A Linha de Transporte Lindoso-Freixo

Manuel Vaz Guedes
FEUP - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto

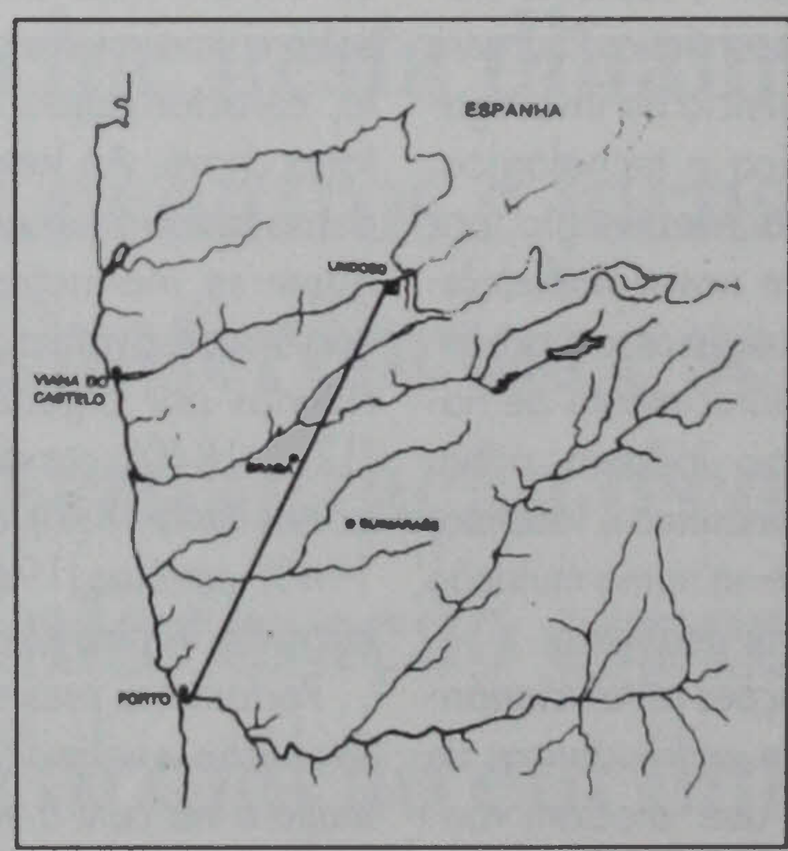
No início da década de vinte a cidade do Porto encontrava-se muito mal servida no abastecimento de energia [1]. Existiam vários pequenos produtores – cada fábrica era um produtor de energia, algumas vezes eléctrica, mas produzida sempre com um rendimento fraco – e existia um serviço abastecedor dependente da Câmara Municipal que procurava conciliar os prejuízos certos da produção do gás numa fábrica decadente com os presumíveis lucros da energia eléctrica à população e com despesas da energia eléctrica cedida gratuitamente tanto aos serviços camarários como para consumo na iluminação pública. Nesses anos a energia eléctrica fornecida pelos Serviços Municipais de Gaz e Electricidade foi: 1921 – 4,46 GWh; 1922 – 5,8 GWh; 1923 – 6,4 GWh.

Esta energia eléctrica provinha de duas centrais geradoras: da central térmica do Ouro e, a partir de 1922, da central hidroeléctrica do Lindoso. Existia ainda, na cidade, uma central térmica privativa da Companhia Carris de Ferro do Porto – a Estação Central Geradora de Massarelos – destinada a alimentar a rede de carros eléctricos para os transportes públicos [2]; em 1922 foi colocada a hipótese de esta central geradora privada fornecer energia à rede eléctrica da cidade através de uma ligação directa por alimentador, ("feeder") com a Central do Ouro [1].

A central do Ouro, que passara em 1917 a ser pertença dos Serviços Municipais de Gaz e Electricidade, já com nove anos de serviço desde a sua montagem [3], tinha uma instalada de 3 MW (1500 + 2x750 kW), e tinha as caldeiras em mau estado, provocado pela utilização de água de má qualidade e de combustíveis pobres durante os anos da I Guerra Mundial.

