LEANDRO RODRIGUES BARBOSA

INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E
SISTEMA DE PROJETO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
mestre em Engenharia Elétrica

São Paulo

2008

LEANDRO RODRIGUES BARBOSA

INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E SISTEMA
DE PROJETO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de mestre em
Engenharia Elétrica

Área de concentração:

Sistemas de Potência

São Paulo

2008

Dedico esta dissertação aos meus pais Jesus Aparecido e Maria Inês, a minha namorada Ana Flávia, as minhas irmãs Cibele e Michele e a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Embora uma dissertação seja, pela sua finalidade acadêmica, um trabalho individual, há contributos de naturezas diversas que não podem nem devem deixar de ser realçados. Por essa razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hernán Prieto Schmidt, pelo constante incentivo, sempre indicando a direção a ser tomada nos momentos de maior dificuldade, interlocutor interessado em participar de minhas inquietações e principalmente, pela confiança, mais uma vez depositada, no meu trabalho de dissertação.

Ao Prof. Dr. Carlos César Barioni de Oliveira, cuja orientação, disponibilidade e apoio me permitiram trazer um manancial de informação que em muito contribuiu para a execução desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Marcos Roberto Gouvea e Prof. Dr. Nelson Kagan pelas excelentes sugestões por ocasião do Exame de Qualificação.

Ao colega Julio Labronici, pela sua generosidade desde o nosso primeiro contato, pela orientação dada, bem como pela disponibilidade e amizade então demonstradas.

Aos colegas e amigos Carlos Penin, Alden Uehara Antunes, Willian Kuroda, Adriano Marqueis Bertalha, pelo apoio nos momentos bons e menos bons e pela amizade.

Aos colegas da AES Eletropaulo, em especial, Silvio Baldan e Luis Eduardo Segismundo, pelo apoio manifestado, que permitiu reunir as condições que muito me ajudaram a vencer estes três anos de trabalho intenso.

A Ana Flávia, minha namorada, que soube compreender, como ninguém, a fase pela qual eu estava passando; sempre tentou entender minhas dificuldades e minhas ausências durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais, pelo estímulo e apoio incondicional desde a primeira hora; pela paciência e grande amizade com que sempre me ouviram e sensatez com que sempre me ajudaram.

A minha irmã Cibele, pelas inúmeras trocas de impressões, comentários ao trabalho. Acima de tudo, pelo inestimável apoio familiar que preencheu as diversas falhas que fui tendo por força das circunstâncias; pela paciência e compreensão reveladas ao longo destes meses.

A todos os colegas do Enerq e Imagem, que sempre se disponibilizaram a acertos necessários de horário para que eu pudesse cumprir com todas as minhas obrigações profissionais e acadêmicas.

RESUMO

A troca de informações entre os vários sistemas de gerenciamento e outros sistemas de informação de uma empresa do setor elétrico não é apenas desejada, mas na maioria dos casos, necessária. Com a necessidade desenvolveu-se uma pesquisa com o objetivo de descrever as metodologias de integração entre Sistemas de Informações Geográficas e Sistemas de Projetos de Redes de Distribuição, incluindo referências a diversos trabalhos de integração no Brasil e no mundo. Como exemplo e caso prático, utilizou-se uma metodologia desenvolvida para a concessionária de distribuição de energia elétrica AES Eletropaulo.

Palavras Chaves: Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica, Redes de Distribuição de Energia Elétrica.

ABSTRACT

The information interchanges between management systems and others information systems of an electrical distribution company is not only desirable, but in most cases necessary. Due this necessity it was developed one research aiming to describe the integration methodologies between geographic information systems and electrical grid expansion designer systems, including references for some integration works in Brazil and in World. As a practical example, it was used one methodology developed for the electrical distribution company AES Eletropaulo.

Keywords: Geoprocessing, Geographic Information System, Electrical Distribution Grids

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 MOTIVAÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	18
1.3 ORGANIZAÇÃO	21
2 APLICAÇÕES DE SIG EM ENGENHARIA ELÉTRICA	23
3 PLANEJAMENTO E PROJETO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO	27
3.1 INTRODUÇÃO	27
3.2 PLANEJAMENTO	27
3.3 PROJETO	30
3.3.1 <i>Introdução</i>	30
3.3.2 <i>Tipos de Projetos</i>	30
3.3.3 <i>- Roteiro para Elaboração de Projetos</i>	31
3.4 LIMITAÇÕES DO APLICATIVO DESIGNER	35
4 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS	37
4.1 INTRODUÇÃO	37
4.2 GEOPROCESSAMENTO	37
4.3 BREVE HISTÓRICO DE GEOPROCESSAMENTO	39
4.3.1 <i>Evolução Internacional</i>	39
4.3.2 <i>Desenvolvimento no Brasil</i>	41
4.4 SIG - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	44
4.5 BANCO DE DADOS VERSIONADO	48
4.5.1 <i>Introdução</i>	48
4.5.2 <i>Conceitos básicos</i>	49
4.6 EXTENSÕES ESPACIAIS DE SISTEMAS DE BANCO DE DADOS	52
4.6.1 <i>O que são Extensões Espaciais?</i>	52
4.6.2 <i>Geocodificação</i>	53
4.6.3 <i>Representação de Dados Espaciais</i>	53
4.7 INTELIGÊNCIA ESPACIAL	55
4.8 SUPORTE À DECISÃO	57
4.9 APLICAÇÕES DE SIG NO PLANEJAMENTO DE REDES ELÉTRICAS	57
4.10 FUNDAMENTOS EM CARTOGRAFIA E SENSORIAMENTO REMOTO	58
4.11 SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	67
4.12 UML - UNIFIED MODELING LANGUAGE	69
4.12.1 <i>Introdução</i>	69
4.12.2 <i>Conceitos básicos</i>	69
5 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE INTEGRAÇÃO	72
5.1 INTRODUÇÃO	72
5.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ATUAL E SUAS LIMITAÇÕES	73
5.2.1 <i>Introdução</i>	73
5.2.2 <i>A Empresa, Grandes Áreas, seus Setores e Macro-Processos</i>	73
5.2.3 <i>Processos e Demanda de Sistemas da Área Técnica</i>	75
5.2.4 <i>Mudança de Paradigma - Integração Utilizando SIG</i>	77
5.3 PRIMEIRA INTEGRAÇÃO	80
5.3.1 <i>Introdução</i>	80
5.3.2 <i>Aspectos Funcionais do ArcGIS</i>	81
5.3.3 <i>Aspectos Funcionais do ArcSDE</i>	82
5.3.4 <i>Aspectos Funcionais do ArcFM</i>	85
5.3.5 <i>Aspectos Funcionais do Sistema de Postagem</i>	87
5.3.5.1 <i>Introdução</i>	87
5.3.5.2 <i>Metodologia</i>	87
5.3.5.3 <i>Aspectos Funcionais do interPlan</i>	91
5.3.5.4 <i>Planejamento da operação</i>	91

