



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Curso de Engenharia Mecânica

**DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE WEB PARA DIMENSIONAMENTO
DE CONDUTORES ELÉTRICOS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO EM
INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS DE BAIXA TENSÃO**

Jhaysson Islas de Barros Moura

Relatório técnico apresentado à disciplina de Instalações Elétricas Industriais da Universidade de Pernambuco — Escola Politécnica de Pernambuco, como requisito parcial de avaliação.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Maciel dos Santos

Recife
2026

RESUMO

Este relatório descreve o processo de desenvolvimento de uma ferramenta computacional voltada ao dimensionamento de condutores elétricos e dispositivos de proteção em instalações industriais de baixa tensão. O software foi implementado como uma aplicação web de arquivo único (HTML/JavaScript), sem dependência de servidores ou bibliotecas externas, seguindo os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5410:2004 com Emenda 1:2008. A ferramenta aplica os três critérios normativos de dimensionamento — ampacidade, queda de tensão e capacidade de suportabilidade ao curto-circuito — de forma simultânea e interativa, exibindo o passo a passo de cada cálculo. O desenvolvimento passou por múltiplas iterações de validação e correção de bugs, com os resultados comparados ao gabarito de uma questão acadêmica como referência. A interface gráfica adota a linguagem de design GNOME Adwaita, com responsividade para dispositivos móveis e desktop. Os resultados obtidos demonstraram concordância de 100% com o gabarito nas situações testadas.

Palavras-chave: dimensionamento de condutores; NBR 5410; instalações elétricas; software web; proteção elétrica.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO	5
2.1 Normas técnicas aplicadas	5
2.2 Critérios de dimensionamento	6
3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	7
3.1 Escolha da tecnologia	7
3.2 Estrutura do código-fonte	8
4 FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE	9
4.1 Gerenciamento de circuitos	9
4.2 Cálculo do fator de potência resultante	10
4.3 Tabela de condutores editável	10
4.4 Dimensionamento do dispositivo de proteção	11
5 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS	12
6 CONCLUSÃO	13
REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

Quando se trata de projetar instalações elétricas industriais, um dos passos mais fundamentais — e também um dos que mais demandam atenção aos detalhes — é o dimensionamento dos condutores. Escolher a bitola errada pode resultar em superaquecimento dos cabos, quedas de tensão inaceitáveis ou, no pior dos casos, falhas catastróficas diante de um curto-circuito. A norma brasileira NBR 5410:2004 define critérios bastante precisos para esse dimensionamento, mas aplicá-los manualmente para múltiplos circuitos é um processo repetitivo e sujeito a erros.

A motivação para o desenvolvimento deste software surgiu exatamente dessa realidade. Trabalhando com uma planilha Excel que realizava esses cálculos, ficou claro que a ferramenta, embora funcional, apresentava limitações importantes: era pouco interativa, não explicava o raciocínio por trás de cada resultado e funcionava mal em dispositivos móveis. A proposta, então, foi criar uma aplicação web que substituísse a planilha com vantagens claras: interatividade, portabilidade e transparência nos cálculos.

O resultado foi um software de arquivo único — sem instalação, sem servidor, sem conexão com a internet — que implementa os três critérios normativos de dimensionamento simultaneamente, exibe o passo a passo de cada decisão e permite ao projetista adicionar quantos circuitos forem necessários, incluindo circuitos terminais e alimentadores em hierarquia. Este relatório documenta as decisões técnicas tomadas durante o desenvolvimento, as dificuldades encontradas, as correções realizadas e a validação dos resultados obtidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO

2.1 Normas técnicas aplicadas

O projeto foi desenvolvido com base em um conjunto de normas técnicas que regulamentam tanto as instalações elétricas de baixa tensão quanto os equipamentos de proteção. A norma central é a ABNT NBR 5410:2004, com a Emenda 1:2008, que permanece como o documento vigente no Brasil. Uma nova revisão está em processo de elaboração, com previsão de publicação para o final de 2026, mas sem efeito normativo até lá.