A Central do Lindoso, situada na margem esquerda do rio Lima, a algumas centenas de metros de Espanha, era explorada por uma empresa espanhola Sociedade Eléctro del Lima, SARL, com sede em Madrid, que tinha criado em Portugal uma empresa UEP – União Eléctrica Portuguesa com o principal fim de consumir a electricidade produzida [4]. Aquela central hidroeléctrica, que continuava em montagem em 1922, tinha uma potência instalada de 7 MW, com um grupo gerador (8,75 MVA, 6 kV, cos $\varphi = 0,8$, 50 Hz, trifástico), mas faltava ainda entrar em funcionamento um outro grupo igual e instalar os restantes grupos [5]. Tinha-se verificado no estio desse ano que o caudal do rio apenas assegurava uma potência permanente de 4 MW [1].

A partir da saída da Central e desde a sala de transformadores (8,75 MVA, 6/75 kV, dD) [6], existia uma linha eléctrica trifásica alimentada com a tensão de 75 kV que transportava a energia eléctrica até às cidades de Braga e do Porto (Freixo). A extensão total da linha era de 85 km, sendo 50 km o comprimento da linha de Braga ao Porto.



A linha trifásica de transmissão de energia eléctrica de Lindoso ao Freixo seguia em linha recta no mapa! [7]. A linha de transmissão era constituída por condutores em fio de cobre nu com 8 mm de diâmetro segundo os vértices de um triângulo equilátero, com a altura vertical, e com 1,8 m de lado. Os fios estavam assentes em isoladores de suporte, que se apoiavam em postes de madeira com um comprimento de 11 m, tendo 1,5 m enterrados no solo, e um braço transversal de 1,85 m a 1,55 m do topo do poste. Os postes estavam distanciados entre si de 100 m, aproximadamente. Entre a Central do Lindoso e o Freixo existiam 963 postes.

Os isoladores utilizados eram de quatro saias, constituídos por três partes distintas, sobrepostas e devidamente cimentadas entre si. Eram de cor castanha [8], e tinham uma altura de 39,6 cm. Estavam montados sobre hastes metálicas de 55 cm, colocadas nas extremidades do braço e no topo do poste.

No cruzamento com as vias férreas e com os caminhos públicos, o percurso da linha era perpendicular ao eixo da via, e a travessia dessa via, decorria entre dois postes de ferro, contruídos por perfilados de ferro reunidas por rebitagem, com três braços, o que se destinava a permitir uma futura duplicação da linha. Estavam encastrados 2 m num maciço de betão, enterrado 1,5 m. A amarração do fio ao poste metálico era dupla: havia um cabo grosso de segurança que se prendia a um segundo isolador à distância de 50 cm do isolador que suportava o fio; o cabo de segurança acompanhava o fio de trabalho, estando cintados por fios de cobre a cada metro da travessia. Também se utiliza esta montagem na passagem das povoações.

Os postes era levantados em pontos determinados no terreno, atendendo às características calculadas para o vão normal estudado, e às condições específicas do local.

Sob o ponto de vista mecânico, e não se conhecendo com a precisão o traçado da linha, apenas se pode repetir a aplicação das fórmulas e ábacos comuns nesse tempo para um vão normal de 100 m [9]. Para além da influência

