



**XVI SNPTEE**  
Seminário Nacional de Produção e  
Transmissão de Energia Elétrica

**ST E IV**

**STL/011**

**21 a 26 de Outubro de 2001**  
**Campinas - São Paulo - Brasil**

## **SESSÃO TÉCNICA ESPECIAL DE TELECOMUNICAÇÕES EM SISTEMAS DE POTÊNCIA**

### **A UTILIZAÇÃO DE CABO ÓPTICO ESPINADO EM LINHAS URBANAS DE 69 KV - PROBLEMAS E SOLUÇÕES - A EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE EM MANAUS E PORTO VELHO**

Armando Pinho Alves da Silva  
ELETRONORTE

Nagib Bechara Pardaul  
ELETRONORTE

#### **RESUMO**

A experiência da Eletronorte com a utilização de cabos ópticos espinados, tipo AD-LASH, em linhas urbanas de 69 kV, como meio de interligação entre subestações de energia elétrica, os problemas vivenciados, desde a fase de instalação do cabo óptico, com a ruptura do elemento de fixação e do próprio cabo devido à ação das linhas de cerol, e as diversas soluções adotadas, constituem-se no cerne deste artigo.

**PALAVRAS CHAVE:** Cabos ópticos, Linhas de transmissão

#### **1.0 INTRODUÇÃO**

Este trabalho procura apresentar, de forma sintética, a experiência da Eletronorte com a implantação de cabos ópticos espinados, tipo AD-LASH, em cabos pára-raios, ao longo de linhas de transmissão urbanas de 69 kV, nos sistemas elétricos de Porto Velho e Manaus, os problemas vivenciados desde sua implantação e as diversas propostas para solução destes problemas, algumas destas já em execução.

Para melhor compreensão do tema, o trabalho encontra-se dividido nas seguintes partes: histórico, aonde são apresentados os motivos que nortearam a Eletronorte a optar pela utilização deste tipo de cabo; características do sistema elétrico em estudo; características do cabo óptico; problemas verificados e as soluções propostas.

#### **2.0 HISTÓRICO**

A implantação do sistema óptico em Porto Velho, surgiu das dificuldades encontradas para prover a interligação das subestações do sistema de sub-transmissão em 69 kV, face à impossibilidade da ampliação do sistema rádio digital de 1,5 GHz.

A concepção inicial previa a interligação das subestações Porto Velho, Alfaville e Rio Madeira, posteriormente ampliada com a entrada da subestação Areal, através de cabo óptico auto-sustentado (ADSS). Como não foram apresentadas propostas nas duas licitações realizadas com esta finalidade, optou-se pela instalação de cabo óptico espinado. Após novo processo licitatório, a proposta apresentada pela empresa Siemens, cabo óptico espinado tipo AD-LASH, saiu-se vencedora, com o lançamento do cabo tendo sido iniciado e concluído no primeiro semestre de 1999.

A implantação do sistema óptico de Manaus, remonta ao ano de 1986, com o primeiro projeto de interligação das subestações então existentes, ao longo do sistema de sub-transmissão em 69 kV. Motivos diversos, que fogem ao escopo deste trabalho, levaram à sucessivas postergações para a implantação do projeto. Em meados de 1998, após revitalização e ampliação do projeto original, foi iniciado o processo de licitação que, a exemplo do sistema Porto Velho, também previa a utilização de cabo óptico auto-sustentado (ADSS).

Após a conclusão do processo licitatório, no qual a empresa Siemens saiu-se vencedora, a Eletronorte

optou por substituir o cabo óptico auto-sustentado (ADSS) por cabo óptico espinado, do mesmo tipo fornecido para o sistema Porto Velho. A economia com a substituição do tipo de cabo, proporcionou a ampliação do sistema em implantação, que passou de oito para onze subestações. Problemas no sistema elétrico, retardaram o lançamento do cabo, que foi iniciado no final de 1999 e concluído no primeiro semestre de 2000.