5.3.5.5 Planejamento da expansão da rede	92
5.3.5.6 Extração de dados.....	92
5.3.6 Problemas Existentes.....	94
5.3.7 Integração entre o ArcGIS e o interPlan	95
5.3.7.1 Tecnologia de Implantação e Integração.....	96
5.3.8 Dificuldades Encontradas.....	100
5.3.9 Aplicação	102
5.3.10 Exemplo Prático.....	114
5.3.10.1 Benefícios após a integração	116
5.4 SEGUNDA INTEGRAÇÃO	119
5.4.1 Introdução.....	119
5.4.2 Aspectos Funcionais do Designer.....	119
5.4.3 Aspectos Funcionais do Sistema de Postagem.....	121
5.4.4 Problemas Existentes.....	126
5.4.5 Integração entre o Designer e o interPlan.....	127
5.4.6 Dificuldades Encontradas.....	136
5.4.7 Fluxo do processo do Marca d' Água.....	137
5.4.8 APLICAÇÃO.....	139
5.4.8.1 Utilização da Interface com o interPlan (Marca d' Água)	139
5.4.8.2 Exportação da Marca d' Água no interPlan.....	140
5.4.8.3 Importação da Marca d' Água no SIG	142
5.4.8.4 Exibição dos textos explicativos.....	143
5.4.9 BENEFÍCIOS APÓS A INTEGRAÇÃO	144
6 CONCLUSÕES	146
6.1 INTRODUÇÃO	146
6.2 CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO	147
6.3 DESENVOLVIMENTO POSTERIOR.....	148
7 REFERÊNCIA.....	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Extração

Figura 2 - Definição de Geoprocessamento

Figura 3 - Exemplo de representação vetorial

Figura 4 - Exemplo de representação matricial (raster)

Figura 5 - Classificação de áreas em função de atributos

Figura 6 - Projeções

Figura 7 - Sistema Radar

Figura 8 - Sistema de Distribuição

Figura 9 - Linguagem de Modelagem Unificada

Figura 10 - Macro-processos x Demanda de Sistemas da Área Técnica

Figura 11 - Inter-relacionamentos na área técnica

Figura 12 - Interação entre os Principais Sistemas Relacionados ao SIG

Figura 13 - Arquitetura do ArcGIS

Figura 14 - Tipos de dados usados pelo ArcSDE para armazenar dados vetoriais

Figura 15 - Como um dado matricial é armazenado em um SGBD pelo ArcSDE

Figura 16 - Esquema de Versões

Figura 17 - Processo de Postagem

Figura 18 - Processo de Reconciliação

Figura 19 - InterPlan

Figura 20 - Primeira Integração

Figura 21 - Elementos da Rede Geométrica

Figura 22 - Trace

Figura 23 - Camadas do SIG da AES Eletropaulo

Figura 24 - Toolbar ENERQ

Figura 25 - Login

Figura 26 - Informações ilInterPlan

Figura 27 - Escolha da Base de Dados

Figura 28 - Tela Inicial do ilInterPlan

Figura 29 - Processo

Figura 30 - Salvar

Figura 31 - Seleção Múltipla

Figura 32 - Sair do ilInterPlan

Figura 33 - Log de Ocorrências

Figura 34 - Extração de Dados

Figura 35 - Extração dos Circuitos

Figura 36 - Processo de Importação

Figura 37 - Filas do Sistema de Postagem

Figura 38 - Reconciliação Geral

Figura 39 - Processo de Tratamento de Conflitos

Figura 40 - Cálculos de Folga

Figura 41 - Cálculos de Mecânicos

Figura 42 - Melhor Alternativa de Projetos

Figura 43 - Avaliação de Custos

Figura 44 - Camadas

Figura 45 - Processos Marca d' Água

Figura 46 - Detalhe de uma rede no InterPlan

Figura 47 - Alteração Proposta em Rede Existente

Figura 48 - Rede Seleccionada e Módulo de Exportação

Figura 49 - Barra de ferramentas

Figura 50 - Tela do ArcEditor com Expansão dos Circuitos e Textos Explicativos

LISTA DE ABREVIATURAS

AM / FM	<i>Automated Mapping / Facility Management</i>
APR	<i>Automated Primary Router</i>
ArcFM	<i>Arc Facilities Manager</i>
ArcSDE	<i>Spatial Data Server</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i> - Projeto Assistido por Computador
CADD	<i>Computer Aided Drafting and Design</i> - Desenho e Projeto Auxiliado por Computador
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> - Fabricação Assistida por Computador
CENPES	Centro de Pesquisa & Desenvolvimento da Petrobras
CIM	<i>Common Information Model</i>
COM	<i>Component Object Model</i>
CPqD	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
DLL	<i>Dynamically Linked Library</i>
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
ENERQ	Centro de Estudos em Regulação e Qualidade de Energia
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ET	Estação Transformadora
ETD	Estações de Transformação e Distribuição de Energia
FGP	Ferramenta Gráfica de Projeto
GDB	Geodatabase - Banco de Dados Geográfico
GPS	<i>Global Positioning System</i> - Sistema de Posicionamento Global