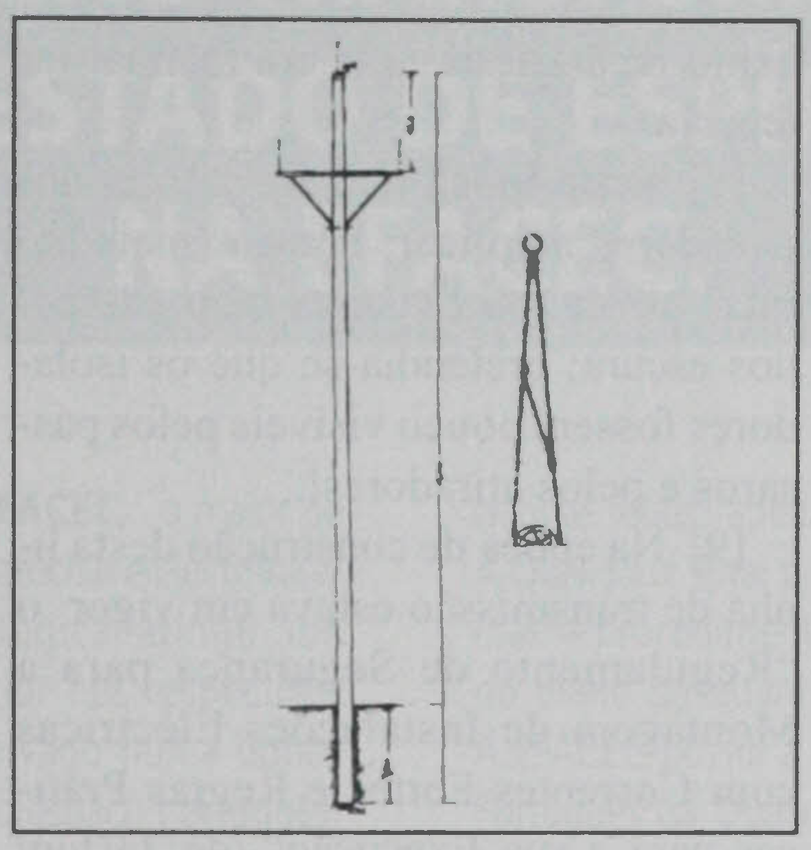
da temperatura era obrigatório considerar-se a infuência do vento e da neve (§ 22° d), o valor da flecha admissível estava imposto através do valor regulamento da distância da linha no seu ponto mais baixo ao solo (§ 22° b.1). Também era obrigatório um especial cuidado nas travessias de vias, e de povoações, para evitar que,em caso de rotura o fio condutor caísse na via (§ 22° h, k).

Pelo que se pode conhecer desta linha verifica-se que sob o ponto de vista mecânico, a linha não apresentava uma fragilidade especial, apesar de ser montada da forma mais económica.

Quanto ao estudo eléctrico da linha verifica-se com a aplicação da fórmula de Peek [10], conforme era prática nessa altura, que se obtinha um valor para a tensão crítica simples de 47,9 kV (a 17° C e pressão atmosférica normal e bom tempo), que era superior ao valor da tensão simples da linha (43,3 kV), logo não havia efeito coroa; mas com mau tempo a tensão crítica era de 38,4 kV, o que já possibilitava a ocorrência do efeito coroa [11].

As características eléctricas desta linha eram: uma indutância de 0,108 H, a resistência total de um fio da linha de 30,4 Ω, e os efeitos capacitivos eram desprezáveis. Estes valores são comuns neste tipo de linha aérea, e por isso o valor da regulação da linha deveria ser um valor típico da ordem dos 4% a 5% para uma transmissão em potência de 5 MW (71% da potência instalada).

Tratando-se de uma linha curta, os parâmetros eléctricos são típicos deste tipo de linha aérea, e a regulação tem um valor aceitável. Revendo as normas regulamentares [8] que incidiam sobre a parte eléctrica da linha apenas se verifica que, sendo a instalação de uma linha de guarda (§ 22° g) deixada ao critério do projectista ("...instalando, se preciso for..."), neste caso não foi instalada. A outra norma regulamentar (§ 22° visa a instalação de protecções da aparelhagem eléctrica ligada à linha; mas isso diz já respeito ao sistema eléctrico global e não ao comportamento da linha.



Esta análise dos aspectos construtivos, mecânicos e eléctricos, da linha, área de transmissão de energia entre o Lindoso e o Freixo mostra que a linha, tendo uma construção simples, era segura e apresentava as características eléctricas comuns deste tipo de linhas. Só na análise do valor da tensão crítica se detecta a possibilidade de ocorrência de problemas de perdas por efeito coroa e, eventualmente, do efeito luminoso respectivo em situações de mau tempo.

