

## Capítulo X

# Volume de material não condutor de cabos elétricos (uni e multipolares)

## Limitante da ABNT NBR 5410 para instalação de cabos em leitos e bandejas

Por Edson Bittar Henriques\*

Embora não exista um limite de ocupação de área de cabos elétricos sobre bandejas normalizado pela ABNT NBR 5410, existe, porém, um limite de volume máximo de material não condutor por metro linear do cabo.

Uma vez atingido este limite e, se ainda restarem cabos a lançar no trecho, não adianta se pensar em aumentar a bandeja; o que se pode fazer, neste caso, é acrescentar bandejas ao trajeto.

Este limite foi estabelecido com base em ensaios de queimas de cabos, com o intuito de se evitar ou minimizar a propagação de incêndio, limitando a quantidade do material combustível sobre a bandeja. A ABNT NBR 5410 de 2004 definiu os limites no item 6.2.11.3.5 com base na ABNT NBR 6812, que trata dos ensaios de queima de cabos elétricos (propagação vertical da chama), que se encontra cancelada e substituída por atuais normas da série NBR NM IEC 60332-3. Assim, tais limites devem ser revistos e atualizados com base nestas normas. A futura revisão da NBR 5410 irá incorporar a atualização necessária deste item.

Alguns projetistas têm questionado se esse critério é aplicável ao caso de camada única de cabos sobre a bandeja ou leito. O fato é que o texto da atual ABNT NBR 5410 talvez deva melhorar (e há uma proposta neste sentido para a próxima revisão) para

esclarecer que o critério é aplicável também para uma camada. Para mais de uma, a aplicação é clara no texto.

Embora o ensaio considere a propagação vertical da chama (que é o pior caso, ou seja, onde a propagação é mais fácil), o critério da norma ABNT NBR 5410 é aplicável a bandejas horizontais também (caso menos crítico e, portanto, considerado automaticamente atendido), este aspecto é conservativo, em favor da segurança.

Nota: a limitação de ocupação de área (seção transversal da bandeja) não é um requisito da norma brasileira, mas, em

alguns casos, é um requisito de projeto, solicitado pelo cliente ou adotado pela projetista, assim, é prudente prever um espaço reserva na fase de projeto para contingências ou uso futuro. Nos Estados Unidos, a ocupação de área é utilizada no dimensionamento das bandejas e normalizada segundo a NFPA 70 – NEC.

Como exemplo e referência, a Figura 1 mostra um trecho do catálogo de um fabricante de cabos, referenciando as novas normas de ensaios de propagação vertical da chama e informando a categoria de um determinado cabo (categoria B, no caso), segundo esta normalização:

### Cabos Vinil Flexível 1 kV

BT 0,6/1kV

#### Aplicação

São empregadas como cabos de potência para instalações fixas, sendo recomendadas em circuitos que exijam cabos de maior flexibilidade, destinados a alimentação e distribuição de energia elétrica em edifícios residenciais, comerciais, industriais, subestações transformadoras, etc. São destinadas às instalações gerais em eletrodutos, ao ar livre (em bandejas, prateleiras ou suportes análogos), perfiladas, espaços de construção, bem como em sistemas subterrâneos do tipo: banco de dutos, diretamente enterradas, canaletas, etc. Os Cabos Vinil Flexível oferecem maior segurança devido às características especiais quanto a não propagação e auto-extinção do fogo, constatadas através do ensaio de propagação vertical da chama, conforme NBR NM-IEC 60332-3-23 (Cat B).

Cabos com certificação compulsória INMETRO.

#### Construção

1. Condutor: formado por fios de cobre eletrolítico nu, tempera mole, encordoamento classe 5;
2. Isolação: (PVC 70°C) - composto termoplástico de policloreto de vinila;
3. Cobertura: PVC - composto termoplástico de policloreto de vinila, flexível, tipo ST1, na cor preto.




Figura 1 – Trecho do catálogo de um fabricante de cabos. Fonte: Nexans.