GRADE	Gerência de Redes e Equipamentos de Distribuição
iCALC	Interface de Cálculos Elétricos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIS	<i>Land Information Systems</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> - Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço
NCGIA	<i>National Centre for Geographical Information and Analysis</i> - Centro nacional para a informação e a Análise Geográficas
OMT	<i>Object Modeling Technique</i>
OOSE	<i>Object Oriented Software Engineering</i>
PC	<i>Personal Computer</i> - Computador pessoal
PEA	Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas
PI	Plano de Informação
SAGA	Sistema de Análise Geo-Ambiental
SAGRE	Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa
SAP	<i>System Application Products</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SITIM	Sistema de Tratamento de Imagens
SGBD	Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados
SOA	<i>Service oriented architecture</i>
SPRING	Sistema para Processamento de Informações Geográficas
TI	Tecnologia da Informação
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

UML	<i>Unified Modeling Language</i>
USP	Universidade de São Paulo
UTM	Universal Transverse Mercado

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante nas atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isso era feito apenas em documentos e mapas em papel, o que impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento da tecnologia de Informática, na segunda metade do século XX, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento [1].

Geoprocessamento, pelo significado do próprio nome (Geo = Terra, Processar = Executar, Realizar, Mudar), processa informações sobre a superfície terrestre através de ferramentas computacionais ou não. Esses processos auxiliam o homem na monitoração, administração e planejamento do espaço geográfico em que vive [2].

Na sociedade de informação em que vivemos é necessário, cada vez mais, disponibilizar a informação de forma acessível e igualitária a todos os cidadãos. A possibilidade de consultar e analisar a informação com base em critérios geográficos veio enriquecer o significado da mesma, permitindo deduzir conclusões de forma mais intuitiva e visível. A informação georreferenciada constitui uma entrada importante no apoio à decisão em áreas como urbanismo e gestão do território, ambiente, economia, marketing, entre outros.

Nesse contexto, o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento

da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional [3].

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos [4].

Diante do enorme potencial do SIG, descrito nos parágrafos anteriores, os avanços dos recursos computacionais da informática e o sensível barateamento das imagens de satélite, fizeram com que as empresas se motivassem a implantar a tecnologia de geoprocessamento.

Conforme os motivos citados acima, também houve o interesse das concessionárias de distribuição de energia elétrica em utilizar o uso de base de dados com informações georreferenciadas para gerenciamento das suas redes.

Seguindo as tendências tecnológicas descritas até então, a concessionária de distribuição de energia elétrica AES Eletropaulo, implantou um SIG para a gestão das suas redes e o escolhido pela empresa foi o ArcGIS [29], sendo essa a primeira experiência de utilização desse pacote específico em empresas de distribuição elétrica no Brasil. A implantação do SIG, na AES Eletropaulo, deu-se em três etapas, conforme descrito abaixo:

A primeira etapa contemplou o modelo elétrico aéreo e constituiu na implantação da ferramenta básica de geoprocessamento e do gerenciador de redes e equipamentos, além da confecção de esquemáticos e plantas.

Na segunda etapa o modelo foi expandido com a inclusão dos modelos elétrico e civil da rede subterrânea.

A terceira etapa tratou da implantação da Ferramenta Gráfica de Projetos (FGP), baseada no produto Designer [31].

Observou-se, durante o tempo de pesquisa, que o aplicativo Designer não atendia plenamente as necessidades da AES Eletropaulo, no que tangente a cálculos elétricos e mecânicos, sendo exatamente este o motivador da dissertação de mestrado, conforme poderá ser visto em detalhes no tópico 3.4 deste trabalho.

1.2 Objetivos e Justificativas

O presente trabalho baseia-se na elaboração de metodologias de integração entre SIG e sistema de planejamento de redes de distribuição, incluindo referências a diversos trabalhos de integração no Brasil e no mundo e utilizando como caso de estudo as metodologias desenvolvidas para a AES Eletropaulo.

A metodologia de integração desenvolvida para a AES Eletropaulo resultou na implementação de dois aplicativos:

- iInterPlan;
- Marca d' Água.

O aplicativo iInterPlan (Interface do interPlan), é um extrator de dados de base georreferenciada do ArcGIS, para o software interPlan (aplicativo de planejamento de redes de distribuição). A extração dos dados da rede é feita, intuitivamente com o mouse, com uma simples escolha dos circuitos desejados a partir de uma interface gráfica. O aplicativo apresenta o resultado em um arquivo texto, organizando os dados de maneira que represente a rede elétrica em termos de barras e ligações, sendo esse arquivo, o parâmetro de entrada para o interPlan.

O interPlan - Sistema de Planejamento desenvolvido através dos anos, tem sido instalado em várias concessionárias de energia elétrica pelo Brasil. Em síntese, suas principais funcionalidades são as simulações de planejamento para redes de distribuição (alta, média e baixa tensão) e cálculos das redes [33]. E o ArcGIS foi o *software* de SIG escolhido pela AES Eletropaulo para gerenciar as suas redes.

