

# **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA IEC 60364-8-1**

### **AGRADECIMENTOS**

O ICA/Procobre agradece o apoio das empresas fabricantes de cabos para a realização desta publicação.

### **APOIO**

NEXANS BRASIL S.A.

PRYSMIAN CABOS E SISTEMAS DO BRASIL S.A.

### **ESCLARECIMENTOS**

O presente documento foi redigido meramente para fins de informação e debate. As informações aqui presentes não devem ser consideradas e aplicadas em todas as circunstâncias, em virtude das características específicas de cada tipo de instalação e projeto.

O ICA/Procobre não se responsabilizará por qualquer dano ou prejuízo causado pelo uso das informações aqui contidas, uma vez que este documento não dispensa a consulta às Normas ABNT NBR da Associação Brasileira de Normas Técnicas, outras fontes normativas aplicáveis e o estudo da instalação ou projeto específico.

### **AUTORES**

Hilton Moreno  
Engenheiro eletricista, consultor do Procobre

José Starosta.  
Engenheiro eletricista, diretor da Ação Engenharia e Instalações

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **APRESENTAÇÃO**

O “Guia de Aplicação da Norma Técnica IEC 60364-8-1 – Eficiência Energética das Instalações Elétricas” foi elaborado para fornecer ao leitor ferramentas para aplicar os principais conceitos teóricos referentes a este documento.

O texto procura introduzir novas e relevantes visões sobre o tema, utilizando como critérios, além do dimensionamento técnico de cabos elétricos, também a eficiência energética e conceitos ambientalmente sustentáveis.

A elaboração deste Guia contou com o apoio dos fabricantes de cabos elétricos, os quais disponibilizaram seu acervo técnico a respeito das características dos cabos.

Este documento foi desenvolvido com base nas Normas IEC e ABNT NBR vigentes na data de sua publicação. Portanto, os leitores deverão complementar as informações resumidas aqui citadas e se atualizarem com as eventuais futuras revisões das Normas, não tendo este Guia a intenção de substituí-las.

Para facilitar a pesquisa bibliográfica, as fontes bibliográficas foram numeradas e a numeração de referência disposta no decorrer do texto da seguinte maneira: [1], [2], etc.

O ICA/Procobre espera que este trabalho possa facilitar a aplicação prescrições da norma IEC 60364-8-1. Caso haja necessidade de aprofundamento das informações, ao final do texto estão disponibilizadas as fontes utilizadas para sua elaboração.

Boa leitura!

Março 2019

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **INSTITUCIONAL - ICA/PROCOBRE**

A International Copper Association (ICA) é uma organização sem fins lucrativos com a missão de integrar, desenvolver, promover e defender o mercado do cobre por meio de funções de apoio, tais como: regulamentação, treinamento, comunicação, parceria, suporte técnico e inteligência de mercado.

Levando a mensagem de que o cobre é único e essencial, o ICA apoia e desenvolve pesquisas em várias áreas para a evolução das aplicações e tecnologias na indústria e para o crescimento do mercado. A sólida base de relacionamento com o governo, ONGs, órgãos reguladores, entidades afins e usuários permite a defesa dos interesses comuns, com atuação marcante em projetos, normas e regulamentações.

A International Copper Association, financiada por seus membros, vem atuando ao longo de muitos anos na defesa do uso do cobre. Como representante de seus associados, intercede persistentemente para garantir o acesso contínuo dos produtos derivados do cobre ao mercado, conquistando junto a eles um elevado nível de credibilidade e confiança.

Sua história remonta a mais de 50 anos e, atualmente, seus associados compreendem 39 empresas globais constituídas por mineradoras e fabricantes, representando boa parte da produção mundial de cobre. Com sede em Washington, D.C. nos EUA, o ICA possui escritórios regionais na Ásia, Europa, África, América Latina e América do Norte com atividades em aproximadamente 60 países.

Na América Latina, o ICA é representado pelo Procobre e atua no Brasil, Chile, México e Peru, países que, juntos, representam 90% do consumo de cobre da região. Além disso, a região responde por aproximadamente 50% da produção mundial do metal.

O ICA/Procobre disponibiliza importante conteúdo técnico e informativo por meio da plataforma Leonardo Energy, criado na Europa em 2001, cuja proposta é estabelecer uma economia sustentável baseada na eficiência energética e na energia renovável.

Também disponível no Brasil, o site oferece aos profissionais do setor elétrico e energético acesso a notícias, palestras, artigos e webinars sobre temas relacionados a eficiência energética, energias renováveis, gestão de energia, gestão de ativos, segurança com a eletricidade e sustentabilidade.

Este projeto é ferramenta indispensável para os profissionais técnicos, que podem se atualizar no que há de mais interessante nesse segmento, consultando os sites [www.procobre.org/pt](http://www.procobre.org/pt) e [www.leonardo-energy.org.br](http://www.leonardo-energy.org.br).

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. Considerações gerais.....	5
3. Parte 1: Escopo da norma .....	6
4. Parte 2: Referência normativas.....	6
5. Parte 3: Termos e definições.....	7
6. Parte 4: Generalidades.....	8
7. Parte 5: Setores de atividades.....	9
8. Parte 6: Requisitos de projeto e recomendações.....	9
9. Parte 7: Determinação de zonas, utilização e malhas.....	20
10. Parte 8: Sistema de gerenciamento de carga e eficiência energética.....	25
11. Parte 9: Manutenção e aumento do desempenho da instalação.....	26
12. Parte 10: Parâmetros para a implementação de medidas de eficiência.....	27
13. Parte 11: Ações.....	28
14. Parte 12: Processo de avaliação de instalações eléctricas.....	29
15. Anexo B (Informativo): Exemplo de um método para avaliar a eficiência energética de uma instalação eléctrica.....	29
16. BIBLIOGRAFIA.....	30

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **INTRODUÇÃO**

Publicada em outubro de 2014, a edição 1.0 da norma **IEC 60364-8-1: Low-voltage electrical installations – Part 8.1: Energy efficiency** (Instalações elétricas de baixa tensão – Parte 8-1: Eficiência energética) é um importante marco para a inclusão oficial das instalações elétricas de baixa tensão no rol dos temas que contribuem para a eficiência energética e, conseqüentemente, para a sustentabilidade.

Ela fornece requisitos e recomendações para a parte elétrica do sistema de gerenciamento de energia da ISO 50001 [1], apresentando requisitos e recomendações para projetar uma instalação adequada de modo a tornar possível o gerenciamento do seu desempenho pelos responsáveis da edificação ou pelo gerenciador de energia

Todos os requisitos e recomendações desta parte 8-1 complementam as prescrições das partes 1 a 7 da série de normas IEC 60364 [2]. Por sua vez, a série IEC 60364 é o documento que serve de base para a elaboração da norma ABNT NBR 5410 [3], que rege as instalações elétricas de baixa tensão no Brasil.

### **Considerações gerais**

Conforme o texto da norma, a otimização da utilização da energia elétrica pode ser facilitada mediante a adoção de adequadas considerações nas fases de projeto e instalação.

Uma instalação elétrica é capaz de prover um nível adequado de serviço e segurança com o menor consumo de energia elétrica possível. Além dos diversos parâmetros que são levados em consideração no projeto das instalações elétricas, nos dias de hoje também deve ser dada muita importância em focar as reduções das perdas no sistema e na sua utilização. Dessa forma, o projeto da instalação como um todo considera os dados de entrada dos usuários, fornecedores e distribuidoras de energia.

O documento considera que a taxa de construção de novas edificações quando comparada com as existentes é baixa, entre 2 % e 5 % anual, dependendo da situação da economia de cada local. É importante, conseqüentemente, que a norma IEC 60364-8-1 também se aplique às instalações elétricas existentes nas edificações, além de instalações novas. É exatamente na reforma das edificações antigas que melhorias globais significativas podem ser obtidas em eficiência energética.

A eficiência é verificada por medições durante toda a vida da instalação elétrica. Isso ajuda a identificar oportunidades para quaisquer melhorias e correções, que podem ser implementadas por investimentos importantes de uma só vez ou parcelados.

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

O objetivo da norma é fornecer elementos para o projeto de uma instalação elétrica eficiente, que permita estabelecer um processo de gerenciamento de energia de modo a atender às necessidades dos usuários com investimentos aceitáveis.

