

 <p>18º SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</p>	<p>06 a 10 de Outubro de 2008 Olinda - PE</p>
---	---

Otimização de Traçado de Rede Rural Utilizando o <i>Software Google Earth</i>®	
Nome do autor principal	Wagner Antônio Araújo Veloso
Nome da empresa	CEMIG - Distribuição
E-mail do autor principal	wveloso@cemig.com.br

<p>PALAVRAS CHAVE:</p> <p><i>Google Earth</i>, Projetos de Redes, Universalização do Atendimento.</p>
--

<p>DADOS DA EMPRESA:</p> <p>Nome: Cemig – D (Montes Claros/MG) Endereço: Rua Padre Augusto, 550 - Centro Telefone/fax: 38 3229-4528 E-mail: wveloso@cemig.com.br</p>

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento do projeto de otimização do traçado de rede de distribuição rural utilizando os dados da plataforma *GIS*¹ da CEMIG² em conjunto com o software *Google Earth*.

Considerando a grande área de concessão da CEMIG e a vasta demanda de projetos visto a universalização do atendimento rural, tornou-se desejável o desenvolvimento de uma tecnologia gráfica que permitisse a pré-visualização do local a ser atendido com energia elétrica, bem como a definição do traçado otimizado da rede da rede elétrica existente até a nova carga a ser atendida. Para tanto, foi necessária a exportação dos dados da rede básica (plataforma *GIS*) para o *Google Earth*, de forma que as informações das redes existentes fossem visualizadas juntamente com a posição do ponto de carga.

Essa base de dados permitiu a derivação sempre do ponto de menor distância da carga, privilegiando sempre o melhor traçado de rede considerando as interferências naturais, tais como montanhas, rios, matas ciliares, estradas, linhas de transmissão, áreas cultivadas, reservas legais, entre outras. A principal vantagem que este projeto revelou foi a visualização do anteprojeto da rede de distribuição rural numa perspectiva tridimensional, graças à utilização do software *Google Earth*.

¹ Geographic Information Systems

² Companhia Energética de Minas Gerais

PALAVRAS-CHAVE

Google Earth, Projetos de Redes, Universalização do Atendimento.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os programas de universalização da energia elétrica têm promovido significativa expansão das redes rurais brasileiras. Algumas empresas concessionárias de energia elétrica, como a CEMIG, que possuem áreas de concessão muito extensas, têm grande demanda de projetos de redes rurais de distribuição de energia elétrica. As abordagens tradicionais para definição do traçado das redes rurais são muito onerosas, ou pouco eficientes, pela dificuldade de se alcançar o conhecimento dos detalhes topográficos da região de implantação das redes. Neste contexto, tornou-se necessário o desenvolvimento de uma tecnologia que permitisse a pré-visualização do local a ser atendido com energia elétrica, bem como a definição do traçado otimizado da rede elétrica existente até a nova carga a ser atendida. Tal cenário ensejou a elaboração da presente monografia.

1.1 OBJETIVO E METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Considerando as dimensões do Estado de Minas Gerais (aproximadamente do tamanho da França) e a grande quantidade de clientes a serem atendidos, visto a universalização do atendimento rural, tornou-se desejável o desenvolvimento de uma tecnologia gráfica que permitisse a elaboração de um anteprojeto de rede de distribuição rural, como forma de contabilizar e planejar a sua expansão. Este desejo foi impulsionado principalmente pela necessidade do conhecimento prévio dos impactos elétricos e econômicos do programa de atendimento a lares rurais (Programa Luz para Todos) que, neste caso, é patrocinado pelos Governos Federal, Estadual e concessionárias de energia elétrica.

A CEMIG tem em sua base de dados todos os pontos elétricos notáveis de forma organizada e georeferenciada, mas dispostos ainda num ambiente bi-dimensional. Faltava então uma plataforma que pudesse dar uma noção do perfil altimétrico do terreno, bem como conhecer previamente as interferências ao longo do encaminhamento das redes a serem construídas. Com o surgimento do *Google Earth* no mercado de softwares, vislumbrou-se a possibilidade de integrar os dados elétricos das redes às imagens de satélite. Dessa forma, o usuário poderia ter em uma única ferramenta todos os dados para fazer a projeção das redes de forma eficaz e mais próxima da realidade.