Outro aplicativo desenvolvido é o Marca d' Água, sendo este responsável por disponibilizar a funcionalidade de importação da rede elétrica do interPlan para a

FGP, com base na customização do *software* Designer, a partir das propostas de modificação da rede em formato de Marca d' Água.

Ambos os aplicativos foram desenvolvidos para a concessionária do setor de energia elétrica AES Eletropaulo, em parceria com o laboratório ENERQ (Centro de Estudos em Regulação e Qualidade de Energia).

A AES Eletropaulo distribui energia elétrica para 24 municípios da região metropolitana de São Paulo (incluindo a capital) que, juntos, abrigam uma população de 16,2 milhões de habitantes (8,8% da população do país). A área de concessão atendida pela empresa abrange 4.526 km² e concentra a região socioeconômica mais importante do país, com 5,3 milhões de unidades consumidoras. Em faturamento, a AES Eletropaulo é a maior distribuidora de energia elétrica do Brasil.

O ENERQ foi criado a partir da iniciativa de um grupo de professores do PEA - Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP. Tem sua atuação voltada para o campo da Pesquisa e Desenvolvimento, prestando serviços através de projetos com as concessionárias de energia elétrica.

Em virtude do ramo de atuação de algumas empresas, existe a necessidade de sistemas especializados que atendam as áreas técnicas das mesmas no que se refere ao mercado, planejamento, engenharia, suprimentos, atendimento técnico, operação e manutenção. Mas a nova realidade desses grandes sistemas corporativos aumenta as exigências dos sistemas técnicos - que agora devem ser plenamente integrados ao ambiente corporativo.

Observou-se durante o tempo de pesquisa que ainda nos dias de hoje, existem grandes dificuldades para se desenvolver projetos em redes de distribuição, devido à relativa falta de integração entre as engenharias de software e elétrica. Por

este motivo, o presente trabalho oferece como uma de suas principais contribuições, a elaboração de metodologias de integração entre os sistemas de informações geográficas com os sistemas de projeto de redes de distribuição.

1.3 Organização

O presente trabalho insere-se na área científica de geoprocessamento e sistemas de potência. Para uma melhor explanação dos assuntos, o mesmo foi dividido em seis capítulos.

O primeiro capítulo descreve a motivação, a justificativa e o objetivo da dissertação.

No segundo, apresenta-se, sucintamente, referências a trabalhos de integração entre SIG e aplicativos elétricos no Brasil e no Mundo.

O capítulo 3 descreve os conceitos de planejamento e projeto de redes de distribuição elétrica e finaliza discutindo-se as limitações do *software* ArcFM (Arc Facilities Manager) Designer.

O quarto capítulo apresenta os conceitos das tecnologias envolvidas, contendo:

- Geoprocessamento:
 - Histórico;
 - Evolução e
 - Desenvolvimento.
- SIG:
 - Inteligência espacial;
 - Utilidade de um *software* SIG no suporte a decisão e
 - Aplicações de SIG em redes de distribuição elétrica.
- Banco de dados versionado e extensões espaciais;
- Fundamentos em cartografia e sensoriamento remoto;
- Sistema de Redes de Distribuição Elétricas:

- Funcionamento e
- Planejamento.

Finalizando o capítulo 4, há uma sucinta descrição sobre a linguagem padrão para se descrever sistemas orientados a objeto a UML (*Unified Modeling Language*).

O capítulo 5 inicia discutindo sobre os processos atuais das empresas, definição, funcionamento e descrição da mudança de paradigma com a aquisição do SIG. Neste capítulo estabelece-se a metodologia de integração desenvolvida na AES Eletropaulo e utilizada como caso de estudo nesta dissertação. A metodologia descreve as integrações implementadas entre o aplicativo interPlan com os *softwares* ArcGIS e posteriormente com o Designer, sendo apresentada nos seguintes tópicos abaixo:

- Os problemas existentes;
- As interfaces de integrações com o SIG (ArcGIS):
 - ilInterPlan.
- As interfaces de integrações com o FPG (Designer):
 - Marca d' A'gua.
- Dificuldades encontradas e
- Benefícios após a integração.

Por último, no Capítulo 6 são expostas as principais conclusões e contribuições do trabalho, assim como os tópicos para desenvolvimento posterior.

2 APLICAÇÕES DE SIG EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Nesse capítulo são analisados alguns trabalhos que utilizam a tecnologia do SIG desenvolvido na área de sistemas de potência.

Zamora [5] cita o trabalho de Rivieira e Armugosa onde demonstram um sistema integrado de informação com base geográfica para estudos do mercado elétrico destinado a apoiar as atividades de uma Empresa de Energia Elétrica nas áreas de planejamento, operação e exploração. Com o sistema pode-se analisar o estado atual da carga de diferentes áreas do sistema elétrico, realizar previsões de consumo de energia e demandas de potência elétrica global e/ou setorial, para curto, médio e longo prazo, mediante a aplicação de diferentes métodos, além de preparar a informação necessária para realizar estudos tarifários e de qualidade de serviço.

Guembarovski, 1999 [6] propõe uma metodologia baseada em SIG para minimizar custos de adequação do carregamento elétrico dos transformadores que compõem um sistema de distribuição, para uma demanda projetada ao longo do horizonte de planejamento adotado pela concessionária. Apresenta-se a organização atual das concessionárias quanto à gerência de distribuição e descreve os elementos que compõem o sistema assim como os critérios adotados para expandir, operar e manter tal sistema dentro de padrões estabelecidos. Demonstra, ainda, os fundamentos necessários à concepção do sistema bem como as técnicas, convencionais que vêm sendo atualmente utilizadas.

Zamora [5] cita também Aukland e outros e descreve em seu artigo como mapas arquitetônicos são entendidos e utilizados para dar um equivalente indicador elétrico da posição e magnitude de cargas elétricas. É mostrado também,

como todas as casas de um mapa podem ser reconhecidas com o uso de várias técnicas básicas de processamento de imagens.

