UNICAMP

Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

Universidade Estadual de Campinas

Relatório Final de Projeto

de Iniciação Científica

Geração automática de diagramas unifilares

(processo 2005/04748-3)

ALUNO: Paulo César M. Meira

Orientadora: Wu, Shin - Ting

Período do Relatório: 01/08/2006 – 01/02/2007

Fevereiro de 2006

Sumário

1 Introdução **3**

2 Resumo do Plano Inicial **3**

3 Primeiro Semestre **5**

4 Segundo Semestre **6**

4.1 Análise Comparativa dos algoritmos de geração de diagramas unifilares 8

4.1.1 Parâmetros de controle 8

4.1.2 Estabilidade 9

4.1.3 Posições Iniciais dos Nós 10

4.1.4 Grau de Simetria da Estrutura 11

4.1.5 Cruzamentos e comprimentos das arestas 11

4.1.6 Tempo Computacional 11

4.2 Ortogonalização 12

4.3 Limitação do Algoritmo de Ortogonalização Proposto 14

4.4 Integração ao VisciPower 16

4.4.1 Integração 17

4.4.2 Algoritmo de Fluxo de Carga 19

4.5 Redesenho da interface do VisciPower 20

5 Conclusões e Trabalhos Futuros **22**

Referências **25**

A Revisão do artigo enviado ao WICCGPI 2006 **27**

B Resumo enviando ao XVIII SNPTEE **32**

C Pôster apresentado no UPA **34**

1 Introdução

Este documento é o relatório final das atividades realizadas no contexto do Projeto 2005/04748-3, cujo plano inicial e o planejamento são sintetizados na seção 2. Parte das atividades programadas já foram oportunamente detalhadas no primeiro relatório parcial e estão disponíveis no site do projeto [1]. Para ser auto-contido, são recapituladas na seção 3 as tarefas relatadas nele. Em seguida, detalharemos na seção 4 o restante das atividades que foram concluídas no segundo período do projeto.

Vale ressaltar que este projeto me proporcionou experiências tanto com as ferramentas gráficas como com banco de dados geográficos e programação genérica. Estas experiências foram importantes para o meu ingresso num projeto Unicamp–Eletropaulo, cuja temática é a confecção de ferramentas para o estudo de geração distribuída.

2 Resumo do Plano Inicial

Diagramas unifilares constituem uma das mais importantes ferramentas de apoio aos engenheiros de potência tanto para planejamento como para monitoramento de uma rede elétrica. A rápida evolução dos recursos gráficos e das técnicas de visualização assistidas por computador despertou o interesse pelos algoritmos de geração automática de diagramas inteligíveis desde o final da década de 90.

O principal objetivo do trabalho é implementar, a partir dos dados de conectividade e dos dados geográficos de uma rede de transmissão, um algoritmo de geração automática de diagramas unifilares e avaliar o desempenho deste algoritmo em termos de

1. tratamento de conexões cíclicas;

2. tratamento de informações geográficas incompletas;

3. tratamento de redes de médio e grande porte;

4. legibilidade dos diagramas em diferentes níveis de resolução.

Um outro objetivo secundário é integrar o algoritmo no ambiente do VisciPower. Para isso, é necessário familiarizar-se com o VisciPower. Propomos para isso ainda uma terceira tarefa que seria reimplementar as funções de janelas sobre uma outra biblioteca de recursos gráficos que possibilitaria implementar interações mais complexas com os diagramas unifilares.

Para atingirmos o nosso objetivo foi proposto o seguinte plano de trabalho:

T1: familiarização com o ambiente VisciPower: migração das funcionalidades da biblioteca GLUI para wxWidgets.

T2: estudo dos algoritmos de geração de diagramas unifilares.

T3: implementação dos algoritmos.

T4: levantamento, junto com os engenheiros de potência, dos critérios de legibilidade para um diagrama unifilar.

T5: avaliação comparativa dos algoritmos.

T6: integração de um dos algoritmos em VisciPower.

T7: testes de usabilidade da nova interface de VisciPower.

T8: documentação.

Foi ainda elaborado um cronograma preliminar para a realização destas tarefas no período de março de 2006 a fevereiro de 2007.

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
T1	X	X										
T2	X	X	X									
T3			X	X	X	X						
T4			X	X	X							
T5					X	X	X					
T6								X	X	X		
T7					X	X				X	X	X
T8		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3 Primeiro Semestre

As principais atividades realizadas no período de março a agosto de 2006 foram:

T1 (Migração do VisciPower para uma plataforma mais flexível e mais atualizada): A migração envolveu principalmente a adaptação do código anterior implementado em C para um nome modelo orientado a objetos em C++. Foram utilizadas na nova versão as bibliotecas: wxWidgets [11] para implementação de componentes visuais e sistema de eventos da interface gráfica, FTGL [3] para renderização dos textos em aplicativos, UBLAS [7] para computação numérica e PostgreSQL [4] para gerenciamento de dados.

T2, T3 (Estudo e Implementação dos Algoritmos): Foram selecionados três algoritmos da literatura: o algoritmo de Fruchterman *et al.* [16], a ser referenciado como **algoritmo 1**, o algoritmo de Mota *et al.* [15], denominado **algoritmo 2**, e o algoritmo de Rao e Deekshit [18], chamado de **algoritmo 3**. Os dois primeiros algoritmos são inspirados no princípio de partículas sujeitas a forças, enquanto o terceiro utiliza um posicionamento

hierárquico dos nós da árvore de distribuição que o sistema representa. A biblioteca Boost Graph Library (BGL [13]) foi utilizada na sua implementação. Relatamos que os algoritmos implementados foram sintetizados num artigo submetido ao Workshop de Trabalhos de Iniciação Científica em Computação Gráfica, Processamento de Imagens e Visão Computacional (WICCGPI [10]). Infelizmente, ele não foi aceito por não se adequar aos temas de interesse do simpósio, conforme os comentários dos revisores que se encontram no Apêndice A.

T4 (Levantamento dos Critérios de Legibilidade): Em vista do grande predomínio de subjetividade no tema, limitamo-nos a nos **orientar** pelos três critérios considerados de consenso por alguns professores da área de sistemas elétricos da Faculdade de Engenharia Elétrica da Unicamp: minimizar o número de cruzamentos de linhas, uniformizar a distribuição de nós e manter o comprimento das arestas dentro de uma faixa tolerável.

4 Segundo Semestre

Dispondo de três geradores automáticos de diagramas unifilares, foi possível aplicá-los em uma grande variedade de casos e fazer uma análise comparativa entre eles em termos dos três critérios listados na seção 3, além dos usuais desemepenhos computacionais. A seção 4.1 registra os principais resultados da nossa comparação que justifica a escolha do algoritmo 2 para ser integrado ao VisciPower. Alguns ajustes foram, no entanto, necessários para reduzir o seu número de parâmetros.

Para que o algoritmo 2 pudesse gerar um diagrama minimamente agradável sem intervenção do usuário, além do ajuste do comprimento natural das arestas l, também foi necessário estabelecer um critério de parada e implementar uma função simples de *zoom* inicial automático.

O critério de parada utilizado foi um número máximo de iterações, fixado em 250 iterações – este número é alto para grafos com poucos nós mas garante bons resultados para as situações testadas. Como os diagramas a serem gerados no VisciPower tem poucos nós, no máximo algumas dezenas, a geração do diagrama acontece de forma instantânea. Mesmo sem o algoritmo ter sido elaborado com multigrafos em mente, caso um conjunto de barras associadas a um mesmo ponto geográfico resulte em duas ou mais sub-redes independentes, os resultados são aceitáveis, como exemplifica a Figura 1.