Assim nasceu este projeto, que teve como principal objetivo integrar as bases de dados do *Gemini*³ e *Google Earth*, permitindo um aprimoramento da rotina de elaborar anteprojetos de redes de distribuição rural. Essa base de dados permitiu a derivação sempre do ponto de menor distância da carga, privilegiando o melhor traçado de rede considerando os obstáculos ao longo da sua extensão tais como, montanhas, rios, matas ciliares, estradas, linhas de transmissão, áreas cultivadas, reservas legais, etc. A principal vantagem que este projeto revelou foi a forma de visualização do anteprojeto da rede de distribuição rural numa perspectiva tridimensional graças à utilização do software *Google Earth*.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 INTRODUÇÃO AO APLICATIVO GOOGLE EARTH

O aplicativo *Google Earth* é uma espécie de navegador com o qual se pode visualizar todo o planeta. As imagens são capturadas de satélites com qualidade de resolução de até 5 metros aliados a

³ *Gemini*: Aplicativo GIS de propriedade da CEMIG

sofisticados recursos de pesquisa do Google, com imagens de satélite, mapas, terrenos e edificações em 3D para colocar informações geográficas do mundo todo à disposição do usuário.

O *Google Earth* é um programa desenvolvido e distribuído pela GoogleTM, cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de fotografias de satélite obtidas em fontes diversas. Desta forma, o programa pode ser usado simplesmente como um gerador de mapas bidimensionais e fotos de satélite ou como um simulador das diversas paisagens presentes no Planeta Terra. Com isso, é possível identificar lugares, construções, cidades, paisagens, entre outros elementos. O programa é similar, embora mais complexo, ao serviço também oferecido pela Google conhecido como Google Maps.

2.2 O APLICATIVO CORPORATIVO GEMINI

A CEMIG vem investindo há muitos anos na aquisição de recursos computacionais e no desenvolvimento de técnicas de geo-processamento. O objetivo principal é utilizar essa tecnologia para melhor gerenciar seu sistema de redes de distribuição, transmissão e geração de energia. Para isso, é de fundamental importância uma infra-estrutura cartográfica atualizada e com precisão adequada para o bom desenvolvimento das atividades de uma empresa distribuidora de energia elétrica.

Como resultado e composição das necessidades existentes, já estão em fase de produção na CEMIG os sistemas *Gemini* e o *Geocemig*, que visam facilitar o manuseio dos dados e informações geo-referenciados do sistema de forma a agilizar o atendimento aos seus clientes e, conseqüentemente, reduzir os investimentos em obras de expansão do sistema elétrico.

2.3 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS

Ao perceber todo esse potencial descrito nas páginas anteriores, aliada à necessidade de se ter uma ferramenta funcional para o auxílio na elaboração de anteprojetos no escritório, concebeu-se este trabalho, que teve como cerne a transferência do banco de dados do aplicativo *Gemini* para a plataforma *Google Earth*. Dessa forma, as novas redes a serem projetadas poderiam ser visualizadas nesse novo contexto, sendo possível planejar de forma acurada o traçado otimizado da mesma, sem necessidade de levantamentos em campo e, principalmente, segundo uma nova perspectiva tridimensional.

Para que os dados do *Gemini* pudessem ser transferidos para o *Google Earth*, foi necessário desenvolver um procedimento seqüencial de forma que todos dados fossem tratados e colocados à disposição do usuário. Esse conjunto de passos está descrito no fluxograma da figura 4.0 e foi operacionalizado através de um programa em *Visual Basic* e outras duas planilhas eletrônicas.

2.4 CONVERSÃO DOS DADOS

A primeira etapa do fluxograma da figura 2.0 trata da conversão dos dados e cálculo dos parâmetros de distância entre vãos e queda de tensão acumulada por trecho. Elabora ainda a conversão de coordenadas e disponibiliza os arquivos no servidor para utilização dos usuários.

