



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**YANN BRUNO ANDRADE MELLO**

**TÍTULO DO TRABALHO**

**FORTALEZA**

**2026**

YANN BRUNO ANDRADE MELLO

TÍTULO DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do  
Centro de Tecnologia da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Honório de Araújo

Coorientador: Prof. Me. Paulo Honório Filho

FORTALEZA

2026

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Fluxo metodológico do agente para projeto elétrico residencial . . . . . 9

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Regras mínimas de previsão de TUG por tipo de ambiente e potência atribuída 16



## LISTA DE SÍMBOLOS

$A_e$	Área efetiva da antena
$B$	Largura de faixa em que o ruído é medido em Hertz
$d$	Distância em metros
$E$	Campo elétrico
$FA$	Fator da antena
$Gr$	Ganho de recepção
$h$	Altura efetiva ou comprimento efetivo de uma antena
$I$	Corrente elétrica
$k$	Constante de Boltzmann's
$K$	Eficiência de irradiação
$M$	Variação do patamar de ruído em função da RBW
$N$	Condutor de neutro
$NF$	Figura de ruído
$Ni$	Potência do ruído na entrada
$No$	Potência do ruído na saída
$P$	Potência
$R$	Resistência
$Si$	Potência do sinal na entrada
$So$	Potência do sinal na saída
$t$	Tempo
$V$	Tensão
$ZL$	Impedância da antena
$Zo$	Impedância de referência ( $50\Omega$ )
$\lambda$	Comprimento de onda
$\Gamma$	Coeficiente de reflexão

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Aquisição das informações do projeto e consolidação do escopo . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>1.1.1</b>	<b><i>Entrada por conversação em linguagem natural . . . . .</i></b>	<b>10</b>
<b>1.1.2</b>	<b><i>Entrada por imagem da planta baixa . . . . .</i></b>	<b>11</b>
<b>1.1.3</b>	<b><i>Estruturação do modelo do imóvel e regras de consistência . . . . .</i></b>	<b>11</b>
<b>1.1.4</b>	<b><i>Critério de encerramento da etapa (escopo “fechado”)</i> . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Modelo normativo e estratégia de aplicação . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1</b>	<b><i>Formalização das regras normativas . . . . .</i></b>	<b>12</b>
<b>1.2.2</b>	<b><i>Organização do pipeline de dimensionamento . . . . .</i></b>	<b>13</b>
<b>1.2.3</b>	<b><i>Premissas e limites de escopo adotados . . . . .</i></b>	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>Pipeline de dimensionamento do projeto elétrico . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>1.3.1</b>	<b><i>Previsão de carga de iluminação . . . . .</i></b>	<b>14</b>
<b>1.3.2</b>	<b><i>Precisão de tomadas de uso geral . . . . .</i></b>	<b>15</b>
<b>1.3.3</b>	<b><i>Tomadas de uso específico - TUE e circuitos dedicados . . . . .</i></b>	<b>16</b>
<b>1.3.4</b>	<b><i>Divisão da instalação em circuitos terminais . . . . .</i></b>	<b>16</b>
<b>1.3.5</b>	<b><i>Previsão de circuitos reserva . . . . .</i></b>	<b>17</b>
<b>1.3.6</b>	<b><i>Dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção . . . . .</i></b>	<b>17</b>
<b>1.3.7</b>	<b><i>Balanceamento de fases . . . . .</i></b>	<b>18</b>
<b>1.3.8</b>	<b><i>Verificação final e retorno para correções . . . . .</i></b>	<b>18</b>
<b>1.4</b>	<b>Geração do memorial de cálculo e organização da documentação do projeto</b>	<b>18</b>
<b>1.4.1</b>	<b><i>Organização do memorial . . . . .</i></b>	<b>18</b>
<b>1.4.2</b>	<b><i>Rastreabilidade entre método e documento . . . . .</i></b>	<b>20</b>
<b>1.5</b>	<b>Estratégia de validação da metodologia . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>1.5.1</b>	<b><i>Base de referência e dados utilizados . . . . .</i></b>	<b>21</b>
<b>1.5.2</b>	<b><i>Critérios de avaliação e equivalência aceitável . . . . .</i></b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>23</b>
	<b>APÊNDICES . . . . .</b>	<b>24</b>
	<b>APÊNDICE A – Exemplo de apêndice . . . . .</b>	<b>24</b>
	<b>APÊNDICE B – Questionário utilizado para...</b>	<b>25</b>
	<b>APÊNDICE C – Códigos-fontes utilizados para...</b>	<b>26</b>

