

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

## **PROGRAMA PARA PLANEJAMENTO DE REDES PRIMÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO**

Autor: LUÍS RENÉ MANHÃES  
Empresa ou entidade: CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz

**Palavras-chave:** planejamento, software

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

### **INTRODUÇÃO**

O REDE é um programa desenvolvido especificamente para auxiliar o planejamento de redes primárias de distribuição na CPFL. Suas limitações e qualidades decorrem deste escopo.

No início de 1998 houve um incremento de atividades da área de Planejamento Elétrico da CPFL, já que os estudos de alimentadores primários foram centralizados no departamento. Isto, aliado a uma redução de quadro de pessoal, gerou a necessidade urgente de uma ferramenta que aumentasse a produtividade dos estudos. Em poucos meses foi, então, desenvolvido este programa, sendo aperfeiçoado pelo uso contínuo.

O programa REDE tem sido utilizado intensivamente desde meados de 1998 nas atividades de planejamento de redes de distribuição, auxiliando o planejador em todas as fases do estudo, desde a coleta de dados até a emissão do relatório (e mapas) final. Seu uso reduziu drasticamente o tempo de execução dos estudos, melhorando inclusive a qualidade.

Este trabalho apresentará as funcionalidades do programa, fazendo comparações com o método utilizado anteriormente.

### **LIMITAÇÕES, VIRTUDES E ESCOPO DE UTILIZAÇÃO**

O programa apresenta limitações que decorrem do objetivo e da empresa para que foi feito. Assim, o REDE não faz cálculos em anel ou para redes que não sejam trifásicas. Também não faz qualquer tipo de otimização (perdas, queda de tensão, bancos de capacitores, etc.).

O programa faz cálculos de queda de tensão, correntes, perdas e curto-circuito. Projeta as cargas para um determinado ano horizonte, com uma taxa qualquer, separando consumidores considerados especiais. Também calcula os custos das obras propostas.

A maior virtude do programa é sua interface bastante amigável, aperfeiçoada através de pedidos dos próprios usuários, durante uso intensivo. O REDE é um programa totalmente gráfico, com funcionalidades para facilitar ao máximo o trabalho dos planejadores.

Como será visto, apresenta facilidades de edição dos elementos da rede, gráficos e tabelas para auxílio aos estudos e ferramentas que aumentam a qualidade e a produtividade dos estudos.

Auxilia o planejador na coleta e checagem dos dados, preparação das cargas, cálculos, proposição de obras, emissão de relatórios, croquis e mapas em AutoCAD.

Devido à rapidez e facilidade de uso, o planejador pode estudar e armazenar várias alternativas de atendimento para comparação.

O programa foi desenvolvido em Visual Basic e utiliza arquivos em formato texto. Exige muito pouco do hardware, de modo que praticamente qualquer micro com Windows 95 ou NT pode executar o programa. Os tempos de resposta são bons, para os cálculos e para a visualização, desde que se evite o display de bases geográficas muito carregadas (um botão à esquerda da tela permite ligar e desligar rapidamente a base geográfica – assim, compensa ativá-la somente quando realmente necessária).

O programa REDE foi feito para uso da área de planejamento da distribuição (15kV), especificamente para redes de distribuição. Este tipo de planejamento é motivado pela entrada de uma nova subestação, ampliação de uma subestação existente, novo alimentador ou atendimento a consumidores (desde os que causam alterações na rede até os que simplesmente pedem valores de curto-circuito no ponto de entrega). Também é utilizado para avaliação da proteção de alimentadores. Devido à sua facilidade de uso, pode ser usado também no planejamento de manobras.

## RECURSOS GRÁFICOS

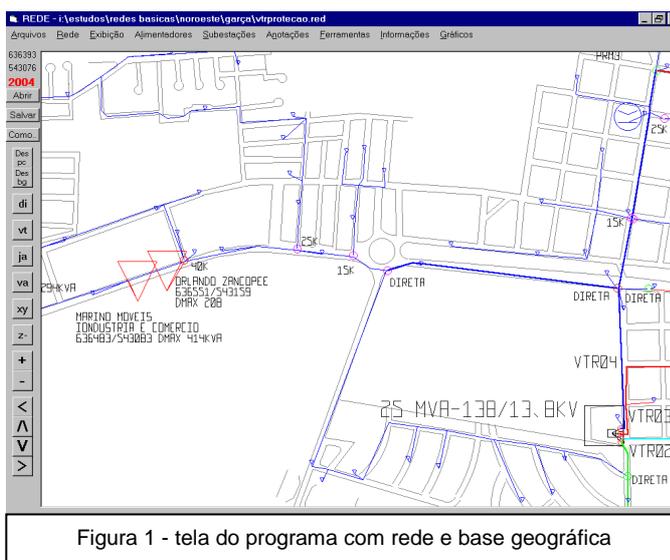
### **TELA GRÁFICA DO PROGRAMA**

A tela de trabalho do REDE foi feita pensando-se em maximizar a área gráfica. Assim, praticamente toda a tela do micro é reservada para isto, com uma linha superior para os menus e uma área na lateral esquerda para botões de atalho, evitando-se o uso de muitos ícones que comprometeriam o espaço da área de trabalho.

Telas alfanuméricas de detalhes, resultados de pesquisas e relatórios aparecem quando solicitadas.

### **REPRESENTAÇÃO DA REDE**

O programa REDE apresenta a rede graficamente na tela, em coordenadas UTM, com todos os seus postos transformadores e equipamentos. As coordenadas da posição do cursor são continuamente indicadas na tela.



Os **equipamentos de seccionamento e proteção** e os **reguladores de voltagem** são representados por círculos coloridos. O tamanho e a cor dos círculos podem ser redefinidos a qualquer momento pelo planejador, para cada equipamento, no estado aberto ou fechado. Apesar desta representação ser fundamentalmente diferente da utilizada nos mapas em papel da CPFL, foi aceita facilmente pelos usuários.

Os **bancos de capacitores** têm um símbolo próprio, semelhante ao utilizado nos mapas em papel da CPFL. Seu tamanho e cor podem também ser alterados pelos usuários a qualquer momento.

Os **postos transformadores** são representados por um triângulo. O tamanho e cor dos símbolos podem ser alterados separadamente para postos comuns ou especiais, particulares ou da CPFL.