## METODOLOGIA

Para constatar o atendimento da ABNT NBR 5410, portanto, é necessário se obter o volume de material não condutor por metro linear dos cabos. Na fase de projeto, eventualmente, o projetista poderia tentar obter esta informação com os fabricantes dos cabos, no entanto, infelizmente, esse dado não é uma informação diretamente disponível em catálogo de cabos, mesmo nos de grandes fabricantes. Assim, é necessário se calcular ou estimar estes valores a partir de alguns dados e da geometria de cada configuração de cabo.

Uma instalação pode conter diversos trechos de bandejas ou leitos, cada trecho contendo diversos cabos de diferentes formações (uni ou multipolares, condutores redondos e/ou setoriais etc.). Dessa maneira, estes cálculos podem se tornar trabalhosos ou volumosos, dependendo do porte da instalação. É interessante também que a cada inclusão de cabo na bandeja se tenha a noção da totalização do volume não condutor e ocupação de espaço físico para confrontar com a dimensão da bandeja e eventuais requisitos do cliente ou critério da projetista, o que sugere que tais cálculos sejam programados, de modo que se possa simular e monitorar os efeitos da inclusão. Ao final deste artigo, é apresentada, como sugestão e exemplo, uma pequena planilha programada para realização destes cálculos e análises para casos de cabos de energia usuais.

### *Formulação para cada caso*

Seja:

Vnc = volume de material não-condutor do cabo (dm<sup>3</sup>/m)

n = número de condutores

De = diâmetro externo do cabo (mm)

ec = espessura da cobertura (mm)

ei = espessura da isolação (mm)

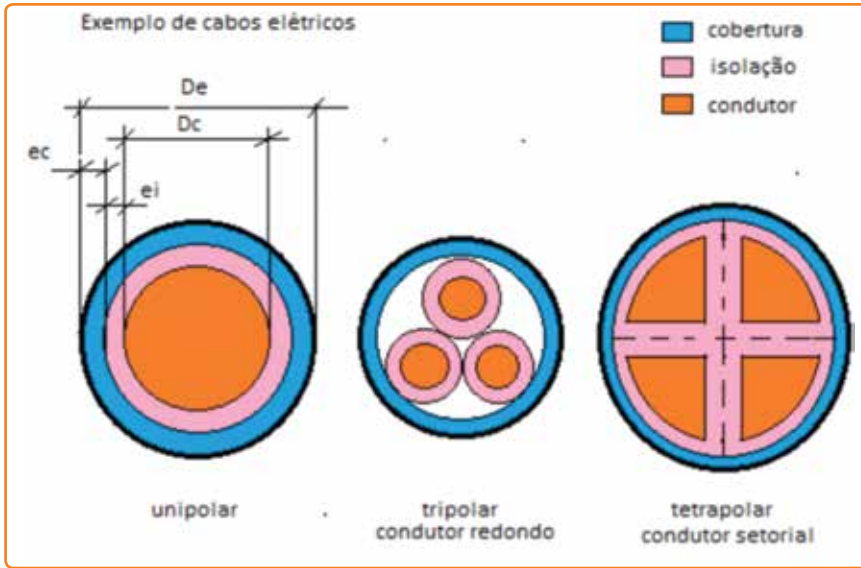


Figura 2 – Exemplo de cabos elétricos uni e multipolares.

O volume de material não condutor do cabo é:

$$V = (St - Sc) \cdot L$$

Em que:

- V = volume do material não condutor;
- St = área total da seção transversal do cabo;
- Sc = área dos condutores;
- L = comprimento do cabo.

Seja  $V_{nc} = V/L$  (dm<sup>3</sup>/m), o volume não

condutor em dm<sup>3</sup> (decímetro cúbico) por metro linear de cabo, então:

$$V_{nc} = (St - Sc) / 1000 \text{ (dm}^3\text{/m)}$$

Em que:

$St = \pi \cdot De^2 / 4$  (mm<sup>2</sup>) – para cabos com seção circular.

*Nota: para cabos “chatos”(por exemplo, os tipicamente empregados em máquinas móveis), é necessário determinar St analisando a geometria específica de cada cabo.*

De = diâmetro externo do cabo (mm), para cabos redondos.