<b>APÊNDICE D – IEEE CEFC 2016</b>	27
<b>ANEXOS</b>	29
<b>ANEXO A – Exemplo de um anexo</b>	29
<b>ANEXO B – Exemplo de um anexo em PDF</b>	30
<b>ÍNDICE</b>	33

## 1 METODOLOGIA

Este trabalho utiliza três frentes principais para alcançar os resultados propostos: (i) um mecanismo de aquisição e consolidação de requisitos do projeto elétrico residencial, capaz de interagir com o usuário em linguagem natural e/ou interpretar uma planta baixa em formato de imagem; (ii) um conjunto de rotinas de dimensionamento fundamentadas em normas técnicas aplicáveis a instalações elétricas de baixa tensão e em diretrizes locais de fornecimento, responsáveis por transformar as informações do imóvel em cálculos e decisões de projeto; e (iii) um procedimento de verificação de conformidade com realimentação do processo, visando assegurar que o resultado final atenda aos critérios normativos e às boas práticas adotadas.

Além disso, o método foi estruturado para manter rastreabilidade ao longo da execução, por meio de uma representação estruturada do projeto (modelo da residência), que é atualizada progressivamente conforme novas informações são obtidas e conforme os cálculos são realizados. Essa abordagem permite organizar o processo em etapas claras, reduzir ambiguidades e apoiar a geração final do memorial de cálculo.

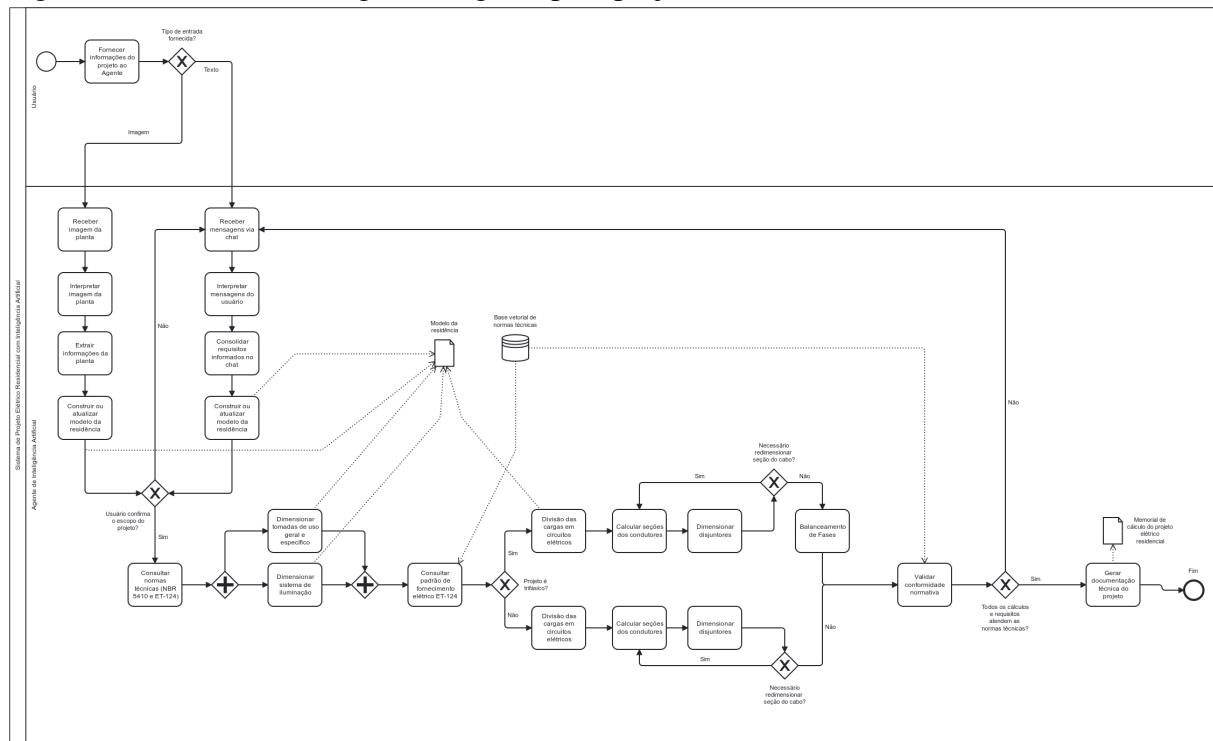
Neste capítulo, serão detalhadas as metodologias empregadas para (a) coletar e organizar as entradas do usuário, (b) construir o modelo do imóvel, (c) executar o pipeline de dimensionamento e (d) validar o atendimento às normas técnicas, culminando na geração do memorial de cálculo.