Dentre os motivos que nortearam a Eletronorte a optar pelo cabo óptico AD-LASH, destacaram-se : custo reduzido, comparativamente a outros tipos de cabos ópticos; peso do cabo, 28 kg/km, não necessitando de reforço nas estruturas; rapidez nos trabalhos de lançamento, efetuado através de máquina especial, reduzindo significativamente possíveis desligamentos nas linhas de transmissão.

### 3.0 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS ELÉTRICOS

#### 3.1. O Sistema Elétrico de Porto Velho

O sistema de sub-transmissão elétrico de Porto Velho, é constituído de quatro subestações (Rio Madeira, Alfaville, Porto Velho e Areal), interligadas por, aproximadamente 50 km de linhas de transmissão em 69 kV, sendo um sistema radial, supervisionadas através do Centro Operação Local (COL), localizado em área adjacente à subestação Porto Velho

As principais características elétricas do sistema de transmissão, consideradas importantes para o lançamento e operação do cabo óptico, estão apresentadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Características das linhas sistema P. Velho

recho	Comprimento (km)	Diâmetro do Cabo para-raios	Estrutura predominante
R Madeira/Alfaville	14,6	5/16 pol.	Treliçada
Alfaville/Porto Velho	13,7	5/16 pol.	Treliçada
Porto Velho/Areal	12,6	5/16 pol.	Tubulão

#### 3.2. O Sistema Elétrico de Manaus

O sistema de sub-transmissão elétrico de Manaus, é constituído de onze subestações (Manaus, V Oito, Mauá, Distrito Industrial I, Distrito Industrial II, Cachoeirinha, Aparecida, Seringal Mirim, Cidade Nova, Flores e Ponta Negra), interligadas por linhas de transmissão em 69 kV, um sistema em anel (o atual sistema óptico é em estrela), e duas estações administrativas (Flores e Sede), e supervisionadas através do Centro de Operação Local, (COL), localizado em área adjacente à subestação Manaus.

As principais características elétricas deste sistema,

consideradas importantes para o lançamento e operação do cabo óptico, estão apresentadas na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Características das linhas sistema Manaus

recho	Comprimento (km)	Diâmetro do Cabo para-raios	Estrutura predominante
Aparecida/S Mirim	3,9	5/16 pol.	Tubulão
S Mirim/Cachoeirinha	4,1	5/16 pol.	Tubulão
Manaus/Cachoeirinha	6,1	5/16 pol.	Tubulão
Manaus/Flores	4,8	5/16 pol.	Poste concreto
Flores/Ponta Negra	6,4	5/16 pol.	Poste concreto
Manaus/V Oito	1,3	5/16 pol.	Poste concreto
V Oito/Distrito I	3,3	5/16 pol.	Poste concreto
Distrito I/Distrito II	3,9	5/16 pol.	Treliçada
Distrito II/Mauá	4,4	5/16 pol.	Treliçada

## 4. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ÓPTICO

### 4.1. Características do cabo óptico

As principais características do cabo óptico AD-LASH, encontram-se apresentadas na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Características do cabo óptico

Modelo do cabo	ADL-D2Y
Diâmetro do cabo	5,9 mm
Comprimento da bobina padrão	2000 m
Mínimo raio de curvatura	130 mm
Temperatura de curto-circuito	+ 200 °C
Peso do cabo	28 kg/km
Máxima tensão de instalação	100 N
Temperatura de operação	-40 a +70 °C
Número de fibras (Eletronorte)	12

As características mecânicas do cabo óptico, como diâmetro e peso, evitaram a necessidade de reforço nas estruturas. A própria disposição do cabo óptico, fixado ao cabo pára-raios por baixo, protege àquele da ação direta das descargas atmosféricas. O material utilizado na fabricação da capa do cabo óptico, aliado ao campo elétrico existente no cabo pára-raios, contribuem para a redução do efeito tracking.

