

Transmissão Óptica de Comunicações e de Dados Apoiada em Condutores de Protecção da Rede de Distribuição de Alta Tensão Eléctrica

Prof. Olivério D. D. Soares
CETO, Universidade do Porto

1. Cabos de Fibras Ópticas

A mais nova companhia de telecomunicações da Europa inicia a exploração da rede de cabos ópticos apoiados nas linhas de 400 kV da rede nacional de distribuição de electricidade em Inglaterra.

A rede de transmissão de voz, dados e imagens por fibras ópticas, instalada no Reino Unido nas linhas eléctricas de 400 kV, foi posta à disposição de possíveis utilizadores em

Setembro de 1994. Essa rede, que já atinge 2000 km tomou-se possível após alteração dos regulamentos referentes às telecomunicações e tem sido, por motivos de segurança, instalada pelas companhias distribuidoras de energia eléctrica (Fig. 1).

Os postes de alta tensão (Fig. 2), apoiam, no seu topo, um ou mais condutores de guarda destinados à protecção dos condutores de corrente, permitindo, por seu intermédio, o escoamento de correntes consequentes de descargas atmosféricas ou de fuga.

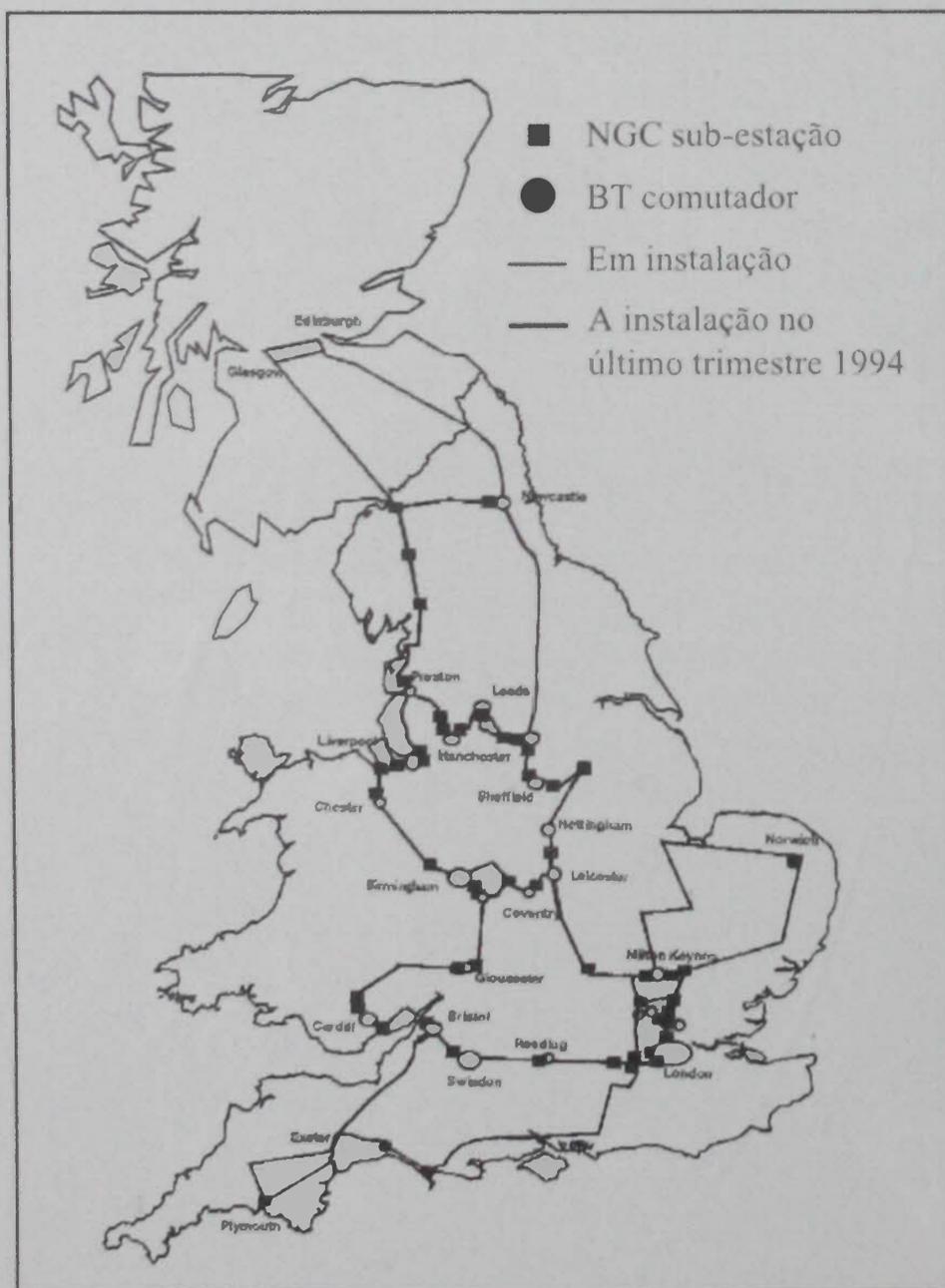


Fig. 1 - Rede de Alta Tensão de Energia, com 2000 km de ligações por fibra óptica espalhadas pelo Reino Unido.