O documento começa com a apresentação de diferentes medidas para assegurar uma instalação energeticamente eficiente baseada em redução do consumo (em kWh). A seguir, ele provê orientações para priorizar as medidas em função do retorno de investimento.

A IEC 60364-8-1 tem 12 partes e 2 anexos, conforme descrito a seguir.

### **Parte 1: Escopo da norma**

A IEC 60364-8-1 apresenta requisitos adicionais, medidas e recomendações para o projeto, instalação e verificação de todos os tipos de instalações elétricas de baixa tensão, incluindo a produção e armazenamento local de energia, visando a otimização da eficiência global do emprego da eletricidade.

Ela apresenta os requisitos e recomendações para o projeto de uma instalação elétrica dentro do contexto de uma abordagem de gerenciamento da eficiência energética a fim de obter o melhor serviço e resultado funcional possível, com o menor consumo de energia elétrica e com o melhor equilíbrio aceitável entre a disponibilidade de energia e a economia obtida.

Os requisitos são aplicáveis às instalações novas e às reformas de instalações existentes, dentro do escopo geral da série IEC 60364, que é a base da norma ABNT NBR 5410.

Essa Norma aplica-se à instalação elétrica da edificação e não se aplica a produtos. A eficiência energética de produtos elétricos e seus requisitos operacionais são tratados pelas respectivas normas e regulamentos de produtos.

Importante destacar que a Norma, apesar de abordar temas de gerenciamento de energia de uma forma geral, não trata especificamente de sistemas de automação predial.

### **Parte 2: Referência normativas**

Além de citar várias partes da série IEC 60364 (que servem de base para a ABNT NBR 5410), a Parte 2 do documento faz referência às normas IEC 60034-30 [4] e IEC 60287-3-2 [5], respectivamente as normas de eficiência energética de motores elétricos (ainda sem equivalente na ABNT) e de dimensionamento

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

econômico de condutores elétricos, que está publicada no Brasil como ABNT NBR 15920 [6].

No Brasil, a eficiência energética de motores é tratada tecnicamente na série de normas ABNT NBR 17094 sobre Motores de indução trifásicos e regulamentada através da Portaria do Inmetro nº 488, de 08 de dezembro de 2010. Em resumo, essa portaria foi publicada para atender ao Decreto Presidencial nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002, que dispõe sobre a regulamentação específica, definindo os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil. Levou em conta também a Portaria Interministerial nº 553, de 08 de dezembro de 2005, assinada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e Ministério de Minas e Energia – MME, que contempla o Programa de Metas dos motores elétricos de indução trifásicos e estabelece que os níveis mínimos de rendimento nominal não tenham a distinção entre as linhas padrão e alto rendimento.

### **Parte 3: Termos e definições**

Os principais termos e definições apresentados na IEC 60364-8-1 são os seguintes:

- **Perfil de energia da carga:** energia elétrica consumida durante um período especificado por uma malha ou um grupo de malhas.
- **Perfil da eficiência da energia elétrica:** conjunto de critérios que definem a eficiência da energia elétrica de uma instalação elétrica.
- **Utilização racional da energia:** utilização da energia por parte dos consumidores da forma mais adequada para a realização dos objetivos econômicos, tendo em conta as restrições técnicas, sociais, políticas, financeiras e ambientais.
- **Gerenciamento e eficiência da energia elétrica:** abordagem sistêmica para otimizar a eficiência da energia utilizada para realizar um dado serviço, atividade ou função e cuidando dos insumos para atender as necessidades do usuário e dos distribuidores de energia e o preço da energia, a disponibilidade de armazenamento local ou a geração de energia elétrica.
- **Medidas ativas de eficiência de energia elétrica:** medidas para a otimização da energia elétrica produzida, armazenada, que circula e é consumida por uma instalação elétrica para o melhor serviço permanente funcionalmente equivalente.
- **Medidas passivas de eficiência de energia elétrica:** medidas para a escolha de parâmetros de equipamentos elétricos (tipo, localização etc.) com

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

a finalidade de aumentar a eficiência global da energia elétrica da instalação elétrica, porém sem afetar os parâmetros iniciais de construção do equipamento, tais como a limitação da entrada de ar ou água, isolamento térmica, e outras partes da estrutura da edificação.

### **Parte 4: Generalidades**

Em **4.1.1 - Segurança das instalações elétricas**, o texto da Norma é muito claro no sentido de que as prescrições da IEC 60364-8-1 não devem cancelar ou se sobrepor aos requisitos das outras partes da IEC 60364 (ABNT NBR 5410, no Brasil). Dessa forma, a segurança das pessoas, do patrimônio e dos animais domésticos permanecem como prioridade. No caso de conflitos entre as prescrições de segurança (ABNT NBR 5410) e de eficiência energética (IEC 60364-8-1), sempre prevalecerá a segurança.

Nesta mesma linha de raciocínio, o documento acrescenta que as medidas ativas de eficiência de energia elétrica não devem prejudicar as medidas passivas da edificação (ver definições de medidas ativas e passivas na parte 3 anterior). Por exemplo, se uma medida para melhorar a eficiência energética da instalação elétrica implicasse em realizar furos no invólucro de uma caixa, furos estes com dimensões tais que permitissem a passagem de um dedo (alterando assim o grau de proteção do invólucro), então tal medida não seria apropriada.

Em **4.1.2 - Disponibilidade da energia elétrica e decisão do usuário**, o texto aponta que o gerenciamento da eficiência energética não deve reduzir a disponibilidade de energia e/ou dos serviços ou da operação abaixo dos níveis desejados pelo usuário.

A norma indica que o usuário da instalação deve ser capaz de tomar a decisão final a respeito de aceitar ou não o uso de um serviço em seu valor nominal, ou em um valor otimizado ou até por não usar esse serviço por um certo tempo.

A qualquer momento o usuário deve ser capaz de decidir por si próprio como usar o serviço dentro de sua necessidade, estando ciente de que esse uso pode ser mais caro do que o esperado sob o ponto de vista da energia elétrica.

O documento apresenta dois exemplos para ilustrar essa situação: se alguém fica doente, o usuário pode decidir aquecer o quarto a uma temperatura mais elevada, mesmo durante o pico do consumo; se uma empresa recebe uma ordem para entrega urgente, a oficina pode precisar trabalhar em horário imprevisto, aumentando assim o consumo de energia.

Em **4.1.3 - Requisitos de projeto e recomendações**, o documento estabelece que os princípios a serem aplicados aos projetos realizados conforme a Norma IEC 60364-8-1 devem considerar alguns aspectos, porém sempre mantendo a qualidade do serviço e o desempenho da instalação elétrica. São eles:

- Perfil de energia das cargas;



## GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- Disponibilidade de geração local (solar, eólica, grupo gerador etc.);
- Redução das perdas de energia na instalação elétrica;
- Disposição dos circuitos em relação à eficiência energética (malhas);
- Utilização da energia conforme a necessidade do cliente;
- Estrutura tarifária oferecida pela distribuidora de energia elétrica.

### Parte 5: Setores de atividades

Para uma abordagem geral da eficiência energética, a Norma identifica quatro setores, cada qual com suas características particulares que requerem metodologias específicas para a implementação da eficiência energética, conforme a seguir:

- **Edificações residenciais** (habitações): locais projetados e construídos para habitação privada.
- **Edificações comerciais**: locais projetados e construídos para operações comerciais. Por exemplo, escritórios, varejo, lojas de distribuição, edificações públicas, bancos, hotéis.
- **Edificações industriais**: locais projetados e construídos para operações de fabricação e de transformação. Por exemplo, fábricas, oficinas, centros de distribuição.
- **Infraestrutura**: sistemas ou locais projetados e construídos para as operações de transporte ou de serviços públicos. Por exemplo, terminais de aeroportos, instalações portuárias, terminais de transporte rodoviários e ferroviários.

### Parte 6: Requisitos de projeto e recomendações

Esta Parte 6 é onde efetivamente são apresentados os requisitos técnicos que devem ser considerados nos projetos realizados conforme a IEC 60364-8-1.