**Caso 1: condutores redondos**

$$Sc = n \cdot \pi \cdot Dc^2 / 4 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Em que:

Dc = diâmetro nominal do condutor (mm).

**Caso 2: condutores setoriais**

Podemos considerar:

$$Sc = n \cdot S_{nc} \text{ (mm}^2\text{)}$$

Em que:

S<sub>nc</sub> = seção nominal do condutor (mm<sup>2</sup>).

**Caso 3: cabo tipo “neutro-concêntrico” (usual para alimentação de motores acionados por conversores de frequência)**

Podemos considerar:

$$Sc = n \cdot S_{nc} + S_{ncn} \text{ (mm}^2\text{)}$$

Em que:

- S<sub>nc</sub> = seção nominal de um condutor;
- S<sub>ncn</sub> = seção nominal do condutor “neutro-concêntrico”.

EDH	Volume da parte não condutora e ocupação de cabos em bandejas, leitos ou eletrocalhas							Por	EDH	Data
Bandeja/leito	largura (mm)	altura útil (mm)								
B1-trecho1	200	57								
Circuito	tipo B fabricante	formação	Dados do cabo				valores calculados			
			tipo dos condutores R/S/NC? (nota 4)	Número condutores (nota 5)	S <sub>nc</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>ncn</sub> (mm <sup>2</sup> )	Dc (mm)	De (mm)	St (mm <sup>2</sup> )	V <sub>nc</sub> (dm <sup>3</sup> /m)
C1	Sintenas 0,6/1kV - Prysmian	1x#50mm <sup>2</sup>	R	1	50	xxx	8,2	13,4	141	0,068
C2	Sintenas 0,6/1kV - Prysmian	2x#4mm <sup>2</sup>	R	2	4	xxx	2,5	11,5	104	0,094
C3	Sintenas 0,6/1kV - Prysmian	3x#6mm <sup>2</sup>	R	3	6	xxx	3,1	13,7	147	0,125
C4	Sintenas 0,6/1kV - Prysmian	3x#150mm <sup>2</sup>	S	3	150	xxx	xxx	38	1134	0,664
C5	Sintenas 0,6/1kV - Prysmian	4x#185mm <sup>2</sup>	S	4	185	xxx	xxx	48,5	1847	1,107
C6	Flexonax flex inversor-0,6/1kV Phelps Dodge	3x#50+25mm <sup>2</sup>	NC	3	50	25	xxx	35,3	979	0,804
							soma	160,40	4353	2,902
							máximo bandeja	200	11400	3,5
							ocupação (%)	80	38	83
							notas	1	2	3
							camadas	única		
<p>Notas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ocupação em soma de dc só faz sentido se dispostos em camada única</li> <li>ocupação em área pode ser limitada pelo cliente ou projetista</li> <li>V não condutor máx = 3,5dm<sup>3</sup>/m para categorias BF (usuais) conforme NBR 5410:2004, ou categoria B da IEC 60332-3 (mais recente)</li> <li>tipos de condutores: R= redondo, S= setorial e NC = neutro concêntrico</li> <li>no número de condutores indicado desconsidere o condutor neutro concêntrico</li> </ol>										
<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>S<sub>nc</sub> = seção nominal do condutor</li> <li>S<sub>ncn</sub> = seção nom. do condutor neutro concêntrico</li> <li>Dc = diâmetro nominal condutor</li> <li>De = diâmetro externo</li> <li>St = área total (considerando o diâmetro externo De)</li> <li>V<sub>nc</sub> = volume do material não condutor</li> </ul>										
www.projetbh.com										

Figura 3 – Planilha para verificação da ocupação de cabos em uma bandeja.