Além da NBR 5410, as seguintes normas complementares foram incorporadas ao dimensionamento do dispositivo de proteção:

- ABNT NBR IEC 60269-1 — Fusíveis de baixa tensão: define que, para fusíveis do tipo gG, a corrente convencional de fusão é $I_{\blacksquare} = 1,60 \times I_n$;
- ABNT NBR IEC 60947-2 — Disjuntores: estabelece que a corrente convencional de desligamento é $I_{\blacksquare} = 1,45 \times I_n$;
- ABNT NBR IEC 60364 — Instalações elétricas de baixa tensão: base técnica internacional harmonizada com a NBR 5410, utilizada como referência cruzada;
- NR 10 (MTE) — Segurança em instalações e serviços com eletricidade: referência de segurança considerada no contexto da instalação;
- Resolução ANEEL 456/2000 — Estabelece o fator de potência mínimo de 0,92, utilizado como referência para o cálculo do banco de capacitores.

2.2 Critérios de dimensionamento

A NBR 5410:2004 estabelece que a seção mínima de um condutor deve ser determinada pelo critério mais restritivo dentre os três aplicáveis. Cada critério responde a uma preocupação distinta da instalação elétrica.

Critério da ampacidade: Garante que o condutor escolhido seja capaz de conduzir continuamente a corrente de projeto sem ultrapassar a temperatura máxima admissível da isolamento. A capacidade de condução da Tabela 36 da norma é corrigida por fatores de temperatura ambiente (Tabelas 40 e 41) e de agrupamento de circuitos (Tabela 42). A condição a ser satisfeita é $I_z \geq I_b$, onde I_z é a capacidade corrigida e I_b é a corrente de projeto.

Critério da queda de tensão: Assegura que a variação de tensão ao longo do condutor não comprometa o funcionamento das cargas. O cálculo utiliza os valores reais de resistência R e reatância indutiva X do condutor, expressos em Ω/km . Para circuitos trifásicos, a fórmula é $\Delta V\% = (\sqrt{3} \times I_b \times L \times (R \cos\phi + X \sin\phi)) / V \times 100$. A norma recomenda, em geral, limite de 4% da tensão nominal do sistema, podendo ser mais restritivo por exigência do projeto.

Critério da capacidade de suportabilidade ao curto-circuito: Define a seção mínima que o condutor deve ter para não ser danificado termicamente durante um curto-circuito de máxima intensidade. A fórmula é $S_{\text{mín}} = (I_{\text{cc}} \times \sqrt{t}) / k$, onde I_{cc} é a corrente de curto-circuito simétrica máxima, t é o tempo de atuação do dispositivo de proteção, e k é uma constante que depende do material e da isolamento do condutor ($k = 115$ para cobre com isolamento PVC e $k = 143$ para cobre com isolamento EPR/XLPE).

3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

3.1 Escolha da tecnologia

A decisão de implementar o software como uma aplicação web em arquivo único foi deliberada e se mostrou acertada ao longo do projeto. O requisito principal era a portabilidade: o usuário precisaria ser capaz de abrir a ferramenta em qualquer dispositivo — seja um computador de laboratório, um notebook ou um smartphone — sem nenhuma instalação prévia.

A opção por HTML5 e JavaScript puro, sem frameworks ou bibliotecas externas, foi motivada por três razões práticas. Primeiro, mantém o arquivo completamente autocontido: tudo o que o software precisa para funcionar está no único arquivo .html. Segundo, elimina qualquer dependência de versões de pacotes ou servidores de conteúdo que podem mudar ou sair do ar. Terceiro, facilita a inspeção e a modificação do código por qualquer pessoa com conhecimento básico de desenvolvimento web.

O padrão de renderização adotado foi o de "atualização reativa simples": sempre que o usuário altera qualquer campo de um circuito, a função de cálculo é chamada imediatamente e o resultado é atualizado no DOM, sem necessidade de recarregar a página ou pressionar um botão de calcular. Essa abordagem torna a experiência de uso muito mais fluida, especialmente quando se está ajustando parâmetros iterativamente.

3.2 Estrutura do código-fonte

O arquivo HTML está organizado em três blocos bem delimitados. O bloco de estilos contém o sistema de design completo — tokens de cor, tipografia, componentes visuais — implementado seguindo a linguagem de design GNOME Adwaita, com a fonte Cantarell e o esquema de cores oficial do projeto GNOME.