Em **6.1 – Generalidades**, afirma-se que, para a aplicação da Norma, devem ser tratados os seguintes temas:

- Perfil de energia da carga (conforme 6.2 a seguir);
- Minimização das perdas de energia na instalação elétrica através das seguintes medidas:
  - ✓ localização ótima da subestação AT/BT (se houver);
  - ✓ posição ótima da fonte local de geração de energia (se houver);

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

- ✓ localização do(s) quadro(s) de distribuição no baricentro;
- ✓ reduções das perdas nos condutores provocadas por queda de tensão, efeito joule, fator de potência e harmônicas.

Esses temas são tratados em 6.3 a 6.7 do documento e estão descritos a seguir.

### **6.2 Perfil de energia das cargas**

As principais cargas da instalação deverão ter sua potência em kW determinadas junto com os respectivos tempos de operação e/ou com a estimativa anual de consumo de cada carga (kWh). Este levantamento será utilizado principalmente no cálculo do baricentro da instalação e na concepção do sistema de gerenciamento de energia.

Importante notar que, diferentemente do dimensionamento usual da instalação elétrica considerando-se a ABNT NBR 5410, onde é requerido apenas o conhecimento da potência da carga (em kVA ou kW), quando o assunto é energia, como na aplicação da IEC 60364-8-1, a determinação do “tempo” de utilização da carga é fundamental para o correto desenvolvimento do projeto.

Deve também ser observado que o documento menciona a determinação da potência e tempo apenas das “principais cargas da instalação”, não sendo necessário o levantamento detalhado de todas as cargas, como, por exemplo, aquelas dos circuitos terminais de tomadas de uso geral, de alguns circuitos de iluminação de baixa carga e assim por diante. Uma maneira prática de lidar com essas cargas individualmente baixas é tratá-las como blocos de cargas reunidos, por exemplo, em um quadro de distribuição ou em um quadro terminal.

### **6.3 Localização otimizada da subestação AT/BT e dos quadros de distribuição pelo método do baricentro**

Para manter as perdas reduzidas, os transformadores e quadros de distribuição deverão ser localizados, quando viável, o mais próximo possível das maiores cargas. O **Anexo A** da Norma, que será apresentado a seguir, fornece exemplos para determinação do baricentro de uma instalação elétrica.

#### **Anexo A (Informativo): Determinação da localização do transformador e painéis de distribuição**

Ao projetar uma instalação, deve-se considerar a localização de transformadores e painéis de distribuição tão próximos quanto possível dos equipamentos e sistemas de alto consumo de energia, a fim de minimizar as perdas no sistema de distribuição elétrica da instalação.

O Método do baricentro fornece uma maneira de definir o local mais eficiente dos transformadores e painéis em uma instalação, do ponto de vista de energia, graças à redução das perdas elétricas.

## GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O objetivo deste método é instalar o transformador e os painéis de distribuição em locais que são calculados com base no peso relativo do consumo de energia das cargas, de modo que a distância a uma carga com consumo de energia mais elevado é menor que a distância a uma carga de menor consumo de energia.

A localização do transformador ou dos painéis por este método somente leva em consideração a eficiência energética. Isso pode resultar em conflitos com outros aspectos da edificação ou estrutura, como interferências com vigas, colunas, paredes, portas e janelas ou com outras utilidades, como gás, hidráulica, vapor, incêndio etc. Além disso, considerações estéticas ou arquitetônicas também podem dificultar, ou até mesmo inviabilizar, a localização dos equipamentos exatamente no baricentro calculado. Nessa situação, respeitando-se as interferências, o transformador e painéis devem sempre ser instalados o mais próximo possível do baricentro calculado. Com isso não são atingidos os requisitos ótimos de eficiência energética, mas pode-se chegar próximo deles.

Pelo Método do baricentro, cada carga deve ser identificada:

- pelas coordenadas de sua localização:  $(x_i, y_i)$  ou  $(x_i, y_i, z_i)$  dependendo dos dados estarem disponíveis em duas ou três dimensões;
- pelo consumo anual estimado  $EAC_i$  (em kWh).

(EAC: Estimated Annual Consumption)

De acordo com a Norma, nos casos em que a estimativa do consumo anual é desconhecida, convém que a potência da carga em kVA ou kW seja utilizada em substituição.

Apesar dessa recomendação, é preciso atenção na utilização da potência no lugar do consumo para a determinação do baricentro levando em conta a eficiência energética. Isso porque, às vezes, cargas de elevada potência podem operar por curtos períodos, enquanto que cargas de média ou baixa potência operam por longos tempos, o que pode levar a resultados completamente diferentes quando o cálculo do baricentro é feito por energia (kWh) ou potência (kVA). Como a IEC 60364-8-1 é uma norma de “energia”, todo esforço deveria ser feito para calcular o baricentro a partir do consumo anual estimado.

Deve-se notar que, embora a norma mencione “consumo anual estimado”, o cálculo pode ser feito em outra base de tempo, como mensal ou semanal, caso o regime de operação da carga se repita uniformemente ao longo do tempo. Neste caso, obviamente, todas as cargas devem ser expressas na mesma base, seja anual, mensal, semanal etc.

A localização do baricentro definida pelas suas coordenadas  $(x_b, y_b, z_b)$  ou  $(x_b, y_b)$  deve ser determinada pela seguinte fórmula:

## GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

$$(x_b, y_b, z_b) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i, y_i, z_i) \cdot EAC_i}{\sum_{i=1}^{i=n} EAC_i}$$

ou

$$(x_b, y_b) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i, y_i) \cdot EAC_i}{\sum_{i=1}^{i=n} EAC_i}$$

O exemplo a seguir foi retirado na íntegra da própria IEC 60364-8-1 e ilustra a aplicação do Método do baricentro.

Exemplo: cálculo do baricentro de uma fábrica que tem as seguintes cargas (Figura 1):

- 1) Estoque Logístico  $EAC_1 = 120$  kWh, na posição  $x_1 = 4$  m;  $y_1 = 4$  m
- 2) Utilidades  $EAC_2 = 80$  kWh, na posição  $x_2 = 9$  m;  $y_2 = 1$  m
- 3) Escritório  $EAC_3 = 20$  kWh, na posição  $x_3 = 9$  m;  $y_3 = 8$  m
- 4) Produção  $EAC_4 = 320$  kWh, na posição  $x_4 = 6$  m;  $y_4 = 12$  m

De acordo com a fórmula anterior, a posição  $x$  do baricentro é dada por:

$$x_b = \frac{4 \text{ m} \cdot 120 \text{ kWh} + 9 \text{ m} \cdot 80 \text{ kWh} + 9 \text{ m} \cdot 20 \text{ kWh} + 6 \text{ m} \cdot 320 \text{ kWh}}{120 \text{ kWh} + 80 \text{ kWh} + 20 \text{ kWh} + 320 \text{ kWh}} = 6,11 \text{ m}$$

De forma semelhante, a posição  $y$  do baricentro é dada por:

$$y_b = \frac{4 \text{ m} \cdot 120 \text{ kWh} + 1 \text{ m} \cdot 80 \text{ kWh} + 8 \text{ m} \cdot 20 \text{ kWh} + 12 \text{ m} \cdot 320 \text{ kWh}}{120 \text{ kWh} + 80 \text{ kWh} + 20 \text{ kWh} + 320 \text{ kWh}} = 8,44 \text{ m}$$

## GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A localização resultante do baricentro é mostrada na Figura 1, no ponto B.