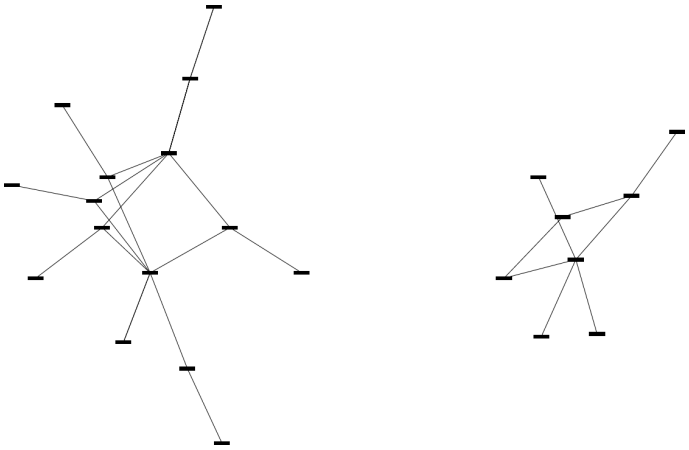


Figura 1: Resultado da aplicação automática do algoritmo de geração a um multigrafo

Mesmo com os diagramas unifilares visualmente satisfatórios em termos dos critérios listados na seção 3, constatamos através dos nossos testes preliminares que os diagramas ortogonalizados são ainda os preferidos. Dessa forma, apesar de não ter sido previsto no nosso planejamento inicial, pesquisamos e implementamos um algoritmo capaz de ortogonalizar os diagramas gerados anteriormente pelos algoritmos estudados. Detalhes do algoritmo e a sua limitação são apresentados nas seções 4.2 e 4.3, respectivamente. Como observamos que as deficiências constatadas no algoritmo de ortogonalização proposto não aparecem nos diagramas sem ortogonalização,

decidiu-se no contexto deste projeto deixar como opção ao usuário a escolha da melhor forma de visualização.

Finalmente, na seção 4.4 apresentamos as atividades relacionadas com a integração do algoritmo à nova versão do VisciPower.

Maiores detalhes e também imagens estarão disponíveis no *site* do projeto [1].

4.1 Análise Comparativa dos algoritmos de geração de diagramas unifilares

O algoritmo 3, na sua versão original, é apropriado para redes de distribuição que tenham estruturas em árvore. Por razões de robustez e segurança, são comuns ligações cíclicas em redes de transmissão. Ele foi escolhido para avaliação porque acreditamos que, com pequenas modificações, ele pudesse ser aplicado a grafos com ciclos, a saber: foi adicionado um marcador em cada nó para que ele não fosse visitado mais de uma vez. Desta forma, evitou-se que o algoritmo percorresse um mesmo caminho repetidamente. No entanto, o posicionamento fixo de cada nó imposto pelo algoritmo gera inúmeros problemas de cruzamentos e sobreposição de nós e arestas. A comparação ficou então restrita aos dois algoritmos de força, que podem ser aplicados a qualquer tipo de rede.

Veremos nas seções subsequentes que o algoritmo 1 e o algoritmo 2, por sua vez, apresentam diferenças importantes, apesar de terem implementações parecidas e muitas vezes resultados parecidos.

4.1.1 Parâmetros de controle

O algoritmo 1 tem somente um parâmetro de ajuste, k. Os seus autores fornecem um método para o seu cálculo a partir da área da região alvo e do número de nós (calcula-se a área média por nó). Observou-se que este cálculo não é eficaz para qualquer número de nós – com o aumento

do número de nós, torna-se ineficiente e o diagrama não ocupa a área esperada.

O algoritmo 2 tem mais parâmetros de ajuste: um parâmetro para a força calculada entre os nós (K_v), um para a força calculada através das arestas (K_a) e outro parâmetro que define o comprimento natural da mola das arestas (l). O parâmetro l foi sempre definido como igual para todas as arestas em nossa implementação, apesar de ser possível ajustar seu valor para cada aresta. Foi observado que o parâmetro l fornece um método eficaz de controle da área ocupada pelo diagrama. Usando um método de cálculo parecido com o método para o cálculo de k do algoritmo 1, o tamanho das arestas tende a um valor médio próximo de l. Nossas análises permitem dizer que os parâmetros K_v e K_a devem ser ajustados de forma que um não seja muito maior que o outro. Utilizou, por exemplo, $K_v = 1.0$ e $K_a = 0.8$.

4.1.2 Estabilidade

O algoritmo 1 sofre de um problema de estabilidade: mesmo após um grande número de iterações, os nós não se acomodam numa posição relativa fixa. Os autores do algoritmo tentaram contornar o problema utilizando uma variável que decresce de forma exponencial com o número de iterações e que, quando atinje um valor muito baixo, força a parada do algoritmo – esta variável é chamada de "temperatura" pelos autores, fazendo uma analogia entre a temperatura média de um sistema de partículas que se resfria. Este controle forçado torna necessário que, a depender do grafo em questão, se execute o algoritmo mais de duas vezes para obter um bom resultado, já que em somente uma execução os resultados podem se apresentar "incompletos". Foram realizados testes sem esta variável e observou-se que as posições de uma iteração para outra variam tanto que os resultados não são úteis.

O algoritmo 2, após certo número de iterações, número esse dependente da quantidade de

nós, chega a uma configuração de posições estável. Os nós tendem a ficar parados uns em relação aos outros, com exceção de nós-folhas que podem apresentar um suave movimento oscilatório. Este movimento é atribuído ao acúmulo dos erros na representação numérica do computador ao longo das iterações em conjunto às características das forças do sistema. Para contornar isso, dois mecanismos foram testados: o cálculo da soma dos deslocamentos de todos os nós entre iterações e a limitação do número de iterações. Como este controle deve ser feito a cada iteração, o cálculo da soma dos deslocamentos torna-se caro computacionalmente, de forma que foi utilizada a limitação do número de iterações, ajustada manualmente ou fixada num valor pré-definido.

4.1.3 Posições Iniciais dos Nós

As características das forças utilizadas no algoritmo 1, aliadas da instabilidade resultante, torna os resultados produzidos pelo algoritmo 1 dependentes das posições iniciais nas quais os nós são posicionados. Após várias execuções do algoritmo, as posições dos nós continuam variando bastante. Além disso, caso um conjunto de nós seja agrupado numa determinada região na configuração inicial, boa parte deles ali permanecerá, formando um agrupamento final que contém vários nós do agrupamento inicial. Caso este mesmo conjunto de nós seja distribuído uniformemente na área de desenho, na configuração inicial, não se observa a formação dos agrupamentos finais que ocorrem no primeiro caso. Esta dependência da posição inicial torna-se mais evidente com o aumento do número de nós.

Já para o algoritmo 2, o posicionamento inicial dos nós não afeta tanto os seus deslocamentos nas iterações subsequentes. A configuração final dos nós tende a ser a mesma, a menos de um movimento rígido. O fato da mola poder ter a força repulsiva parece ser responsável por este

comportamento, visto que quando atribuimos às molas somente forças atrativas, fazendo $l = 0$, o algoritmo 2 apresentou um comportamento similar ao do algoritmo 1.

4.1.4 Grau de Simetria da Estrutura

Quanto ao grau de simetria do grafo da rede, observou-se que os resultados do algoritmo 1 foram melhores quando a estrutura é altamente simétrica. Quanto menor a simetria, piores foram os resultados observados. Esta característica é citada pelos autores em seu artigo original [16], onde são apresentadas várias figuras de grafos simétricos.

Os resultados obtidos pelo algoritmo 2 também apresentam essa degradação com a diminuição do grau de simetria na configuração original, mas, em geral, obtivemos resultados melhores quando comparados com os resultados gerados pelo algoritmo 1. Conjeturamos que isso se deve novamente ao fato da presença da característica de mola das arestas, pois torna a posição de cada nó dependente do comprimento l da aresta além da posição de todos os outros nós.

4.1.5 Cruzamentos e comprimentos das arestas

Ambos algoritmos geram resultados similares em relação aos cruzamentos, com uma vantagem crescente para o algoritmo 2 de acordo com o aumento do número de nós e diminuição da simetria.

No algoritmo 2, as arestas que ligam nós-folhas sempre apresentam um comprimento menor que as restantes. Este comportamento não foi observado no algoritmo 1.

4.1.6 Tempo Computacional

Em termos de complexidade computacional, os dois algoritmos tem comportamentos similares: ambos calculam forças entre todos os nós e entre os nós que se ligam por uma aresta. Conside-

rando a geração de uma configuração "agradável", o consumo de tempo de processamento é, no entanto, maior no algoritmo 1, já que o número de iterações necessárias pode ser muitas vezes maior que do algoritmo 2, devido ao uso de múltiplas execuções.