### **Solução proposta e visão geral do Fluxo**

A Figura 1 apresenta o fluxo metodológico proposto neste trabalho, representado em formato processual. O processo se inicia com o fornecimento de informações pelo usuário ao agente, podendo ocorrer por dois caminhos de entrada: texto (conversação em linguagem natural) ou imagem da planta baixa.

No primeiro caminho, o usuário interage por mensagens, e as informações são interpretadas e consolidadas progressivamente, até que o escopo do projeto seja suficientemente definido. No segundo caminho, o usuário fornece uma planta baixa em formato de imagem contendo, preferencialmente, identificação dos ambientes e suas dimensões. A interpretação da planta busca extrair os dados geométricos necessários ao dimensionamento; quando a extração não é satisfatória, o fluxo prevê mecanismos auxiliares de extração e normalização das informações. Em ambos os casos, as informações obtidas alimentam a construção e atualização

Figura 1 – Fluxo metodológico do agente para projeto elétrico residencial



Fonte: Elaborado pelo autor

do modelo da residência, que representa os ambientes e as cargas previstas, incluindo cargas específicas informadas pelo usuário ao longo da interação.

Uma vez consolidado o modelo do imóvel, o fluxo avança para as etapas de dimensionamento fundamentadas nas normas técnicas e diretrizes de fornecimento adotadas. Nessa fase, são executados, de forma sequencial e coerente, os cálculos relacionados a iluminação, tomadas de uso geral, tomadas de uso específico, bem como a divisão da instalação em circuitos terminais, com base em critérios normativos e boas práticas de projeto. A partir da definição dos circuitos, o processo realiza o dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção, priorizando critérios de capacidade de condução de corrente e coerência entre condutor e proteção. Para instalações alimentadas por mais de uma fase, o fluxo prevê ainda o balanceamento de cargas entre fases, buscando o maior equilíbrio possível.

O diagrama também contempla pontos de decisão e realimentação. Caso seja identificado que algum critério não foi atendido (por exemplo, necessidade de ajuste de dimensionamento), o processo retorna às etapas apropriadas para correção. Ao final, é executada uma etapa de validação de conformidade normativa, na qual se verifica se os resultados atendem aos requisitos aplicáveis e às boas práticas adotadas. Somente após a validação positiva o fluxo segue para a geração do memorial de cálculo e demais tabelas finais do projeto, encerrando o processo.

## 1.1 Aquisição das informações do projeto e consolidação do escopo

O funcionamento do método proposto depende, inicialmente, da aquisição e estruturação das informações do projeto elétrico residencial. Nesta etapa, o objetivo é transformar entradas não estruturadas (texto em linguagem natural e/ou imagem da planta) em um modelo de dados estruturado, contendo os parâmetros mínimos necessários para a execução dos dimensionamentos previstos no escopo do trabalho.

A aquisição das informações ocorre por dois caminhos: (i) interação conversacional e (ii) interpretação de planta baixa em formato de imagem. Em ambos os casos, o fluxo prevê mecanismos de confirmação e complementação, de modo que o escopo seja considerado “fechado” apenas quando o modelo do imóvel estiver completo o suficiente para dar início aos cálculos.

### 1.1.1 Entrada por conversação em linguagem natural

No modo conversacional, o usuário descreve características do imóvel e do fornecimento por meio de mensagens em linguagem natural. O sistema conduz uma sequência de perguntas e confirmações para reduzir ambiguidade e coletar informações essenciais. Essa abordagem é particularmente útil quando o usuário não possui a planta em imagem ou quando existem dados que não estão explicitamente presentes na planta.

As informações mínimas buscadas nessa etapa incluem:

- tensão de alimentação adotada no projeto;
- método de instalação considerado (assumindo-se um método padrão, quando não especificado, com possibilidade de alteração);
- parâmetros gerais de projeto, como hipóteses de agrupamento e organização de circuitos;
- cargas específicas (tomadas de uso específico), informadas pelo usuário, que impactam diretamente a divisão de circuitos e o dimensionamento.

À medida que o diálogo avança, as informações são registradas no modelo de dados do projeto. Quando o usuário menciona a existência de uma carga dedicada (por exemplo, um equipamento com alimentação específica em determinado ambiente), essa carga passa a compor explicitamente o modelo do imóvel e será tratada nas etapas posteriores.