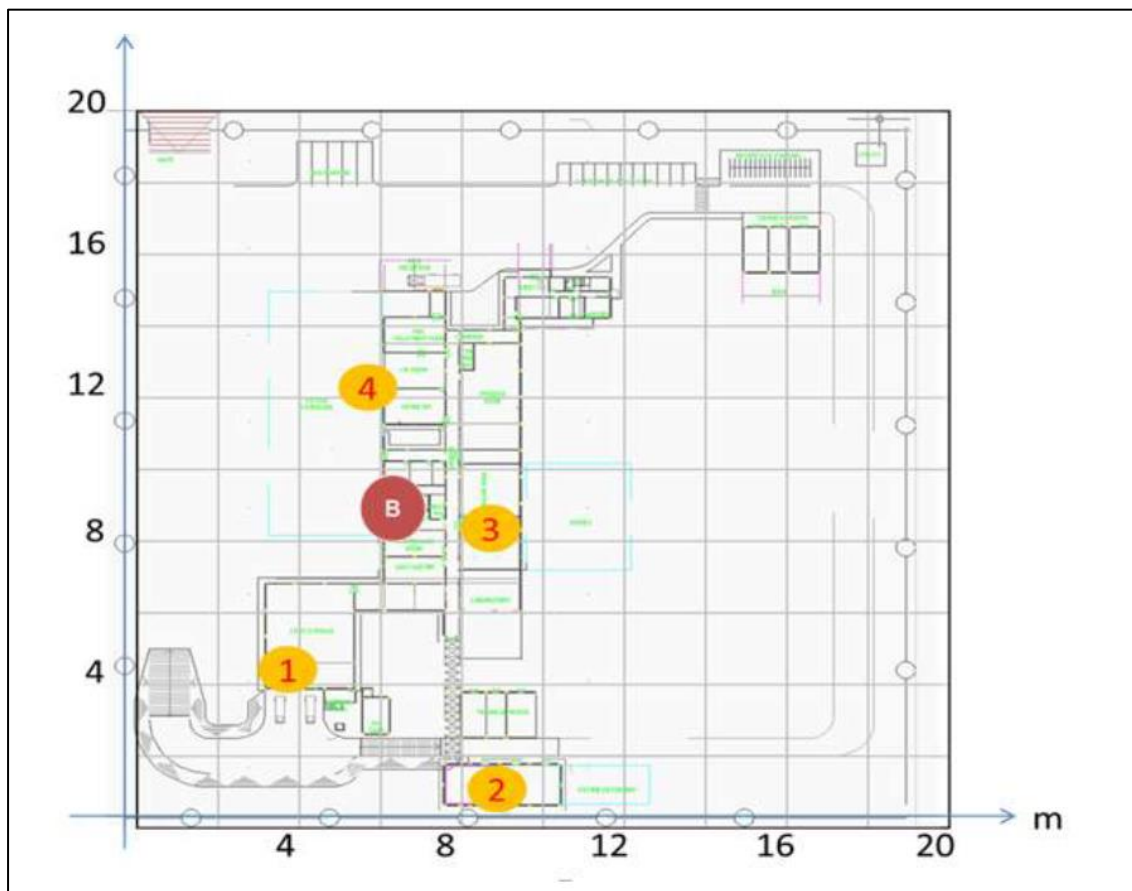


Figura 1: Planta baixa de fábrica com as cargas previstas e o baricentro calculado (ponto B)

### 6.4 Subestação AT/BT

#### 6.4.1 Generalidades

Neste capítulo, a norma aborda o número ótimo de subestações para uma determinada instalação, o ponto de trabalho ideal dos transformadores e considera ainda a eficiência energética dessas máquinas, recomendando o emprego de transformadores de alto rendimento.

#### 6.4.2 Número ótimo de subestações AT/BT

A Norma aconselha que, se o baricentro calculado estiver localizado na lateral de uma edificação, uma subestação deverá ser instalada o mais próximo possível deste baricentro. **No caso de o baricentro resultar no meio da edificação, pelas razões indicadas anteriormente, poderá não ser possível localizar uma única subestação próxima do centro da carga.** Nesta situação, é conveniente dividir a carga, por exemplo, em diferentes zonas, e então calcular o baricentro de cada zona, localizando a seguir as diferentes subestações o mais próximo possível desses baricentros.

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **6.4.3 Ponto de operação do transformador e 6.4.4 Eficiência do transformador**

A eficiência energética máxima de um transformador ocorre quando as perdas no ferro são iguais às perdas no cobre, o que geralmente acontece, segundo a IEC 60364-8-1, entre 25 % e 50 % da potência máxima do transformador.

Por exemplo, para uma demanda da instalação estimada em 630 kVA, a escolha de um transformador de 1.250 kVA resultaria em sua operação próxima da eficiência energética máxima em torno de 625 kVA (50 % de 1.250 kVA). A escolha de um transformador de 750 kVA, por exemplo, levaria o transformador a operar com 84 % ( $630 / 750 \times 100$  %) da potência máxima, longe do ponto de eficiência energética máxima do equipamento.

No exemplo anterior, a escolha de um transformador com classe de melhor eficiência energética resulta naturalmente em aumento de custo. No entanto, o tempo de retorno do investimento pode ser relativamente curto (poucos anos) em comparação com a vida média do transformador (mais de 25 anos).

Além disso, quando localizados no interior de edificações, os transformadores energeticamente eficientes podem reduzir o consumo de energia do ar condicionado ou da ventilação mecânica necessária para limitar a temperatura ambiente no local do transformador.

Por se tratar de um equipamento de elevado valor e dimensões, cujo impacto na obra é muito grande, recomenda-se que o cálculo preciso da eficiência energética de um transformador sempre seja feito através de uma norma técnica apropriada, como a IEC/TS 60076-20 [7] ou o Guia NEMA TP1 [8].

### **6.7 Perdas nos condutores elétricos**

#### **6.7.1 Queda de tensão**

Deve ser atendido o requisito sobre a queda de tensão máxima admitida na instalação conforme a prescrição da IEC 60364-5-52. No caso do Brasil, esses limites são indicados na ABNT NBR 5410 (5 % ou 7 % no total, dependendo de a alimentação ser pela distribuidora ou por geração/transformação própria).

A redução da queda de tensão nos condutores é obtida através da redução das perdas nos condutores. Isso pode ser conseguido pelo aumento da seção nominal dos cabos ou pela redução do comprimento do circuito, quando o transformador ou painéis são localizados próximo ao baricentro.

#### **6.7.2 Seções nominais dos condutores**

A função de um cabo de potência é conduzir a energia elétrica da forma energeticamente mais eficiente e ambientalmente mais amigável possível desde a fonte até o ponto de utilização [9]. No entanto, devido à sua resistência elétrica, o cabo dissipa, na forma de calor (perda joule), uma parte da energia

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

transportada, de forma que uma eficiência de 100 % não é obtida neste processo. Em consequência, essa perda irá requerer a geração de uma energia adicional.

A energia dissipada por estes cabos precisa ser paga por alguém, transformando-se assim em um acréscimo nos custos operacionais do equipamento que está sendo alimentado e da instalação elétrica como um todo. Esta sobrecarga financeira se estende por toda a vida útil do processo envolvido.

O custo da energia tem um peso cada vez mais importante nos custos operacionais das edificações comerciais e industriais. Neste sentido, todos os esforços possíveis devem ser feitos para conter gastos desnecessários.

Desta forma, mantidas todas as demais características da instalação, a maneira mais adequada de reduzir as perdas joule nos fios e cabos é aumentar a seção nominal dos condutores elétricos. No entanto, como isto significa aumentar o custo inicial do cabo, seus acessórios, linhas elétricas e mão de obra de instalação, é interessante encontrar um compromisso entre estas duas variáveis (redução nas perdas versus o aumento do custo inicial da instalação).

A melhor ocasião para se considerar a questão das perdas joule numa instalação elétrica é na etapa de projeto, quando custos adicionais são marginais. É fácil compreender que, após sua instalação, é muito mais difícil e caro incorporar melhorias a um circuito.

A questão central neste assunto é identificar uma seção de condutor que reduza o custo da energia desperdiçada, sem incorrer em custos iniciais excessivos de compra e instalação de um cabo. Um método de cálculo para essa finalidade pode ser encontrado na IEC 60287-3-2 que, no Brasil, corresponde à norma ABNT NBR 15920.

Existem algumas situações onde o emprego de tais critérios é particularmente mais interessante, tais como aquelas que envolvem circuitos com cargas relativamente elevadas, que funcionam por longos períodos durante o dia. São os casos de alimentadores de quadros de distribuição, quadros de luz, alimentação de motores elétricos, torres de resfriamento, ar condicionado, dentre outros, facilmente encontrados, por exemplo, em shopping centers, indústrias em geral, hospitais, edifícios comerciais e públicos, portos, aeroportos, estádios e ginásios esportivos, dentre outros.

De acordo com a ABNT NBR 15920:

- para combinar os custos de compra e instalação com os custos de perdas de energia que surgem durante a vida econômica de um cabo, é necessário expressá-los em valores econômicos comparáveis, que são os valores que se referem ao mesmo ponto no tempo. É conveniente usar a data de compra da instalação como este ponto e referi-lo como “presente”. Os custos “futuros” das perdas de energia são então convertidos ao seu equivalente “valor

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

presente”. Isto é feito pelo processo de amortização, e a taxa de amortização está ligada ao custo do dinheiro.