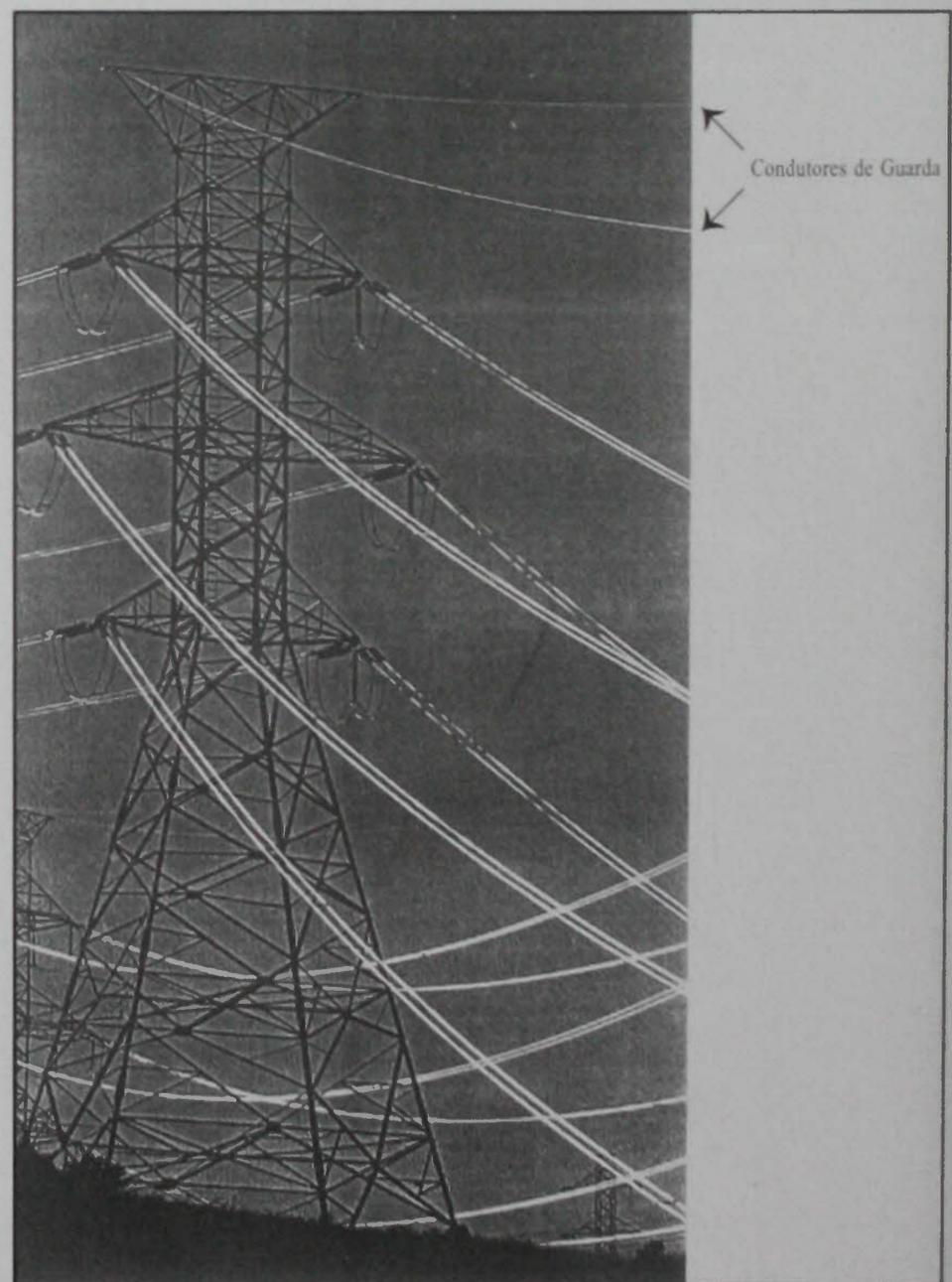


Fig. 2 - Poste de Alta Tensão, mostrando os condutores de guarda no topo, sobre os condutores de alta tensão (Fonte BICC Cables).

