

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

## **PROJETO GEMINI - SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA OS CENTROS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO**

MARCOS VALADÃO ABI\_ACKEL  
CLÁUDIO LÍSIAS BONFIM  
ELAINE FRANÇA FONSECA  
EULER HENRIQUES TEIXEIRA  
LEANDRO RENATO MEDEIROS  
MARCO ANTÔNIO DE ALMEIDA

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG

**Palavras-chave:** geoprocessamento , operação do sistema , cadastro e gerência de redes

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

## 1. INTRODUÇÃO

A Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG , têm o propósito de gerar , transmitir e distribuir energia elétrica dentro da sua área de concessão que corresponde a 586.000 km<sup>2</sup> , 286.000 km de rede de distribuição , 365.000 transformadores instalados, e atendendo a 5 milhões de consumidores. Um total de 10.000 km de redes de distribuição são construídas todos os anos para suprir aos novos consumidores, atendendo a um índice médio de crescimento anual de 4 % .

Nossos consumidores estão aglomerados, desde grandes centros urbanos , como a região metropolitana de Belo Horizonte com 1,6 milhões de consumidores, como em cidades médias com 150.000 consumidores e até em pequenos centros com 3.000 consumidores, totalizando 793 sedes municipais.

Para permitir o gerenciamento desta rede de distribuição , a CEMIG vêm investindo em sistemas de computadores desde os anos de 1970 . O primeiro sucesso foi um sistema em mainframe para controlar a rede de baixa-tensão ,desde os transformadores até os consumidores. O sistema foi denominado CONSEC e colocado em operação em 1982, utilizando desde o início o sistema de coordenadas geográficas UTM ( Universal Transversa de Mercator ).

A aprimoramento dos sistemas georreferenciados foi evoluindo da seguinte forma:

**CONSEC** \_ controle da rede secundária : Desde os transformadores de distribuição até seus consumidores. A versão inicial (mainframe – IMS ) teve a operação inicializada em 1982. Um micro computador \_ versão DOS utilizando interface gráfica , mostrava em 1990, os dados da rede secundária na forma geográfica.

**CONPRIM** \_ controle da rede primária : Para alimentadores primários na classe até 25 kV. A primeira versão ( mainframe – IMS ) colocada em operação em 1984. Uma versão DOS para micro computadores foi utilizada desde 1993 baseada na interface dos diagramas unifilares dos circuitos primários.

Todos os sistemas foram completamente desenvolvidos dentro da empresa por uma equipe consistida de engenheiros eletricitas especializados e com grande experiência em ciências computacionais.

O projeto Gemini está agora substituindo esses sistemas.

O projeto Gemini foi inicializado em novembro de 1995 com o principal propósito de aprimorar os sistemas de gerenciamento da distribuição existentes até então, integrando completamente ao sistema de geoprocessamento. Em dezembro de 1998 o sistema foi colocado em funcionamento no principal centro de operação da CEMIG, em Belo Horizonte, eliminando um diagrama sinóptico de 2,5 X 13,5 m , e atendendo a 1,6 milhão de consumidores assistidos por esta área . Esta operação é integrada com o CONCOD – sistema de gerenciamento de interrupções , X-OMNI (SCADA)– sistema de aquisição de dados e AVL – sistema de localização de veículos.

Hoje , esta solução integrada está funcionando em todos os centros de operações da CEMIG, atendendo aos consumidores das respectivas áreas e otimizando o gerenciamento da rede de distribuição.

## 2. A SOLUÇÃO

A solução é baseada na unificação dos CALL CENTERS e dos Centros de Operações Regionais. O call center foi colocado em operação para promover contato com os consumidores durante 24 horas diárias , otimizando recursos e reduzindo representantes nas cidades. Os centros de despachos regionais otimizam e controlam equipes de linha e proporcionam seguras operações com recursos de contingência .

**GEMINI** – Sistema AM/FM integrando o mapeamento com o gerenciamento do sistema de distribuição elétrica . É a única interface gráfica nos centros de operação e é o banco de dados para os outros sistemas envolvidos no processo.

**CONCOD** – Sistema de gerenciamento de interrupções na rede de distribuição, atendendo ao call center e às atividades dos operadores. Funciona em plataforma Unix.

**X\_OMNI(SCADA)** – Sistema de controle e aquisição de dados, desenvolvido através da companhia Audiolab , baseado nas especificações técnicas da CEMIG. Tem como sistema operacional Windows ( Unix ), podendo ser usado em plataforma MS-Windows.

**AVL** – Sistema de localização de veículos. O território da CEMIG apresenta uma grande extensão geográfica com baixa densidade populacional , e com problemas de comunicação entre veículos e localidades. Em 1994 ,através da empresa Autotrac , colocou-se em operação um sistema utilizando satélite para controlar os veículos . No início da experiência foram utilizados 100 veículos , e para o ano 2000 estamos estendendo o sistema para 800 veículos.