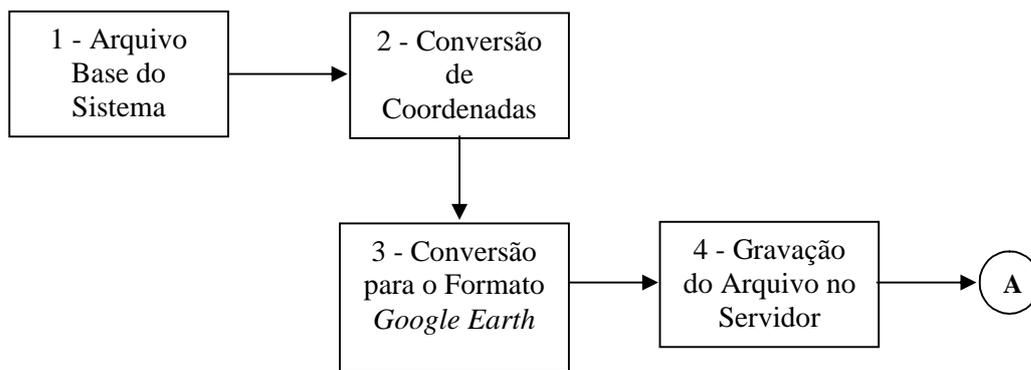


Fig. 2.0 – primeira etapa do macrofluxo do processo de conversão

Na segunda etapa é descrita a parte do trabalho em que há intervenção do projetista. É nesta etapa que é elaborado o produto principal do projeto, ou seja, o anteprojeto da rede a ser construída.

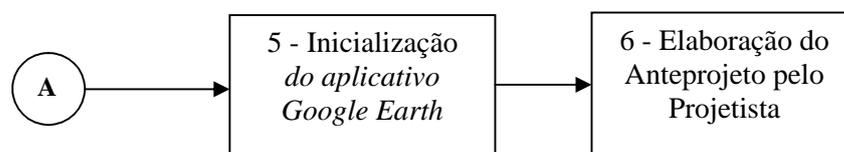


Fig. 2.1 – segunda etapa do macrofluxo do processo de operacionalização do produto

2.5 INTERFACE DE CONVERSÃO

Depois de executadas as rotinas de cálculo e procedimentos descritos no capítulo anterior, foi necessário desenvolver uma interface para que os dados pudessem ser exportados para o *Google Earth*. Este passo está descrito no fluxograma da figura 2.0, item 3. Considerando a facilidade de programação e algum conhecimento deste autor na linguagem *Visual Basic 5.0*, desenvolveu-se uma interface que lê a estrutura dos arquivos de saída do Gemini, calculando-se a distância de cada vão e convertendo-os no formato *GPX* (extensão do arquivo do *GPS Exchange*).

O aplicativo *Gemini* está estruturado para gerar diariamente diversos arquivos que são utilizados por mais de uma dezena de aplicativos na CEMIG. Essa integração é necessária para assegurar a interação com as informações dos clientes, dos dados elétricos e, principalmente, de planejamento de crescimento do mercado. Aliás, uma das principais vantagens de interligar o banco de dados de faturamento da Empresa com as informações do *Gemini* é, exatamente, possibilitar a análise das informações dos clientes dentro de um contexto geográfico e econômico.

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se um arquivo de saída que já havia sido formatado para utilização em outros bancos de dados. Utilizamos essa opção pelo fato de não ser necessário desenvolver mais uma interface no *Gemini*, diminuindo ainda mais os custos de implantação deste projeto

Objetivando otimizar o desempenho do *Google Earth*, foi feita a conversão dos alimentadores de média tensão por pacotes, ou seja, as redes elétricas referentes às subestações foram separadas em arquivos distintos e a carga dos mesmos se deu de forma isolada. Este procedimento permitiu que o usuário selecionasse uma dada subestação e somente os dados desta ficariam visíveis no *Google Earth*. Dessa forma, a performance do referido software tornou-se mais simples, ágil e funcional. Essa

exigência foi necessária, principalmente, porque que a carga simultânea de diversos alimentadores na tela sobrecarregam o sistema, que pode tornar as respostas às solicitações muito lentas.

2.6 DEFININDO DO TRAÇADO OTIMIZADO DA REDE

Para obter o melhor traçado de rede, é necessária sempre uma intervenção do usuário de forma que as diversas alternativas possam ser testadas diretamente na tela. Através da interface gráfica do Google Earth, é possível testar todas as alternativas e avaliar as distâncias e outros parâmetros de cada uma delas. Além disso, é possível também testar o melhor ponto de derivação, optando por aqueles de menor distância e com níveis de tensão melhores.

