

**XIV – SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**LOCAÇÃO INTERATIVA DE ESTRUTURAS - LIE**

**Lourival Lovato**

**Companhia Paranaense de Energia - COPEL**

**Foz do Iguaçu, 19 a 23 de Novembro de 2000**

## RESUMO

Buscando sempre a melhoria da qualidade dos serviços prestados na área de distribuição de energia e melhorando continuamente os índices de confiabilidade do sistema elétrico, encontra-se implantado na COPEL o sistema de Locação Interativa de Estruturas - LIE. Esta aplicação visa auxiliar a execução dos projetos de linhas e redes de distribuição, de forma a contribuir significativamente na redução do tempo de análise e desenvolvimento destes projetos, bem como reduzir o seu custo e conseqüentemente o custo final da obra. Isto torna-se possível através da análise e criação de diversas alternativas de uma mesma obra, com o objetivo de buscar a solução que se apresente como a de melhor viabilidade técnica e econômica.

Este sistema pode ser usado tanto pelas concessionárias de energia como pelas empreiteiras prestadoras deste tipo de serviço, visto que ele atende os projetos confeccionados nas classes de tensão de 13,8 , 34,5 e 46 kV para linhas ou redes monofásicas, bifásicas e trifásicas. O aumento de produtividade comprovado em campo, com as diversas áreas de engenharia e construção ficou em torno de 100%, reduzindo pela metade, o tempo da confecção dos projetos destas linhas.

O sistema de locação de estruturas é uma ferramenta de auxílio ao projetista que se apresenta de forma muito semelhante à forma tradicional utilizada para a execução do projeto, a sua concepção foi baseada na experiência profissional dos componentes da equipe de desenvolvimento de sistemas e da equipe de engenharia e construção, obtendo desta forma uma ferramenta de fácil utilização, permitindo uma interação amigável entre o usuário e a ferramenta.

Além de ser uma aplicação gráfica, onde pode ser observado o lançamento das curvas catenária e o posicionamento das estruturas, também são realizados em tempo de execução todos os cálculos que se fazem necessários, como por exemplo vão elétrico, mecânico, arrancamento, compressão bem como o dimensionamento das estruturas limite de tramos na diferentes temperaturas. Com estas verificações, o projeto estará sempre dentro dos limites de confiabilidade e assim não haverá problemas com subdimensionamento ou superdimensionamento do mesmo.

Como característica importante devemos ressaltar que o sistema está preparado para a regionalização dos projetos, isto é, podemos executá-los baseados nas temperaturas máximas e mínimas observadas de cada região. Após sua execução, o desenho do perfil com as características do projeto poderá ser desenhado com o auxílio de uma impressora ou ploter, eliminando assim o trabalho do projetista na confecção do desenho final.

# LOCAÇÃO INTERATIVA DE ESTRUTURAS - LIE

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. PROJETOS DE REDES .....	5
2.1 MÉTODO ATUAL .....	5
2.2 MÉTODO PROPOSTO .....	5
3. LOCAÇÃO INTERATIVA .....	7
3.1 MODELO FUNCIONAL .....	7
3.2 MODELO OPERACIONAL .....	8
4. RESULTADOS OBTIDOS .....	11
4.1 TRINTA DIAS APÓS A IMPLANTAÇÃO .....	11
4.2 DEZOITO MESES APÓS A IMPLANTAÇÃO .....	12
5. CONCLUSÃO .....	12
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
7. CO-AUTORES.....	13

## 1 - INTRODUÇÃO

Buscando sempre a melhoria da qualidade dos serviços prestados na área de distribuição de energia e melhorando continuamente os índices de confiabilidade do sistema elétrico, encontra-se implantado na COPEL o sistema de **Locação Interativa de Estruturas - LIE**. Esta aplicação visa auxiliar a execução dos projetos de linhas e redes de distribuição, de forma a contribuir significativamente na redução do tempo de análise e desenvolvimento destes projetos, bem como reduzir o seu custo e consequentemente o custo final da obra. Isto torna-se possível através da análise e criação de diversas alternativas de uma mesma obra, com o objetivo de buscar a solução que se apresente como a de melhor viabilidade técnica e econômica.