Os bancos de capacitores e os postos transformadores são ligados aos trechos de rede através de **vinculações**, ou seja, indicações de onde estão conectados. Isto é representado graficamente através de uma linha que vai do posto ou banco de capacitores até o extremo mais próximo do trecho de rede ao qual está ligado. Esta linha não tem impedância, é apenas uma "seta" que mostra onde a carga do posto será considerada nos cálculos.

Cada um destes elementos pode ser "ligado" ou "desligado", aparecendo ou não na tela, conforme a necessidade.

Cada alimentador tem a sua cor, que pode ser alterada rapidamente a qualquer momento. Trechos de rede desenergizados têm uma cor própria. Os trechos alteram suas cores automaticamente, caso mudem de alimentador ou sejam energizados/desenergizados.

### **BASE GEOGRÁFICA**

A base geográfica pode ser apresentada como "pano de fundo" no programa REDE, em formato rasterizado (sendo necessário se conhecer as coordenadas UTM dos cantos da imagem), tipo BMP, por exemplo, mas a melhor maneira é através do formato DXF, do AutoCAD (desde que o arquivo esteja em coordenadas UTM). O REDE lê diretamente este tipo de arquivo, aproveitando os elementos tipo linha, polilinha, círculo e arco. Despreza outros elementos, incluindo textos. A partir deste formato, o REDE pode gerar dois formatos "proprietários", o DXR e o DXC, que fazem um extrato do DXF, para diminuir o tamanho e agilizar a exibição. A base geográfica pode ser ligada ou desligada e ter sua cor alterada.

## FERRAMENTAS DE VISUALIZAÇÃO

O REDE tem as ferramentas básicas de visualização: aproxima, afasta, desloca, faz zoom mais e menos e zoom numa janela. Além disto, tem interatividade com as telas de detalhes, que serão vistas adiante. Assim, para mostrar determinado alimentador na tela, pode-se acionar a tela com os dados de alimentadores, selecionar o desejado e pedir para mostrá-lo na tela. Idem com a tela de dados de subestações. Na verdade, praticamente todas as telas alfanuméricas têm um link com a tela gráfica, através de um botão “Mostrar”, de modo a agilizar a visualização gráfica.

## ANOTAÇÕES

O REDE permite que o planejador faça anotações na tela, que passam a fazer parte do arquivo do estudo. Para cada anotação pode-se definir o tamanho, espessura, cor do traço e ângulo de inclinação. Pode-se movê-la, e girá-la de uma maneira interativa.

Através de um menu próprio, as anotações podem ser pesquisadas numa lista e um botão Mostrar desloca o desenho para apresentá-la na tela. Assim, pontos de referência do estudo, como consumidores especiais, equipamentos de destaque, etc., podem ser facilmente encontrados.



Figura 2 – tela de inclusão/alteração/exclusão de anotações

## AJUSTES DA EXIBIÇÃO

**Cores e tamanhos:** uma tela de ajustes de exibição permite alterar todas as cores apresentadas, como a cor do fundo, da base geográfica, dos símbolos das subestações, dos transformadores, dos bancos de capacitores e de cada dispositivo de seccionamento e proteção, abertos ou fechados. Também os tamanhos de todos estes elementos podem ser alterados, incluindo-se a espessura dos trechos de rede (trancos ou ramais). Além disso, pode-se ligar ou desligar a exibição de cada um destes elementos.

É importante salientar que, embora todos os dispositivos de seccionamento e proteção (chaves a óleo, fusíveis, religadores, etc.) e reguladores de voltagem – ou seja, todos os elementos série da rede – sejam representados por círculos coloridos, a cor e o tamanho dos círculos podem ser escolhidos independentemente para cada um destes equipamentos (tanto abertos como fechados). Isto permite que se possa localizar, por exemplo, os reguladores de voltagem da rede definindo-se seu símbolo com um grande tamanho e pedindo uma vista total da área.

Além disso, para mudar a cor de qualquer um dos alimentadores, basta clicar sobre qualquer dos seus trechos de rede e, na tela de detalhes, pedir a alteração da cor. Instantaneamente, todo o alimentador muda de cor.

exibição permite alterar todas as cores

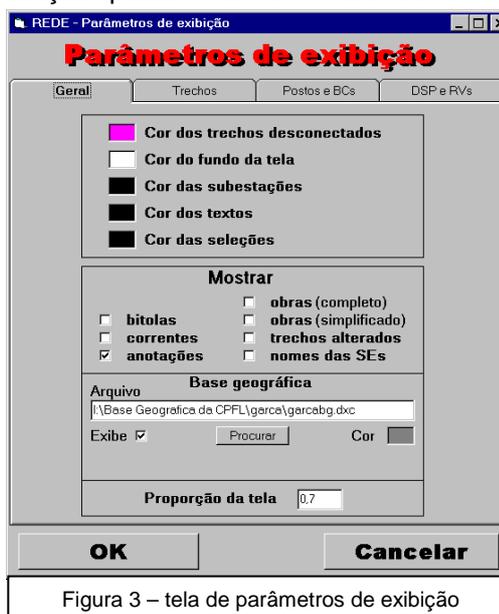


Figura 3 – tela de parâmetros de exibição

As anotações podem ter suas características alteradas uma a uma. Suas cores podem ser alteradas individualmente ou para todas de uma vez.

**Liga/desliga exibição:** pode-se ligar ou desligar a exibição de diversos elementos gráficos, como: valores de correntes dos trechos, bitolas, nomes das subestações, anotações do planejador, indicações das obras, trechos troncos/ramais, qualquer um dos equipamentos de seccionamento ou proteção (abertos e/ou fechados), bancos de capacitores, postos transformadores, reguladores de voltagem e base geográfica.

Também há, na margem da tela principal do programa, botões de atalho para ligar/desligar os postos transformadores e a base geográfica, para agilizar estas funções sem passar pela tela de exibição.

### ALTERAÇÃO DE ELEMENTOS DA REDE

Para alterar qualquer elemento da rede basta clicar sobre ele. Na tela de detalhes que é apresentada, estão disponíveis botões com todas as funções que podem ser executadas sobre o elemento naquele estágio do estudo, como excluir e mover, por exemplo. Os atributos dos elementos, como bitola do cabo, capacidade do banco de capacitores, demanda do posto transformador, etc., podem ser alterados diretamente nos campos disponíveis na tela de detalhes. Alguns dos campos são digitados, outros escolhidos a partir de listas de valores permitidos.