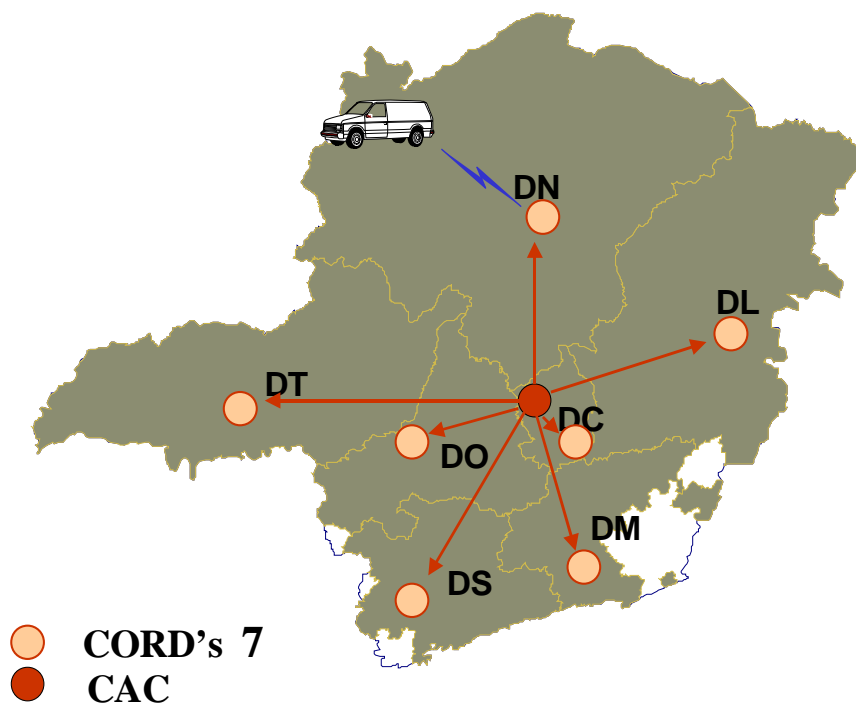


Fig 1 - Posição geográfica dos Centros de Operações ( CORD's ) e do Call Center ( CAC )

### 3. PROJETO GEMINI

O sistema Gemini funciona sendo a interface gráfica para os operadores ,e como banco de dados do sistema de distribuição para os outros sistemas.

O projeto Gemini é uma integração do mapeamento e do gerenciamento do sistema de distribuição elétrica. Os principais objetivos são a atualização e armazenagem de mapas ( Módulo Cartor ) , uso e atualização da rede elétrica , propiciando inclusive o planejamento e projeto, porém sempre mantendo as atividades da operação ( Módulo Prolux ), que é a principal ênfase da operação do sistema de distribuição.

O sistema enfatiza as funções geográficas modelando a rede elétrica de distribuição de forma AM - Automated Mapping e FM – Facilities Management ,executando em Windows NT em uma arquitetura de cliente-servidor .

O sistema foi completamente desenvolvido utilizando metodologia de orientação a objetos. A fabricação e manutenção do principal banco e dados é disponível no mercado, e facilmente adaptado para cidades de diferentes portes .A CEMIG está agora utilizando Oracle como banco de dados em cidades maiores e Interbase para as demais , devido ao preço e por questões de suporte técnico.

O módulo **CARTOR** é utilizado para obter e atualizar as bases cartográficas em meio digital. O Cartor é a principal ferramenta para transferir os documentos cartográficos existentes para o meio digital, possibilitando assim, o módulo Prolux desenhar a rede elétrica sobre sua base. Ele também permite a atualização do mapeamento utilizando algumas tecnologias para aquisição de dados, como a topografia, aerofotometria, satélites geodésicos e GPS ( Global Positioning System ).

O módulo Cartor foi totalmente desenvolvido utilizando o Microstation CAD e linguagem intrínseca básica. Existe um departamento na empresa responsável pela customização dos mapas digitais, estabelecendo 49 tipos de informações em 09 classes : suporte de campo, sistemas hidrográficos, construções, textos, vegetações, altimetria, sistemas de estradas, ruas e geo-referências. O sistema resultou na redução de 50% dos custos finais do processo de mapeamento.

O módulo **PROLUX** corresponde ao gerenciamento da rede de distribuição elétrica, foi totalmente desenvolvido através de uma equipe da empresa, reunindo as necessidades e experiências na área de distribuição de energia elétrica. Os dados são integrados e demonstrados atendendo à completa necessidade para gerenciar a rede de distribuição, desde o suporte da operação, projetos, planejamento, construções e atividades de manutenção do sistema de distribuição.

O módulo Prolux demonstra todas as informações atualizadas do módulo Cartor integradas com os dados do sistema da rede de distribuição. O módulo possibilita demonstrar em níveis diferentes do mapeamento, dois diferentes tipos de imagens rasters; permite utilizar ortofotos e fotografias aéreas.