- nas prescrições da referida norma, a inflação foi omitida considerando que afetará tanto o custo do dinheiro como o custo da energia. Se estes itens forem considerados para o mesmo período de tempo e o efeito da inflação for aproximadamente o mesmo para ambos, a escolha de uma seção econômica pode ser feita satisfatoriamente sem introduzir a complicação adicional da inflação.
- para calcular o valor presente do custo das perdas é necessário escolher valores apropriados ao futuro desenvolvimento da carga, aumentos anuais do preço do kWh e uma taxa de desconto anual pela vida econômica do cabo que poderia ser de 25 anos ou mais.
- as fórmulas propostas na norma são diretas, mas em sua aplicação deve ser dada a devida consideração à hipótese de que os parâmetros financeiros assumidos permanecerão inalterados durante a vida econômica do cabo.
- na norma, há duas abordagens para o cálculo da seção econômica, baseadas nos mesmos conceitos financeiros. A primeira, na qual uma série de seções de condutores está sendo considerada, é calcular uma gama de correntes econômicas para cada uma das seções de condutor previstas para as condições de instalação específica e então selecionar aquela seção cuja faixa contém o valor requerido para a carga. Esta abordagem é apropriada quando várias instalações semelhantes estão sendo consideradas. A segunda abordagem, que pode ser mais satisfatória quando uma única instalação está envolvida, é calcular a área da seção transversal ótima para carga exigida e então selecionar a seção nominal do condutor mais próxima.

### **6.7.3 Correção do fator de potência**

Mantida a potência ativa de uma carga, a redução do consumo de energia reativa junto a ela (aumento do fator de potência) reduz as perdas térmicas nos condutores do respectivo circuito.

O tratamento do tema relativo à compensação de energia reativa [10], que até anos atrás podia considerar uma condição de fontes constantes alimentando cargas com perfis “comportados” e com características praticamente lineares, deve ser expandido em abordagens que considerem necessariamente:

- Comportamento da carga na instalação (variação e curva de carga);
- Característica de não-linearidade da carga, seu conteúdo harmônico;
- Possíveis fontes distintas que alimentarão as mesmas cargas;
- Impacto da compensação reativa na instalação;
- Regulamentação tarifária e cobrança da energia reativa excedente pelas concessionárias de energia;
- Impactos na eficiência energética e custos operacionais;
- Impactos na qualidade de energia e aspectos relativos à produtividade.



## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

A injeção de reativos é uma valiosa ferramenta para a melhoria da regulação de tensão, melhoria da eficiência de equipamentos, redução de perdas e das correntes elétricas nos circuitos de instalações industriais e comerciais de grande porte. O simples tratamento de questões relativas ao dimensionamento de capacitores de forma a injetar energia reativa de acordo com aquela consumida pela carga não basta, devendo também ser consideradas outras características da instalação.

É muito importante observar que a metodologia e o projeto de compensação de energia reativa deve necessariamente considerar cuidadosamente o perfil de carga da instalação, pois a simples análise do fator de potência médio induzirá, na maioria dos casos, a escolha de solução inadequada. Este perfil de carga pode ser obtido com o uso de instrumento adequado pelo próprio consumidor, ou, em muitos casos, pode ser solicitado para as distribuidoras.

O baixo fator de potência das instalações pode ser devido a diversas causas, sendo as principais:

- motores de indução operando em vazio ou sobrecarregados;
- transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas;
- lâmpadas de descarga;
- grande quantidade de motores de pequena potência;
- tensão acima da nominal.

A forma clássica aplicada para a elevação do fator de potência é com a instalação de sistemas de compensação de energia reativa composto por capacitores conectados junto à carga ou centralizados.

Em instalações que possuem equipamentos cujas potências absorvidas sejam variáveis que possam levar o fator de potência a valores indesejáveis, justifica-se a utilização da compensação automática por capacitores, aplicada globalmente ou a setores da instalação, conforme o caso.

A forma de ligação dos capacitores nos diversos pontos da instalação definirá como a injeção da energia reativa será efetuada. Os capacitores podem ser constituídos por células fixas (ou bancos fixos), automáticos (com manobra eletromecânica ou estática) ou semiautomáticos.

Uma outra maneira de lidar com o baixo fator de potência é através da chamada “compensação estática de energia reativa” ou “compensação de energia reativa em tempo real”. Isto é particularmente útil nas instalações elétricas com cargas extremamente variáveis (soldas, prensas, elevadores, guindastes, injetoras e outras), uma vez que a injeção de energia reativa deve ser efetuada da mesma forma que é consumida. Bancos automáticos convencionais não possuem velocidade para tal, sendo necessário que os capacitores sejam manobrados por elementos estáticos.

As principais características do sistema de compensação estática são:

- tempos de manobra desde 1 ciclo;

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

- isenção de transientes de manobra;
- possibilidade de compensação reativa monofásica;
- eficiência na regulação de tensão;
- equivalência entre as potências ativa e aparente;
- compensação de flicker.

Importante notar que a ressonância harmônica causa a circulação das correntes harmônicas entre as fontes e capacitores, aumentando a distorção de tensão e as perdas. Portanto recomenda-se o uso de sistemas antirressonantes ou sintonizados, conforme o caso.

### **6.7.4 Redução dos efeitos das correntes harmônicas**

As distorções harmônicas são decorrentes da presença de equipamentos eletrônicos caracterizados como cargas não lineares nas instalações elétricas, como computadores pessoais, lâmpadas LED, reatores eletrônicos, drives, variadores de velocidade e fontes de alimentação em geral, que têm seu funcionamento baseado em componentes de eletrônica de potência tais como diodos, tiristores, transistores, triacs, diacs etc.

É incontestável que todos esses equipamentos simplificam a execução de nossas tarefas, aumentam a produtividade, oferecem momentos de lazer, dentre outras vantagens, porém trazem consigo o inconveniente de provocar deformações nas formas de onda presentes nas instalações elétricas, o que resulta nas chamadas tensões e correntes harmônicas.

Uma tensão ou corrente harmônica pode ser definida como um sinal senoidal cuja frequência é múltipla inteira da frequência fundamental do sinal de alimentação.

Os principais efeitos produzidos numa instalação elétrica submetida à presença de correntes harmônicas são os seguintes:

- Aquecimentos excessivos: trata-se de um dos efeitos mais importantes provocados pelas harmônicas, podendo afetar os condutores fase e neutro, enrolamentos de transformadores, motores e geradores, disparos de relés térmicos etc.;
- Disparos de dispositivos de proteção: alguns sinais harmônicos podem apresentar pequenos valores eficazes, mas elevados valores de pico (portanto, elevado fator de crista), o que, pela ação de um elevado campo magnético instantâneo, pode provocar a atuação dos dispositivos magnéticos de disjuntores e dispositivos DR;
- Ressonâncias: dada a natureza, em geral, predominantemente indutiva das instalações elétricas, toda vez que uma capacitância é instalada (por exemplo, bancos de capacitores para correção de fator de potência) na rede, forma-se naturalmente um circuito LC que, como se sabe, possui uma frequência de ressonância quando  $X_L = X_C$ ;

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

- Vibrações e ruídos: as forças magnéticas resultantes da circulação das correntes harmônicas tendem a provocar um aumento nas vibrações e nos ruídos produzidos por diversos componentes da instalação, particularmente transformadores, motores, geradores e barramentos;
- Interferências (compatibilidade) eletromagnéticas: algumas correntes que circulam pelas instalações podem conter harmônicas de ordem elevada (altas frequências) que podem causar interferências eletromagnéticas (sobretudo irradiadas) em redes de dados e de comunicações, circuitos de controle, comando e sinalização, estações de rádio e televisão etc.;
- Aumento da queda de tensão: como correntes harmônicas em diversas frequências circulam pela instalação, além da fundamental, diversas quedas de tensão, cada uma na sua correspondente frequência, são verificadas, resultando num aumento da queda de tensão total da instalação, o que pode afetar significativamente o funcionamento de muitos aparelhos;
- Redução no fator de potência da instalação: as potências reativas introduzidas na rede pela circulação das correntes harmônicas contribuem para uma redução no fator de potência quando comparado a uma situação onde existisse apenas a fundamental;
- Aumento da queda de tensão entre neutro e terra: particularmente no caso de circuitos trifásicos com neutro, a presença de terceiras harmônicas e suas múltiplas inteiras, podem provocar elevadas correntes no neutro e, conseqüentemente, elevadas quedas de tensão entre ele e a terra, o que muitas vezes não é aceitável por fornecedores de equipamentos de tecnologia de informação (computadores, por exemplo);
- Redução na vida útil da instalação: a circulação das várias correntes harmônicas pelos componentes da instalação provoca, por efeito joule, um aumento generalizado das temperaturas de funcionamento destes componentes. Como para todos os produtos elétricos existe uma relação direta entre aumento de temperatura e redução de vida útil, este talvez seja um dos efeitos mais danosos provocados pelas harmônicas, uma vez que ele é silencioso.