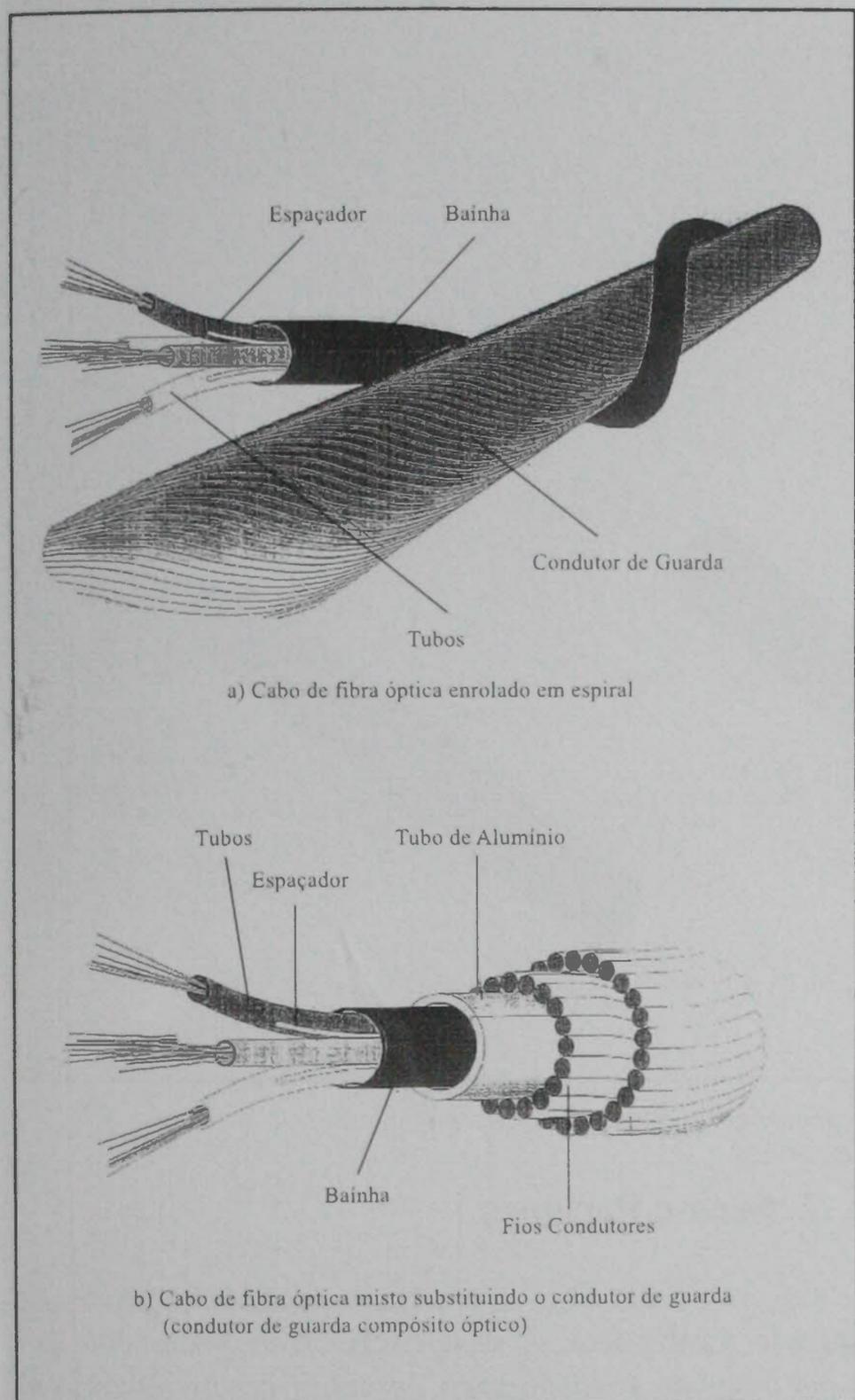


Fig. 3 - Cabos de fibras ópticas (com 24 fibras) para montagem em redes de distribuição de alta tensão.

Cabos de fibras ópticas, com fibras monomodo até 40, são enrolados à volta dos condutores de guarda ou montados como um novo cabo condutor de guarda, do tipo metálico incorporando fibras ópticas (cabo misto, Fig. 3b).

No Reino Unido, a empresa National Grid Company, detentora da rede de distribuição eléctrica, desenvolveu técnicas para substituição dos condutores de guarda por cabos mistos ou para enrolamento dum cabo de fibras ópticas sobre os condutores em tensão sem necessidade de corte da corrente.

A empresa Energis, uma subsidiária da National Grid Company, iniciou em Junho de 1994 experiências com a nova rede de fibra óptica, operando no sistema de hierarquia digital síncrona, a $2,4 \text{ Gbit s}^{-1}$. A Energis dispendeu 200 milhões de libras durante o ano de 1994, estendendo a rede óptica ao ritmo de 80 km por semana. O seu plano é servir a maior parte da população no primeiro semestre de 1995.

As empresas do sector de distribuição eléctrica iniciaram, em 1976, as investigações no domínio das comunica-

ções ópticas com um objectivo de exploração das redes de fibras ópticas sobre a rede de distribuição, sem interferência das condições de perturbação electromagnética.

Neste contexto, empresas como a BICC, que introduziu o cabo misto, e a PIRELLI do Reino Unido, bem como a NOKIA da Finlândia, entregaram às distribuidoras de electricidade na Europa, nos EUA e na Ásia, mais de 10 000 km de cabo misto e de cabos de fibra óptica.

A vantagem principal da instalação de cabo de fibras ópticas numa rede eléctrica (de energia e de distribuição) é evitar as despesas e as questões legais relacionadas com o enterramento dos cabos de fibras ópticas.

Uma vantagem adicional, quando estão em causa distâncias apreciáveis entre cidades, ou onde as condições ambientais são extremas, provém do facto de que a mesma equipa instala simultaneamente a rede de energia eléctrica e a de fibra óptica.

Os exploradores das redes cedo descobriram que os campos electromagnéticos intensos eram o menor dos males. Pássaros debicando os cabos expostos e os efeitos dos tiros de caçadores (efeitos balísticos) é que criavam os maiores problemas.

Segundo Chris Carter, da National Grid Technology e do Science Laboratory, em Leatherland, no Reino Unido, "os cabos de fibras ópticas instalados nas linhas de energia ficam sujeitos a intensidades de campo magnético superiores aos cabos enterrados. Em ambos os casos as intensidades de campos são ortogonais à direcção segundo a qual se produzem perturbações. Assim, os campos eléctricos e magnéticos produzirão essencialmente alterações do estado de polarização, que não é intencionalmente detectado".

A polarização tornou-se um assunto muito actual nas telecomunicações. A investigação conduzida pelas empresas telefónicas mostrou que os amplificadores de fibra óptica, dopada com Érbio, usados nas ligações de longas distâncias, estão sujeitos à dependência do ganho com a polarização, e os investigadores estudam a criptografia na transmissão da informação baseada na polarização individual de fotões ("Quantum mechanics will protect area networks" OLE, Abril 1993, pág. 17 J. D. Franson, Quantum Cryptography, Optics and Photonics, March 95, 30-33).

Segundo Carter, a sua empresa tem 15 anos de experiência com comunicações ópticas digitais nas linhas distribuidoras de energia eléctrica. Para ele "a optoelectrónica será frequentemente instalada em subestações onde as interferências eléctricas e o aparecimento de potenciais nas terras, por ocasião das falhas dos sistemas, se tornarão mais onerosas que nos ambientes típicos das telecomunicações".

Existem três modos de instalação de cabos de fibras ópticas no topo das linhas de energia eléctrica: extensão de um cabo dieléctrico (entenda-se cabo constituído apenas por materiais dieléctricos) auto-suporte de poste para poste, enrolamento ou fixação de um cabo de fibra óptica flexível no condutor de guarda, ou montagem de um cabo misto (metálico/fibras ópticas) contendo 10 fibras ópticas. Todos