Todas as informações são armazenadas em um sistema de coordenadas UTM, permitindo e representando os dados em escalas variadas.

Existem vários níveis de informações que podem ser ligados, desligados e ajustados conforme faixas de escalas e necessidades dos operadores:

- Consumidores;
- Extensão dos cabos primários e secundários;
- Transformadores;
- Estrutura primária e secundária;
- Postes;
- Iluminação pública;
- Equipamentos;
- Mapas, ortofotos e fotografias aéreas;
- Veículos;
- Placas de advertências;
- Etc.

Existem também várias funções de suporte e consultas para os usuários do sistema:

- Perdas elétricas, cargas e queda de tensão dos circuitos primários e secundários;
- Circuitos em derivações dos alimentadores primários;
- Consultas para todos os dados das entidades físicas do sistema;
- Mapas de carga – demonstrando por densidade de carga ou por características de consumidores;
- Funções gráficas para gerenciamento de carregamento de transformadores;
- Diagramas unifilares dos circuitos dos alimentadores, e sequência elétrica;
- Vista de análise de operação, permitindo estudos para contingências e remanejamento de cargas em condições de emergências;
- Etc.

#### 4. A OPERAÇÃO INTEGRADA

O sistema de cálculo de demandas elétricas para os alimentadores, transformadores e circuitos secundários é baseado no consumo individual dos consumidores, que está armazenado no banco de dados. Estes dados são lidos todos os meses através das medições no consumidor e armazenados em um banco de dados mainframe. Todas as alterações e atualizações são exportadas para o Gemini semanalmente.

Existe uma metodologia de estatística interna para converter o consumo dos consumidores em demanda elétrica, compondo assim o carregamento total dos transformadores. Os cálculos primários são baseados nas demandas dos transformadores, porém ajustados e observados com relação às curvas de cargas dos alimentadores, quando obtidos através do sistema SCADA, que proporciona a medição das subestações ao longo dos alimentadores.

A interface entre o CONCOD - sistema de gerenciamento das interrupções e o Projeto GEMINI se dá devido estarem conectados ao mesmo banco de dados. O CONCOD recebe as anormalidades do sistema elétrico através do Call Center, agrupando os problemas através da topologia da rede de distribuição armazenado no banco de dados do GEMINI, indicando o ponto exato do problema e o dispositivo de operação. O operador pode iniciar a resolução do problema, despachando um veículo para a posição determinada. Todas as atividades são completamente sustentadas através do GEMINI, quando integrado com o sistema de gerenciamento das interrupções.

Nos próximos parágrafos serão apresentados algumas funções do sistema e suas vistas.

O módulo Prolux do Gemini têm vistas especializadas para orientar as atividades dos centros de operação, minimizando e otimizando as condições inerentes aos operadores.

A Vista de Análise de Operação ( Fig 02 ) é usada freqüentemente nos centros de operação. Ela representa, de uma forma simplificada, o alimentador selecionado na vista geral de operação, mantendo as opções de:

- Ligar e desligar cada alimentador;
- Performance e análise de transferências de cargas entre alimentadores;
- Ligar e desligar cada alimentador imediatamente ligado ao alimentador representado,