4.2 Ortogonalização

Não só pela preferência manifestada pelos usuários, mas também pela legibilidade, achamos importante incluir o passo de ortogonalização no nosso algoritmo. Observamos que, para aumentar a confiabilidade da rede, são comuns conexões múltiplas entre um par de barras. Como tais conexões são representadas graficamente por uma mesma reta, visualmente não se consegue percebê-las. Com a ortogonalização, tal restrição pode ser contornada.

O algoritmo de ortogonalização implementado foi baseado na proposta de Biedl *et al.* [14], que consiste em três fases:

1. Fase de posicionamento dos nós na área de apresentação;

2. Fase de roteamento: fornece o caminho ortogonalizado inicial de cada aresta;

3. Fase de associação de portas: associa cada aresta a uma posição de saída da barra, além de deslocar a posição onde ocorre a curva para evitar sobreposições de arestas da mesma barra.

Para a fase 1, selecionamos o algoritmo 2. Embora este algoritmo produza comparativamente os melhores resultados visuais, os nós raramente são alinhados a uma grade regular. Observou-se, no entanto, que esse alinhamento vem a ser útil para evitar quebras desnecessárias nas arestas. Como solução, incluimos um pós-processamento através do qual a posição de cada nó é ajustada à grade, movendo-o para o vértice da grade mais próximo.

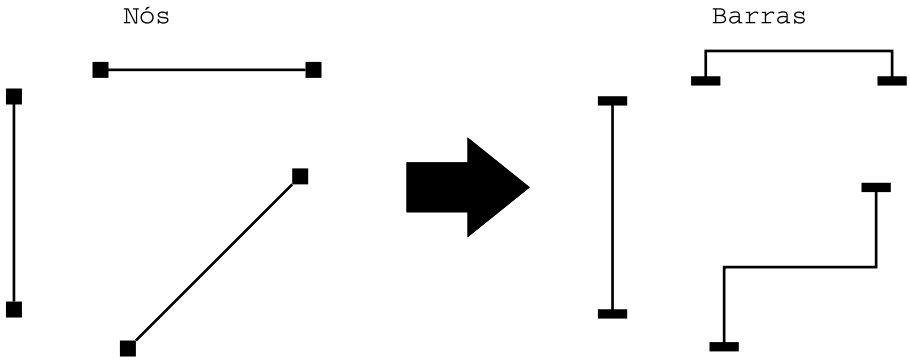
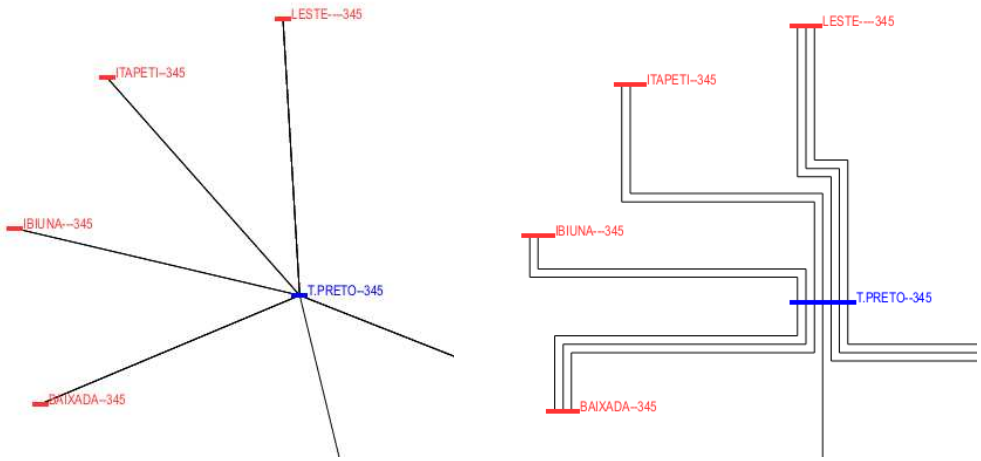


Figura 2: Ortogonalização: Inserção de joelhos nas arestas

Na fase 2, os nós são substituídos pelas barras horizontais e as arestas que ligam duas delas posicionadas diagonalmente são projetadas sobre o eixo horizontal, subdividindo em três segmentos com dois joelhos. Um caso especial é quando a aresta que liga dois nós é paralela ao eixo horizontal. Quando isso ocorre, ela é também quebrada em uma sequência de três segmentos com dois joelhos, como ilustra a Figura 2.

A fase 3 requer que, para cada nó N, sejam criadas duas listas de arestas: uma superior e outra inferior. Estas listas são ordenadas de acordo com o valor da coordenada horizontal do nó M que é ligado a N por cada aresta. A porta, que a posição onde é ligada cada aresta, é determinada por sua posição nessas listas. Em seguida, com os nós ordenados em relação ao número de arestas, numa ordenação crescente, é verificado, para cada par de joelhos de um dado nó, se existe outro joelho projetado na mesma posição do eixo vertical. Caso exista, este último é deslocado.

Com o uso da ordenação dos nós, os nós com mais arestas são processados depois dos nós com menos arestas. Esta estratégia facilita o remanejamento dos nós já posicionados previamente, uma vez que é mais fácil relocar uma aresta para nós com menos arestas do que nós com muitas arestas associadas. Com isso, quanto mais longe do centro da barra está a posição associada da



(a) (b)

Figura 3: Tratamento de Múltiplas Conexões

aresta, mais próximo da barra tende estar seu joelho, como ilustra a Figura 3. Observe ainda que esta figura mostra também a diferença entre diagramas com múltiplas conexões, na versão não-ortogonal (a) e na versão ortogonal (b). Observe que na versão não-ortogonal as conexões múltiplas ficam indistintas.

4.3 Limitação do Algoritmo de Ortogonalização Proposto

No estado corrente, o algoritmo de ortogonalização que implementamos está aquém da nossa expectativa. Tomamos como premissa que a configuração de nós gerada pelo algoritmo 2 é sempre a que contenha o menor número de cruzamentos. De fato, este não é o caso. Portanto, ao invés de aumentar a legibilidade, identificamos casos em que a visualização da conectividade de uma rede fique menos clara com a versão ortogonal do que com a versão não-ortogonal. As figuras 4(a), (b), (c) e (d) ilustram comparativamente dois diagramas não-ortogonalizados e seus correspondentes na versão ortogonalizada.