Este sistema pode ser usado pelas concessionárias de energia e pelas empreiteiras prestadoras deste tipo de serviço, visto que atende aos projetos confeccionados nas classes de baixa tensão (110 / 220 V) e média tensão (13,8, 19,05, 34,5 e 46 kV) para linhas ou redes monofásicas, bifásicas ou trifásicas. O aumento de produtividade comprovado em campo, com as diversas áreas de engenharia e construção ficou em torno de 100%, reduzindo pela metade o tempo da confecção destes projetos. É uma ferramenta de auxílio ao projetista que se apresenta de forma muito semelhante à forma tradicional utilizada para a execução do projeto.

Além de ser uma aplicação gráfica, onde pode ser observado o lançamento das curvas catenárias e o posicionamento das estruturas, também são realizados em tempo de execução todos os cálculos que se fazem necessários, como por exemplo vão elétrico, mecânico, arrancamento, compressão e o dimensionamento das estruturas limite de tramos. Com estas verificações, o projeto estará sempre dentro dos limites de confiabilidade, eliminando problemas com subdimensionamento ou superdimensionamento.

Após sua execução, o desenho do perfil com as características do projeto poderá ser desenhado com o auxílio de uma impressora ou ploter, eliminando, assim, o trabalho do projetista na confecção do desenho final.

## **2 - PROJETOS DE REDES**

### **2.1 - Método Atual**

O método convencional de execução de projetos de redes de distribuição, consiste na utilização de levantamento plani-altimétrico em folha vegetal de formato 750 x 1189 mm. A escolha e locação de estruturas se faz sempre por tentativas, usando gabaritos de catenárias, em geral com poucos vãos básicos, o que dificulta a determinação precisa de flechas máximas e mínimas e a necessidade constante de consulta a outros materiais de apoio, tais como normas, tabelas e manuais.

Os processos seguintes são: desenho final, preenchimento de planilhas e tabelas, revisão dos projetos após a execução da obra, fechamento físico e arquivamento dos processos de obras.

Outro fator a ser considerado são os serviços de levantamento de redes existentes, para servir ao cadastramento, pois em geral os dados da topografia (rumos, deflexões, coordenadas), não são precisos.

Sabe-se no entanto que há cada vez mais obras a serem projetadas e construídas com a mesma quantidade de recursos humanos e, em alguns casos, os mesmos recursos são também alocados no desenvolvimento de outras atividades, o que subdivide o tempo disponível.

### **2.2 - Método Proposto**

Se ao micro-computador está sendo reservado espaço físico nos ambientes de trabalho, com certeza haverão outros equipamentos e procedimentos que poderão ser eliminados ou modificados neste mesmo ambiente. No caso dos projetos de redes, com o desenvolvimento do sistema LIE e a partir da sua implantação, não haverá mais a necessidade da utilização de pranchetas, de tabelas de consultas a flechas e trações e de acessórios para a confecção do desenho.

Haverá uma melhora significativa no processo de qualidade no desenvolvimento das atividades, desde a busca da informação em campo até a entrega ao cliente do produto final - a energia elétrica.

Estes resultados poderão ser vistos nos seguintes passos:

- Como todo o processo se inicia a partir da coleta dos dados topográficos, estas informações deverão ser mais confiáveis. O sistema não permite adaptações que não representem o objeto real, o perfil;
- Todos os cálculos que se fazem necessários aos projetos são feitos em tempo de execução. Assim, não serão confeccionados projetos subdimensionados. Também poderá ser evitado superdimensionamento alertando quando da ocorrência do mesmo;
- Para todos os projetos, poderão ser obtidas de forma interativa várias alternativas, possibilitando a comparação entre as mesmas, de forma a escolher aquela que se apresente como a de melhor viabilidade técnica e econômica;
- Os projetos poderão ser regionalizados, adaptando-os às condições locais de temperatura (mínima e máxima), não globalizando os dimensionamentos em função de uma única temperatura mínima e máxima como, por exemplo, as mesmas temperaturas sendo adotadas nas regiões litorâneas e nas regiões de altitudes elevadas;
- Além das observações acima descritas, pode-se considerar ainda que não haverá mais a necessidade do espaço físico, que é necessário para o armazenamento dos projetos executados, pois os mesmos estarão armazenados em meio magnético;
- Levando-se em consideração o fator humano, o processo contribui para que as atividades repetitivas sejam passíveis de automatização (ex. cálculos), de forma a diminuir o tempo do projetista na execução das tarefas, permitindo que o mesmo transfira este tempo residual para o desenvolvimento e escolha da melhor alternativa do projeto;
- O sistema como um todo não se propõe a fazer o projeto de forma automática, sendo a experiência do projetista indispensável, pois é um processo interativo. Sabe-se no entanto que os processos automáticos de auxílio aos projetos de redes, na sua maioria, tendem a cair no desuso, pois deixam de lado a dinâmica e o conhecimento prático que o profissional tem sobre o assunto;

## **3 - LOCAÇÃO INTERATIVA**

### **3.1 . Modelo Funcional**

A solução proposta surgiu principalmente em face ao elevado volume de obras a serem construídas, com um montante reduzido de recursos humanos e financeiros. Os estudos realizados antes da concepção mostraram que seria de suma importância que o processo de se projetar fosse o mais próximo do método atual, desta forma, na fase de implantação, praticamente não haveriam impactos. Outro fator que contribuiria para o sucesso do projeto, seria a experiência dos componentes da equipe de desenvolvimento em projetos de linhas e redes de distribuição.

A plataforma adotada na elaboração do sistema tem como base a linguagem de programação C operando em ambiente operacional DOS e WINDOWS. O computador usado para testes foi um 386, apresentando ótima performance.

A metodologia de se projetar redes é muito parecida a anterior, pois baseia-se no lançamento do cabo em função da equação da curva catenária. No processo manual, o projetista utiliza-se de um número reduzido de gabaritos de vão regulador padrão e o posiciona de acordo com o desenho do perfil. Na locação interativa a mesma curva é desenhada posicionando-se a mesma sobre o perfil, sendo que o processo inicia-se com um vão regulador padrão e quando da determinação do tramo é calculado o respectivo vão regulador e então é feito o lançamento da curva catenária de forma automática. A cada vão lançado são feitas as verificações dos vãos mecânico e elétrico e a situação mais crítica determinará o tamanho do próximo vão. Após a determinação do tramo, são feitas as verificações das alturas cabo-solo para todos os vãos, situações de estruturas com arrancamento ou compressão e determinação dos esforços a que estão sujeitas as estruturas limites de tramos, identificando na tela do projeto o trecho ou a estrutura com o problema.

A escolha da montagem das estruturas, dos postes e dos posicionamentos dos estais são feitos pelo próprio projetista, a partir da qual o programa encarrega-se de determinar o vão máximo, de forma a não causar um subdimensionamento. Como estas escolhas não podem ser feitas de forma aleatória, a experiência dos projetistas contribuem para um projeto final melhor otimizado já na definição da primeira alternativa.

O processo não permite que se inicie um novo tramo se o anterior apresentar problemas que comprometam a sua estabilidade ou que venha a trazer problemas futuros. Assim ao final do projeto, todos os tramos estarão de acordo com as normas estabelecidas (ver referências bibliográficas).

Quando do desenho do perfil são levados em consideração os obstáculos existentes ao longo da linha, fornecendo uma identificação dos pontos do perfil onde devem ser tomados maiores cuidados (linhas de transmissão, rodovias, banhados, ...), bem como pontos obrigatórios de locação de estruturas (deflexões, rodovias, ...).

Após o projeto estar concluído e não apresentar problemas, os respectivos relatórios, bem como os desenhos finais, poderão ser obtidos com o auxílio de uma impressora e uma ploter.