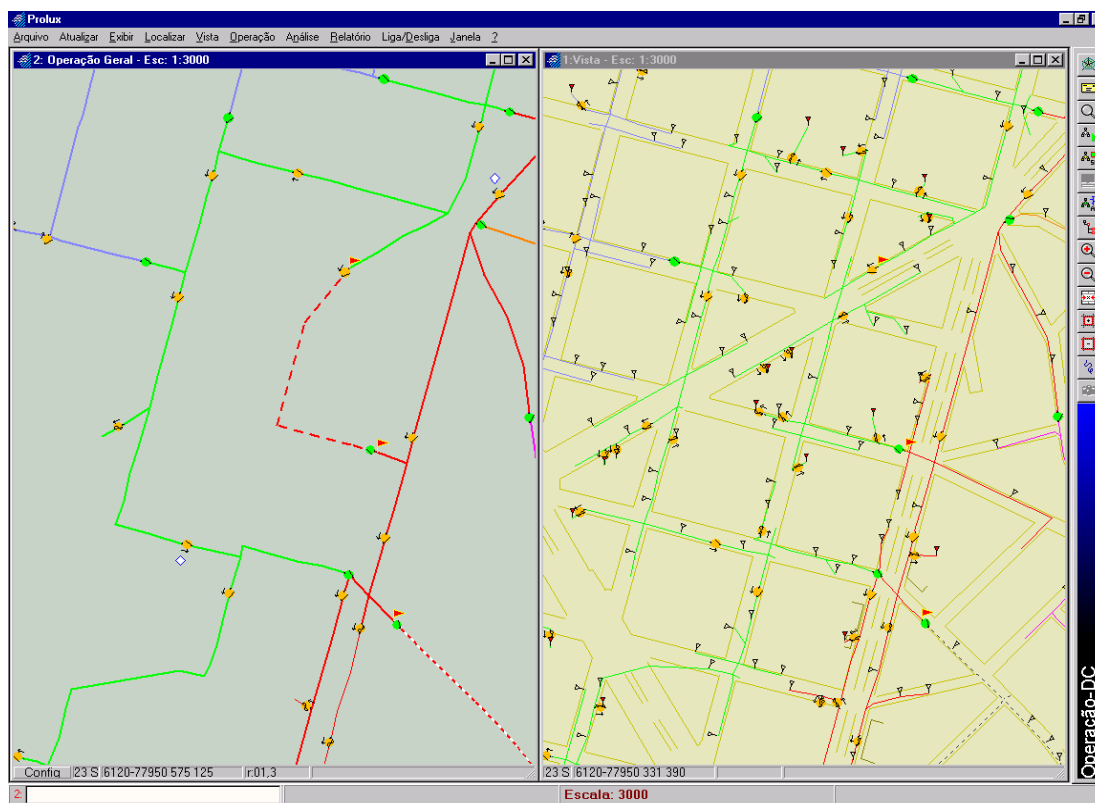


Fig 02 – Vista Geral de Operação ,lado a lado, com a Vista Normal da mesma área.

A Vista geral de Operação mostra o alimentador simplificado. No lado inferior direito de cada vista existe uma seção aberta, mostrando um alimentador desenergizado ( vista da esquerda : pontilhado em branco , e na vista da direita: pontilhado em cinza ). No centro das vistas , parte do alimentador verde está transferido para o alimentador vermelho ( vista esquerda: um traço vermelho, e na vista direita : verde ). Observa-se que as placas de advertências são automaticamente demonstradas nos equipamentos ,quando estes não estão na posição normalmente operada.

A análise de interrupção é uma poderosa ferramenta utilizada para verificar as possibilidades de transferência de cargas entre alimentadores , demonstrando sobrecargas em cabos primários , equipamentos , sentido de fluxos invertidos e consumidores especiais afetados, dentre outras informações.

Veja na Fig 03 – Vista de Análise de Operação; No início da janela é possível especificar o horário de início e termino de uma transferência de cargas. Com esta informação é elaborado uma curva de carga dos alimentadores envolvidos, para então, ser efetuada a operação. Os dados para a construção das curvas de carga são providenciados através da integração com o sistema SCADA que mantém os dados históricos dos alimentadores .

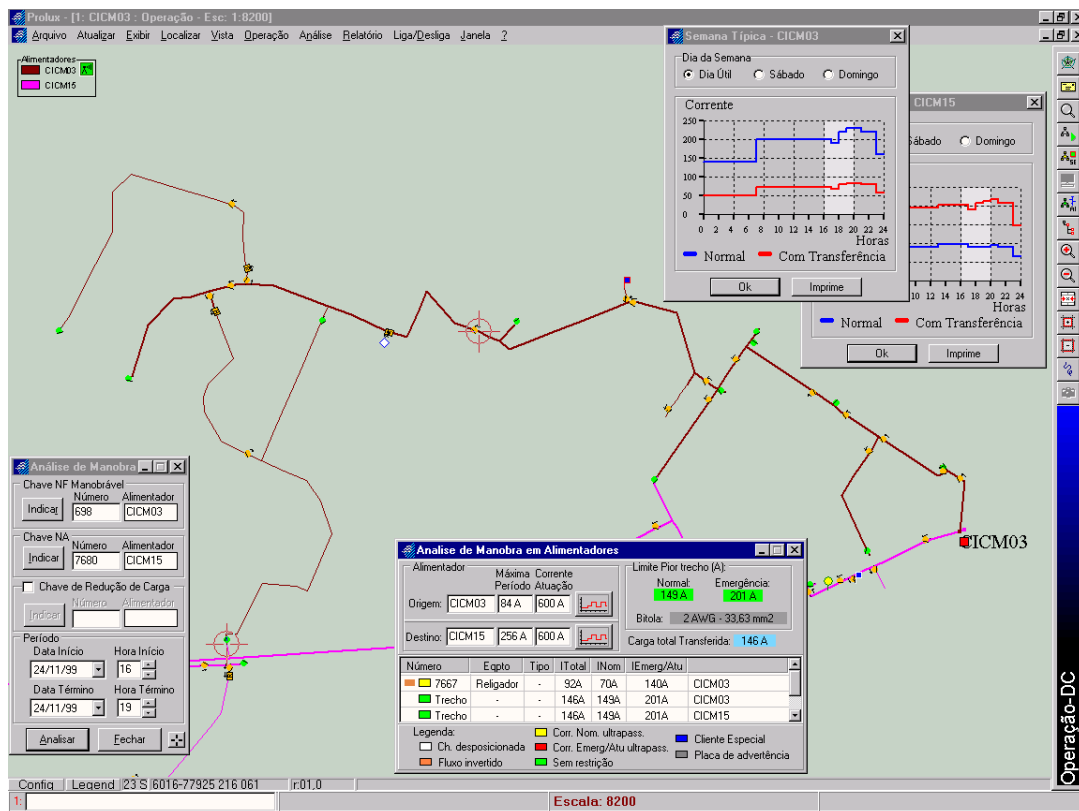


Fig 03 – Vista de Análise de Operação do Gemini , analisando um resultado de transferência de cargas entre alimentadores.