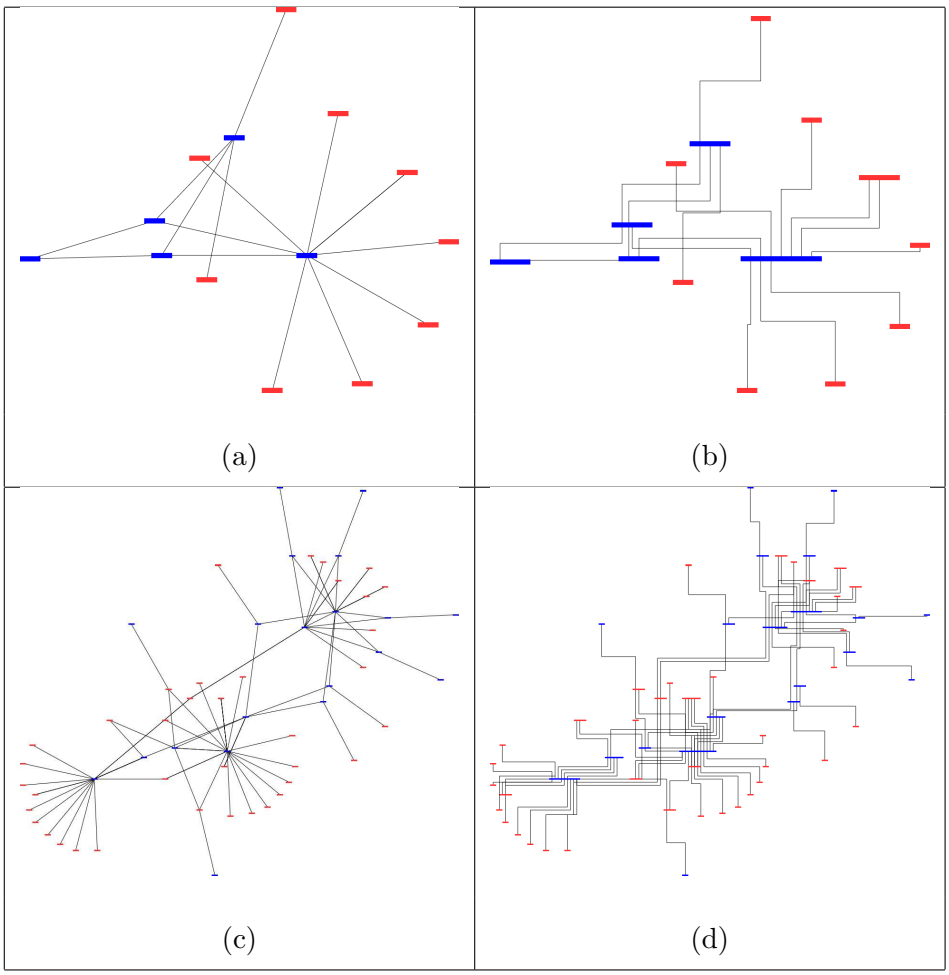


Figura 4: Tratamento de Cruzamentos

As Figuras 4(a) e (b) apresentam uma situação onde há poucos nós, enquanto as figuras 4(c) e (d) contêm uma quantidade maior de nós. É possível observar que os diagramas não-ortogonalizados, gerados pelo algoritmo 2, contêm cruzamentos que podem levar a sobreposições das arestas e que tornam trechos do diagrama ilegíveis após a ortogonalização. O problema se agrava com o aumento de nós que podem resultar em uma quantidade maior de cruzamentos.

4.4 Integração ao VisciPower

Durante o desenvolvimento deste projeto, o VisciPower sofreu várias alterações. Entre elas, o programa foi totalmente integrado a um banco de dados geo-referenciado e algumas funções, como a simulação e os gráficos, foram desativadas até que seja possível implementá-las de acordo com o novo conceito. Vale lembrar aqui que a versão de VisciPower que tínhamos à nossa disposição foi idealizada para visualizar os dados elétricos geo-referenciados e foi testada com os dados elétricos dos casos de estudo disponíveis no repositório [5], após atribuí-los empiricamente as coordenadas geográficas.

Neste projeto, a principal meta consiste em implementar uma nova versão de VisciPower, adequando-o para estudo e análise exploratória de uma rede real – a rede de transmissão brasileira. Infelizmente, além do banco de dados elétricos utilizado para estudo e análise [2] ser totalmente independente do banco de dados geográficos do sistema interligado nacional (SIN) [6], a base de dados geográficos do SIN é incompleta.

Para atingir a nossa meta, foi necessário organizar os dados dispersos em várias fontes – principalmente em ONS, ANEEL e IBGE – numa base de dados elétricos geo-referenciados. E para contornar o problema da falta de dados geográficos de uma grande quantidade de bar-

ras, estas foram agrupadas pela distância elétrica e associadas às entidades com coordenadas geográficas conhecidas, que são as subestações e as usinas geradoras. Finalmente, estendemos o modo de visualização do VisciPower de forma a acomodar também a visualização de dados elétricos sem referência geográfica unívoca. Para isso, é utilizado o algoritmo 2 e o algoritmo de ortogonalização descrito na seção 4.2. Detalhamentos deste modo de visualização se encontram na seção 4.4.1.

Trabalhando em conjunto com Rajiv Andrade [9], foi elaborado um protótipo do novo VisciPower para o evento "Unicamp de Portas Abertas" [8], onde foi exposto um pôster, cuja cópia está no Apêndice C, e feitas as demonstrações aos visitantes do evento. Para a ocasião, implementei um cálculo de fluxo de carga linearizado, descrito na seção 4.4.2, e o meu colega Rajiv Andrade fez as associações das barras da subrede de 440kV do modelo elétrico disponível pelo ONS com as subestações geograficamente referenciadas.

O restante das associações foi feito por outros integrantes do projeto, o doutorando Paulo Sérgio Sampaio de Aragão e a Profa. Wu Shin-Ting. Com o aumento do volume de dados, percebemos uma pequena degradação na velocidade da realimentação visual. Isso nos levou a reestruturar alguns modos de interação e, conseqüentemente, a redesenhar a interface gráfica do VisciPower, conforme explica a seção 4.5.

4.4.1 Integração

A integração ao VisciPower ocorreu através de uma janela extra onde o diagrama unifilar de um dado ponto geográfico, que pode representar uma subestação ou unidade geradora, é mostrado. A rede unifilar de cada ponto é formada pelas barras internas que foram associadas ao ponto e as barras de fronteira, que ligam as barras internas às barras que estão noutros pontos. As

barras internas são pintadas de azul, enquanto as de fronteira, de vermelho.

Adequação dos dados O primeiro passo foi adaptar os procedimentos de leitura de dados para que pudessem carregar os dados diretamente do banco de dados PostgreSQL. A partir das tabelas de barras e linhas é gerada uma estrutura compatível com os algoritmos de posicionamento implementados.

Integração à interface gráfica Para ativer a janela extra, utilizou-se o já existente procedimento de seleção de pontos na janela principal do VisciPower. Foi criada uma barra de ferramentas que lista as principais opções de visualização e interação com o diagrama gerado. As ferramentas estão listadas a seguir, na ordem em que aparecem na Figura 4.4.1, da esquerda para a direita.

Zoom: Ferramenta de ajuste dinâmico do nível de ampliação.

Pan: Ferramenta de ajusta dinâmico da posição.

Data: Ferramenta de seleção de dados elétricos de uma barra. Os dados são exibidos na janela "Electrical Data", também visível na Figura 4.4.1

Walk: Permite deslocar a visualização para outro ponto geográfico.

Orthogonal: Seleciona o modo de diagrama ortogonalizado.

Direct: Seleciona o modo de diagrama com arestas diretas.

Labels: Exibir rótulos com os nomes das barras.

Numbers: Exibir rótulos com os números das barras.

No text: Não exibir rótulos.

Zoom In, Reset, Zoom Out: respectivamente aumenta, reinicia e reduz o nível de *zoom* em um passo.

Increase, Reset, Decrease Bus Size: ferramentas para ajustar o tamanho das barras desenhadas.

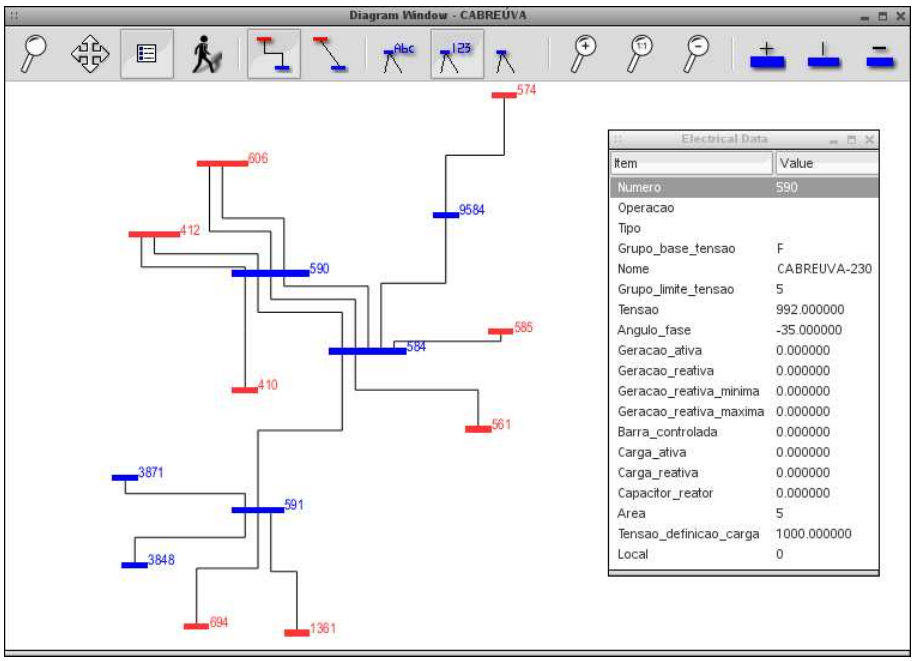


Figura 5: Janelas de diagramas e de dados elétricos de barra

4.4.2 Algoritmo de Fluxo de Carga

O algoritmo de fluxo de carga linearizado foi implementado conforme a descrição disponível em [17]. As simplificações envolvidas em relação ao fluxo de carga completo são: considerar as resistências das linhas nulas, fixar todas as tensões em 1 $p.u.$ e a aproximar $sen\,\Theta \cong \Theta$ nas equações de fluxo. O sistema a se resolver é então:

$$P = B'\Theta$$

onde

- P: vetor das injeções líquidas de potência ativa nas barras, preenchido a partir das informações das barras
- B': matriz admitância nodal, montada a partir das reatâncias das linhas
- Θ: vetor dos ângulos das tensões das barras, o qual desejamos encontrar