Recorrendo a estes elementos pode-se justificar, mas apenas parcialmente, a interpretação habitual de que os problemas com esta transmissão de energia eléctrica – cortes frequentes e bruscos – eram devidos à precaridade da linha, principalmente em situações de mau tempo.

O Regulamento de Segurança então em vigor [8] apenas previa a protecção contra ocorrência de descargas atmosféricas (sobretensões externas), mesmo frequentes e sucessivas, através da utilização de pára-raios [12]. Por isso, na central do Lindoso e nas subestações de tranformação existiam bobinas de indução e pára-raios.

Numa análise global verifica-se que o sistema eléctrico tinha algumas características que também justificam (a posteriori) um fornecimento de energia eléctrica precário à cidade do Porto.

- O sistema eléctrico era alimentado por um único gerador – sistema monoalimentado.
- Apenas a velocidade da turbina hidráulica era regulada automaticamente.
- Nesta fase, em que a tensão na linha estava reduzida ao valor de 75 kV, os valores da tensão crítica de coroa já estavam muito próximos do valor da tensão da linha, podendo ser-lhes inferiores com mau tempo.
- Só existia protecção contra sobretensões devidas a descargas atmosféricas na linha aérea; esta não tinha linha de guarda.
- O sistema eléctrico era conduzido manualmente na central geradora e nas subestações transformadoras, enquanto que a vigilância da linha era feita por guarda-linhas.
- A comunicação entre os diferentes agentes intervenenientes no controlo do sistema eléctrico, feito pelo telefone, era imperfeita.

Neste estudo, para além da descrição da linha eléctrica de transmissão de energia Lindoso-Freixo, procurou-se uma justificação para a classificação de precário atribuída ao funcionamento desta linha, e o contributo desse tipo de funcionamento para a opnião disseminada sobre a falta de segurança e de comodidade no abastecimento de energia

NOTAS E REFERÊNCIAS

[1] Ezequiel de Campos; "*Electricidade para o Porto*", Relatório dos SMGE, Porto 1992.

[2] Manuel Vaz Guedes, "*1924 - A Estação Central Geradora de Massarelos*", 2° Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Electrotécnica, Lisboa 1995.

[3] A central térmica do Ouro foi montada em 1908, em substituição de uma central térmica de corrente contínua situada na Rua de Passos Manuel; em 1910 foi acrescentado um turbogrupo gerador (1,5 MW). A alimentação em energia eléctrica da cidade do Porto foi exclusivamente feita pela Central do Ouro até 1992.

[4] Conforme o art. 3° dos Estatutos da UEP - União Eléctrica Portuguesa.

[5] Na escrita deste trabalho foram utilizados apontamentos pessoais com

valores retirados, há alguns anos, de um relatório de missão realizado em 1922/23 por António Canavezes Jr., aluno da Faculdade Técnica da Universidade do Porto.

[6] Os enrolamentos do secundário do transformador elevador podiam ser ligados em estrela obtendo-se, assim, uma tensão composta de 130 kV para a alimentação da linha.

[7] A sensação que resulta do estudo deste empreendimento é que apenas foi feito o estritamento necessário, minimizando-se o investimento inicial. A Obra de Retenção, indevidamente chamada "barragem", corresponde a um açude de 5 m de altura sem capacidade de rentação para os meses de estio, a linha eléctrica de transporte de energia era de construcção simples e a explo-ração desta rede era manual intensiva.

[8] Nesta época discutia-se a cor dos isoladores a aplicar: branca (mais barata), verde ou castanha mais ou menos escura; pretendia-se que os isoladores fossem pouco visíveis pelos pássaros e pelos atiradores!...

[9] Na época de construção desta linha de transmissão estava em vigor o "Regulamento de Segurança para a Montagem de Instalações Eléctricas com Correntes Fortes e Regras Práticas para a sua Execução", de 23/Jun/1913. No parágrafo 22º eram regulamentadas em 12 pontos as linhas aéreas.