Crispino [7] apresenta um SIG como ferramenta de análise de reconfiguração de redes de distribuição de energia elétrica, juntamente com a evolução e tendências para o sistema SIG. O aplicativo apresenta, graficamente, os resultados de simulações de manobras na rede de distribuição e os valores resultantes do fluxo de potência para suas principais grandezas elétricas.

Lin e outros demonstram uma aplicação de sistemas de informação geográfica para suporte aos sistemas de distribuição, desenvolvida para proporcionar um ambiente capaz de construir um banco de dados o qual inclui dados alfanuméricos e gráficos. O sistema pode ser utilizado para tomadas de decisões estratégicas, considerando uso do solo, valor e zoneamento. Apresenta, ainda, um modelo de carga, fluxo de carga e também permite realizar a análise de uso do solo, otimização de área de serviço e planejamento de alimentadores [5].

Jardini [8] propõe uma metodologia para a inspeção das faixas de passagem fazendo uso das imagens de satélite, aerofotogrametria e imagens geradas por perfilamento a laser e ainda de uma base de dados onde torres, propriedades e invasões são cadastradas, não só sob o aspecto jurídico / civil, mas, principalmente, sob o aspecto georreferenciado no qual suas coordenadas serão chaves de consulta para se obter informações pertinentes à invasão e navegação em um *software* de geoprocessamento.

Yeh e outros, em 1995, apresentaram uma ferramenta automatizada para otimizar o direcionamento do roteiro de cabos primários em sistemas de distribuição residencial subterrâneos: o APR (*Automated Primary Router*), capaz de acessar e manipular dados referenciados geograficamente a partir de um sistema de

gerenciamento de banco de dados. Também o sistema provê uma interface de usuário gráfico junto com a visualização on-line e estimulação de custos aproximada, facilitando o processo de projeto [5].

Xing e outros, 1998, descrevem as características de um sistema AM / FM (*Automated Mapping / Facility Management*) desenvolvido para sistemas de distribuição de energia elétrica. É um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional que pode ser dividido conceitualmente em duas partes: o sistema de gerenciamento de banco de dados da distribuição e a interface gráfica do usuário (baseado em Auto Cad). A interface gráfica consiste em um subsistema gráfico de rede de distribuição baseado em Auto Cad que está integrado ao sistema de banco de dados [5].

Diante da pesquisa descrita neste tópico e fazendo uma análise crítica com relação à metodologia de integração deste trabalho, conclui-se que o processo de extração é o mesmo para todas as aplicações pesquisadas, ou seja, a extração de uma base de dados corporativa como os dados de entrada para seus respectivos fins, ou seja, planejamento, projeto, e cálculos elétricos. A Figura 1 abaixo ilustra a processo de extração:

Figura 1 - Processo de Extração

O que se notou de diferente entre as integrações é a tecnologia utilizada para integração. No caso deste trabalho, a integração foi realizada com arquivos textos que era a tecnologia utilizada na época. Hoje em dia, a integração utilizando arquivos textos caiu no desuso, abrindo espaço para tecnologias como SOA [36] e o CIM [37].

3 PLANEJAMENTO E PROJETO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

3.1 Introdução

O capítulo descreve de maneira sucinta os conceitos de planejamento e projeto e finaliza apresentando as limitações do aplicativo Designer.

3.2 Planejamento

O planejamento de expansão dos sistemas de distribuição de energia elétrica reveste-se de suma importância no atual quadro do setor elétrico, quer pela exigência crescente da sociedade quanto a níveis adequados de qualidade de fornecimento de energia, quer pela ótica da própria concessionária, que almeja maior economicidade em relação à redução de perdas observadas na rede, minoração das interrupções de fornecimento, e valorização da própria imagem, avaliada como um “bem” da Empresa.

Tal planejamento deve avaliar [9] [10]:

- Número e porte de subestações de distribuição/ novos pontos de suprimento;
- Níveis de tensão e configuração topológica das redes de subtransmissão, distribuição primária e secundária;
- Tipos de redes (aéreas ou subterrâneas) e desenvolvimento tecnológico de materiais, equipamentos e processos no setor de distribuição de energia elétrica;
- Necessidades de redes subterrâneas por exigências urbanísticas/ corredores de passagem;
- Incorporação de novas fontes de geração em centros de carga;

- Formas alternativas para atendimento de grandes consumidores;
- Consideração e otimização de medidas de uso racional e conservação de energia;
- Qualidade de fornecimento diante de pressões da sociedade;
- Restrições face à poluição ambiental (usinas térmicas);
- Competição da energia elétrica com outras modalidades de energia;
- Movimentações da dinâmica urbana.

Esses aspectos devem ser capazes de:

- Suprir o mercado, em diversos cenários;
- Atender a sociedade com melhores níveis de qualidade e ambientais;
- Considerar os recursos econômicos disponíveis;
- Selecionar características técnicas e tecnológicas adequadas.

O planejamento da distribuição pode ser dividido em três categorias:

- Planejamento estratégico ou de longo prazo: determina os custos de investimentos em obras, considerando toda a área de atendimento da empresa concessionária, para atingir um padrão de qualidade no fornecimento da energia elétrica.
- Planejamento tático ou de médio prazo: determina os reforços que precisam ser instalados, assim como a sua localização geográfica, de maneira que o sistema atenda o crescimento da carga com qualidade.
- Planejamento operacional ou de curto prazo: analisa o sistema existente na rede e as intervenções a serem realizadas. Por exemplo: análise de carregamento de transformadores, chaves seccionadoras e

dispositivos de proteção, reconfiguração da rede para balanceamento de cargas e minimização de perdas, estabelecimento de manobras de chaves para a realização de manutenções preventivas ou corretivas e análise do sistema de proteção.