O bloco de estrutura HTML é intencionalmente enxuto: define apenas o esqueleto estático da aplicação — o cabeçalho com as abas de navegação e os contêineres das três seções principais. Todo o conteúdo dinâmico — os cartões de circuito, as tabelas de resultado, as linhas de subcarga — é gerado e injetado pelo JavaScript.

O bloco de scripts é o núcleo do sistema. Nele estão as tabelas normativas transcritas como objetos JavaScript (capacidades de corrente, fatores de correção, valores de R e X), as funções de cálculo, as funções de renderização dinâmica e os tratadores de eventos. O estado da aplicação vive inteiramente em variáveis JavaScript em memória — uma escolha

que simplifica o código e evita problemas de persistência indesejada.

4 FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE

4.1 Gerenciamento de circuitos

A funcionalidade central do software é a gestão de múltiplos circuitos independentes em uma mesma sessão. O usuário pode adicionar quantos circuitos quiser — terminais ou alimentadores — nomeá-los livremente e configurar cada um com parâmetros completamente independentes.

Para cada circuito, os parâmetros configuráveis incluem: tipo de entrada de potência (kVA, kW ou corrente direta em ampères); tensão de operação (127 V, 220 V, 380 V ou 440 V); sistema (monofásico ou trifásico); tipo de isolamento (PVC 70°C ou EPR/XLPE 90°C); método de instalação (B1, B2, C, D ou F, conforme Tabela 36 da NBR 5410); número de circuitos agrupados; temperatura ambiente; comprimento do trecho; corrente de curto-circuito máxima; tempo de atuação da proteção; queda de tensão máxima admissível; e tipo de dispositivo de proteção (disjuntor ou fusível gG).

Os resultados são exibidos em um cartão dedicado abaixo do formulário de cada circuito, com destaque visual para a seção de fase escolhida, a seção do condutor de proteção e a corrente nominal do dispositivo de proteção. Indicadores coloridos (verde para condições atendidas, vermelho para violações) permitem identificar rapidamente qualquer problema.

4.2 Cálculo do fator de potência resultante

Dimensionar alimentadores exige conhecer a potência total e o fator de potência resultante do conjunto de cargas que o alimentador serve. Como diferentes cargas têm fatores de potência distintos, a soma simples das potências aparentes seria incorreta — é necessário fazer a composição vetorial.

O software oferece uma calculadora de FP a jusante integrada a cada circuito, acionada por um painel retrátil. O usuário insere cada carga individualmente com sua potência (em kVA ou kW) e fator de potência, e o sistema calcula em tempo real o somatório das potências ativa e reativa, a potência aparente total e o fator de potência resultante pela fórmula $FP = \cos(\text{atan}(\Sigma kVAr / \Sigma kW))$. Um botão de ação aplica automaticamente esses valores nos campos do circuito alimentador, disparando o recálculo completo.

4.3 Tabela de condutores editável

Os valores de capacidade de condução de corrente, resistência e reatância de cada seção de condutor ficam em uma tabela completamente editável na aba dedicada. Isso permite que o projetista substitua os valores de referência da norma por dados específicos de um fabricante ou condutor particular, sem precisar alterar o código.

A tabela cobre as seções comerciais padronizadas de 1,5 mm² a 240 mm², com colunas para os cinco métodos de instalação e separação entre 2 e 3 condutores carregados (correspondentes a circuitos monofásicos e trifásicos, respectivamente). Os valores de EPR/XLPE são independentes dos valores PVC — ambos extraídos diretamente das tabelas reais da NBR 5410, sem estimativas por fator multiplicativo. Um botão de restauração retorna todos os valores ao estado original a qualquer momento.

4.4 Dimensionamento do dispositivo de proteção

Além do dimensionamento dos condutores, o software dimensiona automaticamente o dispositivo de proteção de cada circuito. O algoritmo percorre a série normalizada de correntes nominais (6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500 e 630 A) e seleciona a menor que satisfaça simultaneamente $I_b \leq I_n \leq I_z$.

