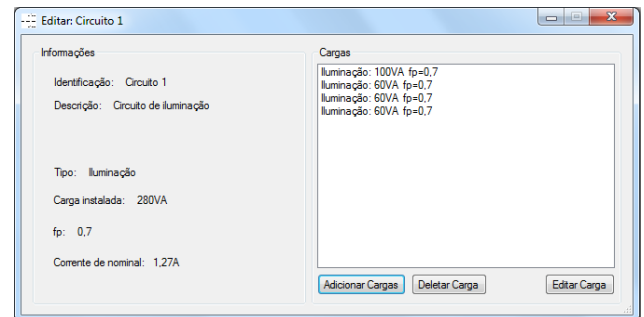


Figura 9 – Tela de edição de circuito.

O *software* é limitado para trabalhar apenas com cargas monofásicas, porém pode propor uma ligação trifásica dependendo da carga total do projeto. Nesse caso, o programa irá calcular a melhor distribuição dos circuitos em cada fase para promover o balanceamento de carga nas fases da forma mais uniforme possível.

O recurso de balanceamento de cargas foi implementado utilizando uma técnica de busca em espaços de estados simples a fim de calcular qual a melhor distribuição a partir do desvio padrão das cargas nas fases. Quanto menor o desvio padrão entre as fases, mais uniforme é a distribuição das cargas.

3.2. Resultados

O programa desenvolvido alcançou a meta final, isto é, conseguiu dimensionar com sucesso todos os componentes que se propõe a calcular como as seções dos condutores de cada circuito e dos condutores do ramal de distribuição, as correntes nominais dos disjuntores e balanceamento de cargas entre as fases de acordo com os parâmetros informados. Na Figura 10 é mostrado o dimensionamento dos elementos de um circuito.

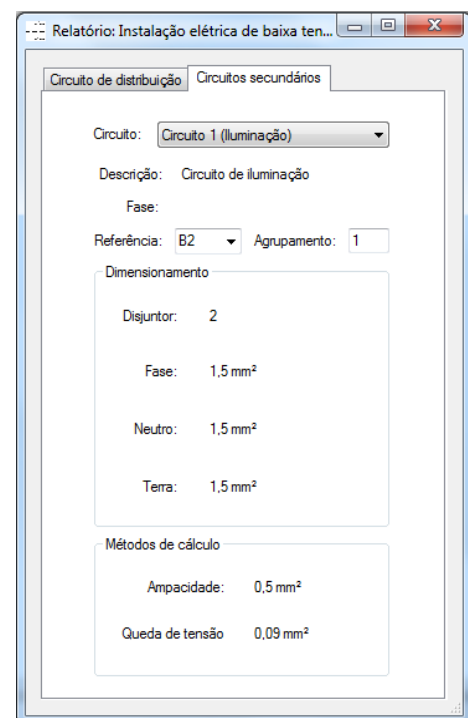


Figura 10 – Tela de relatório.

O método de referência e o agrupamento das circuitos pode ser mudado livremente de forma interativa (quaisquer mudanças alteram o resultado do dimensionamento no momento exato após serem feitas) na tela de relatório, assim podendo ajudar na tomada de decisões de qual tipo de linha adotar ou por onde passar cada circuito de acordo com a alteração das seções resultantes. A disposição da edição deste recurso nesta tela possibilita realizar um comparativo de viabilidade mais facilmente, possibilitando verificar possíveis alterações nos condutores provocadas por diversas decisões no projeto de forma rápida e fácil.

O ramal de distribuição (a linha que conecta o ponto de entrega da empresa distribuidora de energia ao quadro geral) possui uma aba exclusiva para o dimensionamento dos seus elementos na janela de relatório.

Por se tratar de um circuito obrigatório para o projeto, o ramal de distribuição não pode ser adicionado, excluído ou editado, apenas o seu comprimento pode ser alterado de forma interativa na janela de relatório, conforme mostrado na Figura 11.