Com as coordenadas devidamente calculadas e convertidas pela interface, e de posse da coordenada do ponto de fornecimento (carga), inicia-se o *Google Earth* e, em seguida, é selecionada a subestação nas proximidades do local que será trabalhado. Após inserção da coordenada da carga, automaticamente o programa localiza o ponto na tela e, por localização visual, são conhecido os alimentadores que poderão atender o novo cliente. Assim, inicia-se a definição do traçado à mão livre utilizando a ferramenta “Measure Path”⁴, na qual, o projetista busca o melhor encaminhamento considerando mais variadas interferências geográficas de uma dada região e o melhor ponto de conexão ao sistema existente.

Na figura 2.2 abaixo, é mostrado um traçado de rede rural definido pelo projetista com base nas informações do cliente, que forneceu as coordenadas do ponto de carga a ser atendido.



Figura 2.2 – Tela do *Google Earth* após definição pelo projetista do traçado da rede.

⁴ *Measure Path* é um comando do *Google Earth* que permite desenhar à mão livre um caminho e obter sua distância..

O *Google Earth* possibilita ainda a definição de traçados alternativos com o objetivo de avaliar a melhor opção de atendimento, sempre tendo a perspectiva de toda a rede elétrica existente. Dessa forma, o projetista tem a possibilidade de decidir pelo melhor traçado além de facilitar a visualização das melhores alternativa em tempo real.

No exemplo mostrado na figura 2.3, é evidenciada uma avaliação metódica pelo projetista e como ela pode traduzir em menor distância e, conseqüentemente, menor custo de projeto. No caso real citado, houve uma economia de R\$ 9.500,00 ao se optar pelo segundo traçado (fig. 2.3), em detrimento do primeiro (fig. 2.2). Neste caso, o cliente sinalizou pelo atendimento através da primeira opção, visto que este é o caminho percorrido diariamente por ele até ao pivô central⁵ da sua propriedade rural. Certamente, esse era o único caminho que ele conhecia. Entretanto, a análise do projetista, aliada às imagens do *Google Earth* e os dados do *Gemini*, possibilitaram a projeção de um traçado de rede mais econômico para o cliente e, conseqüentemente, mais interessante do ponto de vista elétrico.



Figura 2.3 – Tela do *Google Earth* com o traçado otimizado definido após estudo das interferências.

Mais do que obter agilidade e eficácia na elaboração de orçamentos, é preciso ressaltar a importância da realização de investimentos elétricos prudentes lembrando que, de acordo com a atual estrutura tarifária imposta pela ANEEL, boa parte dos investimentos realizados pelas concessionárias são repassados à tarifa e acabam por onerar a conta de energia elétrica dos seus clientes. Portanto, para se tornar atraente no mercado junto aos seus clientes e acionistas, é imprescindível que as concessionárias de energia elétrica ofereçam tarifas módicas e de acordo com a realidade de cada região.

⁵ Mecanismo agrícola utilizado para irrigação.

3. CONCLUSÕES

O Brasil conta com um território de dimensões continentais e, cada vez mais é necessária a utilização de tecnologias que possibilitem mais facilmente a localização de redes de distribuição com utilização de imagens de satélite. Sabe-se que o cliente está cada dia mais exigente com relação aos orçamentos elaborados pelas empresas concessionárias de energia elétrica. Aliado a isso, a ANEEL ⁶ impõe às concessionárias de energia elétrica regras cada vez mais rígidas, de forma que a precisão dos orçamentos estimativos precisa ser cada vez mais acurada. Dessa forma, é de suma importância a utilização de melhores práticas e este trabalho tem como principal objetivo criar uma ferramenta que possibilite um certo nível de automação, reduzindo-se os custos e tornando mais ágil o processo.

Os dados do *Gemini* são atualizados diariamente, mas a interface deste programa com o *Google Earth* ocorre somente uma vez por semana de acordo com os critérios colocados acima. Para tanto, a interface de conversão foi programada para ser executada na madrugada das sextas-feiras, de forma que o processamento não concorra com as atividades diárias de processamento e esteja disponível de forma atualizada semanalmente.