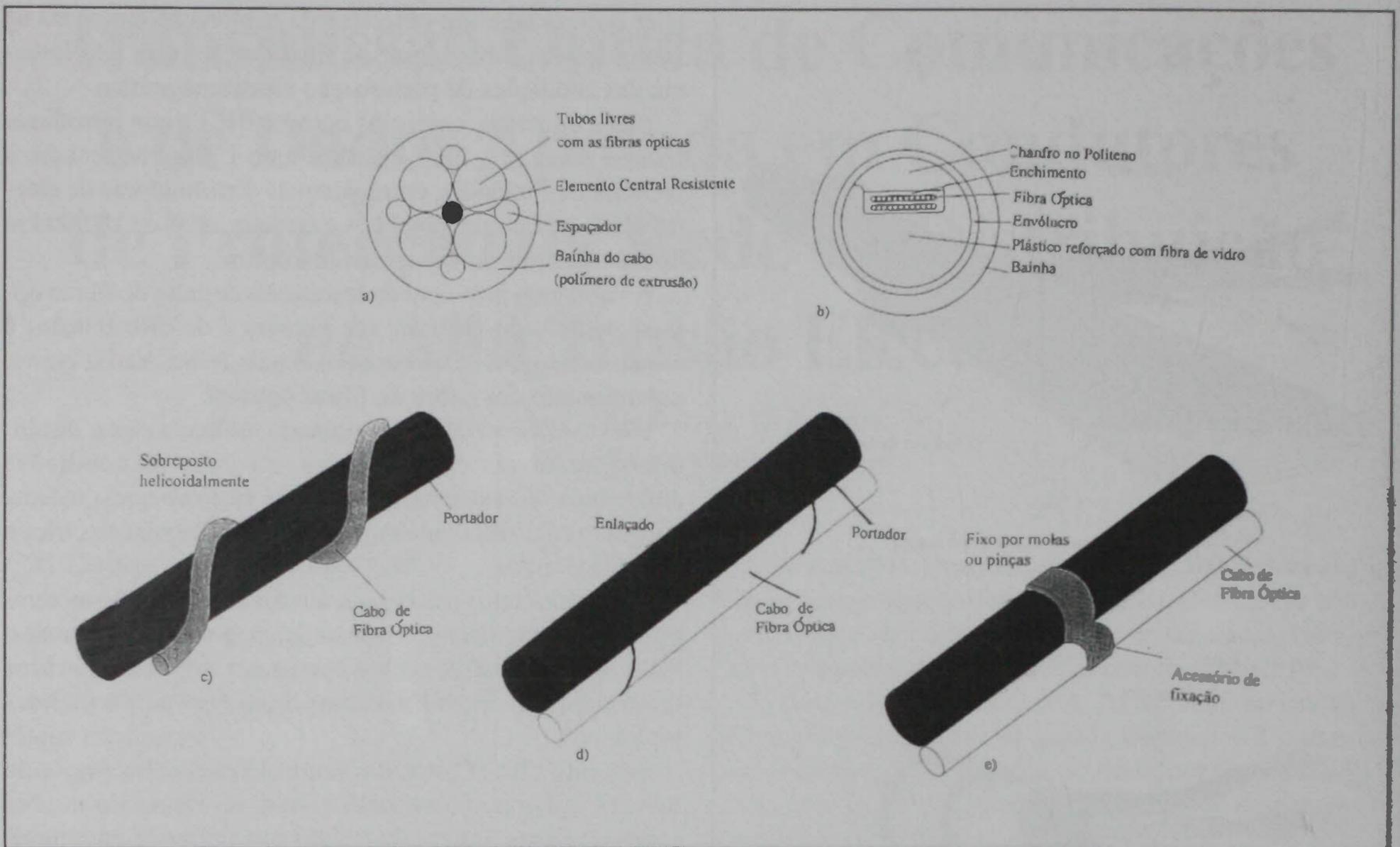


Fig. 4 - Constituição e montagem de cabos integralmente dielétricos e auto-suportantes. O cabo pode se montado com a rede em serviço.

os cabos inteiramente dielétricos e auto-suportantes foram desenvolvidos na Alemanha e na Holanda. Não têm partes metálicas e a resistência mecânica provém-lhes de plásticos reforçados com fibras de vidro ou entaçados (Fig. 4). Estes cabos inteiramente dielétricos podem ser instalados sem corte de corrente, o que permite a montagem expedita, mas em contrapartida surgem problemas na sua concepção. Um cabo auto-suportante, sujeito aos mesmos ventos e à carga de gelo que um cabo metálico normalizado, conduz a uma carga adicional apreciável nos postes. O posicionamento dos cabos dielétricos terá que ser feito com cuidado, pois que os ventos fortes diminuirão o espaçamento entre cabos dielétricos e condutores, em particular para vãos médios, sendo tal situação crucial para a segurança e a fiabilidade do funcionamento. As linhas de energia no Reino Unido têm dois circuitos, cada um com três condutores sobrepostos um sobre o outro (Fig. 1). Dispõe-se de cinco modos de combinação para a relação entre fases dos dois circuitos, com distintas distribuições do campo electromagnético. O acoplamento capacitivo entre condutores induz tensões electrostáticas que atingem algumas dezenas de quilovolts na superfície do cabo de fibras ópticas. Estas cargas não são prejudiciais se o cabo estiver limpo e seco. Quando o cabo está sujo ou molhado, estabelecem-se pequenas correntes de fuga para a terra por intermédio do poste. São geralmente inofensivas, reduzindo o potencial induzido sobre o cabo. Têm um valor máximo na zona do cabo junto ao poste e diminuem para o meio do vão.

2. Seco e Perigoso

Os problemas com as correntes induzidas agravam-se quando o cabo seca. A secagem inicia-se geralmente por uma pequena zona no topo do cabo, desenvolvendo-se circunferencialmente, dando origem a uma faixa estreita em torno do cabo. Esta banda anular seca impede a passagem das correntes de fuga. Se o potencial do lado do cabo mais próximo do poste decresce até zero, enquanto o potencial do outro lado se eleva, poderá saltar um arco através da faixa seca.

Este processo, conhecido como formação de arco na faixa seca, danificou severamente as bainhas de muitos dos cabos dielétricos, e mais frequentemente junto aos postes, onde as correntes de fugas são maiores. O fenómeno pode ser evitado com fixação ou enrolamento em espiral do cabo misto.