Após a resolução do sistema, o fluxo de cada linha que liga as barras k e m pode ser calculado usando os ângulos das tensões das barras envolvidas e a reatância da linha em:

$$P_{km} = \frac{\Theta_k - \Theta_m}{x_{km}}$$

Como o principal interesse nos valores dos fluxos nas linhas era sua utilização na visualização, seus valores foram divididos pelos valores de fluxo nominal das linhas.

A implementação utilizou a biblioteca UBLAS [7] e o algoritmo foi alimentado com os valores da base de dados fornecida pelo ONS, após efetuar o mapeamento entre o número da barra real e o número da barra referenciado nos vetores e na matriz.

4.5 Redesenho da interface do VisciPower

Seguindo o modelo da nova janela de diagramas automáticos, foram efetuadas algumas alterações na interface gráfica do VisciPower. As duas principais alterações foram a barra de ferramentas e as listas de objetos.

A barra de ferramentas Na janela principal foi incluída uma barra de ferramenta a partir da qual é possível acessar as funções do VisciPower. É possível observar a barra de ferramentas na parte superior da janela, na Figura 4.5. Da esquerda para direita, as ferramentas são:

Hide Sidebar: Esconde a barra lateral quando ativada.

Zoom: Permite ao usuário ampliar a visão em torno de um determinado ponto.

Pan: Permite o arreste do mapa. Caso o mouse do usuário possua *Scroll Wheel*, o usuário pode utilizá-la para alterar o nível de *zoom* enquanto utiliza a ferramenta *Pan*, facilitando a navegação.

Pick: Seleciona uma entidade pontual (subestação ou unidade geradora) para exibir na janela de diagramas.

Zoom In, Reset, Zoom Out: aumenta o *zoom* em um passo, reinicia a posição e *zoom* e reduz o nível de *zoom* em um passo. São botões de ação, não mudam a ferramenta atual.

Labels: exibe ou oculta os rótulos das entidades.

Find: busca uma entidade através do número da barra ou de seu nome. Ainda em implementação.

Reload: recarrega os dados elétricos a partir do banco de dados. Também em implementação.

Quit: fecha o programa.

As listas de objetos e de filtragem Foram incluídas três listas (*checklists*): uma lista de camadas (por enquanto: mesorregiões, hidrografia, cidades), uma lista de entidades elétricas (subestações, estações geradoras em geral) e uma lista de filtragem por nível de tensão. As listas podem ser vistas na barra lateral da janela (Figura 4.5). A partir desta janela principal, pode-se selecionar qualquer nó e ativar a janela extra na qual é mostrado o diagrama unifilar das barras associadas a ele, que já foi mostrada na Figura 4.4.1 e detalhada na Seção 4.4.1.

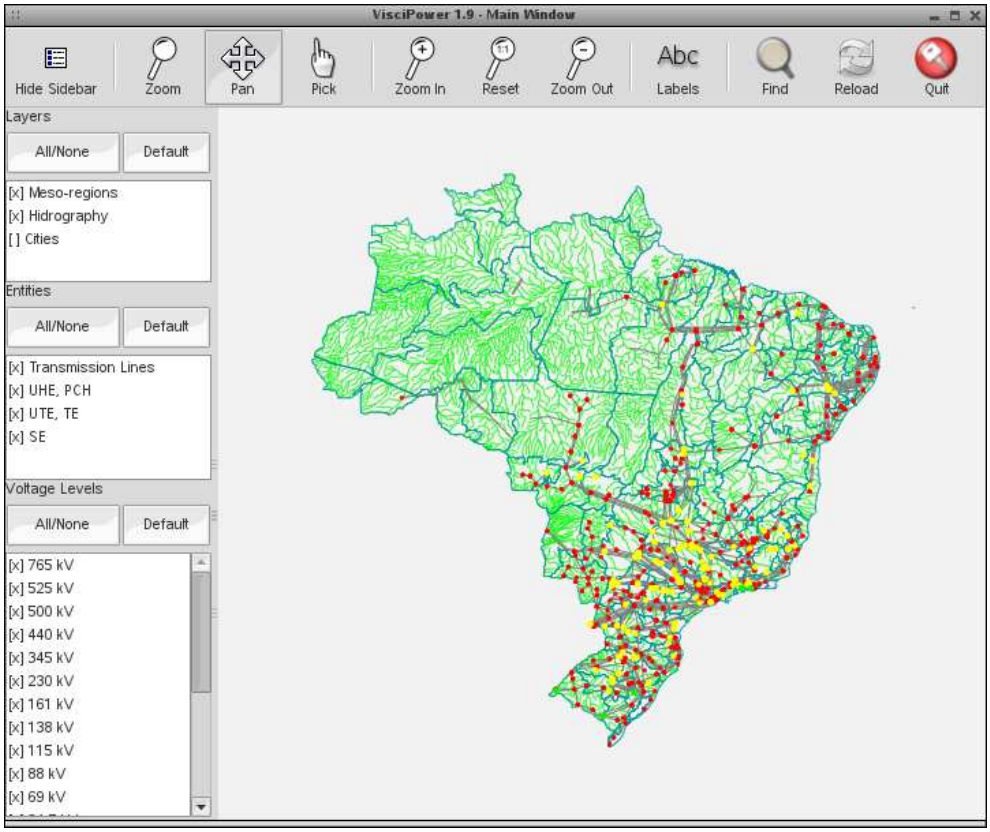


Figura 6: Nova janela principal do VisciPower.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Os principais objetivos do projeto foram alcançados. Conseguimos implementar um algoritmo de geração automática de diagramas unifilares e integrá-lo de forma prática ao VisciPower.

Durante as implementações, comparações e uso efetivo dos algoritmos de geração de diagrama surgiram várias idéias de possíveis alterações nos algoritmos para tentar adequar melhor os diagramas gerados. A inclusão de uma "mola" entre arestas de um mesmo nó, por exemplo, pode ser uma boa solução para afastar arestas muito próximas, evitando sobreposição e cruzamentos desnecessários.

O algoritmo de ortogonalização é mais um dos itens em que podemos continuar a nossa

pesquisa. Para evitar a sobreposição de nós e arestas seriam necessários passos mais complexos como o deslocamento de nós e procedimentos baseados em heurística, ambos de uma complexidade que não permitiram sua realização durante os dois semestres do projeto. Foi constatado, no entanto, que o simples fato de girar o diagrama, mantendo os eixos de projeção ortogonal fixos, pode melhorar bastante o resultado, pois evita-se vários joelhos desnecessários na linha que liga um par de nós. Esta rotação pode ser implementada, sem tanta complexidade, como uma fase 1.5 da ortogonalização.

Uma das maiores dificuldades encontradas durante o projeto foi a falta de dados consistentes e organizados para os testes com dados geo-referenciados. A viabilidade de testes com dados reais só foi possível a partir do segundo meado de janeiro de 2007, impossibilitando a realização dos testes da nova interface do VisciPower.

O próprio desenho das linhas de transmissão no VisciPower foi prejudicado pelas discrepâncias entre os dados geográficos das linhas de transmissão e os dados das outras entidades elétricas, como subestações, fornecidos pela Eletrobrás. Na Figura 5 é possível observar que os pontos (subestações) não estão nas extremidades das linhas. Uma proposta para tentar resolver este problema é desenhar as linhas através de suas duas extremidades, ou seja, cada linha seria traçada como uma reta entre os dois extremos geográficos.