### ***1.1.2 Entrada por imagem da planta baixa***

No modo de entrada por imagem, o usuário fornece uma planta baixa que contenha, preferencialmente, identificação dos ambientes e dimensões (comprimento e largura). A partir dessa entrada, o sistema realiza a interpretação da planta para extrair dados geométricos relevantes ao dimensionamento, como:

- lista de ambientes;
- dimensões dos ambientes;
- grandezas derivadas, como área e perímetro.

Quando a interpretação direta da imagem não é suficiente para extrair informações com qualidade, o método prevê um mecanismo auxiliar de extração textual como alternativa (fallback), permitindo recuperar rótulos e valores dimensionais presentes na planta. Em seguida, os dados extraídos são validados e normalizados antes de serem incorporados ao modelo do projeto.

Nesta versão do trabalho, a entrada por planta é limitada ao formato de imagem, sendo a extensão para outros formatos (por exemplo, arquivos CAD) considerada como possibilidade de trabalhos futuros.

### ***1.1.3 Estruturação do modelo do imóvel e regras de consistência***

Independentemente do canal de entrada, as informações coletadas são organizadas em um modelo estruturado do imóvel, composto, no mínimo, por:

- parâmetros de alimentação (como tensão);
- relação de ambientes (nome e dimensões);
- grandezas geométricas derivadas (área e perímetro);
- registro de cargas previstas por ambiente, incluindo cargas específicas informadas durante a interação.

Além de armazenar os dados, a metodologia aplica regras de consistência para evitar propagação de erros para as etapas de cálculo, tais como:

- verificação de dimensões válidas (valores positivos e coerentes);
- padronização de unidades e formatos numéricos;
- confirmação de informações sensíveis ao dimensionamento quando há ambiguidade (por exemplo, tensão de alimentação e presença de cargas dedicadas).

#### **1.1.4 Critério de encerramento da etapa (escopo “fechado”)**

Considera-se que o escopo está “fechado” quando o modelo do imóvel contém informações suficientes para iniciar o pipeline de dimensionamento, isto é:

1. parâmetros de alimentação definidos;
2. ambientes identificados com dimensões válidas;
3. cargas específicas relevantes registradas (quando existirem);
4. ausência de lacunas que comprometam a divisão em circuitos e o dimensionamento por critérios do escopo.

A partir desse ponto, o fluxo avança para as etapas de cálculo e validação normativa, mantendo a possibilidade de retorno à etapa de aquisição caso sejam identificadas inconsistências durante as verificações posteriores.

### **1.2 Modelo normativo e estratégia de aplicação**

Com o escopo consolidado e o modelo do imóvel estruturado, o método avança para a etapa em que as informações coletadas são transformadas em decisões e cálculos do projeto elétrico residencial. Nesta fase, a metodologia adota como referência as normas técnicas aplicáveis a instalações elétricas de baixa tensão e as diretrizes locais de fornecimento, estabelecendo um conjunto de regras e critérios que guiam o dimensionamento.

A estratégia adotada combina dois elementos complementares: (i) rotinas determinísticas de dimensionamento, que formalizam regras normativas em procedimentos reproduzíveis; e (ii) um mecanismo de consulta e fundamentação normativa, utilizado para justificar escolhas e responder dúvidas do usuário sobre o porquê de determinadas decisões.

Essa abordagem é relevante porque o dimensionamento elétrico possui partes estritamente normativas e calculáveis, que demandam consistência e repetibilidade, e também possui pontos em que o usuário necessita de esclarecimento técnico sobre critérios adotados e boas práticas.

#### **1.2.1 Formalização das regras normativas**

As regras extraídas dos documentos técnicos são organizadas em rotinas de cálculo e critérios de verificação. Sempre que uma regra puder ser expressa de forma objetiva (por exemplo, cálculo de cargas mínimas, definição de limites por circuito, obrigatoriedade de circuitos exclu-

sivos para determinadas cargas), ela é incorporada como procedimento determinístico. Dessa forma, o método garante que, para um mesmo conjunto de entradas, os resultados produzidos serão consistentes e auditáveis.

Quando houver necessidade de esclarecer decisões (por exemplo, justificar a separação de circuitos, explicar limites de potência adotados ou a razão de circuitos dedicados), o método utiliza a consulta a trechos normativos e diretrizes aplicáveis como suporte explicativo. Assim, a fundamentação técnica pode ser apresentada de forma transparente, sem comprometer a consistência do dimensionamento.