Dentre as principais providências a serem tomadas em projeto para levar em conta a presença de harmônicas destacam-se:

- Considerar as componentes harmônicas na determinação da corrente de projeto de um circuito;
- Considerar as componentes harmônicas no cálculo da queda de tensão nos vários circuitos terminais e de distribuição;

## GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- Considerar as componentes harmônicas na seleção dos dispositivos de proteção em geral (disjuntores, fusíveis, DR etc.);
- Considerar as componentes harmônicas no arranjo dos cabos e das linhas elétricas, particularmente de modo a evitar ou minimizar as interferências eletromagnéticas em outras instalações como as de comando, controle, sinalização, alarme, comunicação, dados, voz, imagem etc.;
- Considerar as componentes harmônicas no dimensionamento dos condutores fase e neutro;
- Considerar as componentes harmônicas no dimensionamento, seleção e especificação de transformadores;
- Considerar as componentes harmônicas na indicação dos meios mais apropriados para a correção do fator de potência;
- Considerar as componentes harmônicas na seleção e especificação de produtos e componentes elétricos com baixa emissão de harmônicas, evitando assim a poluição das redes.

No caso particular das perdas elétricas devido às harmônicas nos condutores elétricos, a norma IEC 60364-8-1 aponta que a redução do efeito das harmônicas pode ser obtida pelo aumento da seção nominal dos condutores.

A norma ABNT NBR 5410 traz prescrições para o dimensionamento dos condutores de fase e neutro na presença de harmônica.

A norma IEC 60364-8-1 indica ainda que a redução de harmônicas na carga, por exemplo, pela seleção de produtos que não geram harmônicas, reduz as perdas térmicas nos condutores. Além disso, a redução de harmônicas pode ser obtida com a instalação de filtros de harmônicas nos respectivos circuitos da carga.

Exemplos de dimensionamento dos condutores e informações sobre produtos com baixa emissão de harmônicas e conteúdo sobre a utilização de filtros podem ser obtidos na publicação (14) indicada na Bibliografia.

### Parte 7: Determinação de zonas, utilização e malhas

Em 7.1 é estabelecido que uma **zona** é uma área (ou uma superfície) que define parte de uma instalação.

Conforme indicado na Norma, exemplos de uma zona podem ser uma cozinha de 20 m<sup>2</sup> ou uma área de armazenamento de 500 m<sup>2</sup>.

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

O conceito de “zona” é fundamental para o projeto do sistema de gerenciamento de energia, uma vez que ele irá delimitar a região específica dentro da instalação que será monitorada e controlada. Uma determinada edificação pode ter uma ou várias zonas, não havendo limite para essa quantidade.

O critério para a determinação das zonas geralmente considera o tipo de atividade e o correspondente uso da eletricidade nesse local. Por exemplo, em um hotel poderiam ser escolhidas as seguintes zonas: (1) apartamentos dos hóspedes; (2) cozinha e restaurante; (3) lavanderia; (4) área de eventos e convenções; (5) área administrativa; (6) garagens; (7) áreas comuns de circulação de funcionários e hóspedes.

Essa classificação leva em conta que cada uma das zonas possui características próprias e distintas das outras em relação ao consumo de eletricidade, seja na quantidade, na duração, na qualidade da energia necessária, na continuidade do fornecimento requerida e assim por diante. Entender claramente essas diferenças entre as necessidades de cada zona é fundamental para a concepção das medidas de eficiência energética e gerenciamento de energia de cada área.

O item 7.2 trata da determinação das utilizações dentro das zonas identificadas, ou seja, refere-se a um tipo de aplicação da eletricidade, como iluminação, aquecimento, ar condicionado e refrigeração, motores, geração de água quente ou água gelada, geração de vapor etc.

Uma vez definidas as zonas de uma instalação elétrica, é muito importante classificar a “utilização” da energia dentro de cada uma delas. Essa classificação será determinante para adequado entendimento e detalhamento das medidas a serem tomadas para melhorar a eficiência energética e para o projeto dos componentes do sistema de gerenciamento de energia.

Ainda tomando como exemplo o hotel, dentro da “zona dos apartamentos dos hóspedes”, há pelo menos três tipos de utilização: iluminação, força (tomadas e eventualmente chuveiro elétrico) e ar condicionado. No caso da “zona das garagens”, provavelmente a utilização principal seja relativa apenas à iluminação, enquanto que, na “zona da lavanderia”, as principais utilizações são de motores e aquecimento.

Em 7.3 são determinadas as malhas, sendo que uma malha é um grupo de equipamentos elétricos alimentados por um ou mais circuitos da instalação elétrica para uma ou mais zonas, incluindo um ou mais serviços, visando a eficiência da energia elétrica.

Na prática, uma malha é um circuito elétrico, ou um grupo de circuitos, identificados com os respectivos equipamentos de utilização, adequada para o gerenciamento da eficiência energética.

As malhas devem ser gerenciadas para utilizar a energia elétrica de modo a sempre atenderem a plena necessidade, considerando fatores como a disponibilidade da luz do dia, ocupação de um ambiente, disponibilidade de

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

energia, temperatura externa, outros aspectos ligados à construção da edificação etc.

Note-se que um circuito elétrico sempre pertence a uma malha.

Do ponto de vista de gerenciamento e monitoramento de energia, há diversos critérios necessários para definir diferentes malhas de uma instalação elétrica no que diz respeito à eficiência, conforme a seguir.

- (7.3.2.2) Critérios técnicos baseados em parâmetros externos (por exemplo, tempo, iluminância, temperatura etc.)

Sob o ponto de vista da eficiência energética, é preciso que seja determinada qual é a programação adequada - diária, semanal, mensal ou anual – que estabeleça quando alguns serviços ou aplicativos presentes em uma instalação devem estar disponíveis, podem ser reduzidos ou interrompidos. A identificação dessas aplicações e seu agrupamento em malhas são fundamentais na aplicação da IEC 60364-8-1.

Por exemplo, uma malha composta por luminárias situadas perto de janelas permite que elas sejam desligadas sempre que a luz do dia é suficiente para a realização das tarefas no local, enquanto que a definição de uma segunda malha para luminárias perto da parede permite que elas permaneçam acesas a maior parte do tempo.

- (7.3.2.3) Critérios técnicos baseados em controle

Uma malha pode ser definida a partir do dispositivo de controle de um grupo de cargas. Por exemplo, uma malha pode ser determinada pela presença de um sensor de luminosidade que controla o ligar-desligar de vários circuitos de iluminação dentro de um painel.

- (7.3.2.4) Critérios técnicos baseados em pontos críticos para a medição

A precisão de uma medição não é a mesma se o objetivo é a obtenção de dados ou a cobrança da energia fornecida pela distribuidora. Desta forma, em uma instalação podem ser definidas malhas que contenham circuitos nos quais apenas seja necessário realizar medições para finalidades de estudos e consumos parciais de energia e rateio, enquanto outras malhas destinam-se às medições para fins de tarifação.

- (7.3.2.5) Critérios econômicos baseados em fracionamentos

Dependendo das características das cargas, pode ser conveniente criar poucas grandes malhas ou várias pequenas malhas. Por exemplo, em um local onde vários aparelhos de ar condicionado necessitam operar ao mesmo tempo, é conveniente criar uma ou duas grandes malhas contendo todos estes equipamentos. Por outro lado, em uma área que tenha inúmeras

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

luminárias, a solução mais eficaz para utilização e gerenciamento da energia é ter várias pequenas malhas.