### 4.2. Lançamento do cabo óptico

Diversos acessórios, além das ferragens de fixação e ancoragem, são utilizados no lançamento e fixação do cabo óptico. Dentre eles, destacam-se:

- fita de espinar, também conhecida como fita de entalamento, fabricada em kevlar, com 4 mm de largura por 2 mm de espessura, em bobinas de 1200 m de comprimento, com material aderente na fita para facilitar sua fixação ao conjunto cabo pára-raios/óptico;
- máquina de espinar, também conhecida como máquina de entalamento, nas versões automatizada ou manual. Esta máquina pode ser equipada com uma bobina de cabo óptico e duas bobinas de fita; seu peso é de 75 kg, chegando a 150 kg, quando totalmente equipada;

- caixa de emenda em aço, com as seguintes dimensões 600 mm x 400 mm x 200 mm e peso de 08 kg, fixada nas estruturas.

O lançamento do cabo óptico é precedido de algumas etapas, tais como: limpeza do cabo pára-raios; adaptação das ferragens das esferas de sinalização e, eventualmente, da própria esfera; montagem das ferragens para içamento e manobra de transposição da máquina nas estruturas; preparação da equipe que realizará o trabalho; abastecimento da máquina (cabos, fitas e combustível).

Também deve ser destacado o trabalho preparatório do centro de operação, para efetuar manobras no sistema elétrico, para o caso de desligamento, interdição parcial das ruas, e outras ações pertinentes.

O lançamento do cabo óptico AD-LASH, pode ser efetuado em linha energizada, requerendo-se alguns critérios adicionais de segurança. A distância mínima recomendada entre quaisquer equipamentos/ ferragens e os cabos fases, para as linhas de 69 kV, é de 2,0m.

A máquina de entalamento pode ser manual, quando é puxada pela equipe de terra utilizando-se de cabos sintéticos não condutores, ou automática, quando é operada à distância via rádio. Em ambos os casos, é necessário fixar ferragens, no alto das estruturas, que permitam efetuar, manualmente, as manobras de transposição das mesmas. A máquina é conectada ao cabo pára-raios, fixando o cabo óptico inferiormente àquele através de duas fitas de entalamento que, colocadas em pontos opostos na máquina, giram em torno do cabo em passos helicoidais (a fita fica espiralada), as fitas possuem ainda, camada adesiva para auxiliar a fixação das mesmas ao conjunto cabo pára-raios/óptico.

#### 4.3. Plano de lançamento do cabo óptico

Do plano de lançamento dos cabos ópticos, para os sistemas Porto Velho e Manaus, foram elaboradas as Tabelas 4 e 5, com informações julgadas mais relevantes para o caso em estudo.

Tabela 4 - Plano de lançamento sistema P. Velho

Sistema Porto Velho			
Trecho	Quantitativo de cabos ópticos (m)		Caixas de emendas no trecho
	espinado	subterrâneo	
Rio Madeira / Alfaville	14.601	200	09
Alfaville / Porto Velho	13.709	270	09
Porto Velho / Areal	12.624	400	08
Total	40.934	870	26

Tabela 5 - Plano de lançamento sistema Manaus

Sistema Manaus			
Trecho	Quantitativo de cabos ópticos (m)		Caixas de emendas no trecho
	espinado	Subterrâneo	
Aparecida/S Mirim	3.960	297	04
S Mirim/Cachoeirinha	4.100	180	04
Cachoeirinha/Manaus	6.130	380	06
Manaus/Flores	4.790	405	06
Flores/Ponta Negra	6.380	150	06
Manaus/V Oito	1.250	383	02
V Oito/Distrito I	3.250	200	05
Distrito I/Distrito II	3.900	194	05
Distrito II/Mauá	4.350	210	05
Total	39.110	2.399	43

Nas tabelas 4 e 5, o número de caixas de emendas inclui as existentes nas subestações; cabo espinado corresponde ao cabo "AD-LASH" e o cabo subterrâneo, ao cabo óptico instalado nas subestações

## 5. ANÁLISE DA INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DO CABO ÓPTICO

Nos itens a seguir, são analisados os diversos problemas verificados durante as fases de instalação e operação inicial do cabo óptico "AD-LASH".