Algumas ferramentas estão disponíveis para alterações de grupos de trechos de rede e postos transformadores, agilizando bastante as modificações.

### TELAS DE DETALHES

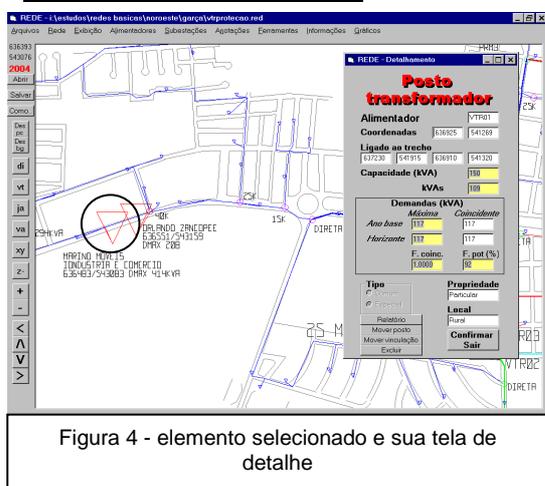


Figura 4 - elemento selecionado e sua tela de detalhe

selecionado é destacado graficamente. Para selecionar um outro não é necessário fechar a tela de detalhes do anterior. Basta clicar sobre o novo elemento e a tela do anterior é automaticamente fechada. Isto aumenta a velocidade das consultas gráficas.

O conteúdo das telas de detalhes depende do elemento selecionado mas, basicamente, todas contém informações sobre **dados “de placa”** do equipamento, ou seja, capacidade e algum tipo de classificação (o tipo de controle dos bancos de capacitores ou se o transformador é particular, por exemplo). A maioria destes dados são disponíveis para alterações, bastando digitar um novo valor ou escolher de uma lista disponível (bitola de cabos, por exemplo). Algumas checagens são feitas sobre estes itens, para tentar impedir valores absurdos (exemplo: fator de potência muito baixo ou acima de 100%).

Também apresentam **resultados de cálculos** (correntes, tensões, kW passante), quando disponíveis.

O terceiro conjunto de recursos são os **botões de funções**, que disponibilizam o que pode ser feito sobre o elemento selecionado. Como exemplo, um trecho de rede pode ser removido, movido, dividido em dois, pode receber um equipamento de seccionamento, um regulador de voltagem, um posto transformador ou um banco de capacitores. Pode ainda, ser a origem de outro trecho.

Para selecionar qualquer dos elementos elétricos, basta clicar sobre ele, ou seja, não é necessário especificar antes qual tipo de elemento (transformador, trecho de rede, chave, etc.) a ser selecionado. O programa verifica o mais próximo e apresenta uma tela com detalhes do mesmo. O equipamento

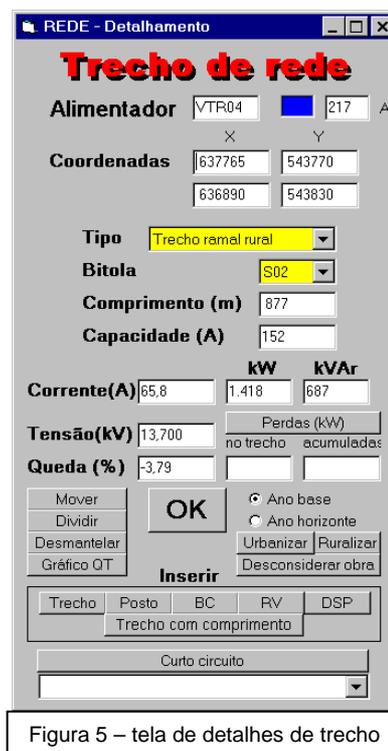


Figura 5 – tela de detalhes de trecho

Dependendo do estado da rede, do estudo ou do elemento selecionado, alguns botões podem não estar disponíveis.

A filosofia de colocar as funções na tela de detalhes do elemento facilita a vida do usuário, que não precisa utilizar menus e sabe exatamente o que pode ser feito com aquele equipamento, naquele momento. Além disso, como qualquer elemento a ser trabalhado deve ser selecionado, a seleção já provoca o display das funções que, assim, podem ser acionadas com apenas mais um clique. Qualquer outro esquema obrigaria o uso de menus conjugados com seleção de entidades ou uma série de botões às margens da tela gráfica.

## **FASES DE UM ESTUDO DE ALIMENTADORES**

O estudo de alimentadores pode ser dividido em algumas fases:

- Coleta e correções dos dados
- Diversificação dos alimentadores
- Cálculos e propostas de obras
- Relatório final

Embora nem sempre sejam necessárias todas estas etapas, o REDE tem ferramentas para auxílio a todas elas.

## **COLETA E AJUSTES DOS DADOS**

**Carga dos dados:** o programa REDE coleta os dados da rede elétrica a partir do sistema corporativo de gerência de redes de distribuição, que é chamado PRODADIS. Este sistema é mantido no mainframe IBM e contém todas as informações sobre a rede primária e secundária, em coordenadas UTM e formato alfanumérico, ou seja, não é um sistema gráfico.

Para uso do REDE são extraídos 7 arquivos com informações da rede primária (trechos de rede, equipamentos e postos transformadores) para a área a ser estudada, podendo envolver uma ou mais subestações.

O programa analisa estes arquivos, checando inconsistências, e gera um único arquivo, com extensão .RED, contendo todas as informações dos sete arquivos originais. Paralelamente, gera um relatório com advertências sobre problemas encontrados.

**Montagem da rede:** em seguida, o REDE tenta montar a rede, ou seja, conectar todos os trechos de rede. Caso detecte trechos desconectados ou algum anel na rede, o programa informa ao usuário, que deverá tomar alguma providência, abrindo o anel ou conectando o trecho desligado e retomando a montagem.

**Correções da rede:** além do relatório gerado durante a carga dos dados, o REDE possui ferramentas para ajudar a detectar incorreções na rede carregada. A mais poderosa permite ao usuário pesquisar a existência de equipamentos fora de padrão. Uma tela de capacidades padronizadas de equipamentos é apresentada ao planejador, que pode acrescentar ou retirar valores das listas e pedir para executar a pesquisa. Uma lista dos equipamentos fora de padrão encontrados é apresentada na parte inferior desta tela. Para localizar graficamente um item da lista, basta selecioná-lo e clicar no botão "Mostrar". O programa irá trazê-lo para o centro da tela gráfica.