### – (7.3.2.6) Critérios econômicos baseados no custo variável da eletricidade

Segundo a ANEEL<sup>(15)</sup>, as modalidades tarifárias brasileiras são um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, considerando as seguintes modalidades:

- Azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com o período de utilização ponta ou forma de ponta diariamente e finais de semana;
- Verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com o período de utilização ponta ou forma de ponta diariamente e finais de semana; e uma única tarifa de demanda de potência;
- Convencional Monômnia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas únicas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia; e
  - Branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

Dessa forma, dependendo da variação dos preços de eletricidade, pode ser útil projetar malhas que permitam um gerenciamento da energia adequado ao perfil de consumo das cargas associadas à cada malha.

### – (7.3.2.7) Critérios técnicos baseados na inércia da energia

A inércia da energia é um fator muito importante no gerenciamento de cargas e, conseqüentemente, na definição das malhas de uma instalação elétrica.

Algumas cargas possuem grande inércia de energia, ou seja, elas tendem a manter - ou pelo menos levam muito tempo para perder - as propriedades que tinham em um determinado momento após o corte do fornecimento de energia. São os casos, por exemplo, de sistemas de aquecimento de água e ambiente, recarga de baterias, ar condicionado, geladeiras etc. Em oposição, existem sistemas de baixa inércia, como é o caso de uma instalação de iluminação, onde uma vez cortado o suprimento de energia, a luz simplesmente se apaga imediatamente.

Uma grande inércia é geralmente associada com um corte de carga mais fácil devido ao fato de que o estado da carga não é muito afetado pela variação da alimentação elétrica.

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Assim, dependendo da inércia de energia de uma carga ou grupo de cargas, não é possível, ou pelo menos é difícil, introduzir um corte de carga em uma malha (baixa inércia), ao mesmo tempo que é mais fácil introduzir um corte de carga em uma malha com cargas de grande inércia. Por isso, considerar a inércia das cargas é fundamental na decisão de como introduzir cortes de carga entre malhas apropriadas.

Em 7.3.3 – Malhas, afirma-se que o gerenciamento elétrico da eficiência energética é uma abordagem que visa otimizar a gestão da energia utilizada para um serviço específico dentro de uma "malha elétrica" definida, considerando todas as informações necessárias referentes às abordagens técnicas e econômicas.

É raro que o ótimo de um sistema seja igual à soma dos ótimos de cada parte do sistema. Por isso, é necessário considerar as malhas mais adequadas da instalação elétrica do ponto de vista da eficiência da energia elétrica. Isto deve ser considerado a fim de obter o menor consumo de energia elétrica no que diz respeito a uma solução para um serviço que é, e pode ser comparado, com outras soluções.

Também deve ser considerado que a instalação de um dispositivo para introduzir uma operação modificada, ou novas funções, projetadas para otimizar o consumo de eletricidade deste produto possa resultar em um aumento do consumo elétrico para as cargas interrelacionadas dentro do mesmo sistema.

Portanto, não tem sentido considerar, separadamente, apenas um ou vários dispositivos em que o conjunto, que inclui tal dispositivo ou todos esses dispositivos dentro de um sistema de um circuito, ou de uma malha, possa resultar no consumo otimizado, mesmo porque o consumo de algumas partes individuais pode aumentar.

A introdução de um equipamento elétrico ou de funções para reduzir, medir, otimizar e monitorar o consumo de energia, ou qualquer outra utilização, com o objetivo de melhorar o uso da energia elétrica pode aumentar o consumo de energia em algumas partes de um sistema.

Por exemplo, a utilização de um dispositivo de controle, como um termostato, em um sistema de aquecimento elétrico, um detector de presença humana em um sistema de iluminação elétrica, etc., podem aumentar o consumo instantâneo ou global de um equipamento em particular, para alguns dispositivos, mas diminuir o consumo total de toda a malha.

De acordo com esta Norma, a menor malha é limitada a um dispositivo elétrico e a maior malha abrange todos os circuitos elétricos utilizados, em toda a edificação, para todos os serviços.

Conforme 7.4, os projetos devem considerar a eficiência energética em cada etapa, incluindo o impacto das diferentes demandas de carga, utilizações, zonas



## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

e malhas. Deve ser considerada a instalação de equipamentos fixos de medição, controle e gerenciamento de energia tanto para novas edificações quanto nas reformas. Além disso, dispositivos de seccionamento devem ser previstos de forma a separar circuitos conforme as zonas ou malhas determinadas.

### **Parte 8: Sistema de gerenciamento de carga e eficiência energética**

A parte 8 da IEC 60364-8-1 traz um detalhado texto sobre a implementação de um sistema de gerenciamento de carga e eficiência energética de modo a otimizar a energia elétrica utilizada considerando as cargas, a produção e armazenamento locais de energia e os requisitos do usuário.

Um sistema de gerenciamento de eficiência energética compreende monitorar toda a instalação elétrica inteligente, incluindo as cargas, a produção e armazenamento locais de energia, de forma a permanentemente otimizar os custos e consumo totais do sistema, considerando as necessidades do usuário e os parâmetros de entrada vindos da rede da distribuidora, da produção e armazenamento locais, das cargas, sensores, etc.

O sistema de gerenciamento de eficiência energética deve incluir:

- Medições nas malhas;
- Controle;
- Qualidade de energia;
- Relatórios;
- Alarmes;
- Gerenciamento de tarifas;
- Segurança dos dados;
- Monitor para disponibilizar os dados para os usuários.

O texto acrescenta considerações importantes sobre requisitos de medições das cargas e respostas de sensores espalhados pela instalação. Dá dicas sobre arranjos de monitoramento e medição de energia.

As cargas são classificadas quanto à possibilidade de terem seu funcionamento limitado ou não. Reconhece que a maioria das cargas utilizadas em TI não são apropriadas para terem paradas na operação, enquanto que refrigeradores, aquecedores e algumas outras podem ter seu funcionamento interrompido ou reduzido por um certo tempo. Alerta também que algumas cargas podem ter sua vida útil reduzida quando submetidas a ciclos liga-desliga. Cita como exemplo o caso das lâmpadas incandescentes que são menos afetadas por ciclos de dimerização do que lâmpadas a descarga.

O documento lembra que a qualidade e a eficácia dos resultados na obtenção de um elevado grau de eficiência energética da instalação elétrica requerem a existência de um sistema de comunicações adequado para todos os dados e previsões necessárias.

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

O usuário deve considerar ainda as informações relativas à disponibilidade de energia e à formação de preços que podem variar com o tempo e com a fonte de energia daquela determinada instalação ser da distribuidora e/ou própria.

Outro ponto importante é aquele que estabelece que a instalação deve ser projetada para permitir a medição do seu consumo total em kWh para cada hora de cada dia. Estes dados e os custos relacionados às informações sobre energia devem ser registrados e armazenados por um período mínimo de um ano e devem ser acessíveis pelo usuário, sendo que vários anos de dados podem ser úteis para uma análise de tendências eficiente. Além disso, (por exemplo, pelo uso de medição individualizada) a instalação deve ser designada para permitir a gravação e armazenamento de dados do consumo de cargas individuais, ou malhas, num total de 70 % da carga total.

### **Parte 9: Manutenção e aumento do desempenho da instalação**

A abordagem da eficiência da energia elétrica implica em um ciclo permanente a ser seguido durante toda a vida da instalação elétrica.

Uma vez que medições foram realizadas (somente uma vez, ocasionalmente ou permanentemente), as ações identificadas devem ser implementadas, após o que devem ser feitas regularmente verificações e manutenções. As medições dos indicadores devem ser repetidas, seguidas por novas ações e novas manutenções.

O ciclo de vida da eficiência energética trata sobre como a eficiência energética da instalação pode ser melhorada e/ou mantida.

Quando os usuários da instalação requerem uma classificação da eficiência energética, eles são convidados a definir um programa de eficiência energética que deve incluir:

- auditoria inicial e periódica da instalação;
- precisão adequada do equipamento de medição;
- implementação de medidas para melhorar a eficiência da instalação;
- manutenção periódica da instalação.

Adicionalmente, para operação segura como indicado em várias partes da série IEC 60364 (ABNT NBR 5410), a manutenção é necessária para manter a instalação em condições aceitáveis. Este tipo de manutenção deve ser revisado com base na eficiência econômica e energética.