### 5.1. Máquina de entalamento

Os principais problemas foram verificados, para a operação da máquina de entalamento, foram:

- sujeira nos cabos pára-raios, provocada por objetos jogados sobre as linhas, quer seja pela ação humana, quer seja pela ação de intempéries, dificultando a operação da máquina;
- necessidade de adaptação de ferragens especiais às estruturas, para permitir a transposição das mesmas pela máquina ;
- necessidade de retirar as esferas de sinalização, permitindo a operação da máquina e adaptação das ferragens de fixação das esferas, para fixação das mesmas ao conjunto cabo pára-raios/óptico.

### 5.2. Desligamento das linhas de transmissão

Apesar do contrato prever a possibilidade do lançamento do cabo óptico, ser efetuado em linha energizada, a falta de equipe especializada em trabalhos em "linha viva", aliada à particularidades das linhas de transmissão, fez com que houvesse a necessidade de desligamento das linhas de transmissão para o lançamento do cabo óptico.

A necessidade de desligamento das linhas, causou muitos transtornos operacionais, ocasionando sucessivas postergações na conclusão dos trabalhos, pois, apesar do planejamento realizado, ocorreram coincidências entre os trabalhos de lançamento e contingências operacionais no sistema.

Com realização de treinamento específico para as equipes encarregadas pelo lançamento, será possível realizar o trabalho em linha energizada, salvo nos casos em que as condições da linha não o permitam, como por exemplo, a distância entre os cabos fase e pára-raios for menor do que a requerida para a operação da máquina de entalamento, ou ainda, quando o peso desta carregada, fizer com que o cabo pára-raios aproxime-se dos cabos fase.

### 5.3. Ruptura das fitas de fixação (entalamento)

A ruptura das fitas de fixação foi provocada pela ação de linhas de pipa com cerol, sendo observado o baixo poder adesivo das fitas. Após romper, a fita ficou solta, chegando a tocar no cabo fase.

Este problema foi detectado em quase todos os trechos, com destaque para: Areal/Porto Velho e Porto Velho/Alfavelle, em Porto Velho e Manaus/Ponta Negra, Manaus/Cachoeirinha e Aparecida/Seringal Mirim, em Manaus.

As alternativas estudadas, para solucionar o problema, serão analisadas a seguir.

#### a) Utilização de fita mais larga, com maior aderência

Uma das vantagens da utilização de fita mais larga, de 12 mm por exemplo, e com maior poder adesivo é que, como a fita é colocada inclinada em relação ao eixo do conjunto cabo pára-raios/cabo óptico (espiralada), a ação das linhas de pipa com cerol seriam praticamente anuladas, pois as mesmas não conseguiriam romper a fita, no máximo causariam danos (observou-se que, em geral, as linhas atingem o cabo pára-raios perpendicularmente ao seu eixo).

Os problemas desta solução residem na necessidade de modificar o carretel existente na máquina de entalamento e dos custos inerentes, valores estes não quantificados pelo fabricante.

#### b) Utilização de braçadeiras de polietileno

A utilização de braçadeiras de polietileno, do mesmo tipo que é utilizada na fixação de cabos coaxiais às torres de telecomunicações, apresenta como vantagem o custo baixo e facilidade de aquisição no mercado.

Quando considerado um vão médio da linha de transmissão, as braçadeiras ficam praticamente imunes à ação da linha de pipa com cerol, pois são colocadas perpendicularmente em relação ao cabo a cada um ou dois metros.