3.3 Projeto

3.3.1 Introdução

O objetivo de elaboração de projetos é assegurar as boas condições técnico-econômicas das instalações e da qualidade de serviço de energia elétrica. Para isso é necessário um constante investimento na manutenção da rede com a realização de novas obras, ampliação, reforço e melhoria [11].

O desenvolvimento dos projetos de redes de distribuição elétrica, de maneira geral, segue algumas etapas: obtenção de dados preliminares, levantamento de carga, estimativa de demanda e correção dos níveis de tensão, que serão detalhados no decorrer do capítulo.

3.3.2 Tipos de Projetos

Classificam-se os projetos de Redes de Distribuição, nos seguintes tipos:

- Projetos de Rede Nova: são aqueles que visam à implantação de todo sistema de distribuição, necessário ao atendimento de uma determinada área onde não exista rede de distribuição.
- Projetos de Ampliação de Rede: São trechos da rede de distribuição construídos a partir do ponto de conexão com o sistema existente, onde tem início a ampliação, visando possibilitar a efetivação de uma ou mais ligações simultâneas.
- Projetos de Melhoria de Rede: são aqueles que se destinam a melhorar e/ou restabelecer as características elétricas e/ou mecânicas de um determinado trecho de rede, visando o fornecimento de energia em nível adequado de qualidade e segurança.

- Projetos de Reforço de Rede: são aqueles destinados à modificação das características elétricas de um determinado trecho de rede existente, para possibilitar o aumento de carga ou novas ligações.

3.3.3 - Roteiro para Elaboração de Projetos

De maneira sintetizada, os projetos de Redes de Distribuição, compreenderão basicamente, as seguintes etapas:

- Anteprojeto:
 - a - Obtenção de dados preliminares:
 - Características do projeto: consiste na determinação do tipo de projeto a ser desenvolvido, a partir das causas de origem e/ou da finalidade de sua aplicação, da área a ser abrangida pelo projeto e do estado atual da rede, quando esta existir;
 - Planejamento básico: os projetos deverão atender a um planejamento básico, que permita um desenvolvimento progressivo, compatível com a área de estudo.

Em áreas a ser implantado totalmente o sistema elétrico (redes novas), deverá ser efetuado o planejamento básico, através da análise das condições locais, observando-se o grau de urbanização e arborização das ruas, dimensões dos lotes, tendências regionais e áreas com características semelhantes que possuam dados de carga e taxas de crescimento conhecidas.

Nas áreas que já possuem o serviço de energia elétrica, deverá ser feita uma análise do sistema elétrico disponível, elaborando-se o projeto em consonância com o planejamento existente.

Obs.: Os anteprojetos de obras para atendimento a novos consumidores deverão sofrer análise pela área de operação e planejamento a fim de prevenir situações críticas quanto ao carregamento de redes.

- Planos e projetos existentes: deverão ser verificados os projetos anteriormente elaborados e ainda não executados, abrangidos pela área em estudo, que servirão de subsídios ao projeto atual. Conforme o tipo e a magnitude do projeto deverão também ser levados em consideração os planos diretores governamentais para a área;
- Plantas cadastrais ou croqui de situação: deverão ser obtidas plantas cadastrais da localidade ou área em estudo através de cópias de plantas existentes, confiáveis e atualizadas, ou através de novo levantamento topográfico ou aerofotogramétrico.

b - Obtenção de dados de carga:

- Levantamento de carga: consiste na coleta de dados de carga dos consumidores em potencial, abrangidos pelas áreas em estudo, obtidos no campo ou através de informações de banco de dados, de modo a fornecer ao projetista uma quantidade suficiente de informações, a fim de auxiliá-lo na análise técnica, quando da elaboração do projeto;

- Determinação da demanda: o procedimento para a determinação dos valores de demanda está descrito em função das várias situações possíveis de projeto, sendo analisados os casos em que existem ou não condições de se efetuar medições.
- Projeto
 - a - Execução:
 - Exploração do traçado da rede: deverão ser avaliadas as condições existentes do projeto e do terreno, incluindo as possíveis condições futuras, para tanto, poderão ser utilizadas plantas cadastrais e fotografias aéreas, com objetivo de pré-determinar o possível traçado, o qual deverá ser confirmado ou ajustado no campo;
 - Dimensionamento elétrico e mecânico: são os cálculos realizados pelos projetistas para o embasamento técnico do projeto;
 - Locação de estruturas em planta: determinado o desenvolvimento do traçado das redes primária e secundária e definidos os centros de cargas, deverão ser locados, em planta, os postes necessários para a sustentação da rede de distribuição;
 - Proteção e seccionamento: são as medidas necessárias para a proteção da rede. Por exemplo, a proteção contra sobrecorrente, a proteção contra sobretensão, entre outras. Com relação ao seccionamento, são os equipamentos necessários para realização de manobra de rede podendo ser citadas as chaves e seccionadoras;
 - Apresentação do projeto: o projeto definitivo deverá ser composto de cálculos de dimensionamento elétrico e mecânico, planta da rede,

desenho do projeto em planta, relação de materiais, orçamentação do projeto, fechamento físico da Obra.

b - Arquivamento de Projetos, com as adaptações feitas durante a construção:

- Arquivamento e formação de cadastro;
- Atualização periódica.

3.4 Limitações do aplicativo Designer

O aplicativo Designer [31] não atendia plenamente às necessidades da AES Eletropaulo no que se refere aos cálculos mecânicos e elétricos, conforme exposto abaixo:

O Designer possui uma ferramenta de cálculos elétricos denominada *Secondary Circuit Analysis*, que efetua os seguintes cálculos:

- Carregamento do transformador de distribuição;
- Queda de tensão e
- Corrente de falta no consumidor.