Há ainda outras ferramentas para detecção de inconsistências, para verificar transformadores com sobrecarga ou sem demanda.

Outra forma de se descobrir problemas na rede é através da inspeção visual, em que se percebe trechos "tortos" ou postos transformadores vinculados a trechos muito distantes de sua posição.

As etapas de carga e montagem são feitas em cerca de uma hora. A etapa de correções da rede carregada depende da qualidade dos dados da área em estudo. Se tudo estiver correto, em pouquíssimo tempo passa-se por esta etapa. Se os dados estiverem com muitos problemas, pode-se levar um ou dois dias para as correções. No método antigo, antes do REDE, estas etapas levavam cerca de duas semanas, pois era necessário coletar os dados em mapas de papel, recortar, colar e redesenhar a rede numa escala conveniente.

## **DIVERSIFICAÇÃO DOS ALIMENTADORES**

Esta etapa do estudo consiste em se determinar os **fatores de coincidência** (ou os fatores de diversidade – daí o nome desta fase do estudo) entre as cargas de cada alimentador. Isto porque o que se tem, no início do estudo são as demandas máximas de cada posto transformador. Alguns postos têm a medição de demanda, mas para a grande maioria é utilizada uma demanda estatística (kVAs), estimada a partir do consumo medido.

Como a soma das demandas máximas de cada posto seria superior à máxima demanda total medida para um determinado alimentador, é necessário aplicar um fator de coincidência às cargas para que sua soma fique compatível com a leitura do alimentador. Neste processo, consumidores considerados especiais, pelo seu porte, são tratados à parte, ou seja, o planejador determina qual a sua demanda máxima, seu fator de potência e de coincidência.

O REDE auxilia na determinação do fator de coincidência. O planejador especifica os consumidores especiais da área estudada, simplesmente clicando sobre os postos e mudando sua classificação (e, automaticamente, também o tamanho e a cor do símbolo). Após isso, entra na tela de alimentadores e, para cada um, fornece a leitura da demanda máxima, que pode ser uma combinação de Ampères, fator de potência, kW e kVAr (a partir de duas destas unidades o programa calcula e apresenta as outras duas). Tendo conhecimento dos consumidores especiais e dos bancos de capacitores instalados em cada alimentador, o programa, instantaneamente, mostra qual deve ser o fator de coincidência e o de potência para os postos “comuns”, com mensagens de advertência, caso estas grandezas apresentem valores fora dos normais (fator de coincidência maior que 1, por exemplo). Também avisa, por exemplo, quando a soma de kW ou kVAr dos postos e bancos de capacitores for menor que a medição do alimentador.

Os fatores de potência e de coincidência estimados para os postos comuns servem como referência para o planejador. Valores fora de determinadas faixas usuais podem indicar problemas nos dados da rede (configuração, postos especiais, bancos de capacitores, etc.) ou nas leituras dos alimentadores.

Antes do programa REDE, as somas dos postos de cada alimentador tinha que ser feita manualmente e possíveis recálculos eram desgastantes. Agora, a maior parte do tempo do planejador é utilizada na análise dos fatores.

## **CÁLCULOS E PROPOSTAS DE OBRAS**

Esta etapa é o “coração” do estudo, já que as outras fases são preparações para ela. É nesta fase que o REDE disponibiliza mais ferramentas para o usuário.

### **TAXAS DE CRESCIMENTO E ANO HORIZONTE**

O REDE projeta as cargas comuns para um determinado ano horizonte, utilizando uma taxa de crescimento que o planejador deve fornecer. Os postos especiais devem ter suas demandas fornecidas para o ano base e horizonte. O ano horizonte também deve ser especificado pelo planejador (na verdade, são fornecidos o ano base e o número de anos de projeção). Estes valores podem ser alterados durante o estudo, para análises de variações de cenário.

### **EXECUÇÃO DO CÁLCULO DE FLUXO DE CARGAS**

Para executar os cálculos basta acionar o menu Rede/Calcular. O programa calcula as correntes e tensões, para o ano base e horizonte. Estes valores ficam disponíveis nas telas de

Figura 6 – tela de diversificação, com alertas

detalhes de trechos e de equipamentos, ou seja, basta clicar sobre qualquer elemento para saber a corrente passante e a tensão na extremidade (além de kW e kVAr), para o ano base e horizonte.

As correntes passantes podem ser apresentadas na tela, no centro dos trechos, se for ativada a opção de Exibir Correntes. Neste caso, o programa apresenta somente as correntes do ano base ou do horizonte (o planejador pode “chavear” entre as duas a qualquer momento). Para evitar a sobreposição de textos, o programa desliga as correntes em alguns trechos conforme a escala de exibição na tela.

Qualquer alteração de elementos da rede que invalide os cálculos provoca o cancelamento deles, mas somente nos alimentadores envolvidos nas alterações. Num pedido de recálculo, somente estes alimentadores serão revistos, agilizando muito esta função. Somente alterações globais, como taxa de crescimento ou número de anos (ano horizonte), provocam o cálculo da rede inteira.

Ao final do cálculo o programa REDE apresenta sempre uma tela com os maiores valores encontrados de queda de tensão e carregamento, na rede inteira, no ano base e horizonte. Com esta simples tela, o planejador já sabe se há algum ponto ultrapassando estes importantes limites, antes mesmo de passar a análises mais apuradas.

Os resultados dos cálculos também podem ser vistos de outras formas:

- **Tela de alimentadores:** nesta tela estão disponíveis os valores de correntes, kW, kVAr e perdas em kW totalizados para cada alimentador, além da maior queda de tensão (com o botão “Mostrar”, este ponto pode ser trazido para o centro da tela gráfica). Pode-se ver e imprimir uma lista com todos os alimentadores, em que se acrescenta, além das grandezas citadas, o fator de potência e as perdas percentuais de cada um. Esta tela é acionada a partir do menu de Alimentadores.
- **Tela de subestações:** é uma tela bastante rica. Estão disponíveis as mesmas grandezas apresentadas na tela de alimentadores, exceto a maior queda de tensão. Também apresenta valores para cada transformador da subestação e a corrente e fator de potência de cada alimentador. Esta tela pode ser acionada a partir do menu de Subestações ou clicando-se sobre um transformador de subestação.