### **1.2.2 *Organização do pipeline de dimensionamento***

O dimensionamento é estruturado em etapas sequenciais, refletindo o fluxo de projeto e reduzindo dependências circulares. De forma geral, o pipeline é organizado como:

1. **Cálculo das cargas por ambiente:** determinação das cargas mínimas de iluminação e das cargas de tomadas de uso geral (TUG) por ambiente, conforme regras normativas para cada tipo de cômodo.
2. **Incorporação de cargas específicas (TUE):** registro de cargas informadas pelo usuário que devem receber tratamento dedicado no projeto.
3. **Divisão em circuitos terminais:** organização da instalação em circuitos de iluminação e circuitos de tomadas, com separação funcional e aplicação de critérios normativos e boas práticas para limitação de potência por circuito, quando necessário.
4. **Dimensionamento de condutores:** seleção da seção dos condutores por circuito, considerando como critério principal a capacidade de condução de corrente, dadas as premissas adotadas (material do condutor, tipo de isolamento, método de instalação e condições de referência).
5. **Dimensionamento dos dispositivos de proteção:** escolha dos dispositivos de proteção compatíveis com os circuitos dimensionados, preservando coerência técnica entre proteção e condutores.
6. **Balanceamento de fases (quando aplicável):** distribuição dos circuitos entre fases buscando equilíbrio de potência por fase, conforme boas práticas e diretrizes aplicáveis.
7. **Verificação de conformidade e ajustes:** checagem do atendimento às regras adotadas, com retorno às etapas anteriores quando necessário.

Cada uma dessas etapas produz saídas intermediárias que são armazenadas de forma

estruturada, permitindo rastreabilidade e facilitando a geração do memorial de cálculo ao final do processo.

### ***1.2.3 Premissas e limites de escopo adotados***

Para tornar o método objetivo e reproduzível, foram adotadas premissas compatíveis com o contexto residencial, incluindo um método de instalação de referência e condições padrão para o dimensionamento por capacidade de condução de corrente. Nesta versão do trabalho, o dimensionamento é centrado em critérios diretamente aplicáveis às etapas de cálculo, divisão de circuitos, seleção de condutores e proteção, além do balanceamento quando pertinente.

Critérios adicionais, como verificação de queda de tensão, curto-circuito e aterramento, não são contemplados no escopo atual e são indicados como extensões futuras, sem prejuízo ao objetivo principal do trabalho.

## **1.3 Pipeline de dimensionamento do projeto elétrico**

O dimensionamento do projeto elétrico residencial proposto neste trabalho é conduzido por um pipeline sequencial, fundamentado na previsão de cargas mínimas e na organização em circuitos terminais, conforme critérios normativos e boas práticas usuais. O levantamento das potências é realizado por meio de uma previsão das cargas mínimas de iluminação e tomadas, permitindo determinar a potência total prevista da instalação. Essa previsão segue o que estabelece o item 9.5.2 da ABNT NBR 5410:2008, que orienta o procedimento de estimativa das cargas a serem instaladas.

### ***1.3.1 Previsão de carga de iluminação***

A carga mínima de iluminação por cômodo/dependência é estimada em função da área do ambiente, conforme o **item 9.5.2** da ABNT NBR 5410:2008. Para fins de aplicação metodológica, adota-se:

- Para ambientes com **área  $\leq 6 \text{ m}^2$** : prever 100 VA de carga mínima de iluminação.
- Para ambientes com **área  $> 6 \text{ m}^2$** : prever 100 VA para os primeiros  $6 \text{ m}^2$  **acrescida de 60 VA a cada aumento de  $4 \text{ m}^2$  inteiros**.

Essa regra permite que a carga mínima de iluminação seja calculada de forma reproduzível a partir das dimensões do cômodo, gerando como saída: (i) potência de iluminação

por ambiente e (ii) potência total de iluminação da residência.

**Observação normativa:** além da potência, a norma estabelece que, para cada cômodo ou dependência, deve ser previsto **pelo menos um ponto de luz fixo no teto**, comandado por interruptor, conforme o **subitem 9.5.2.1.1** da ABNT NBR 5410:2008.

### **1.3.2 Precisão de tomadas de uso geral**

A previsão de TUG é realizada conforme o item 9.5.2 da ABNT NBR 5410:2008, diferenciando-se por tipo de ambiente. Além disso, no caso de banheiros e demais situações com restrições, deve-se respeitar as condições de instalação indicadas no item 9.1 (restrições/zonas aplicáveis ao ambiente).m[]

De forma resumida, a metodologia aplica:

- **Banheiros:** prever pelo menos **1 tomada** próxima ao lavatório, respeitando as restrições do **item 9.1**; atribuir **600 VA por tomada** (mínimo).
- **Cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais semelhantes:** prever no mínimo **1 tomada a cada 3,5 m de perímetro** (ou fração); atribuir **600 VA por ponto para até 3 pontos e 100 VA por ponto excedente**, considerando cada ambiente separadamente.
- **Varandas:** prever pelo menos **1 tomada** (admitindo-se posição próxima ao acesso em situações construtivas específicas); atribuir **100 VA por tomada**.
- **Salas e dormitórios:** prever no mínimo **1 tomada a cada 5 m de perímetro** (ou fração); atribuir **100 VA por tomada**.
- **Demais cômodos/dependências:** se área  $\leq 6 \text{ m}^2$ , prever ao menos 1 tomada; se área  $> 6 \text{ m}^2$ , prever **1 tomada a cada 5 m de perímetro** (ou fração); atribuir **100 VA por tomada**.