A inclusão de símbolos elétricos no diagrama automatizado é uma ótima maneira de ilustrar as características das barras e facilitar a interpretação do diagrama. Já temos as funções de desenho dos símbolos dos componentes elétricos implementadas, mas a integração destas ao ambiente do VisciPower, no entanto, requer uma análise cuidadosa dos dados disponíveis de cada barra, pois no banco de dados do sistema brasileiro utilizado pelo programa, não há descrição componente a componente e os equipamentos são freqüentemente representados por equivalentes.

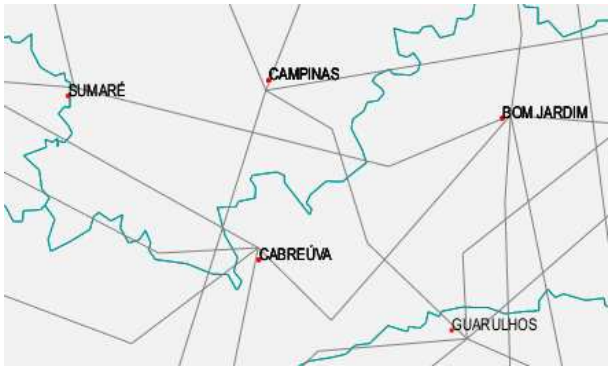


Figura 7: Inconformidades entre os dados geográficos da rede

Dessa forma, o desenho deve ser originado das características elétricas do nó. Por exemplo, se há um capacitor instalado numa determinada barra, a potência reativa líquida da barra será alterada – o programa deve reconhecer esta alteração e adicionar o desenho de um capacitor na visualização da barra.

Durante o segundo semestre do projeto, foi realizada a submissão de um resumo ao XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (XVIII SNPTEE [12]), incluído no Apêndice B. Infelizmente, o trabalho não foi aceito para elaboração de um artigo completo. Acreditamos que um dos principais fatores é a falta de uma aplicação prática concreta. A futura integração de um simulador completo de fluxo de carga nos parece ser fundamental para que o modelo proposto através do VisciPower possa ser melhor avaliado através de resultados práticos.

Referências

[1] Geração automática de diagramas unifilares. `http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/vdx/meira/`.

[2] ANAREDE – Sistema Integrado de Análise de Rede. `http://www.dse.cepel.br/`.

[3] FTGL - OpenGL font library. `http://homepages.paradise.net.nz/henryj/code/`.

[4] PostgreSQL. `http://www.postgresql.org/`.

[5] Power Systems Test Case Archive. `http://www.ee.washington.edu/research/pstca/`.

[6] Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN – SINDAT. `http://aplicsindat.ons.org.br/sindat/`.

[7] uBLAS: Boost Basic Linear Algebra. `http://www.boost.org/libs/numeric/ublas/doc/index.htm`.

[8] UPA - Unicamp de Portas Abertas. `http://www.upa.unicamp.br/`.

[9] Visualização de Diagramas Unifilares Contextualizados Geograficamente. `http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/vdx/andrade/`.

[10] WICCGPI - Sibgrapi 2006. `http://www.sibgrapi.ufam.edu.br/`.

[11] wxWidgets Cross-Platform GUI Library. `http://www.wxwidgets.org/`.

[12] XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTEE. `http://www.xviiisnptee.com.br/`.

[13] *The boost graph library: user guide and reference manual*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 2002.

[14] T. C. Biedl, B. P. Madden, and I. G. Tollis. The three-phase method: A unified approach to orthogonal graph drawing. 1353:391, 1997.

[15] Alexandre de Assis Mota, Lia Toledo Moreira Mota, and André Luiz Morelato França. Metodologia orientada a objetos para visualização rápida de grafos não-dirigidos a partir da lista de arestas. In *Anais do XXXVI SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 2004. São João Del Rei, MG.

[16] Thomas M. J. Fruchterman and Edward M. Reingold. Graph drawing by force-directed placement. *Software - Practice and Experience*, 21(11):1129–1164, 1991.

[17] Alcir Monticelli and Ariovaldo Garcia. *Introdução a sistemas de energia elétrica*. Editora Unicamp, 2003.

[18] P. S. Nagendra Rao and Ravishankar Deekshit. A novel Algorithm for Automatic Generation of One-Line Diagram of Distribution Feeders. *Electrical Power Components and Systems*, 32:1255–1268, 2004.