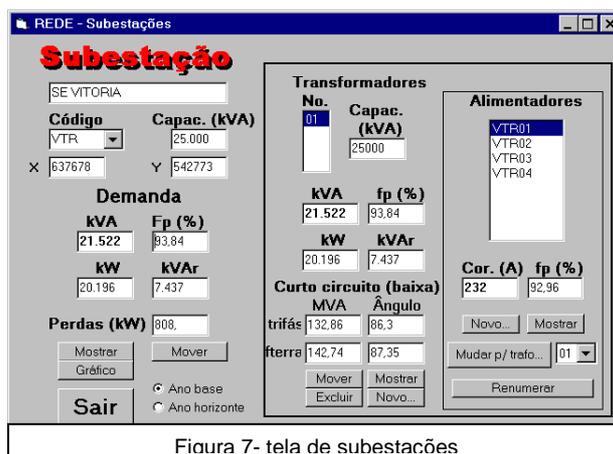


Figura 7- tela de subestações

Antes do programa REDE era necessário coletar os dados dos transformadores (acumulando suas demandas) e dos cabos (medindo os comprimentos) para alimentar manualmente um programa de cálculo, para cada alimentador. Este trabalho foi reduzido a um cálculo praticamente instantâneo.

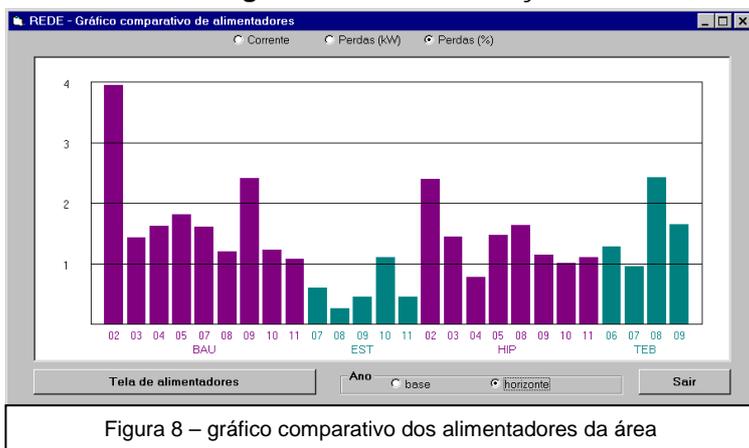
### EXECUÇÃO DO CÁLCULO DE CURTO CIRCUITO

O cálculo de curto-circuito é feito a pedido do usuário, no ponto desejado. Assim, o usuário seleciona um trecho ou uma chave e clica no botão “Curto-circuito”. O cálculo é feito instantaneamente e os resultados aparecem na própria tela de detalhes. Estes resultados podem ser impressos ou transformados numa anotação que é inserida automaticamente próxima ao final do trecho (o usuário pode movê-la e alterá-la). O único dado que o planejador precisa fornecer é o nível de curto na barra de baixa tensão do transformador (ou transformadores) da subestação.

Antes do programa REDE era necessário coletar os dados dos cabos (medindo os comprimentos) para alimentar manualmente um programa de cálculo ou uma planilha, para cada ponto de análise. Este trabalho foi reduzido a um cálculo instantâneo.

## FERRAMENTAS DE ANÁLISE

**Gráficos de carregamento de subestações e alimentadores:** além dos resultados de



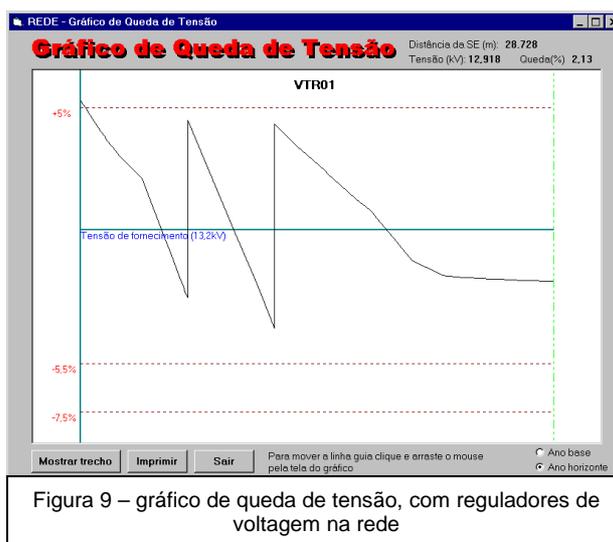
cálculos disponíveis nas telas de alimentadores e subestações, já citadas, o REDE tem gráficos de carregamento percentual das subestações (anos base ou horizonte) e comparativo de alimentadores, em que pode-se escolher a visualização das correntes, perdas em kW ou perdas percentuais (base ou horizonte) de todos os alimentadores do estudo. O gráfico de alimentadores é muito útil, por exemplo, para

verificação de desequilíbrios entre alimentadores.

Estes gráficos podem ser acessados pelo menu “Gráficos” ou a partir das telas de subestações e alimentadores, com o uso do botão “Gráfico”. Também, a partir da tela dos gráficos pode-se acessar as telas de subestações e alimentadores, através de botões.

Este tipo de gráfico não era feito no processo de estudo anterior, sem o REDE.

**Gráficos de queda de tensão:** esta é uma ferramenta poderosa. As telas de detalhes dos trechos de rede e equipamentos série (chaves, reguladores) têm um botão “Gráfico QT” que, ao ser pressionado, abre uma tela com o gráfico da queda de tensão desde a subestação até o equipamento ou o extremo final do trecho. No gráfico estão marcados os limites máximos e mínimos da tensão, segundo os padrões de planejamento. O gráfico é interativo: tem uma linha de referência que, ao ser movida com o cursor, indica, na parte superior da tela, os valores de tensão, queda de tensão e distância do ponto marcado pela linha de referência até a subestação. O usuário pode “estacionar” a linha de referência em qualquer ponto do gráfico e pedir para mostrar o local clicando sobre o botão “Mostrar trecho”. A tela gráfica principal apresentará a rede, com o trecho determinado no centro, em destaque. Com esta ferramenta fica bastante fácil escolher um local para propor um regulador de voltagem, por exemplo.