Pinças ou cordas de enlaçamento são as componentes de fixação mais simples, mas poderão enrolar-se entre si e surgir vibrações devidas a forças ascendentes e descendentes geradas pelos ventos que passam entre os cabos. As pinças e as molas estão sujeitas à corrosão.

Este enrolamento não constitui um problema para os cabos enrolados helicoidalmente sobre o condutor de guarda (Fig. 5a). Contudo, os cabos enrolados representam um potencial aumento de esforços originados pelo gelo e pelo vento ficando também exposto a radiação ultravioleta, aos pássaros e aos tiros de caçadeiras, aos arcos resultantes de trovo-

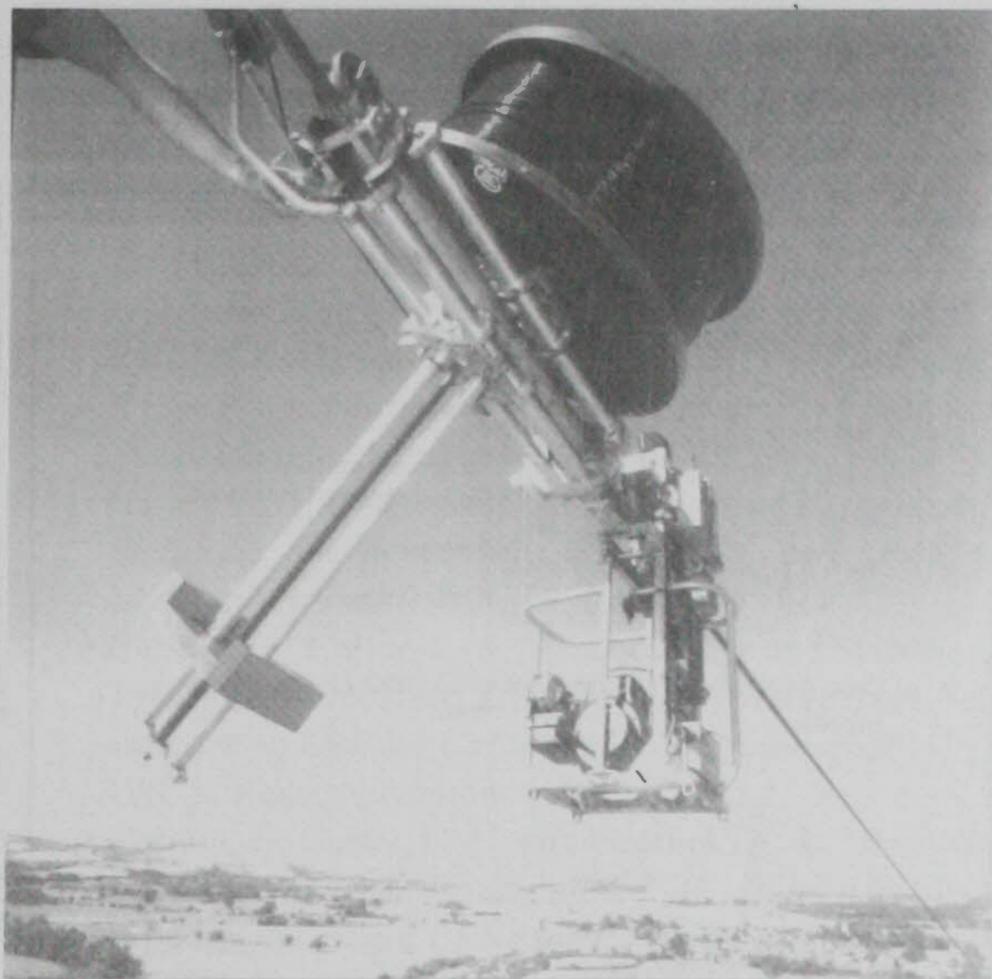
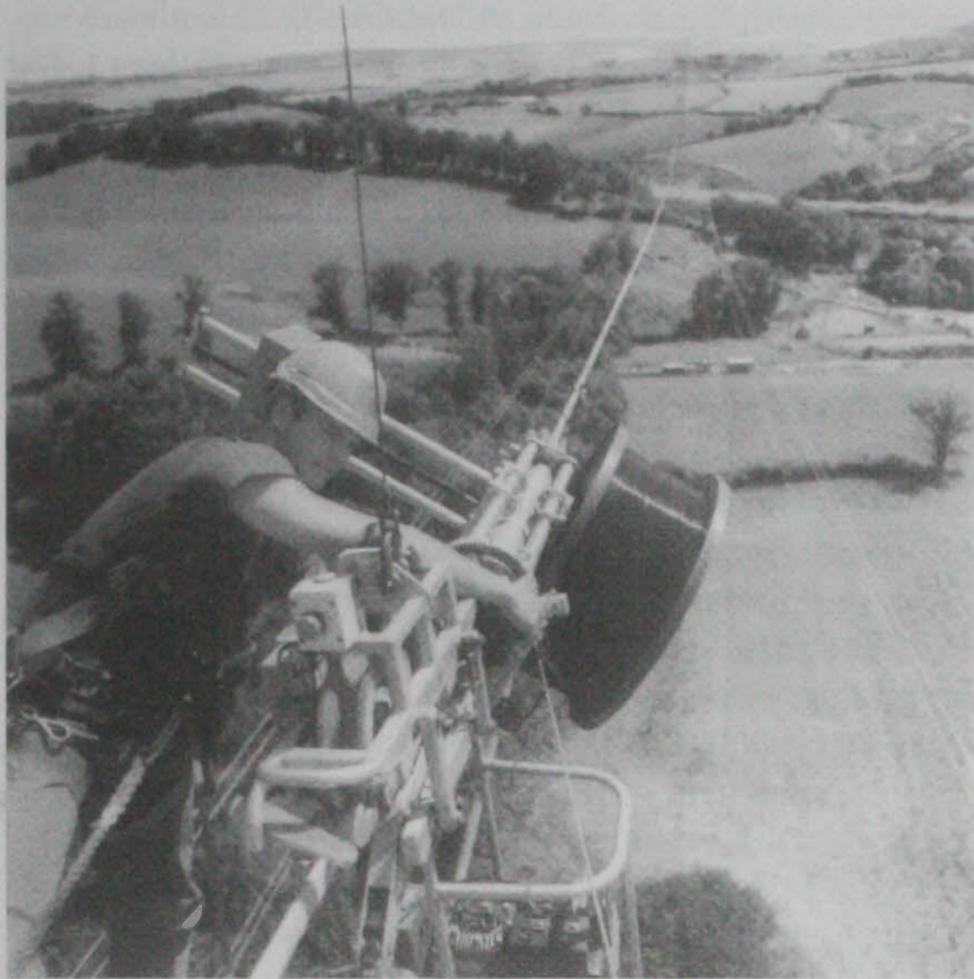