3.1 POTENCIALIDADES DOS RESULTADOS DERIVADOS DO APLICATIVO

Como mencionado no decorrer deste trabalho, o objetivo principal do mesmo é obter o menor custo aliado ao melhor traçado de rede, ou seja, possibilitar ao projetista pré-visualizar o local no qual será feita a expansão na rede de distribuição sem a necessidade de ir a campo. De posse dos dados da rede de distribuição existente e a carga a ser atendida, o mesmo projeta o traçado à mão livre considerando as principais interferências naturais e artificiais utilizando um ambiente tridimensional. Além disso, o conjunto de planilhas eletrônicas aliadas à interface oferece as seguintes funcionalidades:

- Cálculo da distância acurada entre rede existente e cliente;
- Definição prévia do traçado da rede;
- Conhecimento antecipado das características topográficas locais;
- Valores financeiros envolvidos com alto grau de precisão;

Além do auxílio na definição do menor e melhor traçado e, conseqüentemente, no menor custo para o atendimento aos clientes, este trabalho possibilitou ainda a informatização e controle do processo de distribuição de serviços aos topógrafos e projetistas. Como os dados ficam gravados no servidor do programa *Google Earth*, o controle dos serviços tornou-se mais eficaz, uma vez que cada ponto a ser projetado passa a ser identificado no *Google Earth* antes de ser encaminhado efetivamente para levantamento em campo.

Outro problema enfrentado pelas áreas de Expansão, é o risco de ser feita uma derivação para atendimento à nova rede a partir de um ponto que não seja o de menor distância. Ora, no *Gemini* pode-se encontrar facilmente a menor distância para atendimento a uma carga. Entretanto, este ponto não será, necessariamente, o de menor custo para a implantação das redes de distribuição, visto que não basta encontrar a menor distância em linha reta. É necessário conhecer o perfil topográfico, bem como as interferências naturais e artificiais e fazer o traçado mais otimizado passível levando em conta todos os fatores topográficos além das informações referentes ao desempenho do sistema elétrico naquele ponto.

⁶ Agência Nacional de Energia Elétrica – Órgão Regulador do Sistema Elétrico

Outro fator importante e que deve ser levado em consideração, é o custo de implantação da ferramenta *Google Earth*. A versão *Professional* ou *Pro* é comercializada pela *Google*™ ao custo de US\$ 400,00 ao ano, por licença adquirida. Comparativamente com outras ferramentas *GIS* disponíveis no mercado, este custo é baixo tornando o produto ainda mais atrativo.

Após avaliação das amostras disponíveis nos resultados, concluiu-se que o desenvolvimento descrito acima proporciona um ganho expressivo na definição do traçado e para definição de orçamento estimativo, uma vez que é possível prever a maioria das interferências ao longo das redes e, assim, chegar a valores mais próximos dos reais ao invés do simples cálculo por distância em linha reta. Além disso, este trabalho atenua os riscos do topógrafo fazer a derivação de um ponto mais distante da carga, o que oneraria ainda mais os custos de projeto e construção da rede.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVA, E. S. “**Utilização de Ortofotocartas Digitais no Sistema de Gerenciamento de Redes de Distribuição da Cemig – Projeto GEMINI**” UFMG, 2002

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO, ESTUDO 02.111.GEMINI – “**Gerência de Redes de Distribuição – Biblioteca de Cálculo**” CEMIG – Jun – 2007

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO ED 3.7 – “**Crêterios de Cálculo de Coeficientes de Queda de Tensão em Redes de Distribuição Aéreas**” – Out – 1985.”

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO – “**Planejamento de Sistemas de Distribuição – Coleção Distribuição de Energia Elétrica**” – Eletrobrás, Editora Campus, 2a. Edição

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO CEPEL “**Estudos de Cargas para Redes Elétricas Rurais - Relatório Técnico ADG-A/PER nº 407/2001**” – CEPEL –.”

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO ED-3.21 – “**Cálculo de Impedâncias de Seqüência em Redes de Distribuição Aéreas**” – CEMIG – Abr/1983

BARIONI, C.C e ROBBA, E.J. “**Introdução Aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**” Editora Edgard Blucher

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO ND-2.7, “**Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Isoladas**”, CEMIG, Janeiro, 1998.

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO ND-2.2, “**Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Rurais**”, CEMIG, Outubro, 1997.

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO ND-2.1, “**Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas**”, CEMIG, Janeiro, 1996.

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO ND-3.1, “**Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas**”, CEMIG, Maio, 1990.

MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO ND-3.2, “**Projetos de Redes de Distribuição Rurais**”, CEMIG, Outubro, 1985.

SITES

Google Earth: <http://Earth.google.com>

Instituto Nacional de Metereologia: <http://www.inmet.gov.br/>

Garmin International: <http://www.garmin.com/>

Wikipedia: http://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

UNB: <http://www.unb.br>