Utiliza como dados de entrada os parâmetros elétricos dos equipamentos usados no projeto, a carga em kVA e o seu fator de potência do novo ponto de serviço, ou seja, do novo consumidor.

Esses cálculos são feitos considerando que cada consumidor está ligado diretamente ao transformador de distribuição através de um ramal de ligação, porém, no caso da AES Eletropaulo, os consumidores são ligados através de uma rede secundária. Além disso, o aplicativo não discrimina se a rede é subterrânea ou aérea.

A ferramenta de cálculos elétricos do Designer não contempla cálculo elétrico para as redes primárias, pelo motivo do aplicativo ser desenvolvido embasado em configuração de redes de países de primeiro mundo, onde uma estação transformadora alimenta no máximo três consumidores, desta maneira não sobrecarregando a rede primária e não necessitando de cálculos para as mesmas.

Com relação aos cálculos mecânicos, o *software* Designer oferece duas ferramentas para este propósito:

- *Structural Analysis*: utilizada para cálculos de rede aérea;

- *Cable Pulling Analysis*: utilizada para cálculos de rede subterrânea.

Durante a fase de testes e conhecimento das funcionalidades das ferramentas de cálculos mecânicos, foram constatados problemas de instabilidade, na versão 8.3.1 do Designer, inviabilizando dessa maneira o uso das mesmas.

4 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

4.1 Introdução

Este capítulo aborda os conceitos das tecnologias envolvidas para realizar o presente trabalho. Conceituam-se Geoprocessamento, SIG, Banco de Dados Versionado, Inteligência Espacial, Aplicações em Redes de Distribuição Elétricas, Fundamentos em Cartografia, Sensoriamento Remoto e Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica.

A parte final deste capítulo descreve brevemente a linguagem UML.

4.2 Geoprocessamento

Com o advento da informática na automação de processos, surgiram várias ferramentas para captura, armazenamento, processamento e apresentação de informações espaciais georreferenciadas. A ligação técnica e conceitual destas ferramentas levou ao desenvolvimento da tecnologia de processamento de dados geográficos, denominada Geoprocessamento [2].

Na literatura não existe consenso na definição desse termo. Dessa forma, serão citadas algumas definições.

Segundo Xavier [12], geoprocessamento destina-se a tratar os problemas ambientais levando em conta a localização, a extensão e as relações espaciais dos fenômenos analisados, visando a contribuir para a sua presente explicação e para o acompanhamento de sua evolução passada e futura.

Segundo Câmara [3], o termo geoprocessamento denota uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos. Ou ainda, que “o espaço é uma linguagem comum” para as diferentes disciplinas do conhecimento.

Segundo Rodrigues [13], geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltado para um objetivo específico. Esta definição considera a coleta de dados como uma etapa do geoprocessamento.

Para melhor entendimento, geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de quatro categorias de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial: técnicas para coleta de informação espacial (Cartografia, Sensoriamento Remoto, GPS - *Global Positioning System* - Topografia Convencional, Fotogrametria, Levantamento de Dados Alfanuméricos); técnicas de armazenamento de informação espacial (Bancos de Dados – Orientado a Objetos, Relacional, Hierárquico, entre outros); técnicas para tratamento e análise de informação espacial (Modelagem de Dados, Geoestatística, Aritmética Lógica, Funções Topológicas, Redes) e técnicas para o uso integrado de informação espacial, como os sistemas SIG, LIS (*Land Information Systems*), AM/FM, CADD (*Computer Aided Drafting and Design*).

Essas categorias podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2 – Definição de Geoprocessamento
Fonte: http://www.fatorgis.com.br/geoprocess_tec.asp
Data da visita: setembro de 06

4.3 Breve Histórico de Geoprocessamento

4.3.1 Evolução Internacional

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos de 1950, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Dada à precariedade da informática na época e a especificidade das aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos), esses sistemas ainda não podem ser classificados como “sistemas de informação” [15].

Os primeiros SIGs surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Esses sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e, portanto, caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro [1].

Além disso, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas. Ao longo dos anos de 1970 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais assim que a expressão Sistemas de Informação Geográfica fora criada. Também nessa época começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (*Computer Aided Design*), que melhoraram, em muito, as condições de produção de desenhos e plantas para engenharia, além de servirem de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Ainda nos anos de 1970 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional. No entanto, devido aos custos e ao fato destes proto-sistemas ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia [16].

A década de 1980 representa o momento em que a tecnologia de SIG inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje. Até então, limitados pelo alto custo do hardware e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema, os SIGs se beneficiaram grandemente da massificação

causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Nos EUA, a criação dos centros de pesquisa que formam o NCGIA (*National Centre for Geographical Information and Analysis*), 1989 marca o estabelecimento do Geoprocessamento como disciplina científica independente.

No decorrer dos anos de 1980, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações desse sistema. Na década atual, observa-se um grande crescimento do ritmo de penetração do SIG nas organizações, sempre alavancado pelos custos decrescentes do *hardware* e do *software*, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas [17].