### **3.2 - Modelo Operacional**

A seguir são apresentadas três das inúmeras telas que poderão ser vistas quando da utilização da aplicação. Para cada passo dado pelo projetista o sistema faz uma análise de forma interativa, orientando o projetista na confecção do projeto. Como já mencionado anteriormente, o sistema não se propõe a fazer os projetos de forma automática. Todos os passos dados são de forma interativa, sempre aproveitando o conhecimento acumulado que o projetista tem sobre projetos de redes elétricas.

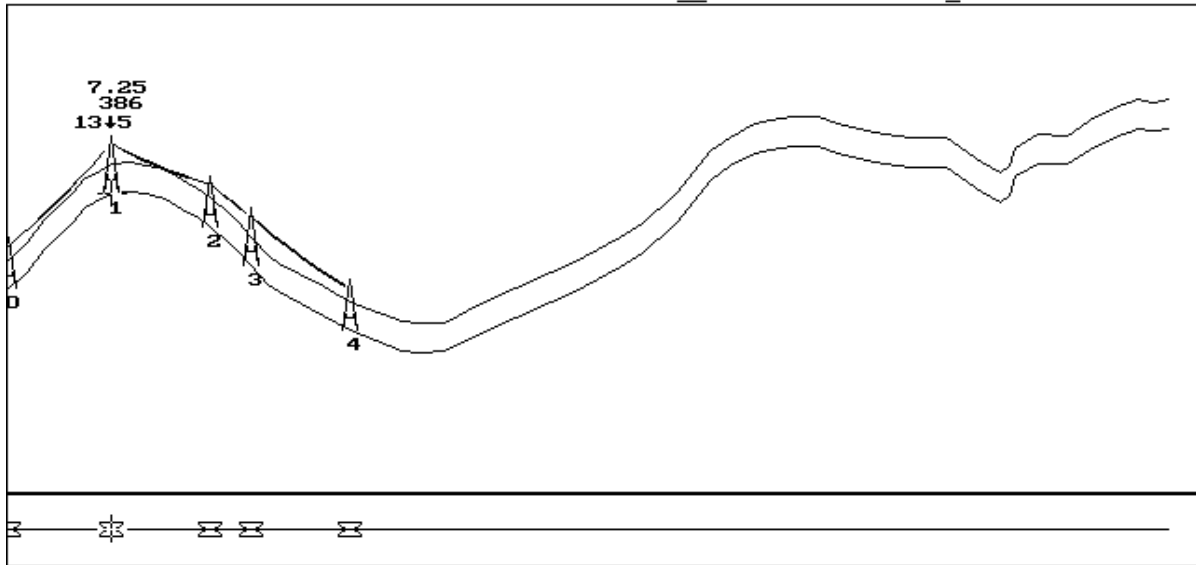
Na tela de número 1 mostra-se uma situação em que a limitante neste momento é o vão elétrico entre a estrutura anterior e a estrutura a ser posicionada. No processo tradicional, o projetista deveria consultar as tabelas, para verificar qual é o vão máximo entre as duas estruturas em questão. Com o aplicativo, a medida que é posicionada a curva catenária, são feitos todos os cálculos necessários e já se determina a limitante (vão elétrico, vão mecânico, altura do poste, isolador, cruzeta, ...). O posicionamento da estrutura é executada com o auxílio do dispositivo "mouse". O deslocamento do dispositivo "mouse" será interrompido quando encontrar a abscissa máxima possível, respeitando a limitante. Com isso será evitado que a estrutura seja locada além dos limites pré-estabelecidos.