**ANEXO 1 – LIMITES DE VOLUME DE MATERIAL NÃO CONDUTOR CONFORME A IEC 60332-3**

iec	60332-3-21	60332-3-22		60332-3-23		60332-3-24		60332-3-25	
bs en	50266-2-1	50266-2-2		50266-2-3		50266-2-4		50266-2-5	
cel	20-22/3-1	20-22/3-2		20-22/3-3		20-22/3-4		20-22/3-5	
category	AF/R	A		B		C		D	
conductor cross-sections (mm <sup>2</sup> )	> 35	> 35	≤35	> 35	≤35	> 35	≤35	> 35	≤35
nMV (litres per metre of cable)	7	7		3.5		1.5		0.5	
Minimum length of testpieces (m)	3.5	3.5		3.5		3.5		3.5	
standard ladder (500mm wide): - number of layers - maximum width of test sample	1 front + 1 rear 300mm	≥1 front 300mm	1 front 300mm	--	≥1 front 300mm	1 front 300mm	≥1 front 300mm	1 front 300mm	≥1 front 300mm
Wide ladder (800 mm wide): - number of layers - maximum width of test sample	--	--	--	1 front 600mm	--	--	--	--	--
Positioning of test pieces	Spaced 0.5 × Diameter cable (Max. 20mm)	Touching	Spaced 0.5 × Diameter cable (Max. 20mm)		Touching	Spaced 0.5 × Diameter cable (Max. 20mm)	Touching	Spaced 0.5 × Diameter cable (Max. 20mm)	Touching
number of burners	1	1	1	2	1	1	1	1	1
ladder mounting	Front and rear	Front, Wider ladder for larger cables			Front	Front	Front	Front	Front
flame application time (min)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Test conditions	Wind speed: <8 m/s; Temperature: 5°C - +40°C								
extent of the charred portion	≤2.5m above the bottom edge of the burner, neither at the front nor at the rear of the ladder.								

**PLANILHA SUGERIDA PARA CÁLCULO**

A Figura 3 é uma planilha para verificação da ocupação de cabos em uma bandeja.

Nota: os "inputs" da planilha estão nas células em amarelo, demais valores são resultados da programação.

**CONCLUSÃO**

Para instalações em leitos e bandejas no Brasil, é necessário verificar/calcular o volume do material não-condutor dos cabos sobre estes leitos ou bandejas, conforme a ABNT NBR 5410 e considerando as atuais normas de ensaios de queima (propagação de chama vertical) de cabos da série NBR NM IEC 60332-3. Apresentamos uma forma de fazer isso para diferentes configurações de cabos.

Plantas químicas, siderúrgicas, fábricas de papel e celulose, óleo e gás e similares que, em

geral, possuem "pipe-racks", contém grande ou maior parte da instalação de cabos em leitos e bandejas, não raro alta concentração de cabos por bandeja ou leito e não raro projetistas dimensionam bandejas focando a ocupação de área desejada pelo cliente ou por seus critérios de projeto, ou por um legado cultural de normas como o NEC, porém, se esquecem de verificar se o volume de material não condutor satisfaz os requisitos da ABNT NBR 5410 da ABNT.

Cumpra ressaltar também que esse critério pode prevalecer em alguns casos, em que a bandeja pode ter espaço disponível e aparentar adequadamente dimensionada, mas o volume do material não condutor limite foi superado e, portanto, estaria em não conformidade com a ABNT NBR 5410. Neste caso, a solução seria adicionar uma nova linha de leitos ou bandejas paralelas à linha existente, o que pode não ser muito agradável em termos de impacto na obra e, sobretudo,

no custo, caso seja detectado em uma fase tardia, assim é conveniente ir observando o fato desde uma fase inicial de projeto dos caminhamentos principais de cabos

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Catálogo de cabos Prysmian, Nexans e General Cable – Phelps Dodge
- ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão
- Normas da série IEC 60332-3
- Revista O Setor Elétrico, edição 64, maio de 2011.

\*Edson Bittar Henriques é engenheiro eletricista pela Unesp – Ilha Solteira, é pós-graduado em Energia e Automação e proprietário da empresa de consultoria e engenharia Edson Bittar Henriques. [www.projebh.com](http://www.projebh.com)

**CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO**

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para [redacao@atituedeeditorial.com.br](mailto:redacao@atituedeeditorial.com.br)