Algumas desvantagens desta alternativa residem na

colocação das braçadeiras, que é realizada manualmente, podendo necessitar de desligamento das linhas de transmissão e o tempo de vida útil das braçadeiras, estimado em dois anos, devido ao ressecamento das mesmas. Outra desvantagem, as braçadeiras podem servir de “guia” para as linhas de pipa com cerol, podendo causar, com o passar do tempo, danos ao conjunto cabo pára-raios/óptico.

#### c) Utilização de peças pré-formadas em aço

A utilização de peças pré-formadas em aço, em forma espiralada com 10 cm de comprimento e compatíveis com o diâmetro do conjunto cabo pára-raios/óptico, apresenta como grande vantagem, a relativa imunidade à ação das linhas de pipa com cerol e ao tempo. Estas peças podem ser colocadas a cada dois metros, ou menos, de acordo com a necessidade.

Como desvantagens, destaca-se: a colocação das peças é efetuada manualmente, podendo necessitar de desligamento das linhas de transmissão; a peça é fabricada sob encomenda, tendo um custo mais elevado; em havendo folga entre as peças e o conjunto de cabos, o cabo óptico pode passar para cima do cabo pára-raios, ficando mais suscetível à danos; as peças servem de guia para as linhas com cerol, podendo causar, com o passar do tempo, danos ao conjunto cabo pára-raios/óptico; a existência de pequenas protuberâncias nas pontas das peças, faz com que as linhas com cerol engatem nas mesmas.

Como comentário final, em todas as propostas, haverá sempre a necessidade de colocação da fita de entalamento. Para o caso de colocação de braçadeiras metálicas ou não (as peças pré-formadas foram escolhidas pela Eletronorte), haverá necessidade de utilização de uma fita de entalamento.

### 5.4. Danos aos cabos ópticos

Foram verificados danos aos cabos ópticos, provocados pela ação das linhas de pipa com cerol, com destaque para cortes nos cabos, com exposição das fibras e escoamento do gel de proteção e, o mais grave, a ruptura total do cabo óptico.

Foram verificados estes problemas nos seguintes trechos: Areal/Porto Velho e Porto Velho/Alfavelle, em Porto Velho e, em Manaus, Manaus/Ponta Negra, Manaus/Cachoeirinha e Aparecida/Seringal Mirim.

Tanto em Manaus quanto em Porto Velho, os seguintes aspectos foram observados:

- o problema é verificado em regiões bastante povoadas, fora da área central da cidade;
- há registro de danos causados pela ação das linhas

de pipa com cerol em cabos de aço, com rompimentos de tentos;

- a linha de pipa com cerol, em geral, atinge o conjunto cabo pára-raios/óptico perpendicularmente ao eixo do mesmo;
- face ao posicionamento espacial entre o cabo pára-raios e os cabos fase, a linha de pipa com cerol envolve o conjunto cabo pára-raios/óptico, pela parte de cima, havendo casos deste envolvimento pela parte de baixo, ocasionando ruptura das fitas e danos ao cabo óptico, inclusive sua ruptura;
- a fita de entalamento e posteriormente a peça pré-formada, servem de guia para a linha com cerol, fazendo que a mesma não “deslize” sob o cabo pára-raios sem causar danos;
- eventualmente, as linhas enroscam-se ao conjunto de cabos e, pela ação dos usuários em retirar a pipa, provocam danos ao mesmo e posterior ruptura no cabo óptico;
- os cabos fases também são afetados pelo problema, especialmente as fases mais externas, A e V.

O procedimento adotado para a recuperação do trecho de cabo óptico rompido constitui-se, basicamente, na instalação de nova caixa de emenda na estrutura mais próxima ao local, e a substituição do trecho de cabo óptico entre a nova e a próxima caixa de emenda existente no trecho. A título de informação a distância média entre as caixas de emenda, no sistema Porto Velho é de 1500 m e no sistema Manaus de 1000 m.

A análise de cada uma das propostas, apresentadas para solucionar o problema, são analisadas a seguir.