Como saída dessa etapa, o método obtém a quantidade mínima de TUG por ambiente, a potência atribuída por ambiente e o total de TUG da instalação.

Com base nas regras de previsão de carga mínima de iluminação (item 9.5.2) e nas regras de TUG sintetizadas na Tabela 1 obtém-se a carga prevista de TUG por ambiente e a carga total de TUG da instalação, as quais são utilizadas nas etapas posteriores de divisão em circuitos terminais e dimensionamento.

**Tabela 1 – Regras mínimas de previsão de TUG por tipo de ambiente e potência atribuída**

Tipo de ambiente	Regra mínima de quantidade	Potência atribuída
Banheiros	Pelo menos 1 tomada próxima ao lavatório (ver item 9.1)	$\geq 600$ VA por tomada
Cozinhas, copas, áreas de serviço e semelhantes	1 tomada a cada 3,5 m de perímetro (ou fração), independente da área	600 VA até 3 pontos; 1
Varandas	Pelo menos 1 tomada (admite-se próxima ao acesso)	100 VA por tomada
Salas e dormitórios	1 tomada a cada 5 m de perímetro (ou fração), independente da área	100 VA por tomada
Demais cômodos	Área $\leq 6$ m <sup>2</sup> : 1 tomada; Área $> 6$ m <sup>2</sup> : 1 a cada 5 m de perímetro	100 VA por tomada

Fonte: Elaborado pelo autor (baseado na NBR 5410).

### **1.3.3 Tomadas de uso específico - TUE e circuitos dedicados**

As cargas específicas (TUE) são incorporadas ao modelo do projeto a partir das informações fornecidas pelo usuário (ex.: condicionador de ar, chuveiro elétrico, máquina de lavar). Conforme o **subitem 9.5.3.1** da ABNT NBR 5410:2008, todo ponto de utilização previsto para alimentar equipamento de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, com corrente nominal superior a 10 A, deve constituir um circuito independente.

Na prática metodológica, isso implica:

- **registrar cada TUE** com sua localização (ambiente) e característica de potência/corrente;
- **alocar cada TUE em circuito terminal próprio**, evitando compartilhamento com TUG;
- **permitir (por critério de projetista)** a criação de circuitos dedicados também para cargas com corrente inferior a 10 A quando houver justificativa técnica (por exemplo, natureza motriz ou sensibilidade eletrônica), mantendo coerência com a boa prática.

### **1.3.4 Divisão da instalação em circuitos terminais**

Com as cargas mínimas de iluminação e TUG calculadas e as TUE consolidadas, realiza-se a divisão da instalação em circuitos terminais. Essa divisão visa facilitar operação e manutenção, permitir seccionamento adequado e reduzir interferência entre pontos de utilização.

A metodologia aplica:

- (a) **Separação funcional:** circuitos de **iluminação** devem ser separados de circuitos de **tomadas de uso geral** (boa prática consistente com projetos residenciais).
- (b) **Circuitos exclusivos para TUE (subitem 9.5.3.1):** TUE alocadas em circuitos inde-

pendentes quando aplicável (corrente nominal > 10 A ou carga dedicada/virtualmente dedicada).

(c) **Tomadas de cozinhas e áreas semelhantes (item 9.5.3.2):** os pontos de tomada de cozinhas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais semelhantes devem ser atendidos por circuitos destinados **exclusivamente** às tomadas desses locais.

(d) **Limitação de potência por circuito:** para manter o projeto coerente com faixas usuais de proteção, adota-se a limitação de potência como boa prática:

- **Iluminação:** limitar a potência por circuito conforme prática didática e valores de referência por tensão.
- **TUG:** limitar a potência por circuito considerando a capacidade dos dispositivos de proteção e condutores.

*Nota: Quando a potência total se mantém abaixo dos limites de referência, admite-se manter um único circuito, respeitadas as separações funcionais.*

(e) **Distribuição entre fases:** em instalações bifásicas ou trifásicas, as cargas devem ser distribuídas buscando o maior equilíbrio possível entre as fases.