Fig. 5 - Instalação de cabo de fibra óptica no condutor de guarda, no Reino Unido, na rede de 400 kV com a rede em tensão (Fonte: Energis).

adas e aos efeitos de falhas de corrente. O maior perigo para a bainha de um cabo enrolado é a subida da temperatura da superfície do condutor metálico. Em contrapartida, tanto os cabos para fixação ou enrolamento são os mais baratos e simples de instalar nos condutores em serviço.

Uma máquina de enrolar roda, com uma bobina de cabo de fibra óptica e um contrabalanço, à volta do condutor, ao longo de um vão de 1 km ou mais (Fig. 5b). A máquina distende o cabo pelo mesmo 0,05 % para garantir uma pressão de aperto contra o condutor.

O aumento de esforço pelo vento para um cabo de 6,5 mm de diâmetro enrolado sobre um condutor de 15 mm é de 10 %. Apesar de um acréscimo de 10 % não implicar o reforço dos postes, este problema não surge no terceiro método de instalação do cabo de fibras com o cabo misto.

O cabo misto (na nomenclatura da BICC Cables é designado por OPGW - Optical Fibre Wire, que poderemos traduzir para condutor de Guarda com Fibras Óptica) tem a aparência e funciona como um condutor de guarda comum, excepto no facto de que o condutor metálico encapsula e protege um feixe de fibras ópticas (Fig. 6).

O cabo misto representa uma solução cara para instalação, a não ser que se estenda numa instalação nova ou quando da substituição do condutor. Os distribuidores de energia começam a substituir os condutores de guarda por cabos mistos, como rotina, apesar de não terem programado o uso das fibras ópticas num futuro próximo.

Os cabos mistos são montados da mesma forma que os condutores convencionais, com excepção para as junções das fibras que são realizadas, nos postes ou no solo.

A disposição interna do cabo misto, além de proteger as fibras de agressões mecânicas, deverá impedir a degradação óptica causada pelas deformações, microcurvaturas e mudanças cíclicas de temperatura.

Nos cabos de BICC, por exemplo, as fibras ópticas são protegidas das forças exteriores por tubos termoplásticos dispostos numa longa hélice à volta de um espaçador central. Cada fibra pode mover-se livremente dentro do gel (Fig. 6b).

Normalmente a fibra aloja-se junto do eixo do tubo; se a temperatura, por exemplo, sobe, o condutor dilata-se, a fibra é distendida movendo-se para junto do eixo do cabo. Com tempo frio, a contracção comprime as fibras que tenderão a mover-se num sentido para fora do eixo do cabo (Fig. 7).

A NOKIA utiliza nos cabos mistos seis feixes até um total de 48 fibras (Fig. 6a) ou uma montagem em fita ("ribbon") envolta em gel no interior de um tubo assimétrico em polímero (Fig. 4). A empresa optou pelo tubo assimétrico poder ser mais resistente contra deformações permanentes. As deformações da fibra óptica afectam o tempo de vida e o desempenho.

Apesar de as fibras ópticas estarem instaladas nas redes de distribuição de energia há pouco mais de uma década, a encomenda de rede óptica sobre linhas de alta tensão mos-