No centro da Fig 03 é mostrado o resultado da análise de transferência de cargas entre alimentadores :

- Na janela de resultados , é mostrado as correntes limites e de emergência ;
- As curvas de carga dos alimentadores, antes e após a transferência de cargas;
- Inversão do fluxo de corrente em equipamentos.

Na vista também são demonstradas:

- Alimentadores interligados com outros alimentadores;
- O número do equipamento , quando o cursor é sobreposto a ele;
- Equipamento com comando remoto automático;

- Sentido de direção do Fluxo de corrente ;
- Placas de sinalização para consumidores especiais, e suas diferentes classes;
- Placas de advertências .

Todos os dados são dinamicamente atualizados, desde novos equipamentos até novas configurações no sistema. O procedimento de cálculo é reinicializado para toda e qualquer modificação nos alimentadores em poucos segundos , devido a necessidade e natureza do trabalho nos centros de operação.

As Figs 04 e 05 demonstram a integração entre o SCADA e o GEMINI , permitindo a visualização da curva de carga de um determinado alimentador e o diagrama das subestações :

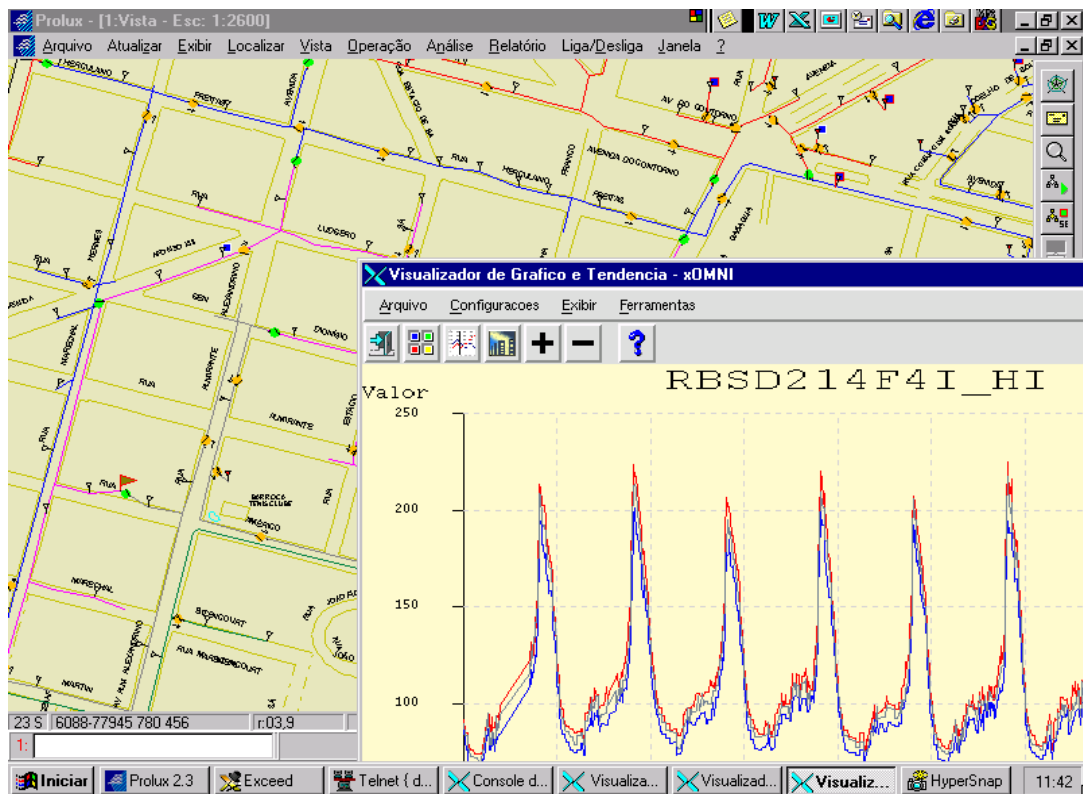


Fig 04 – A Vista Normal do Gemini é mostrada ao mesmo tempo com a curva de carga do alimentador.