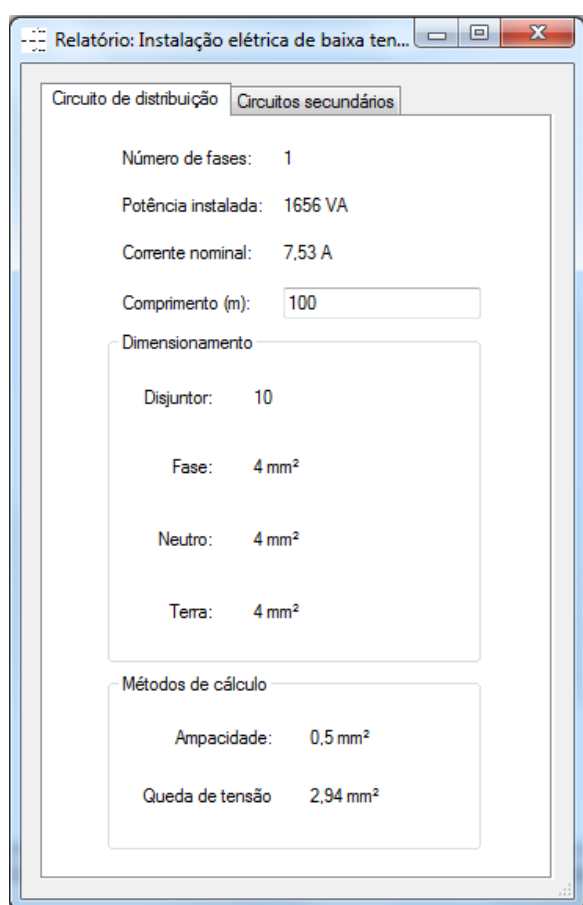


Figura 11 – Aba do circuito de distribuição na janela de relatório.

Para exemplificar o recurso de balanceamento entre fases foi criado um projeto de cargas maiores em seus circuitos com valores aleatórios (1250VA, 775VA, 450VA, 2550VA, 1000VA, 500VA, 925VA, 800VA, 1500VA, 2000VA, 250VA e 600VA respectivamente do circuito 1 ao circuito 12 conforme mostrado na figura 12).

É importante salientar que este recurso só estará disponível caso o *software* julgue ser necessário haver uma ligação trifásica para a instalação elétrica, para que isso aconteça é

necessário que a carga total do circuito exceda a potência máxima monofásica estabelecida na tela de configurações (vide figura 8).

Na figura 12 é mostrada a aba de balanceamento de cargas.

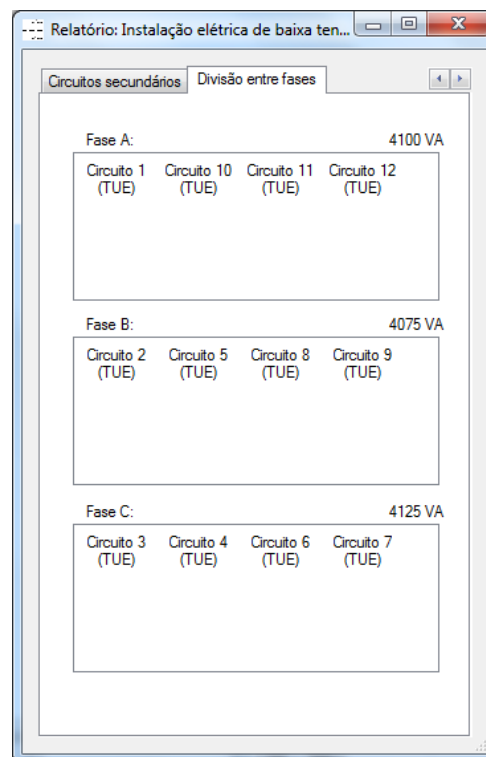


Figura 12 – Aba de balanceamento de cargas entre fases na janela de relatório.

4. CONCLUSÕES

O *software* mostrado neste artigo pode ser utilizado para auxiliar projetistas na elaboração de memorial de cálculo em projetos de instalações elétricas, assim como professores e alunos na metodologia de ensino das disciplinas de Instalações Elétricas Prediais do curso de Engenharia Elétrica da UFRSA. O *software* é capaz de trabalhar em projetos cujas cargas sejam monofásicas, sendo ele capaz de realizar os dimensionamentos dos elementos de forma quase instantânea (em média a aplicação leva cerca de 10 segundos para realizar os cálculos necessários antes de mostrar a tela de relatório) respeitando as condições descritas pela norma NBR-5410 [1].

Para trabalhos futuros, sugere-se que seja implementado o suporte para trabalhar com cargas trifásicas, cálculo de bancos de capacitores para correção do fator de potência e dimensionamento de eletrodutos.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- [2] MEDEIROS, Pedro Henrique de Oliveira. **Software para análise e dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. 2021. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Departamento de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021.
- [3] Microsoft. **Documentação do C# – introdução, tutoriais, referência | Microsoft Docs**. Disponível em <<https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/>>. Acesso em 10/03/2022 às 10:00.
- [4] MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Gen-LTC, 2010.