[10] F. W. Peek Jr; "*The Law of Corona and the Dielectric Strength of Air*", Trans. AIEE,1991.

[11] Para além da sua importância como fenómeno eléctrico, o efeito coroa quando existe pode ser acompanhado de efeitos luminosos, que podem surgir quando a tensão crítica de luminiscência é inferior à tensão simples da linha. É importante analisar a influência deste fenómeno eléctrico sobre a opnião pública nessa época de lançamento das primeiras linhas aéreas de alta tensão. Mas não se encontraram fontes fidedignas.

[12] Nesta época designavam-se por pára-raios todos os aparelhos que permitiam o escorvamento quando a amplitude da tensão ultrapassava um valor imposto. Nas subestações de transformação estavam montadas numa forma coordenada e em pára-raios de cornos (explosores) e pára-raios electrolíticos. □

Ventiladores na Indústria de Pasta de Papel

Os ventiladores de alta pressão da **ABB Fläkt** foram desenvolvidos durante muitos anos com os materiais disponíveis mais avançados. Presentemente, nos ventiladores é utilizado aço duplex inoxidável extremamente robusto. Além disso, a empresa utiliza as últimas técnicas computarizadas de modelos matemáticos para os cálculos de carga, procurando fornecer lâminas de ventilador e invólucros com óptimas características de resistência. O resultado destes desenvolvimentos é que agora, com um ventilador de um só andar, é possível alcançar uma diferença de temperatura até 7 °C comparativamente com os 4 °C das máquinas do início dos anos 80. Assim, tornou-se oportuno o seu emprego nos evaporadores MVR (Recompressão Mecânica de Vapor).

Uma das principais razões para o sucessão dos ventiladores é a sua simplicidade de construção relativamente à complexidade de construção dos compressores. O ventilador tem uma construção em chapa extremamente simples, contrariamente à do compressor, cuja caixa e rotor são fabricados em metal fundido e depois trabalhados à máquina com alta precisão.

A construção simples dos ventiladores torna fácil a sua manutenção e mantém os custos de fabrico baixos. Mesmo considerando que se utilizam dois turboventiladores em série na fábrica de pasta de papel em Umkomaas (na África do Sul) para obter a mesma diferença de temperatura de um compressor, os custos de operação são largamente reduzidos. Além disso, os compressores são construídos em tamanhos padronizados, enquanto os ventiladores são construídos por encomenda. Os ventiladores cabem exactamente para onde foram projectados, têm um alto grau de flexibilidade na instalação e minimizam o consumo de energia do evaporador.

Para que a utilização de um compressor ou ventilador de técnica MVR seja rentável em comparação com os tradicionais evaporadores de andares múltiplos é preciso que, no respectivo país, o custo de electricidade seja mais baixo que o custo do vapor. Outra condição prévia para que a utilização da técnica do evaporador MVR seja vantajosa é que o líquido evaporado tenha uma baixa elevação do ponto de ebulição, tal como acontece com a lixívia de sulfito usada na fábrica do Umkomaas. Os evaporadores de andares múltiplos ainda são considerados norma para a lixívia de sulfato, que é normalmente evaporada até um teor elevado em matérias sólidas, tendo assim uma alta elevação do ponto de ebulição. Tal processo evapora até 1000 toneladas por hora que é um salto significativo das 150 toneladas por hora possível com MVR.

Contudo, existem movimentos para utilizar a tecnologia MVR como um pré-evaporador nas indústrias da pasta sulfatada. A vantagem da técnica MVR é particularmente notável quando da expansão duma fábrica de pasta sulfatada, pois reduz o tempo de paragem da fábrica durante a expansão.

Nesses evaporadores, a tecnologia do ventilador tem vindo a afirmar uma posição com boa alternativa aos compressores. Os resultados da utilização do ventilador em Umkomaas provam que, se os custos de operação forem favoráveis, os evaporadores MVR accionados por ventilador têm um futuro muito próspero em todas as fábricas de pasta de papel. □