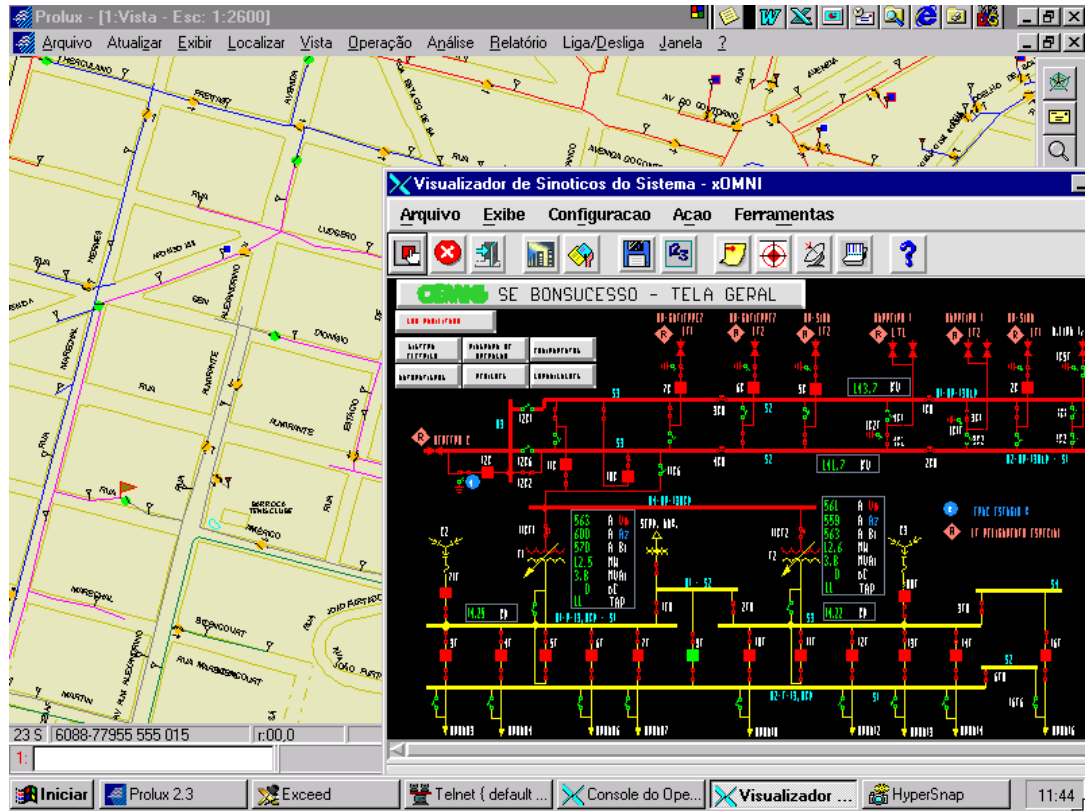


Fig 05 – A Vista Normal do Gemini é mostrada ao mesmo tempo com o diagrama da subestação





As Figuras 07 e 08 apresentam a integração do Gemini com o Concod e uma consulta sobre um consumidor especial na área norte da região metropolitana de Belo Horizonte:

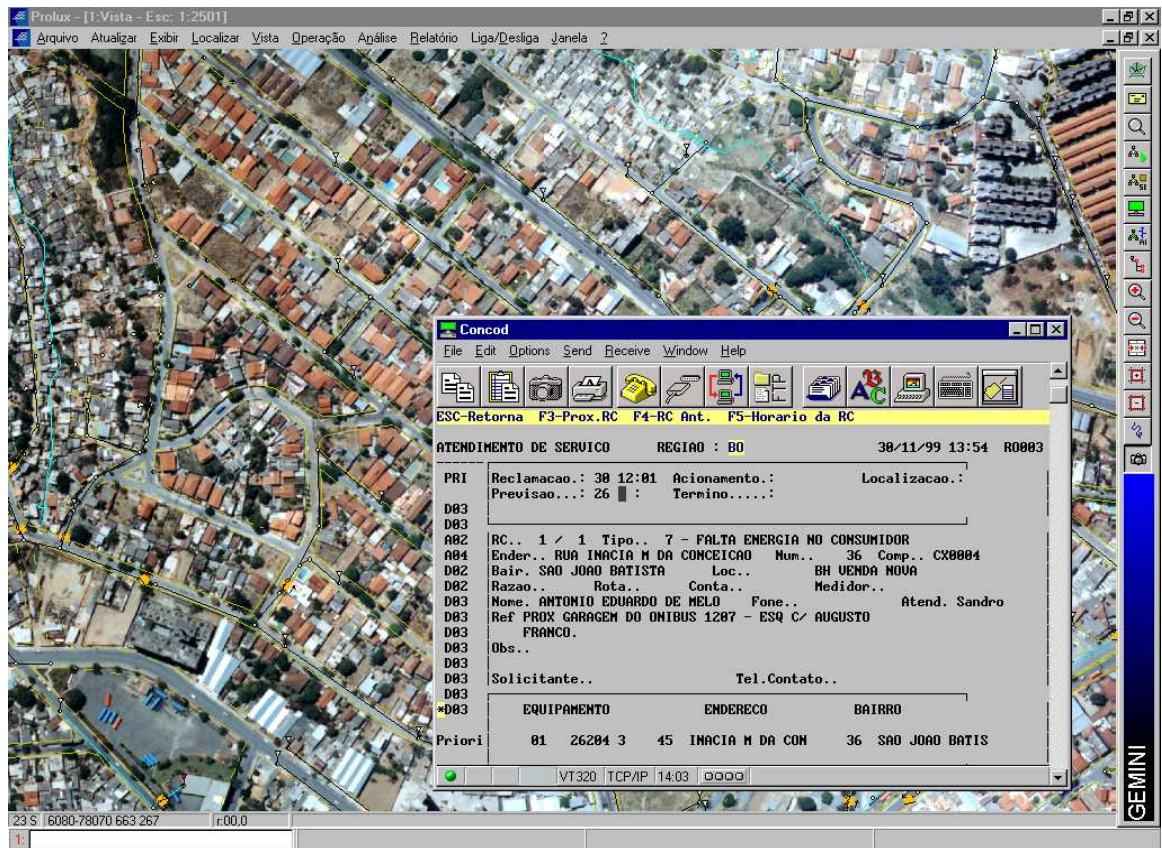


Fig 07 – O sistema Concod , o sistema elétrico e uma fotografia aérea representados em uma única vista.



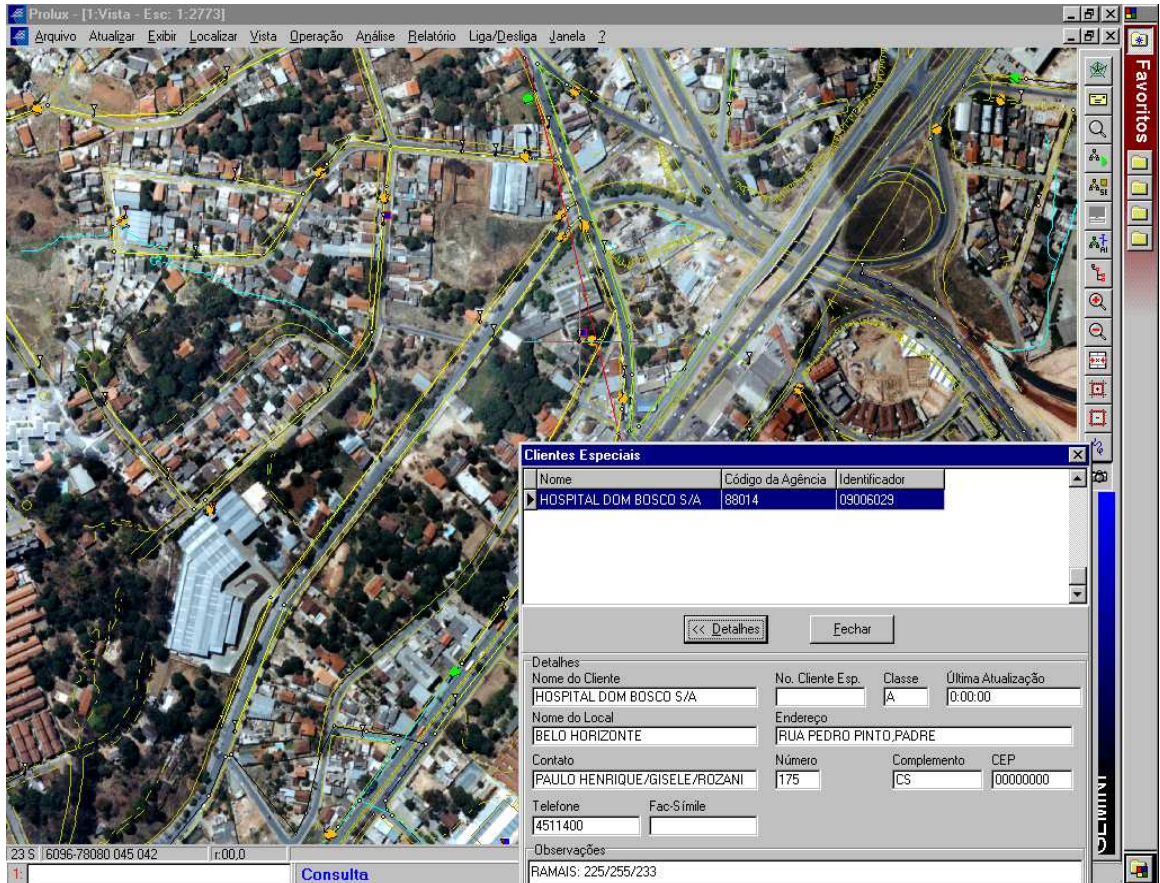


Fig 08 – Gemini – Uma fotografia aérea orientada dentro do mapeamento urbano , exibindo os dados de um consumidor especial , alimentado em tensão primária.

O Gemini é conectado automaticamente com o AVL – sistema de localização de veículos, representando os veículos em tempo real conforme demonstrado na Fig 09. O veículo tem seu número representado em cor vermelha quando está em movimento, e em azul quando estão estacionados.