Na tela de número 2 é apresentado a situação em que a estrutura número 1 possui uma compressão. Há um ângulo de 13 graus da estrutura em questão com a estrutura anterior e 5 graus com a estrutura posterior. A força vertical de cima para baixo na temperatura mínima é de 386 kgf e para eliminar a compressão, deve-se reposicionar a estrutura ou então rebaixar a cota



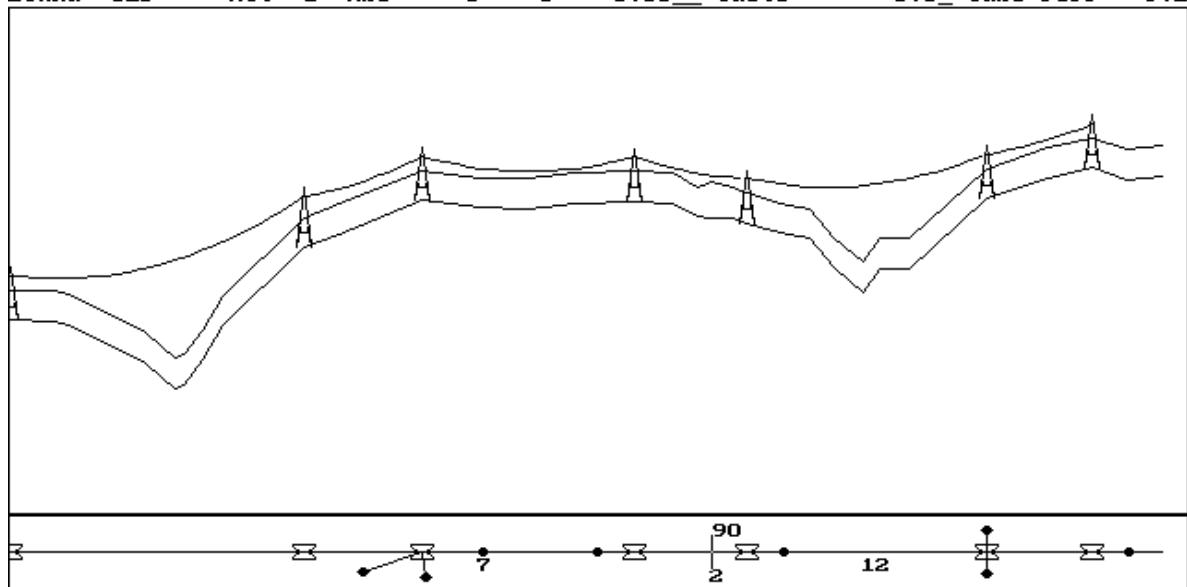


Linha: CAXIAS Alt: 3 Abs: 0 0 2904.68\_ Custo: 3.0\_ Cabo-Perf: 8.6



Tela 2 - Estrutura em situação de compressão;

Locacao	Tela	Opcoes	Estrutura	Tabelas
Linha: SED	Alt: 1	Abs: 0 0	0.00_	Custo: 0.0_ Cabo-Perf: 9.2



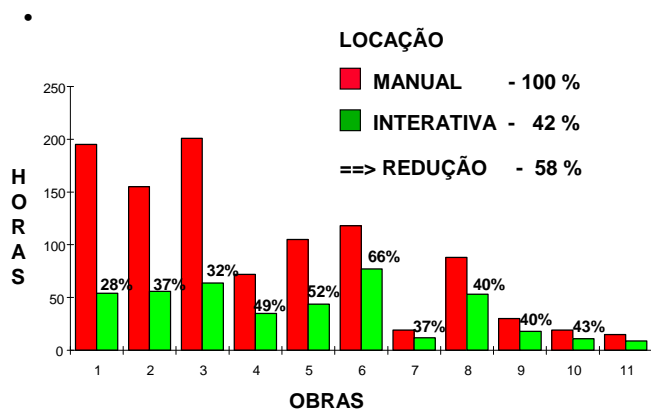
Tela 3 - Tela mostrando a resultado final dos tramos projetados.

## 4 - RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1. Trinta dias após a implantação

Após trinta dias de implantação do aplicativo nas Superintendências regionais de Ponta Grossa e Maringá, os primeiros resultados foram obtidos em diversos projetos executados com diferentes graus de dificuldade e em média o tempo foi reduzido pela metade. Este tempo corresponde somente ao trabalho do projetista, não levando em consideração o trabalho do topógrafo nem do desenhista.