### 1.3.5 Previsão de circuitos reserva

O método prevê reserva para ampliações futuras sob dois aspectos complementares:

- reserva física no quadro de distribuição (espaço para inclusão de disjuntores/circuitos);
- reserva de potência associada a circuitos típicos (valores usuais adotados por critério de projetista em práticas acadêmicas e profissionais).

### 1.3.6 Dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção

Após a definição dos circuitos terminais, estima-se a corrente por circuito a partir da potência atribuída e da tensão do projeto. Em seguida:

- dimensionam-se os condutores pelo critério principal de capacidade de condução de corrente (ampacidade), adotando premissas usuais do escopo (material e isolação usuais, método de instalação de referência e condições padrão);
- selecionam-se os dispositivos de proteção coerentes com o circuito dimensionado, assegurando compatibilidade entre proteção e condutor.

### ***1.3.7 Balanceamento de fases***

Quando aplicável, o balanceamento é realizado visando equilibrar a potência por fase, distribuindo circuitos de modo a reduzir assimetrias. Circuitos dedicados (TUE) são tratados como elementos prioritários, a fim de evitar repartições inadequadas e preservar a lógica funcional do projeto.

### ***1.3.8 Verificação final e retorno para correções***

Ao final do pipeline, verifica-se o atendimento às regras normativas citadas (itens 9.5.2, 9.5.2.1.1, 9.1, 9.5.3.1 e 9.5.3.2) e às boas práticas adotadas. Caso alguma inconsistência seja detectada (por exemplo, circuito excedendo limite de potência de referência ou TUE não dedicada), o fluxo retorna à etapa pertinente (divisão de circuitos ou dimensionamento), até que o conjunto final esteja coerente para geração do memorial.

## **1.4 Geração do memorial de cálculo e organização da documentação do projeto**

Concluídas as etapas de previsão de cargas, divisão em circuitos terminais e dimensionamento, os resultados são consolidados em um memorial de cálculo. Esse documento tem por finalidade registrar, de forma organizada e rastreável, as premissas adotadas, os critérios normativos utilizados e os principais resultados obtidos, permitindo verificação técnica e comunicação clara do projeto.

O memorial gerado segue uma estrutura padronizada, organizada em seções que refletem diretamente o pipeline descrito na Seção ADICIONAR REFERENCIA DA SEÇÃO, garantindo coerência entre: (i) informações de entrada, (ii) resultados intermediários e (iii) dimensionamento final.

### ***1.4.1 Organização do memorial***

O memorial é composto, de modo geral, pelas seguintes seções:

#### **1. Dados da obra**

Identificação da edificação, localização, tipo de uso e dados básicos do projeto. Essa seção também inclui campos para identificação do(s) projetista(s) e informações de fornecimento quando aplicável.

## **2. Objetivos e escopo do memorial**

Apresenta o objetivo do documento e delimita o escopo do projeto gerado, tipicamente incluindo:

- definição e quantificação de cargas por ambiente;
- cálculo da potência instalada prevista;
- divisão em circuitos terminais;
- dimensionamento de condutores e especificação das proteções;
- diretrizes de organização do quadro e registros necessários para execução.

## **3. Metodologia aplicada no memorial**

Resume os critérios adotados para levantamento de cargas e dimensionamento, com referência direta aos itens normativos que fundamentam as regras aplicadas. Em especial:

- previsão de cargas mínimas de iluminação e tomadas conforme ABNT NBR 5410 (item 9.5.2);
- obrigatoriedade de ponto de luz fixo por ambiente conforme subitem 9.5.2.1.1;
- regras de TUG por tipo de ambiente, com observação de restrições de instalação em ambientes específicos conforme item 9.1 quando aplicável;
- critério de circuitos dedicados para TUE conforme subitem 9.5.3.1;
- necessidade de circuitos exclusivos para tomadas de cozinhas/áreas similares conforme item 9.5.3.2;
- critérios de dimensionamento de condutores por capacidade de condução de corrente e seções mínimas, conforme os itens aplicáveis da ABNT NBR 5410.

## **4. Levantamento de cargas (por ambiente)**

Apresenta tabelas por dependência com: área, perímetro, quantidade de pontos e potência mínima prevista para:

- iluminação (com base no item 9.5.2);
- TUG (com base no item 9.5.2 e restrições do item 9.1 quando aplicável);
- TUE (quando houver), registrando a carga nominal informada para cada equipamento.

Ao final, o memorial consolida um quadro-resumo de cargas e a potência total prevista.