A Revisão do artigo enviado ao WICCGPI 2006

```
======================================================================
Sibgrapi 2006 - WIC: Comentários dos revisores do artigo 21905
======================================================================
Titulo: Geração Automática de Diagramas Unifilares

===== Review =====

*** ADEQUAÇÃO (): 5:É apropriado, atual e de grande interesse 4:É
apropriado e atual 3:É apropriado 2:Parcialmente relacionado com os
tópicos do evento 1:Não é apropriado ao evento

Evaluation=Parcialmente relacionado com os tópicos do evento (2)

*** QUALIDADE TÉCNICA (): 5:Apresenta uma solução original 4:Apresenta
um estudo comparativo das soluções conhecidas com implementações
3:Apresenta um estudo comparativo das soluções conhecidas 2:Apresenta
uma implementação de uma solução conhecida 1:Apresenta o estudo de uma
solução conhecida

Evaluation=Apresenta um estudo comparativo das soluções conhecidas (3)

*** QUALIDADE TÉCNICA (Os objetivos e as motivações do trabalho são bem
expostos?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE TÉCNICA (A essência do conteúdo do trabalho é claramente
exposta?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Médio (3)

*** QUALIDADE TÉCNICA (As soluções são bem fundamentadas?): 5:Excelente
4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Bom (4)

*** QUALIDADE TÉCNICA (Os resultados são bem explicados e
justificados?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE TÉCNICA (As conclusões são consistentes com as motivações
e os objetivos?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (): 5: Muito bem apresentada 4: Boa
apresentação mas necessita pequenas revisões 3: Apresentação razoável 2:
Necessita de uma grande revisão na escrita ou na organização 1: Muito
mal apresentada
```

```
Evaluation=Necessita de uma grande revisão na escrita ou na organização (2)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (A organização ou a estrutura do texto é
adequada?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Médio (3)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (Há poucos erros gramaticais, ortográficos
ou de digitação?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Bom (4)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (As notações matemáticas são corretas e
legíveis?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Bom (4)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (As figuras são legíveis? Elas são
coerentemente referenciadas no texto?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio
2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Médio (3)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (Referências bibliográficas estão
adequadas?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Médio (3)

*** RECOMENDAÇÃO (): 5:Aceitar e indicar para premiação 4:Aceitar (Boa
qualidade técnica e recomenda-se pequenas modificações conforme os
comentários/modificações indicados para os autores) 3:Aceitar, se
hourver espaço (Boa qualidade técnica e apresentação pobre. Recomenda-se
rever integralmente o artigo conforme os comentários/modificações
indicados para os autores) 2:Rejeitar (baixa qualidade
técnico-científica) 1:Rejeitar (inadequado para evento)

Evaluation=Aceitar, se hourver espaço (Boa qualidade técnica e apresentação
pobre. Recomenda-se rever integralmente o artigo conforme os
comentários/modificações indicados para os autores) (3)

*** DOMÍNIO DO REVISOR (): 5:É especialista e o tema é um dos seus
principais focos de pesquisa. 4:Tem grande domínio sobre o tema, embora
não seja o seu principal foco de pesquisa no momento. 3:Tem acompanhado
os trabalhos sobre o tema por ser uma das suas áreas de interesse. 2:Tem
alguma idéia sobre o tema. 1:Considera-se leigo sobre o tema.

Evaluation=Tem acompanhado os trabalhos sobre o tema por ser uma das
suas áreas de interesse. (3)

*** TEMA (Descreva sucintamente o conteúdo do artigo, ressaltando os
aspectos positivos e negativos): O trabalho trata do desenho de
```

```
diagramas unifilares para representacao de topologia de redes eletricas.
O autor apresenta o resultado da implementacao de alguns algoritmos de
desenho de grafos. O problema do trabalho é o fato dos algoritmos terem
sido escolhidos sem maiores justificativas.

*** COMENTÁRIOS E MODIFICAÇÕES PARA OS AUTORES ((em anonimato)):
Sugerimos contextualizar o trabalho em visualizacao de grafos e colocar
a topologia de redes eletricas como um estudo de caso. Justificar a
escolha dos algoritmos. Utilizar referencias de visualizacao de
informacoes, onde podem ser encontrados inumeros trabalhos sobre o tema.
Comentar ou apresentar os resultados em grafos maiores. Os exemplos sao
bastante reduzidos e irreais do ponto de vista da aplicacao.


===== Review =====


*** ADEQUAÇÃO (): 5:É apropriado, atual e de grande interesse 4:É
apropriado e atual 3:É apropriado 2:Parcialmente relacionado com os
tópicos do evento 1:Não é apropriado ao evento

Evaluation=Não é apropriado ao evento (1)

*** QUALIDADE TÉCNICA (): 5:Apresenta uma solução original 4:Apresenta
um estudo comparativo das soluções conhecidas com implementações
3:Apresenta um estudo comparativo das soluções conhecidas 2:Apresenta
uma implementação de uma solução conhecida 1:Apresenta o estudo de uma
solução conhecida

Evaluation=Apresenta um estudo comparativo das soluções conhecidas (3)

*** QUALIDADE TÉCNICA (Os objetivos e as motivações do trabalho são bem
expostos?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE TÉCNICA (A essência do conteúdo do trabalho é claramente
exposta?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE TÉCNICA (As soluções são bem fundamentadas?): 5:Excelente
4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE TÉCNICA (Os resultados são bem explicados e
justificados?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE TÉCNICA (As conclusões são consistentes com as motivações
```

```
e os objetivos?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (): 5: Muito bem apresentada 4: Boa
apresentação mas necessita pequenas revisões 3: Apresentação razoável 2:
Necessita de uma grande revisão na escrita ou na organização 1: Muito
mal apresentada

Evaluation=Necessita de uma grande revisão na escrita ou na organização (2)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (A organização ou a estrutura do texto é
adequada?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (Há poucos erros gramaticais, ortográficos
ou de digitação?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Bom (4)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (As notações matemáticas são corretas e
legíveis?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (As figuras são legíveis? Elas são
coerentemente referenciadas no texto?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio
2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO (Referências bibliográficas estão
adequadas?): 5:Excelente 4:Bom 3:Médio 2:Fraco 1:Ruim

Evaluation=Fraco (2)

*** RECOMENDAÇÃO (): 5:Aceitar e indicar para premiação 4:Aceitar (Boa
qualidade técnica e recomenda-se pequenas modificações conforme os
comentários/modificações indicados para os autores) 3:Aceitar, se
hourver espaço (Boa qualidade técnica e apresentação pobre. Recomenda-se
rever integralmente o artigo conforme os comentários/modificações
indicados para os autores) 2:Rejeitar (baixa qualidade
técnico-científica) 1:Rejeitar (inadequado para evento)

Evaluation=Rejeitar (inadequado para evento) (1)

*** DOMÍNIO DO REVISOR (): 5:É especialista e o tema é um dos seus
principais focos de pesquisa. 4:Tem grande domínio sobre o tema, embora
não seja o seu principal foco de pesquisa no momento. 3:Tem acompanhado
os trabalhos sobre o tema por ser uma das suas áreas de interesse. 2:Tem
alguma idéia sobre o tema. 1:Considera-se leigo sobre o tema.
```

```
Evaluation=Tem grande domínio sobre o tema, embora não seja o seu
principal foco de pesquisa no momento. (4)

*** TEMA (Descreva sucintamente o conteúdo do artigo, ressaltando os
aspectos positivos e negativos): O artigo não é adequado ao SIBGRAPI,
pois não se enquadra em nunhum tópico de interesse.

*** COMENTÁRIOS E MODIFICAÇÕES PARA OS AUTORES ((em anonimato)): Sugiro
que o trabalho seja enviado a outro evento na área de algoritmos ou
aplicações em Engenharia. As notas são simbólicas, uma vez que não foi
possível avaliar o conteúdo do artigo. Para o SIBGRAPI, espara-se que o
trabalho contribua para síntese ou análise de imagens, o que não é o
caso do artigo submetido.
```

B Resumo enviando ao XVIII SNPTEE

Um Modelo de Visualização de Dados para Estudo e Análise de Sistemas de Potência

Introdução

Devido à crescente complexidade do sistema elétrico brasileiro, há uma demanda por ferramentas de suporte ao estudo, à análise e à exploração de um grande volume de dados gerados por distintos algoritmos, como os disponíveis no Programa de Análise de Redes (Anarede) [1]. Tais ferramentas visam não só facilitar a interpretação e a correlação dos dados, possibilitando a agilização nas tomadas de decisões, como também fornecer subsídios para formulação de novas hipóteses, propiciando o aprimoramento dos métodos e dos modelos existentes. O próprio Anarede é provido de algumas facilidades para visualizar graficamente as redes em estudo. No entanto, os nós devem ser posicionados manualmente pelo usuário, não existindo nenhum suporte ao traçado automático. O desenho de uma rede, que contém milhares de nós e ramos, é, portanto, propensa a erros e/ou a cruzamentos indesejáveis, podendo comprometer a legibilidade das informações. Recentemente, o Operador Nacional de Sistema Elétrico (ONS) disponibilizou os mapas do Sistema Interligado Nacional (SIN), através dos quais podemos visualizar redes por nível de tensão e localizar usinas, subestações e linhas de transmissão [2]. Isso abriu a perspectiva de visualizar os resultados de uma simulação através dos mapas e limitar o uso de geradores automáticos de diagramas unifilares às redes de pequeno porte, para as quais a maioria dos algoritmos existentes é eficiente.

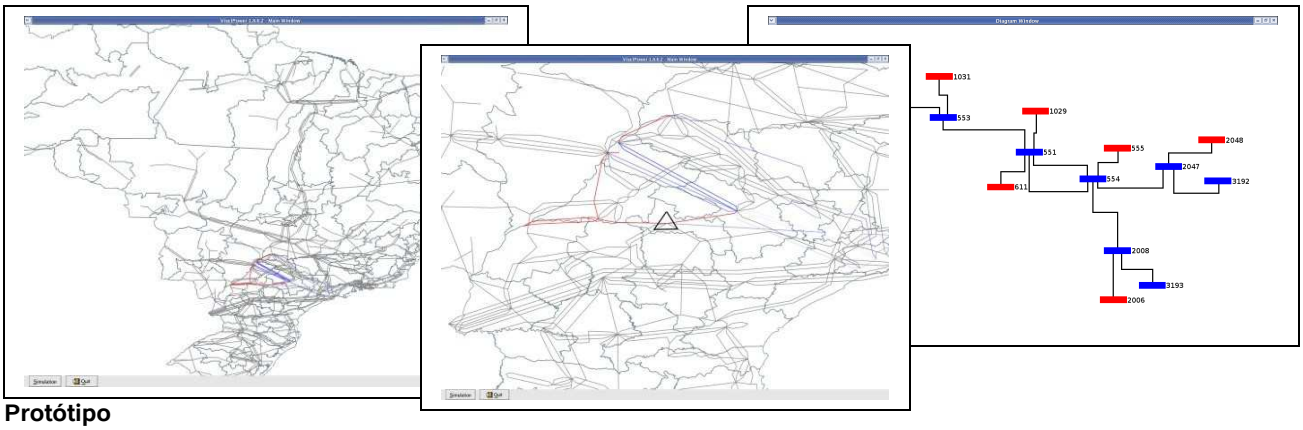
Neste trabalho propomos um modelo de visualização de dados que integra estas duas alternativas de apresentação de informações. Aqueles elementos da rede que têm associação aos dados geográficos são posicionados com uso destes dados, e o restante é posicionado pelos geradores automáticos. Este modelo de visualização requer a integração dos dados geográficos e dos dados elétricos.