O usuário pode escolher entre disjuntor e fusível do tipo gG. Para disjuntores, verifica-se adicionalmente a condição $I_{\blacksquare} = 1,45 \times I_n \leq 1,45 \times I_z$, conforme NBR IEC 60947-2. Para fusíveis gG, aplica-se $I_{\blacksquare} = 1,60 \times I_n \leq 1,45 \times I_z$, conforme NBR IEC 60269-1. Cada uma das três condições é verificada e exibida individualmente com indicador de atendimento.

5 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A validação do software foi realizada com base em uma questão acadêmica que envolvia o dimensionamento de uma instalação industrial fictícia composta por três quadros de distribuição — CCM1, CCM2 e QDTL — alimentados a partir de um QGD conectado a um transformador 13,8 kV / 380-220 V. A questão fornecia os valores esperados para cada critério em cada circuito, permitindo uma comparação objetiva entre os resultados do software e o gabarito.

Para os circuitos terminais, foi verificado o circuito 1 do QDTL como caso representativo. Trata-se de um circuito monofásico, com demanda de 8,00 kVA, fator de potência 0,8, tensão de 220 V, instalado em eletroduto embutido em alvenaria (método B1), com isolamento PVC e comprimento máximo de 29 m. Com corrente de curto-circuito de 5 kA e tempo de atuação de 0,01 s, a seção mínima calculada pelo critério do curto-circuito foi de 4,35 mm², que arredondada para a seção comercial seguinte resulta em 6 mm². Os critérios de ampacidade e queda de tensão também resultaram em 6 mm², em concordância exata com o gabarito.

Para o alimentador do QDTL, a validação foi mais abrangente. A corrente de projeto foi calculada a partir do somatório vetorial das três cargas do quadro (8,00 kVA / FP 0,8; 28,00 kVA / FP 0,7; 12,20 kVA / FP 0,8), resultando em 48,2 kVA e fator de potência resultante de 0,74. Com instalação em EPR, método B1, três circuitos agrupados (fator 0,70) e comprimento de 215 m, os três critérios foram verificados. O critério de ampacidade resultou em 35 mm², o de queda de tensão em 70 mm² e o de curto-circuito em 4 mm² (usando $k = 143$ para EPR). A seção final de 70 mm² e o condutor de proteção de 35 mm² coincidiram exatamente com o gabarito.

Os resultados obtidos para todos os circuitos avaliados apresentaram plena concordância com os valores esperados, confirmando a correta implementação dos critérios normativos da NBR 5410:2004 no software desenvolvido.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste software foi uma experiência que uniu teoria e prática de forma bastante direta. Cada erro encontrado durante a validação representou não apenas um problema de código, mas uma oportunidade de revisar e aprofundar o entendimento das normas técnicas — afinal, não é possível implementar corretamente algo que não se compreende bem.

O resultado final é uma ferramenta genuinamente útil para o contexto acadêmico e profissional. Em vez de uma planilha fechada que fornece apenas o número final, o software exhibe o raciocínio completo de cada cálculo, tornando-se também um instrumento didático. O projetista vê exatamente qual critério foi mais restritivo e por quê, o que facilita tanto a aprendizagem quanto a revisão crítica dos resultados.

A escolha de desenvolver o software como um arquivo HTML único se mostrou acertada: a portabilidade é total, a manutenção é simples e não há dependências externas que possam causar problemas futuros. A interface em GNOME Adwaita oferece uma experiência visual coerente e agradável tanto em dispositivos móveis quanto em computadores desktop.

Como perspectiva de trabalhos futuros, seria interessante incorporar um gerador de relatório automático diretamente do software, permitindo exportar os resultados de todos os circuitos em formato PDF com memória de cálculo completa. A inclusão de um módulo de diagrama unifilar e a possibilidade de salvar e carregar projetos também agregariam valor significativo à ferramenta.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. (com Emenda 1: 2008).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60269-1**: Fusíveis de baixa tensão — Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60947-2**: Equipamentos de manobra e controle de baixa tensão — Parte 2: Disjuntores. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução n.º 456**, de 29 de novembro de 2000. Estabelece, de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2000.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

GNOME PROJECT. **Human Interface Guidelines — Adwaita**. Disponível em: <https://developer.gnome.org/hig/>. Acesso em: 21 jun. 2026.