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **Parte 10: Parâmetros para a implementação de medidas de eficiência**

A Parte 10 fornece requisitos para análise ou meios que o projetista ou o gerente de uma instalação elétrica deve usar para implementar medidas de eficiência e para alcançar um nível de desempenho com eficiência energética. Estas medidas e os níveis são usados para construir o Perfil da Instalação (PI) e a classe de eficiência da instalação elétrica. Estes requisitos estão organizados em três tópicos:

– Medidas da eficiência dos equipamentos que utilizam/transportam corrente

#### a) Motores e controladores

Um motor de indução em c.a. pode consumir mais energia do que realmente precisa, especialmente quando operado abaixo da condição de plena carga. Este excesso de consumo de energia é dissipado pelo motor sob a forma de calor.

#### b) Iluminação

A iluminação pode representar um grande consumo de energia de uma instalação elétrica, dependendo do tipo de lâmpadas e luminárias utilizadas. O controle da iluminação é uma das maneiras mais fáceis de melhorar a eficiência energética.

#### c) Aquecimento, ventilação e ar condicionado

Deve-se considerar a escolha do equipamento de climatização (HVAC) de acordo com a estrutura da instalação e sua utilização; e o sistema de controle adequado para otimizar o controle do ambiente (temperatura, umidade, etc.), dependendo do uso e ocupação de espaços individuais.

– Medidas de eficiência do sistema de distribuição

A eficiência de um sistema de distribuição elétrica baseia-se na eficiência intrínseca de equipamentos elétricos, como transformadores ou reatores, e dos sistemas de cabeamento, além da topologia do sistema de distribuição de energia elétrica em todos os níveis de tensão.

#### a) Transformadores e reatores

A eficiência dos transformadores depende da carga. As perdas à plena carga e as perdas em vazio devem ser otimizados, levando em consideração o perfil de carga diária, semanal e anual, se conhecida ou estimada.

#### b) Sistemas de cabeamento:

As seções nominais dos condutores e a arquitetura integrada podem ser otimizados para reduzir perdas.

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Para reduzir as perdas nos condutores pode ser aplicada a norma IEC 60364-5-52 (ABNT NBR 15920) e/ou reduzindo-se as correntes reativas e harmônicas.

### c) Correção do fator de potência

A redução do consumo de energia reativa melhora a eficiência energética, pois a energia elétrica total tem maior parcela transformada em energia ativa. A redução da energia reativa também irá diminuir as perdas térmicas nos circuitos elétricos.

### – Instalação de sistemas de monitoramento

O sistema de distribuição elétrica precisa atender aos requisitos da capacidade de monitoramento.

No caso da medição por zonas, cada zona precisa ter um alimentador específico, permitindo que o sistema de monitoramento da instalação execute as medições relevantes.

No caso da medição pelo uso, cada utilização precisa ter um alimentador específico, permitindo que o sistema de monitoramento da instalação execute as medições relevantes.

A seguir, a norma faz diversas considerações sobre parâmetros relativos ao consumo de energia dos equipamentos, perfil de carga, queda de tensão, fator de potência e harmônicas. Faz ainda a consideração que fontes de energia renovável no local e outras fontes de produção local não implicam no aumento da eficiência da instalação elétrica, mas reduzem as perdas totais da rede da concessionária, pois o consumo entre o edifício e a concessionária é reduzido, o que pode ser considerada uma medida indireta para a eficiência energética.

## **Parte 11: Ações**

As medições devem ser analisadas e, em seguida, tomadas ações diretas ou programadas:

- ações diretas consistem na realização imediata de melhorias da eficiência energética, como, por exemplo, a determinação de limites operacionais ou controle de temperaturas;
- ações programadas consistem em analisar as medições acumuladas, durante um período de tempo (por exemplo, um ano) e comparar os resultados com os objetivos definidos. A partir dessa análise, deve-se manter as soluções existentes ou implementar novas soluções.

## GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

### Parte 12: Processo de avaliação de instalações elétricas

Ainda estão em aberto no texto da IEC 60364-8-1 as questões relativas às avaliações das novas instalações, modificações e ampliações de instalações existentes, assim como das adaptações de instalações existentes.

#### **Anexo B (Informativo): Exemplo de um método para avaliar a eficiência energética de uma instalação elétrica**

Como fechamento de todas as considerações realizadas nas partes anteriores da norma, chegou a hora de finalmente classificar a instalação elétrica segundo a sua eficiência energética. Para isso, a norma propõe um método baseado na avaliação de 16 parâmetros, que recebem pontuações separadamente (tabelas B.1 a B.16).

Para cada parâmetro, a respectiva medida da eficiência energética é classificada em cinco níveis (0-4), sendo o Nível 4 o mais alto e cada nível posterior inclui os precedentes (por exemplo, o nível 3 pressupõe que os requisitos dos níveis 0, 1 e 2 foram atendidos).

Após realizar a análise e pontuação de cada um dos 16 parâmetros, as notas são somadas e, com o valor dessa soma, entra-se na tabela B.19 para, finalmente, ser obtida a classificação da eficiência energética da instalação elétrica.

A tabela B.19 reproduzida a seguir apresenta cinco classes de eficiência energética de instalações elétricas, EIEC0 a EIEC4, a saber:

- EIEC0: instalação de eficiência muito baixa;
- EIEC1: instalação de eficiência baixa;
- EIEC2: instalação de eficiência média;
- EIEC3: instalação de eficiência alta;
- EIEC4: instalação de eficiência otimizada.

**Tabela B.19 - Classes de eficiência de instalações elétricas**

Total para habitações	Total, exceto para habitações	Classe de eficiência de instalações elétricas (EIEC)
SOMA ≤ 20	SOMA ≤ 16	EIEC0
21 ≤ SOMA ≤ 28	17 ≤ SOMA ≤ 26	EIEC1
29 ≤ SOMA ≤ 36	27 ≤ SOMA ≤ 36	EIEC2
37 ≤ SOMA ≤ 44	37 ≤ SOMA ≤ 48	EIEC3
SOMA ≥ 44	SOMA ≥ 48	EIEC4

## **GUIA DE APLICAÇÃO DA NORMA TÉCNICA IEC 60364-8-1 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Essas classificações podem ser entendidas como uma espécie de “selo de eficiência energética” das instalações elétricas, onde os números mais altos indicam eficiências mais elevadas.

Uma utilidade dessa classificação é mostrar para os gestores de energia de uma determinada edificação existente qual é o seu grau de eficiência. Obviamente, instalações que receberem classificações EIEC0 e EIEC1 devem merecer uma atenção especial no sentido de serem objeto de ações que visam a melhorar a eficiência. Da mesma forma, instalações EIEC2 possuem pontos de melhoria, que foram identificados ao longo do preenchimento das 16 tabelas, enquanto que uma instalação EIEC3, mesmo sendo de alta eficiência, ainda poderá atingir um patamar mais elevado na classe EIEC4.

Outra utilidade dessa classificação é o caso de uma instalação ainda em fase de projeto. Nesta situação, os 16 parâmetros avaliados podem servir de guias para a elaboração do projeto elétrico, indicando pontos de atenção em aspectos que normalmente não seriam considerados pelo projetista ao seguir unicamente a norma de instalações ABNT NBR 5410.

=====

### **BIBLIOGRAFIA**

- 1 ISO. ISO 50001: Energy Management System. 2011
- 2 IEC. IEC 60364: Low-voltage electrical installations
- 3 ABNT. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. 2004.
- 4 IEC. IEC 60034-30: Rotating electrical machines — Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)
- 5 IEC. IEC 60287-3-2: Electric cables — Calculation of the current rating — Part 3-2: Sections on operating conditions — Economic optimization of power cable size
- 6 ABNT. NBR 15920 — Cabos elétricos — Cálculo da corrente nominal — Condições em regime permanente — Otimização econômica das seções dos cabos de potência. 2011
- 7 IEC. IEC/TS 60076-20: Power transformers - Part 20: Energy efficiency
- 8 NEMA. TP1: Guide for Determining Energy Efficiency for Distribution Transformers
- 9 Moreno, Hilton. Dimensionamento Econômico e Ambiental de Condutores Elétricos. Procobre, 2010
- 10 Cotrim, Ademaro. Instalações elétricas, 5ª edição. Pearson Prentice Hall, 2008