Estratégia de Integração

Um dos objetivos deste projeto é proporcionar aos usuários do Anarede um ambiente mais amigável para análise dos dados de simulação. Uma das preocupações é, portanto, a preservação das características originais dos formatos de dados do Anarede para que o impacto de migração do sistema atual para o ambiente proposto seja mínimo. Foram adicionadas três tabelas de associação: a primeira, de *m:n*, entre os pontos geográficos (usinas hidrelétricas, térmicas e subestações) e as barras, a segunda, de *m:n*, contém as relações entre os ramos e as linhas geográficas (linhas de transmissão e de distribuição), e a terceira, de *1:1*, contém a correspondência entre as entidades elétricas selecionáveis e os elementos visualizáveis. A nossa hipótese é que estas três tabelas são essenciais para implementação das funcionalidades de exploração visual dos dados elétricos pelos usuários e de visualização dos resultados de simulação num diagrama esquemático da rede elétrica.

Modelo de Visualização

As três janelas ilustram o modelo de visualização proposto. Na janela à esquerda, é exibido o diagrama esquemático da rede de transmissão brasileira, cujo desenho foi feito com base nos dados geográficos. A do meio destaca a sub-rede de 440kV. As cores das linhas representam o fluxo de carga gerado por um simulador. A intensidade de vermelho é proporcional ao sobre-carregamento da linha. No momento, não dispomos de dados geográficos de cada barra dentro das unidades. Um gerador automático foi aplicado para desenhá-las, como mostra a janela à direita. O circuito corresponde ao nó destacado (subestação Assis) pelo triângulo na janela do meio.



Protótipo

O protótipo está sendo desenvolvido na linguagem de programação C++, utilizando-se ferramentas *open-source* em ambiente Linux. Destas ferramentas, as principais são: **wxWidgets**, **OpenGL** e **PostgreSQL/PostGIS.**

Referências

[1] Anarede - Manual do Usuário V08/03, CEPEL, 2003.
[2] Sindat, http://aplicsindat.ons.org.br/sindat/, acessado em 25/10/2006.

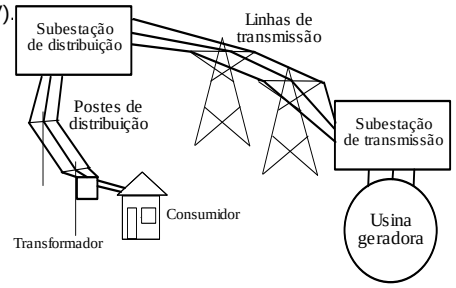
C Pôster apresentado no UPA

VisciPower: *Um Ambiente de Interação com os Dados Elétricos Georreferenciados*

Paulo Meira Rajiv Andrade Orientadora: Profa. Wu Shin-Ting
DCA – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - Universidade Estadual de Campinas
{meira,rajiv,ting}@dca.fee.unicamp.br

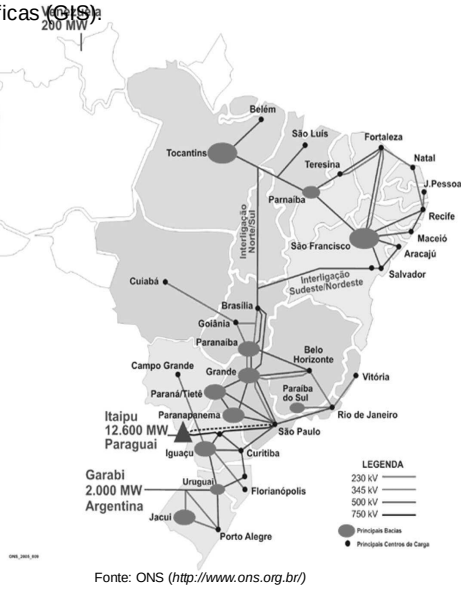
Introdução

A energia elétrica consumida no Brasil é de origem predominantemente hidráulica. Gerada nas usinas hidrelétricas, ela é transmitida por longas linhas de transmissão até os centros de consumo. Para reduzir perdas, o nível de tensão da energia é elevada em subestações antes da transmissão e nas proximidades dos centros de consumo ele é reduzido, também em subestações, até o nível de consumo residencial (127V ou 220V).



Mais de 96% da capacidade de produção e transmissão de eletricidade do nosso país faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN) com múltiplos proprietários. A coordenação e controle da operação das instalações deste sistema é de responsabilidade do Operador Nacional de Sistema Elétrico (ONS), criado em 26 de agosto de 1998, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Para facilitar o acesso às informações atualizadas do SIN, o ONS está desenvolvendo um sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN (SINDAT), integrando num mesmo ambiente os dados geográficos (mapas digitais) e a topologia da rede de transmissão. Este sistema está sendo desenvolvido com base na tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (GIS).



Fonte: ONS (*http://www.ons.org.br/*)

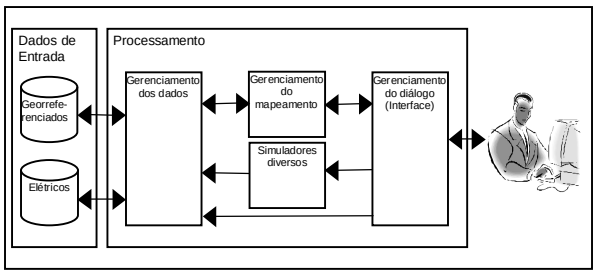
Integração dos Dados Elétricos aos Geográficos

O acesso fácil e interativo dos dados da topologia da rede de operação do ONS abre novas perspectivas para as pesquisas na área de Planejamento e Controle de Sistemas de Energia Elétrica. Se integrarmos à topologia da rede as informações elétricas, utilizadas para análise e simulações de uma rede elétrica, podemos desenvolver uma interface gráfica e amigável, com múltiplas possibilidades de visualização das correlações entre os dados do sistema. Isso possibilitará novas interpretações dos problemas.

Objetivo

Desenvolver um ambiente de interação com os dados elétricos contextualizados geograficamente.

Arquitetura do Ambiente

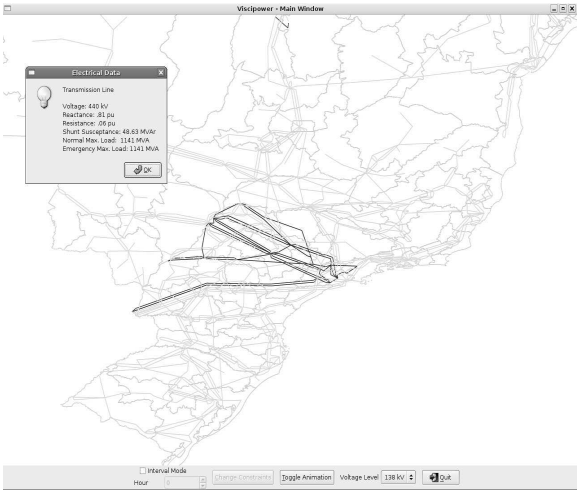


O ambiente é provido de uma interface gráfica através da qual os usuários podem interagir com os dados elétricos contextualizados geograficamente. A camada intermediária é configurável através de acoplamento de distintos simuladores e/ou de técnicas de mapeamento de dados numéricos para dados gráficos, assegurando a legibilidade e a fácil compreensão dos dados, assim como a sua alteração quando necessário.

Protótipo

O protótipo, VisciPower, está sendo desenvolvido na linguagem de programação C++, utilizando-se ferramentas *open-source* em ambiente Linux. Destas ferramentas, as principais são:

- **wxWidgets**: biblioteca responsável pela interface gráfica e suas interações em geral;
- **OpenGL**: biblioteca que possibilita a renderização de imagens de alta qualidade, utilizando aceleração por *hardware* quando disponível;
- **PostgreSQL**: sistema de banco de dados relacional;
- **PostGIS**: extensão que possibilita ao PostgreSQL o tratamento de dados georreferenciados.



Através do VisciPower, podemos analisar os parâmetros elétricos dos componentes da rede elétrica em questão. É possível aplicar filtros por nível de tensão, por exemplo, o que possibilita a melhor análise de subredes.

O protótipo também inclui resolução de fluxo de carga linearizado como forma de validar o modelo adotado. As linhas são coloridas de acordo com o nível de carregamento resultante da simulação.

Mais informações nos *sites*:
http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/vdx/andrade
http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/vdx/meira