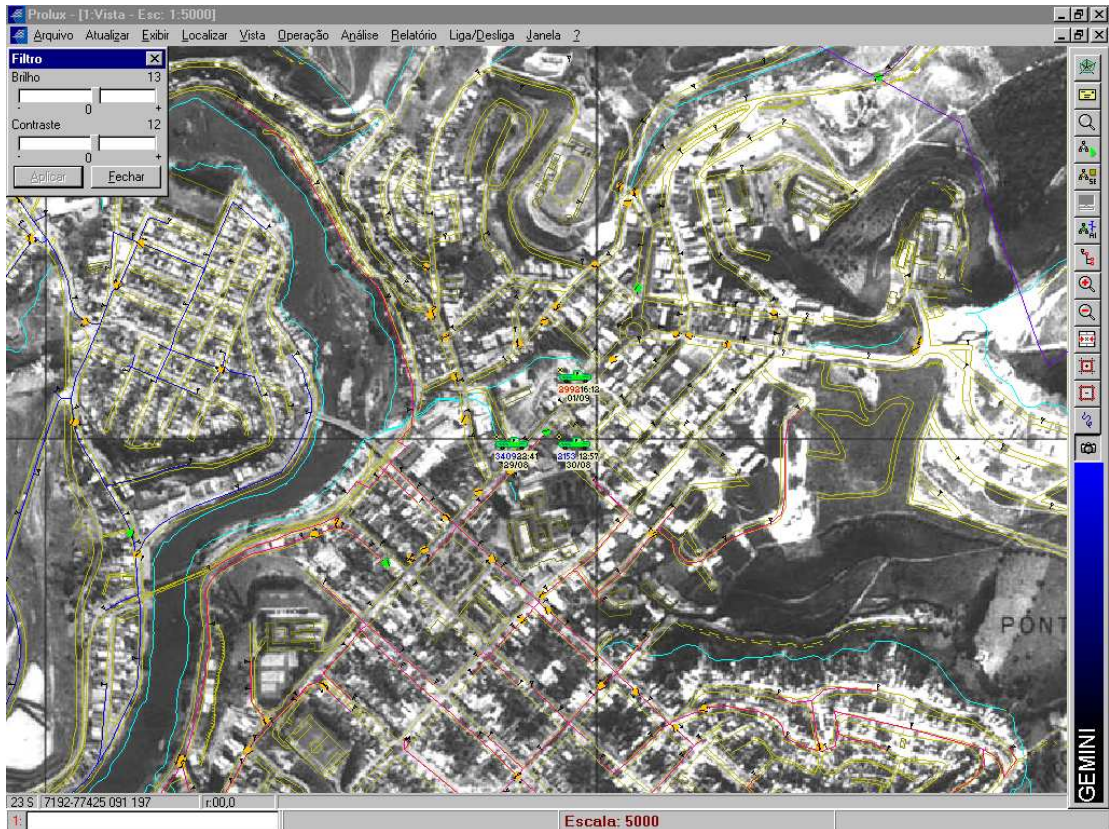


Fig 09 – Vista com uma ortofoto da cidade de Ponte Nova , zona da mata do estado de Minas Gerais , e a identificação geográfica dos veículos.

## 5. CONCLUSÕES

O projeto Gemini proporcionou uma grande rentabilidade e confiança na operação do sistema elétrico da distribuição , eliminando todo o tipo de papel convencional e diagramas sinópticos antes usados nos centros de operação.

A qualidade dos trabalhos nos centros de operação foi extremamente aperfeiçoada , reduzindo o tempo médio de restabelecimento do sistema elétrico, devido às facilidades para análises dos problemas e melhor especificação/localização dos equipamentos envolvidos nas manobras. Os operadores podem obter quaisquer informações da rede elétrica através dos computadores.

Um importante fato é o aperfeiçoamento do ambiente de trabalho, agora mais dinâmico e otimizado, possibilitando efetuar o principal trabalho com melhores soluções durante o atendimento à emergências.

A solução integrada introduziu uma grande mudança na forma dos operadores conduzirem o processo na empresa, compondo um cenário mais seguro e eficaz. Esta reestruturação mudou o perfil dos Centros de Operação da CEMIG e suas atividades associadas.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

- I. CEMIG - ED - 1.31 - Controle da Rede Secundária – Sistema CONSEC
- II. CEMIG - ED – 1.32 – Controle da Rede Primária – Sistema CONPRIM
- III. Object Oriented Modeling and Design – James Rumbaugh
- IV. Object Oriented Systems Design – Edward Yondon
- V. Design Patterns – Erich Gamma
- VI. Fundamentals of Spatial Information Systems – Robert Laurini
- VII. Map Generalization – Barbara P, Buttenfield
- VIII. Applications of Spatial Data Strunctrus – Hanan Sanet