- a) Substituição do cabo espinado (AD-LASH) por cabo auto-sustentado (ADSS)

A instalação do cabo auto-sustentado (ADSS) em substituição ao cabo espinado (AD-LASH), deve ser precedido de um detalhado estudo dos campos elétricos das linhas, para verificar o ponto mais propício das estruturas para lançamento do cabo de forma a minimizar o efeito “tracking”. Caso o cabo seja lançado entre os cabos fases, poderá ser necessário o desligamento das linhas de transmissão, ficará pouco suscetível à ação das linhas de pipa com cerol, pois àqueles servirão de proteção a este. Caso instalado abaixo dos cabos fase, poderá ocorrer em linha energizada, o cabo ADSS ficará exposto à ação das linhas de pipa com cerol.

A instalação deste tipo de cabo apresenta algumas desvantagens, tais como: sendo um cabo mais pesado, em torno de quatro vezes superior ao cabo AD-LASH, pode requerer reforço nas estruturas devido ao peso e à carga de vento; sua instalação abaixo dos cabos fase, coloca-o em risco em relação à ação de fogo e das

linhas com cerol; custo do cabo, sem levar em consideração a instalação, é o dobro do cabo AD-LASH;

- b) Substituição do cabo espinado (AD-LASH) por cabo OPGW

A grande vantagem na utilização do cabo OPGW, em substituição ao cabo AD-LASH, é sua baixa suscetibilidade à ação das linhas de pipa com cerol, apesar de haver registros de danos à cabos pára-raios, com ruptura de tentos.

Alguns aspectos devem ser considerados, nesta alternativa : sendo um cabo mais pesado, superior em dez vezes ou mais, que o cabo AD-LASH, haverá necessidade de reforço nas estruturas devido ao peso e à carga de vento; é bastante provável que a instalação do cabo OPGW seja efetuada em linha desenergizada; o custo do cabo, sem levar em consideração sua instalação, é em torno do triplo do cabo AD-LASH.

- c) Lançamento de cabo metálico abaixo do cabo pára-raios

Alternativa bastante interessante, que se constitui na instalação de um segundo cabo pára-raios, não havendo necessidade de substituir o cabo AD-LASH. Sob o ponto de vista econômico e de instalação, é bastante vantajosa, quando comparada com outras soluções.

Alguns cuidados devem ser observados, como: dependendo das características do cabo, que deve ser semelhante ao cabo pára-raios e de preferência mais leve que este, poderá ser necessário reforçar as estruturas; sua instalação requer desligamento da linha de transmissão; sendo solidário ao cabo pára-raios nas estruturas, suas características elétricas deverão ser semelhantes à este, evitando-se possíveis rupturas do cabo por superaquecimento quando de descargas atmosféricas.

- d) Lançamento de cabo OPGW abaixo do cabo pára-raios

Esta alternativa é uma junção das duas anteriores, com a vantagem de servir como segundo cabo óptico, ideal para comercialização. Os pontos negativos são semelhantes aos mencionados nos itens “b” e “c”.

- e) Lançamento de cabo espinado AD-LASH no cabo fase

É uma alternativa bastante interessante, porém de laboriosa implantação.

Com a instalação do cabo óptico AD-LASH na fase “B”, o cabo ficará protegido pelos outros cabos fase,

da ação das linhas de pipa com cerol, servindo também como segundo cabo óptico, o primeiro instalado no cabo pára-raios, ideal para comercialização.

A instalação do cabo óptico no cabo fase, fase B, requer a análise detalhada de algumas questões, tais como:

- o cabo espinado AD-LASH, foi projetado para operar sob tensões de até 30 kV, como a linha de transmissão é de 69 kV, o cabo ficará mais suscetível à ação do efeito “tracking” (rompimento da camada da capa de proteção do cabo por correntes parasitas que circulam nesta capa), podendo reduzir a vida útil do cabo em até 50 % (inferência estatística);
- será necessário o desligamento da linha e, muito provavelmente a remoção temporária da fase de baixo, para facilitar o lançamento e a operação da máquina de entalamento;
- como o cabo ficará sob tensão elétrica, as caixas de emenda também ficarão, e parte desta tensão será transferida para a estrutura, podendo causar danos a terceiros; para evitar este problema, o cabo óptico deverá ser isolado da caixa através de isoladores, com valor estimado de doze mil marcos alemães, o par, porém só disponíveis no momento para tensões de até 30 kV;
- uma alternativa para contornar o problema, seria a instalação de caixas de emenda menores e mais leves, que pudessem ser fixadas aos isoladores utilizados nas linhas de transmissão existentes, não havendo o contato das caixas com as estruturas, com as caixas ficando suspensas.

Como mencionamos no início, esta solução é a mais laboriosa, porém mais econômica que a instalação de cabo OPGW ou ADSS, considerando-se que as caixas de emenda ficariam suspensas nos isoladores da linha de transmissão existentes.

## 6. CONCLUSÕES

Apesar dos inúmeros problemas verificados, todos eles relacionados à linhas de pipa com cerol, a utilização de cabos ópticos espinados tipo AD-LASH, em linhas de transmissão urbanas ainda é uma boa alternativa, quer do ponto de vista tanto técnico quanto econômico.

A utilização de linhas de pipa com cerol, apesar de proibida, é prática comum em todo o país no que pese as constantes campanhas de esclarecimento público quanto aos perigos de sua utilização. Ou seja, os efeitos advindos de campanhas educativas, benéficas para todos, são de sucesso bastante questionável, levando-nos a achar que esta solução, há muito sendo aplicada, não ocorrerá nos próximos anos.

A solução adotada hoje para evitar que o rompimento da fita faça com que o cabo óptico fique solto do cabo pára-raios, apresentada pela Siemens, com a concordância da Eletronorte, foi a instalação das peças pré-formadas, espaçadas de dois em dois metros e, em alguns trechos que não possuíam mais as fitas, de um em um metro.

Em nosso entendimento a solução para este problema, passa pela alteração das dimensões da fita, especialmente a largura, e aumento do poder adesivo. Também seriam necessárias modificações nos carretéis da máquina de entalamento, de modo a receberem a nova fita. Outra alternativa seria, além das já mencionadas, alterar o próprio material de fabricação da fita.

Quanto à ruptura dos cabos, a solução mais interessante tecnicamente, a instalação nos cabos fases, é de certa complexidade. Assim, das soluções apresentadas, a mais econômica e simples é a instalação de cabo metálico abaixo do conjunto cabo pára-raios/cabo óptico. Esta solução já está sendo utilizada em alguns trechos mais críticos do sistema de Manaus e poderá ser ampliada para os trechos críticos do sistema Porto Velho.

Vale ressaltar outra solução, esta do ponto de vista da operação do sistema, que é o fechamento do anel óptico em Manaus, previsto para o ano de 2001, e em Porto Velho, neste caso via rádio. Tal solução, permitiria maior proteção e flexibilidade operacional ao sistema como um todo.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- (1) SIEMENS. Projeto executivo de instalação do Sistema Porto Velho, 1998.
- (2) SIEMENS. Projeto executivo de instalação do Sistema Manaus, 1999.
- (3) ELETRONORTE. Relatórios de ocorrência do Sistema Porto Velho, 1999.
- (4) ELETRONORTE. Relatórios de ocorrência do Sistema Manaus, 2000.
- (5) ELETRONORTE. Reuniões de trabalho entre Eletronorte/Siemens, 1999/2000.
- (6) SIEMENS. Manual de instalação cabo AD-LASH.
- (7) SIEMENS. Manual de cabos ópticos.

## 8. DADOS BIOGRÁFICOS

**Armando Pinho**, formado em Engenharia Elétrica, pela PUC/RJ em 1971, trabalha desde 1982 na Eletronorte.

**Nagib Pardauil**, formado em Engenharia Elétrica, pela UFPA em 1986, trabalha desde 1987 na Eletronorte.