

**Walfredo Schmidt**

**MATERIAIS  
ELÉTRICOS**

**Volume 3**  
Aplicações

**Blucher**

# **MATERIAIS ELÉTRICOS**

## Aplicações

**Blucher**

Walfredo Schmidt  
Eng. Prof. Pesquisador CNPq

**MATERIAIS ELÉTRICOS**  
Aplicações

Volume 3

*Materiais elétricos: aplicações*

© 2011 Walfredo Schmidt

1ª edição – 2011

Editora Edgard Blücher Ltda.

---

# Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-012 – São Paulo – SP – Brasil

Tel 55 11 3078-5366

[editora@blucher.com.br](mailto:editora@blucher.com.br)

[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

E de acordo com as unidades de medida do sistema  
SI do INMETRO.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer  
meios, sem autorização escrita da Editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

Schmidt, Walfredo

Materiais elétricos: aplicações. São Paulo: Blucher,  
volume 3, 2011.

ISBN 978-85-212-0548-7

1. Engenharia elétrica – Materiais I. Título.

10-07104

CDD-621.3

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Materiais elétricos : Propriedades:  
Engenharia elétrica 621.3
2. Propriedades dos materiais elétricos:  
Engenharia elétrica 621.3

# Sumário

• Apresentação .....	vii
• Comentários iniciais .....	ix
• Grandezas e unidades de medida e terminologia da ABNT .....	xi
• Da usina geradora ao consumidor .....	3
• Características, construção e aplicação de cabos de média e alta tensões de cobre e de alumínio.....	11
• Conectores mecânicos para fios e cabos de energia.....	48
• A conexão por solda exotérmica .....	79
• Transformadores de potência .....	94
• Fios e cabos de energia de baixa tensão.....	145
• Dispositivos de manobra e de proteção de baixa tensão – Generalidades .....	182
• Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes .....	207
• Relés de proteção contra sobrecorrentes .....	215

---

- Dispositivos de manobra ..... 223
- Seletividade e coordenação de curvas (*back-up*) entre dispositivos de proteção ..... 243
- Considerações sobre a manobra e proteção de motores elétricos em partida direta ..... 247
- Anexo 1 – Símbolos gráficos ..... 254
- Anexo 2 – Símbolos literais para identificação de componentes em esquemas elétricos conforme IEC 113.2 e NBR 5280 ..... 259

# Apresentação

Os volumes 1 e 2 de *Materiais Elétricos*, envolvendo análises relativas aos Condutores, Semicondutores, Isolantes ou Dielétricos e Materiais Magnéticos, foram redigidos com o objetivo de levar ao leitor dados técnicos das matérias-primas de cada um dos grupos citados, com a finalidade de demonstrar, por meio de suas características e propriedades, qual é o seu comportamento e para quais condições essas matérias-primas são recomendadas. Em outras palavras, esclarecendo por que a aplicação dos materiais, sob o aspecto de matérias-primas, é capaz de resolver os problemas que se oferecem a cada aplicação.

O volume 3, *Materiais Elétricos – Aplicações*, agora enfocando o uso destes materiais em componentes, contém uma análise de uma rede de energia elétrica, expondo a função de cada componente, e analisando, sempre que possível, o estabelecimento de uma ligação com a matéria-prima e/ou a construção capaz de levar ao melhor resultado, sem deixar de lado as respectivas justificativas.

Portanto, se somarmos os conteúdos dos 3 volumes, temos nos dois primeiros – nos volumes 1 e 2 – a análise das matérias-primas, e no volume 3, exemplos de aplicação, enfocando sempre os resultados obtidos e, por vezes, as referências determinadas em normas técnicas da ABNT/Cobeci, bem como o uso dos decretos do Inmetro relativamente às grandezas e unidades de Medida do Sistema SI, que são sempre as condições a serem atendidas por um componente ou uma instalação. É, em poucas palavras, a orientação técnica que o profissional do ramo precisa ter e seguir, para adotar a forma economicamente mais adequada e segura.

É claro que as soluções apontadas não estão excluindo outras formas de resolver um problema, pois, na área de matérias-primas, sempre são desenvolvidos novos materiais e componentes, e os exemplos são em número infinito. Dessa forma, em futuras edições, novidades nesta área serão incorporadas, e novos aspectos, abordados. E, assim, o profissional vai cada vez mais completando o seu espectro de soluções, acompanhando a própria evolução tecnológica.





## Comentários iniciais

Os dois volumes de *Materiais Elétricos* que antecedem ao presente livro têm uma preocupação básica, que é a de caracterizar cada material, em termos das suas características técnicas, geralmente enfocando o seu comportamento elétrico, mecânico, térmico e químico, além de algumas observações mais, que são a base das razões de sua aplicação ou mesmo rejeição. Estes mesmos fatores justificam os termos e as determinações de normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT a respeito deste assunto, e são as motivações corretas para a construção de um equipamento ou componente e a sua eventual substituição por outro.

Em outras palavras, é saber POR QUE um dado material é usado, ou mesmo substituída ou até proibida a sua utilização, de modo geral ou em alguns casos particulares, como por exemplo, o uso do alumínio em condutores instalados em saídas de emergência, de acordo com a NBR 5410, na sua mais recente edição, assunto este detalhado mais adiante.

Os programas da cadeira de Materiais Elétricos encontrados em diversas escolas têm como enfoque as matérias-primas e/ou os componentes construídos com essas matérias-primas.

No presente caso, os volumes 1 e 2 de *Materiais Elétricos* têm uma abordagem mais voltada para as matérias-primas, e o volume 3 se dedica aos componentes, atendendo, assim, a ambas as tendências, sem, entretanto, se dedicar à Física do Estado Sólido ou teorias equivalentes, que são por vezes necessárias para um completo entendimento ou para justificar aspectos teóricos envolvidos com o assunto.

Como pode ser observado no Sumário deste livro, foi estabelecida uma sequência de assuntos, que acompanha o próprio **caminhamento da energia elétrica**, que se inicia na geração e termina no consumo, intermediado por linhas de transmissão e distribuição e suas respectivas subestações. Isto permite ao leitor e, em particular, ao aluno, somar ainda informações relativas à grandeza dos níveis de tensão normal-

mente encontrados no Brasil. Esta sequência, no seu todo, também vai informar ao leitor sobre o uso preferencial de materiais-primas em função destes níveis, e até da predominância de matérias-primas em dada faixa de tensões, como é o caso do alumínio nas redes de alta tensão, e até sua substituição por outras matérias, como é o caso nas redes de baixa tensão, por razões técnicas e econômicas ou de praticidade de uso. Sempre que possível, tais aspectos são destacados, pois trata-se de situações profissionais que consideramos importantes serem observadas.

Fundamentos de projeto e de dimensionamento, materiais utilizados e suas curvas características, grandezas que identificam um equipamento, detalhes construtivos de dispositivos e sua coordenação com outros dispositivos são soluções diferentes apresentadas para a mesma situação técnica.