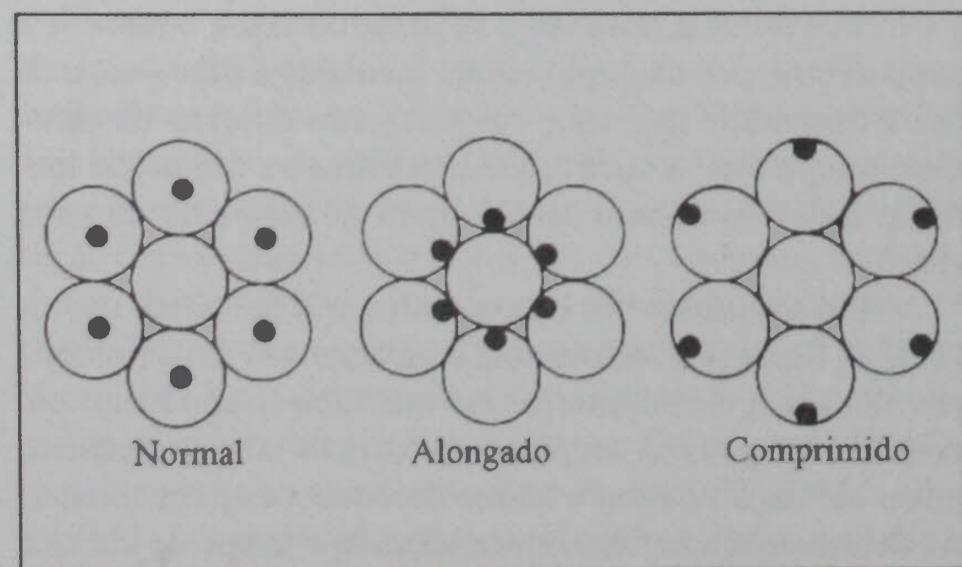
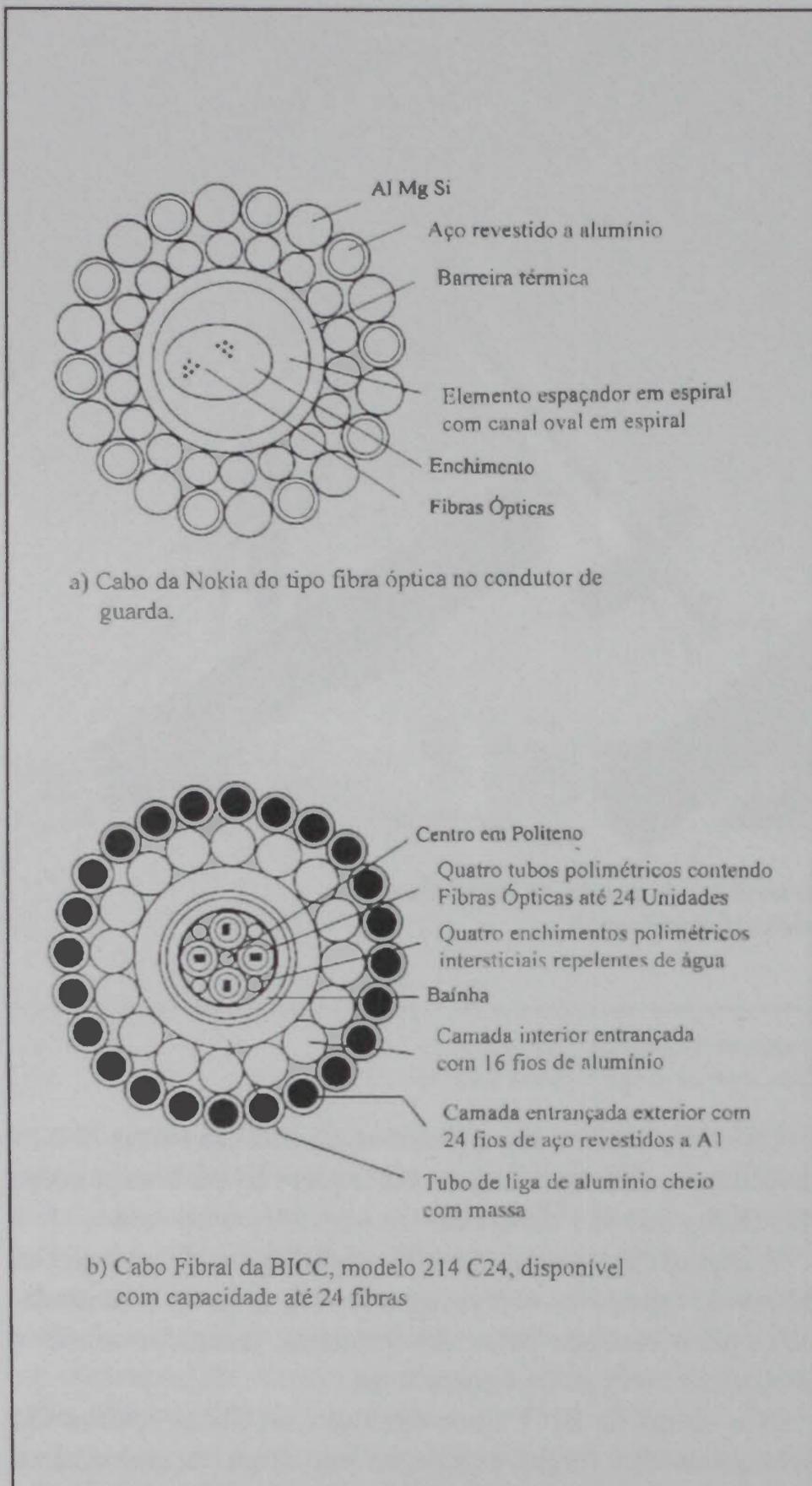


Fig. 7 - Ilustração do movimento das fibras ópticas no cilindro de gel no cabo da BICC, tipo no condutor de guarda. Com o tempo quente, com a expansão do condutor, as fibras afastam-se do eixo do cabo. No tempo frio, as fibras convergem para o eixo do cabo.

tra que a tecnologia vingou. A National Grid Company ensaiou, numa experiência, um cabo misto numa linha a 400 kV, com a formação de arcos eléctricos entre condutores e a terra. "A série dos 10 ensaios foi possivelmente o que de mais complexo jamais se ensaiou [numa ligação a 400 kV]", no entender de Carter. As correntes de fuga envolvidas atingiram 10 kA e duraram cerca de 90 ms. "O equipamento de comunicações ópticas funcionou perfeitamente dentro das especificações", segundo Carter. Noutras circunstâncias, cabos dieléctricos resistiram a furacões no sul de Inglaterra em 1987. Um cabo misto, no East Anglia, em 1990, suportou o mais forte nevão de que há memória em Inglaterra. Estas são provas evidentes da fiabilidade da tecnologia e razões ponderosas para o resto da Europa estar reconhecido ao habitual mau clima britânico.

Leituras Complementares

- C. N. Carter e M. A. Waldron, *Mathematical Model of Dry-band Arcing on Selfsupporting, All-dielectric, Optical Cable Strung on Overhead Power Lines*, IEE Proceedings - C, Vol. 139, pág. 185-196.
- E. J. Greer e outros, 1994, *Polarisation Dependent Gain in Erbium-doped Fibre Amplifiers*, Electronics Letters, Vol. 30, pág. 46-47.
- Carter, C. N., Dey, P., Gaylard, B., Holden, G., Kent, A. H., Maddok, B. J., Simith, P. and Taylor, J. E., 1982, "Optical Communication Using Overhead Power Transmission Lines", CIGRE, Paris September 1982, Paper 35-01.
- Carter, C. N., Baldwin, R. E. and Jones, C. C. R., 1984, "Lightning Simulation Tests Communications Cable", IEE Conf. on lightning and power systems, London, June 1984, IEE Conf. Pub. No 236, pp 207-209.
- Carter, C. N., 1985, "CEGB Moves to Fiber Optic Communication Through Transmission Line Groundlines", Electric Light and Power (Chicago), May 1985.
- Blahna, J., Carte, C. N., Oshima, M., Viklund, B. and Schum, E., 1986, "Fibre Optic Technology and Applications in the Power Industry", Electra, 107, July 1986.
- Bronsdon, J., Carter C. N., Kent, A. H. and Iddin, A., 1986, "The Successful Evaluation of a 400 kV Composite Groundwire Optical Communication System", 35 th IWCS, Reno, November 1986, pp 496-503.
- Bartlett, A. D., Carlton, G., Carter, C. N. and Nield, B., 1987, "The Development of Optical Communications Systems in the UK Electricity Supply Industry", Paper d 12, CIRED, Liege, May 1987.
- Bartlett, A. D., Carlton, G., Carter, C. N., Hazell, N. and Nield, B., 1987, "British Electricity Boards", 2nd report on Optical Telecommunications 1987' EMC107 published by the Electricity Council, Millbank, London.