Este gráfico pode ser impresso.

Este tipo de gráfico era feito manualmente, nos estudos antes do programa REDE. Qualquer mudança na rede, com novos valores de queda, implicava no redesenho de todo ou parte do gráfico.

**Pesquisa de quedas de tensão excessivas:** no menu Ferramentas/Pesquisa o programa disponibiliza funções que colorem ou listam trechos com queda de tensão acima de um valor determinado pelo usuário, no ano base ou no horizonte. O planejador informa o valor máximo da queda admitida (5,5%, por exemplo) e pede a execução da pesquisa.

No caso da lista, aparece uma relação com o código do alimentador, o valor do carregamento e a informação se o trecho é urbano ou rural, já que as tolerâncias de queda são diferentes. Selecionando um trecho da lista, o usuário pode vê-lo na tela gráfica usando o botão “Mostrar”.

Para que a lista não fique com um número muito grande de itens, o REDE só mostra trechos que são pontas de rede.

No caso de colorir os trechos, o REDE mostra-os em destaque na tela gráfica (neste caso, mostra todos e não apenas as pontas de rede). Qualquer redesenho (um zoom, por exemplo) da tela cancela os destaques. Para reativá-los, basta pressionar novamente o botão “Executar” da tela de pesquisas, que continua ativa.

A visualização gráfica dos pontos com excesso de queda de tensão é muito interessante, no entanto, se apenas um pequeno trecho estiver com problema e a escala for inadequada, pode ser difícil encontrá-lo. Por isto existe a opção da lista. De qualquer forma, a função de colorir trechos informa também o número de trechos fora dos limites encontrado.

**Pesquisa de sobrecargas:** no menu Ferramentas/Pesquisa o programa disponibiliza funções que colore ou listam trechos ou equipamentos com carregamento acima de um valor determinado pelo usuário, no ano base ou no horizonte. O planejador informa o valor máximo de carregamento admitido (100%, por exemplo) e pede a execução da pesquisa.

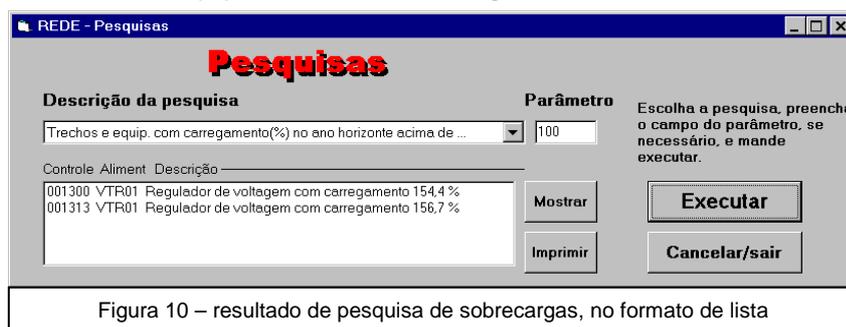


Figura 10 – resultado de pesquisa de sobrecargas, no formato de lista

No caso da lista, aparece uma relação

com o código do alimentador, uma descrição do trecho ou equipamento e o valor do carregamento. Selecionando um item da lista, o usuário pode vê-lo na tela gráfica usando o botão “Mostrar”.

No caso de colorir os trechos, o REDE mostra-os em destaque na tela gráfica. Qualquer redesenho (um zoom, por exemplo) da tela cancela os destaques. Para reativá-los, basta pressionar novamente o botão “Executar” da tela de pesquisas, que continua ativa.

A visualização gráfica dos pontos com sobrecarga é muito interessante, no entanto, se apenas um pequeno trecho estiver com problema e a escala for inadequada, pode ser difícil encontrá-lo. Por isto existe a opção da lista. De qualquer forma, a função de colorir informa também o número de itens fora dos limites encontrado.

Com estas duas pesquisas (sobrecargas e quedas de tensão) o planejador faz um “checkup” na rede.

### **FERRAMENTAS DE ALTERAÇÃO DA REDE**

**Filosofia:** o REDE tem uma série de ferramentas que permitem incluir, excluir e modificar praticamente qualquer elemento da rede, mantendo inclusive o controle das obras propostas.

Como filosofia, o REDE não permite fechamento em anel na rede. Assim, se o usuário tentar fechar uma chave ou construir um trecho ligando dois trechos energizados receberá uma mensagem de advertência seguida do cancelamento da ação.

Adicionalmente, o programa não permite a inclusão de qualquer elemento elétrico “pendurado no vazio”. Por exemplo, um novo trecho de rede só pode partir de um trecho já existente (e energizado), chaves, bancos de capacitores e postos transformadores só podem ser instalados num trecho existente, um transformador de subestação ou um disjuntor devem estar ligados a uma subestação. A única exceção é a entrada de uma nova subestação, que é o elemento de mais “alto nível” do programa REDE, já que linhas de transmissão não são representadas (embora possam fazer parte da base geográfica).

Estas regras permitem manter uma rede consistente eletricamente. Além delas, o programa detecta trechos desconectados (o que é permitido, após um chaveamento ou exclusão de um trecho a montante) durante os cálculos.

**Alteração de atributos dos elementos da rede:** como já explicado, basta clicar sobre o trecho ou equipamento e alterar seus atributos na tela de detalhes. A alteração pode implicar em mudança na exibição do símbolo do elemento (tamanho, cor, liga/desliga), o que é feito

automaticamente a partir das configurações de exibição definidas pelo planejador. Isto serve para todos os elementos da rede, incluindo subestações, que podem ter sua capacidade alterada. Os atributos a que nos referimos aqui são: capacidades, bitolas, tipos de controle de bancos de capacitores (ex.: automático de corrente), demanda máxima, capacidade, tipo dos postos transformadores, ajustes dos reguladores de voltagem, etc. Um atributo especial é o **estado** das chaves (aberto ou fechado). A mudança deste estado provoca alteração nos trechos a jusante, que mudam de cor conforme a alteração no estado da chave (energizando ou desenergizando os trechos).