APÓS 30 DIAS			
LOCAÇÃO OBRA	MANUAL TOTAL	INTERATIVA TOTAL	INT / MAN %
1- IRT-PRU 15 km	195	54	72
2- IRT-PRT 17 km	155	56	63
3- IRT-PRT 18 km	201	64	68
4- TEL-IMB 19 km	72	35	51
5- IMB-RES 29 km	105	44	58
6- TEL-ORT 35 km	118	77	34
7- PAR-SUM 05km	19	12	63
8- JAP-SCA 24 km	88	53	60
9- ITA-SAT 08 km	30	18	60
10- TAM-IVA 05km	19	11	57



### 4.2 Dezoito meses após a implantação

Durante os dezoito meses foram feitos acompanhamentos para se obter com precisão os índices de redução do tempo de projeto, bem como a redução dos custos financeiros. Na primeira fase de avaliação havia sido obtida uma redução significativa do tempo de projeto. Esta redução pode ser acompanhada no item de número 4.1. Na segunda fase de avaliação procurou-se levar em consideração desde as cópias dos desenhos, até a satisfação do projetista em trabalhar com a

aplicação (LIE). Os resultados obtidos ficaram bem acima da expectativa. Estes resultados são apresentados na tabela a seguir:

Km de Linhas e Redes Projetadas	326 km
Tempo de Digitação	459 horas
Locação Interativa / Orçamentação	454 horas
Correção do Desenho	68 horas
Total de Horas do Projeto via sistema LIE	981 horas
Custo do Projetista	R\$ 10.673,28
Custo da Plotagem	R\$ 422,90
<b>Custo do Projeto Pelo Sistema LIE</b>	<b>R\$ 11.096,18</b>
-----	-----
Total de Horas do Projeto / Processo Manual	6200 horas
Custo do Projetista	R\$ 67.456,00
Custo das Cópias Heliográficas	R\$ 785,28
<b>Custo Total do Projeto Processo Manual</b>	<b>R\$ 68.241,28</b>

Os resultados obtidos pertencem a Superintendência Regional de Ponta Grossa e os valores foram atualizados para o mês de setembro de 1995.

## 5 - CONCLUSÃO

Além de reduzir significativamente o custo dos projetos e obras de linhas e redes de distribuição de energia, esta ferramenta não se propõem fazer as locações das estruturas de forma automática. A participação do projetista, devido a sua experiência, é fundamental na otimização das soluções encontradas, bem como na escolha daquela que se apresente como a de melhor viabilidade técnica e econômica. Além disso, a ferramenta ajusta-se ao modelo atual de trabalho, minimizando determinados esforços e o impacto na sua implementação. É um processo interativo, no qual o projeto pode ser executado em partes, não ocorrendo o risco de perda das informações já armazenadas no caso da necessidade de se interromper o trabalho. Após a implantação do sistema, as ferramentas de auxílio ao projeto serão necessariamente o programa de aplicação, o micro-computador e a plotadora.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NBR-5433 - Rede de Distribuição Aérea Rural de Energia Elétrica.

NBR-5434 - Redes de Distribuição Aérea Urbana de Energia Elétrica.

RTD-22 (CODI) - Engastamento de Postes.

RTD-23 (CODI) - Metodologia de Dimensionamento de Estruturas para Redes de Distribuição Rural.

RTD-24 (CODI) - Metodologia de Dimensionamento de Estruturas para Redes de Distribuição Urbana.

RTD-26 (CODI) - Tabela de Trações e Flechas para Cabos Condutores.

**FUCHS**, Rubens Dario, Marcio Tadeu de Almeida. Projetos mecânicos das linhas aéreas de transmissão. São Paulo, Edgard Blucher, 1982.

## **7 - CO-AUTORES**

Aldair Portaneri Rios  
Elder Marion Coelho  
Haroldo Luiz Holtman  
João Pedro Teixeira  
José Luiz Arsie  
José Carlos de Godoy  
Luiz Nobrega Filho  
Mauro Luis Gaiardo  
Paulo Ricardo P. Esperança  
Paulo Sergio Schelbauer  
Telsio Ribeiro