- Rowland, S. M., Craddock, K., Carter, C. N., Houghton, I. and Delme-Jone, D., "Development of a Metal-free, Self-supporting, Optical Cable for Use on Long-span, High-voltage, Overhead, Power Lines", 36 th IWCS, Arlington, Va 1987, pp 449-456.
- Carter, C. N., 1988, "Optical Fibres in the Power Supply Industry", Power Technology International 1988, Sterling Publications, London, pp 261-262.
- Rowland, S. M., Carter, C. N., 1988, "The Evaluation of Sheating Materials for an All-dielectric, Self-supporting, Communication Cable for Use on Long-span, Overhead, Power Lines", Proc. 5 th DMMA, Canterbury, June 1988, IEE Conf. Pub. No. 289, pp 77-80.
- Carter, C. N., Baker, J. C., Allen, L. J., Bartlett, A. D. and Martin, J. R. 1988, "The Development of Wrap-on Optical Cables for Use on the Earthwires of High Voltage, Power Lines", CIGRE, Paris August 1988, paper 22-08.
- Bartlett, A. D. Carlton, G. and Carter, C. N. 1988, "The Design and Application of Optical Cables on Overhead Lines of up to 150 kV", Int. Conf. on Overhead Line Design, London, November 1988, IEE Conf. Pub. No. 297, pp 165-172.
- Carter, C. N., 1988 "Dry-band Arcing on Optical Cables Separately Strung on Overhead Power Lines", 37 th IWCS, Reno, November 1988, pp 117-121.
- Barlett, A. D., Carlton, G. Carter, C. N. and Peacock, A. J. 1989, "Self-supporting, Metal-free, Optical Cable for Long-span Power Line Use", CIRIED Brighton, May 1989, IEE Conf. Pub. No 305, pp 252-258.
- Dissado, L. A. Parry, M. J., Wolfe, S. V. Summers, A. T. and Carter, C. N., 1990, "A New Sheath Evaluation Technique for Self-supporting Optical Fibre Cables on Overhead Line", 39 th IWCS, Reno November 1990.
- Bartlett, A. D., and Carter, C. N. 1992, "Optical Cables for the Electricity Industry-Present Practise", Distribution Developments, January 1992, Issue 91/3 pp 25-33.
- Carter, C. N. 1992 "Are Control Devices for Use on All-dielectric, Self-Supporting, Optical Cables?" DMMA, Manchester, June 1992, IEE Conf. Pub.
- Carlton, G., Carter, C. N., Peacock, A. J. and Suthall, R. 1992, "Monitoring Trials on All-dielectric, Self supporting Optical Cable for Power Line Use" 41 st IWCS, Reno, November 1992.
- Carlton, G. Carter, C. N. and Peacock, A. J., "Progress in the Long-term Testing of an All-dielectric, Self-supporting Optical Cable for Power System Use" 12 th CIRED, Birmingham, May 1993, IEE Conf. Pub. No 373, paper 3.16.
- Carter, C. N. 1993, "Are Control Devices for Use on All-dielectric, Self-supporting Optical Cables?", to be Published in Proc. IEE-A.
- J. D. Franson, *Quantum Cryptography, Optic and Photonics*, March 95, 30-33.

Informação dos Utilizadores de Energia

A Direcção-Geral de Energia integra, no seu quadro de competências, a responsabilidade pela concretização de acções de informação. Essas acções são desenvolvidas numa dupla perspectiva, procurando, por um lado, dirigir-se a um público mais especializado (através de publicações com características mais técnicas) e tendo, por outro lado, uma preocupação de atingir públicos mais abrangentes, visando a sensibilização dos utilizadores para questões relevantes da sua convivência com a energia. Essa dupla perspectiva tem configurado um quadro de intervenções suficientemente diferenciadas, de acordo com os objectivos e universos a atingir.

Neste âmbito foram preparadas e aditadas, em 1995, publicações

destinadas a disponibilizar informações de índole estatística ou de apoio técnico aos utilizadores de energia, permitindo que os interessados usufruam de um conhecimento adequado do sector energético. Do conjunto de edições realizadas em 1995, referem-se alguns títulos que caracterizam a intervenção da Direcção-Geral:

- **Informação Energia**, publicação de periodicidade anual, que se destina a um público amplo e que procura fazer a sistematização da informação mais relevante sobre o sector energético;
- **A Factura Energética Portuguesa**, publicação de periodicidade anual, que se destina a um público mais especializado

e que identifica os movimentos financeiros relativos à importação e exportação de energia;

- **Estatísticas Rápidas**, publicação, igualmente anual, que se destina a fazer um "ponto de situação", no início do ano, sobre o mercado da energia no ano anterior;
- **Preços de Energia**, publicação trimestral que indica o comportamento dos preços de várias formas de energia, no contexto nacional e comunitário;
- **Balanços Energéticos 1990-1993**, publicação destinada a um público mais especializado, que estabelece um quadro sistematizado dos fluxos energéticos subjacentes á produção, transformação e consumo de energia. □