#### **Subestações:**

Inserir: no menu de “Subestações” o usuário seleciona a opção “Inserir nova subestação”. O programa apresenta um quadrado de 100m x 100m no local do cursor e o usuário o desloca até onde desejar. Clicando no ponto desejado, o REDE pede a sigla e o nome da subestação e a insere com um transformador padrão no centro. Para alterar o valor da capacidade do transformador, ver a função Alterar.

Alterar: o usuário pode mudar a capacidade dos transformadores da subestação, acrescentar e retirar transformadores e movê-los. Também pode mover a subestação inteira. Todas estas funções estão em botões na tela de subestações, que pode ser acessada através do menu Subestações/Mostrar ou clicando num transformador de subestação. Além das funções citadas, o planejador pode incluir disjuntores nos transformadores, excluí-los ou mudá-los de um transformador da subestação para outro.

Excluir: não é permitido excluir subestações.

#### **Dispositivos de seccionamento e proteção:**

Inserir: estes equipamentos só podem ser incluídos num trecho existente. O usuário deve selecionar o trecho e, na tela de detalhes, escolher o botão “Incluir DSP”. O programa pergunta em qual extremidade do trecho será incluído o equipamento (basta o usuário mover o cursor para próximo da extremidade desejada e clicar) e coloca um equipamento padrão, que o usuário pode alterar em seguida. Na verdade, o equipamento não pertence ao trecho, que sofre uma redução na extremidade para acomodar o dispositivo.

Corrigir posição: é uma função para corrigir a visualização do equipamento, alinhando-o com os trechos de rede a montante e a jusante.

Afastar: afasta o equipamento do ponto de derivação do ramal (ele é inserido “grudado” na derivação), melhorando a visualização.

Retirar: o botão Retirar efetiva a exclusão do equipamento, após um pedido de confirmação da operação. Se o equipamento estiver no estado fechado, sua retirada provoca a conexão dos trechos a montante e a jusante, de modo a manter a conectividade elétrica. Se o equipamento estiver aberto, sua retirada deixa um “vazio”, evitando um surgimento de anel na rede.

Alterar: o usuário pode alterar o tipo de dispositivo (chave a óleo, fusível, religador, etc.), escolhendo numa lista, e sua capacidade, digitando-a.

#### **Reguladores de voltagem:**

Inserir: estes equipamentos só podem ser incluídos num trecho existente. O usuário deve selecionar o trecho e, na tela de detalhes, escolher o botão “Incluir RV”. O programa pergunta em qual extremidade do trecho será incluído o equipamento (basta o usuário mover o cursor para próximo da extremidade desejada e clicar) e coloca um equipamento padrão, que o usuário pode alterar em seguida.

Na verdade, o equipamento não pertence ao trecho, que sofre uma redução na extremidade para acomodar o dispositivo.

Corrigir posição: é uma função para corrigir a visualização do equipamento, alinhando-o com os trechos de rede a montante e a jusante.

Retirar: o botão Retirar efetiva a exclusão do equipamento, após um pedido de confirmação da operação. Se o equipamento estiver no estado fechado, sua retirada provoca a conexão dos trechos a montante e a jusante, de modo a manter a conectividade elétrica. Se o equipamento estiver aberto, sua retirada deixa um “vazio”, evitando um surgimento de anel na rede.

Alterar: pode-se alterar a tensão de regulação, a capacidade de regulação (percentual máximo), o ajuste de load bonus e a capacidade de corrente na tela de detalhes.

#### **Trechos de rede:**

Inserir: trechos só podem ser incluídos a partir de um trecho ou equipamento série (chaves, reguladores de voltagem) existente. O usuário deve selecionar o trecho ou equipamento de partida e, na tela de detalhes, escolher o botão “Incluir trecho”. O programa pergunta de qual extremidade vai partir o novo trecho (basta o usuário mover o cursor para próximo da extremidade desejada e clicar). Depois, basta clicar na posição final do novo trecho. O programa cria um trecho com as mesmas características do trecho de origem (mesma bitola, mesma classificação - tronco ou ramal, urbano ou rural), que o usuário pode alterar em seguida.

Há, também, a possibilidade de incluir um trecho com comprimento conhecido. Escolhe-se a função “Inserir trecho com comprimento”, indica-se a extremidade de partida e digita-se o comprimento do trecho a ser inserido. Depois, com o cursor, o planejador deve indicar somente a direção do trecho.

Mover: a extremidade “carga” (ou seja, a mais distante da subestação) do trecho pode ser movida. O usuário clica o botão “Mover”. O programa indica, através de uma linha pontilhada, qual a extremidade fixada e para onde vai a outra extremidade. Com um clique na posição desejada o planejador determina a nova posição da extremidade movida. Todos os trechos e chaves ligadas a este ponto são automaticamente movidos e redimensionados para manter a conectividade. O programa não executa esta função se houver chaves abertas ligadas à extremidade do trecho.

Dividir: como se tem percebido, os elementos (chaves, trechos novos, etc.) só podem ser adicionados às *extremidades* de um trecho. Para permitir que sejam incluídos em qualquer ponto do mesmo, esta função permite dividi-lo em dois. Escolhe-se a função e uma linha tracejada móvel permite escolher o ponto de quebra. O trecho é dividido em dois novos trechos.

Desmantelar: um trecho também pode ser excluído. Escolhe-se esta função e o programa emite uma mensagem pedindo a confirmação da operação e informando quantos postos transformadores e bancos de capacitores estão ligados a ele. Após a exclusão, os trechos a jusante são desenergizados, mudando de cor, e os transformadores e capacitores ligados ao trecho retirado são automaticamente movidos para o(s) trecho(s) vizinho(s) mais próximo(s) (vinculados). Estas vinculações automáticas podem ser revistas pelo planejador.

#### **Bancos de capacitores (BC):**

Inserir: capacitores só podem ser incluídos a partir de um trecho existente. O usuário deve selecionar o trecho e, na tela de detalhes, escolher o botão “Incluir BC”. O usuário indica a posição do banco com o cursor e clica no local desejado. O programa cria um banco com características padrões, que o usuário pode alterar em seguida. O banco fica vinculado ao trecho, na extremidade mais próxima.

Mover: seleciona-se o banco de capacitores e clica-se no botão “Mover”. O usuário escolhe com o cursor a nova posição. O banco fica vinculado ao mesmo trecho, na extremidade que estiver agora mais próxima.