## **5. Divisão dos circuitos terminais**

Documenta a etapa de agrupamento das cargas em circuitos, explicitando:

- separação entre iluminação e tomadas;
- criação de circuitos exclusivos para TUE (subitem 9.5.3.1);

- circuitos exclusivos para cozinhas/áreas similares (item 9.5.3.2);
- aplicação de limites de potência por circuito como boa prática;
- registro de circuitos reserva.

## **6. Padrão de fornecimento e dimensionamento da entrada/proteção geral**

Com base na potência instalada prevista e nos critérios aplicáveis da concessionária local, registra: tipo de fornecimento (monofásico/bifásico/trifásico), proteção geral e seção mínima do condutor de entrada.

## **7. Balanceamento de cargas (quando aplicável)**

Apresenta a distribuição dos circuitos e um resumo das potências por fase, buscando o equilíbrio de potência.

## **8. Dimensionamento dos condutores**

Apresenta o dimensionamento por circuito contendo: potência, tensão, corrente de projeto e seção final selecionada, incluindo condutores neutro e de proteção.

## **9. Dimensionamento dos dispositivos de proteção**

Documenta a seleção do dispositivo de proteção por circuito, registrando o critério de coordenação entre corrente de projeto, corrente nominal do dispositivo e capacidade do condutor através das inequações normativas.

## **10. Resumo consolidado**

Consolida em tabelas finais: resumo por dependência, resumo por circuito, tabela completa de dimensionamento e resumo do fornecimento geral.

### **1.4.2 Rastreabilidade entre método e documento**

A estrutura do memorial é construída para manter correspondência direta com o pipeline descrito na Seção 3.3. Assim, cada tabela do memorial deriva de uma etapa do método (cargas → circuitos → condutores → proteções → fornecimento/balanceamento), permitindo auditoria e verificação dos resultados obtidos.

## **1.5 Estratégia de validação da metodologia**

A validação da metodologia proposta foi conduzida por meio de um estudo de caso, no qual os resultados gerados pelo método foram comparados com referências acadêmicas consolidadas no contexto de instalações elétricas residenciais. O objetivo dessa validação é

verificar se as saídas produzidas, tais como previsão de cargas mínimas, divisão em circuitos terminais, dimensionamento de condutores, seleção de dispositivos de proteção e, quando aplicável, balanceamento de fases, permanecem coerentes com os critérios normativos e com práticas de projeto utilizadas no ensino de engenharia elétrica.

### ***1.5.1 Base de referência e dados utilizados***

Como referência principal, foi adotado um projeto elétrico residencial disponibilizado em contexto didático no curso de instalações elétricas residenciais da Universidade Federal do Ceará (UFC), que inclui enunciado do projeto, solução de referência (gabarito do docente) e soluções típicas produzidas por discentes. Essa escolha se justifica por se tratar de material estruturado com finalidade pedagógica e alinhado às exigências normativas, permitindo uma comparação objetiva entre o resultado esperado e o resultado obtido pela metodologia.

A entrada do estudo de caso foi composta pelas informações essenciais do imóvel (ambientes e dimensões) e pelos parâmetros de fornecimento e premissas usuais de projeto (por exemplo, tensão e condições de instalação de referência), de modo a reproduzir condições equivalentes às utilizadas no exercício acadêmico.

### ***1.5.2 Critérios de avaliação e equivalência aceitável***

A comparação entre os resultados foi feita considerando dois níveis:

1. Conformidade normativa: verificação do atendimento aos requisitos e critérios prescritos na ABNT NBR 5410 aplicáveis às etapas contempladas no escopo do trabalho, incluindo a previsão de cargas mínimas, regras de pontos de tomada e pontos de iluminação, e requisitos de circuitos dedicados e separação funcional.
2. Equivalência de projeto (critério de projetista): reconhecimento de que, mesmo com atendimento normativo, podem existir variações legítimas de projeto. Assim, foram considerados equivalentes resultados que, embora não idênticos em todos os detalhes ao gabarito, permanecem tecnicamente aceitáveis.
3. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto .
4. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto .
5. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto .
6. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto .

Esse critério é relevante especialmente na divisão de circuitos, onde diferentes

agrupamentos podem ser adotados sem violar requisitos, desde que sejam respeitadas as regras de separação, exclusividade quando exigida e limites de potência/corrente aplicáveis.

## **REFERÊNCIAS**

## ÍNDICE

- Adobe
  - Illustrator, 22
  - Photoshop, 22
- CorelDraw, 22
- Gimp, 22
- InkScape, 22