Mover vinculação: se o usuário quiser mudar o trecho ao qual o banco está eletricamente vinculado, deve selecionar o BC e clicar sobre o botão desta função. O programa indica o trecho ao qual o banco está vinculado e destaca o trecho mais próximo do cursor, à medida que o usuário o movimenta na tela. O clique do usuário encerra a função e a linha de vinculação muda para o novo trecho.

Retirar: escolhe-se esta função na tela de detalhes do banco de capacitores e o programa exclui os capacitores após a confirmação da operação pelo usuário.

#### **Postos transformadores:**

Inserir: transformadores só podem ser incluídos a partir de um trecho existente. O usuário deve selecionar o trecho e, na tela de detalhes, escolher o botão “Incluir posto”. O usuário indica a posição do posto com o cursor e clica no local desejado. O programa cria um transformador com características padrões, que o usuário pode alterar em seguida. O posto fica vinculado ao trecho, na extremidade mais próxima. Importante: todo posto incluído após a etapa de diversificação dos alimentadores é considerado “especial”.

Mover: seleciona-se o posto transformador e clica-se no botão “Mover”. O usuário escolhe com o cursor a nova posição. O posto fica vinculado ao mesmo trecho, na extremidade que estiver agora mais próxima.

Mover vinculação: se o usuário quiser mudar o trecho ao qual o posto está eletricamente vinculado, deve selecioná-lo e clicar sobre o botão desta função. O programa indica o trecho ao qual o posto está vinculado e destaca o trecho mais próximo do cursor, à

medida que o usuário o movimenta na tela. O clique do usuário encerra a função e a linha de vinculação muda para o novo trecho.

**Retirar:** escolhe-se esta função na tela de detalhes do posto transformador e o programa o exclui após a confirmação da operação pelo usuário.

### **OUTRAS FERRAMENTAS**

O REDE tem uma série de ferramentas para aumentar a produtividade do usuário e/ou melhorar a qualidade da análise da rede. Diversas já foram citadas no texto até agora. Ainda há outras, das quais vamos relacionar as principais.

**Redefinição de troncos:** permite redefinir quais as bitolas de cabos serão consideradas como troncos de alimentadores, permitindo, assim, uma visualização diferenciada, mudando a espessura definida na tela de exibição.

**Alteração de grupo de trechos:** pode-se mudar as bitolas e a classificação (tronco, ramal, urbano, rural) de um grupo de trechos de uma só vez, marcando-os e definindo estes parâmetros.

**Medição de comprimento de trechos:** também pode-se medir o comprimento de uma série de trechos contínuos, marcando-se o primeiro e caminhando-se com o cursor. À medida que o cursor é movido os trechos selecionados são destacados e o comprimento total aparece na tela.

**Alteração de fator de coincidência:** muito poderosa, esta ferramenta permite que se redefina a corrente máxima de um determinado ramal. O usuário fornece a corrente desejada e o programa recalcula o fator de coincidência dos postos ligados a jusante, de modo a obtê-la. Isto é útil quando se tem medições em pontos intermediários do alimentador. Esta ferramenta normalmente deve ser usada logo após a etapa de diversificação.

**Centros de carga de subestações:** mostra, graficamente, a posição do centro de carga das cargas atendidas por cada uma das subestações da área e o centro total.

**Informação sobre grupo de cargas:** permite obter quantos postos comuns e especiais, bancos de capacitores e comprimento de rede existem a partir de um trecho ou chave, a jusante. O relatório resultante pode ser visto na tela, impresso ou gravado.

**Raio X do estudo:** totaliza informações de número de equipamentos (por tipo), comprimento de rede (urbana, rural, tronco, ramal), capacidade instalada na rede e nas subestações, para a área inteira. O relatório resultante pode ser visto na tela, impresso ou gravado.

**Raio X do alimentador:** semelhante à anterior, está disponível na tela de alimentadores e totaliza por alimentador. O relatório resultante pode ser visto na tela, impresso ou gravado.

**Relatório de atendimento a consumidor:** uma ferramenta interessante, que é utilizada no atendimento a um novo posto transformador ou a um aumento de carga. Selecionando o posto, o usuário escolhe a função "Relatório". Uma tela é apresentada, com dados a serem preenchidas. O usuário pede, então, a geração do relatório (que pode ser impresso ou gravado). São geradas duas folhas, com dados do consumidor, subestação e alimentador a que está ligado, demanda considerada e os resultados dos cálculos de queda de tensão (ano base e horizonte) e curto-circuito (incluindo a impedância de curto no ponto de entrega).

**Importação de anotações:** às vezes, um estudo novo deve ser feito numa mesma área que já foi carregada há algum tempo. Como a carga é antiga, ela deve ser refeita, bem como a etapa de diversificação. O planejador pode importar as anotações antigas para a nova rede, economizando tempo de digitação, já que muitas delas (consumidores, nomes de bairros, etc.) se mantêm atuais.

**Importação de postos transformadores:** ferramenta poderosa. O usuário pode criar vários arquivos da mesma rede (por exemplo, com cargas da hora de carga pesada, média e leve) e, utilizando um deles, importar as cargas dos outros. Assim, ele pode propor todas as alterações



deve-se fazer uma edição fina do desenho, eliminando sobreposição de textos e outros ajustes. Pode-se dizer que o programa realiza cerca de 80% do trabalho do desenho.

**Imprimir tela:** se o usuário deseja um croquis rápido do que está na tela, basta mandar imprimi-la, pelo menu "Rede/Imprimir tela".

**Copiar tela para memória:** pode-se copiar o conteúdo da tela para a memória do micro ("clipboard"). Assim, a imagem pode ser transferida para um editor de texto por exemplo, na confecção de um relatório.

**Copiar tela para arquivo:** semelhante ao anterior. O conteúdo da tela é copiado para um arquivo tipo BMP especificado pelo usuário.

### **COMENTÁRIOS FINAIS**

Evidentemente, existem no mercado programas mais completos e com mais recursos de cálculo que o REDE, porém a um custo muito maior e sem a facilidade de implementar novas funções conforme a necessidade dos usuários.

O programa REDE tem sido de grande utilidade para a área de planejamento, sendo intensivamente usado. Sua maior virtude é que sua interface e seus recursos foram desenvolvidos durante este uso, tornando-os sob medida para o usuário, evitando funções desnecessárias e excesso de menus.