4.3.2 Desenvolvimento no Brasil

A introdução do Geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço pela divulgação e formação de pessoal, do prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos de 1980. A vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o *Canadian Geographical Information System*), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, entre os quais podemos citar [18]:

- UFRJ: o grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, sob a orientação do professor Jorge Xavier, desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geo-

Ambiental). O SAGA tem seu forte na capacidade de análise geográfica e vem sendo utilizado com sucesso como veículo de estudos e pesquisas;

- MaxiDATA: os então responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevanteamento AeroSul criaram, em meados dos anos 80, um sistema para automatização de processos cartográficos. Posteriormente, constituíram a empresa MaxiDATA e lançaram o MaxiCAD, *software* largamente utilizado no Brasil, principalmente em aplicações de Mapeamento por Computador. Mais recentemente, o produto dbMapa permitiu a junção de bancos de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução para “*desktop mapping*” para aplicações cadastrais;
- CPqD/TELEBRÁS: o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS iniciou, em 1990, o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa), uma extensiva aplicação de Geoprocessamento no setor de telefonia. Construído com base num ambiente de um SIG (VISION) com um banco de dados cliente-servidor (ORACLE), o SAGRE envolve um significativo desenvolvimento e personalização de *software*;
- INPE: em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens - DPI). De 1984 a 1990, a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SIG, para ambiente PC/DOS, e, a partir de 1991, o SPRING (Sistema

para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes UNIX e MS/Windows. O SITIM/SIG foi suporte de um conjunto significativo de projetos ambientais, podendo-se citar: (a) o levantamento dos remanescentes da Mata Atlântica Brasileira; (b) a cartografia fito-ecológica de Fernando de Noronha, realizada pelo NMA/EMBRAPA; (c) o mapeamento das áreas de risco para plantio em toda a Região Sul do Brasil, para as culturas de milho, trigo e soja, realizado pelo CPAC/EMBRAPA; (d) o estudo das características geológicas da bacia do Recôncavo (cidade de Santo Amaro, Estado da Bahia), através da integração de dados geofísicos, altimétricos e de sensoriamento remoto, conduzido pelo CENPES/Petrobrás. Assad e Sano (1998) apresentam um conjunto significativo de resultados do SITIM/SIG na área agrícola. O SPRING unifica o tratamento de imagens de Sensoriamento Remoto (ópticas e microondas), mapas temáticos, mapas cadastrais, redes e modelos numéricos de terreno. A partir de 1997, o SPRING passou a ser distribuído via Internet e pode ser obtido através do website <http://www.dpi.inpe.br/spring>.

4.4 SIG - Sistema de Informação Geográfica

O geoprocessamento procura abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente as suas informações para o sistema computacional. Essa transferência é feita sobre bases cartográficas, através de um sistema de referência apropriado. Esse conjunto possui como principal ferramenta o Sistema de Informação Geográfica [18].

O SIG engloba em sua definição vários aspectos já abordados na definição de Geoprocessamento, porém a estes, agregam-se ainda os aspectos institucionais, de recursos humanos e, principalmente, a aplicação específica a que se destina.

Dessa forma o SIG pode ser definido como um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização, a partir de dados georreferenciados, de informação produzida por meio das aplicações disponíveis, visando a maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisões relativas ao espaço geográfico [19].

Maguire (1991) oferece uma lista de 11 diferentes definições. Essa variedade pode ser explicada pelo fato de que qualquer definição de SIG depende de seu autor, de sua formação e ponto de vista. As definições de SIG tendem a ser alteradas rapidamente, na medida em que a tecnologia e suas aplicações evoluem. Algumas das definições mais curtas dão uma idéia do que é SIG, embora de forma superficial. Por exemplo, Rodrigues [20] propõe que SIG é “um sistema de

computação que pode reter e usar dados descritivos de lugares na superfície da Terra.”.

Algumas definições dão melhor idéia do que o SIG pode fazer, ao invés do que ele é. A apresentada por Rodrigues [19] “uso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e apresentação de informação espacial do mundo real, para um conjunto particular de propósitos” e a proposta pelo *Department of the Environment* da Inglaterra (1987), “um sistema para captura, armazenamento, verificação, integração, manipulação, análise e apresentação de dados que estão espacialmente referenciados a Terra”, pertencem a esta categoria [19].

O conceito de SIG não se refere especificamente ao *software*, mas sim à tecnologia como um todo, havendo dessa maneira dificuldades de comunicação entre profissionais que se utilizam da mesma nomenclatura para se referir aos conceitos diferentes. Assim, para um entendimento mais completo, é necessário explicar os principais componentes de um SIG, no qual o *software* é apenas um deles.

Pode-se definir o componente de um *software* como um conjunto de programas (geridos por um determinado Sistema Operacional), cuja finalidade básica é coletar, armazenar, processar e analisar dados geográficos, tirando partido do aumento da velocidade, facilidade de uso e segurança no manuseio dessas informações e apontando para uma perspectiva multi, intra e interdisciplinar de sua utilização. O *software* contempla basicamente cinco módulos [15]:

- Coleta, Padronização, Entrada e Validação de Dados;
- Armazenamento e Recuperação de Dados;
- Transformação ou Processamento de Dados;

- Análise e Geração de Informação e
- Saída e Apresentação de Resultados.

Quanto aos sistemas operacionais, no caso dos micro e mini computadores a tendência aponta para o uso das diferentes versões do Windows e do Unix. As estações de trabalho utilizam sistemas operacionais compatíveis com Unix; os computadores de grande porte operam sob sistemas VMS, UVS e Unix, entre outros.

Outros elementos a serem definidos são:

- *Hardware*: é o conjunto de equipamentos necessários para que o *software* possa desempenhar as funções descritas. De forma sucinta, inclui o computador e periféricos, como impressora, plotter, scanner, mesa digitalizadora, unidades de armazenamento (unidades de disco flexível, disco rígido, CD-ROM, fitas magnéticas). A comunicação entre computadores também pode ser citada, sendo realizada por meio de um ambiente de rede;
- *Dados*: é o material bruto que alimenta o sistema, permitindo gerar informação, ou seja, o significado que é atribuído aos dados, por um usuário. O poder da informação é, sem dúvida, indiscutível. Porém, o que tem revolucionado os processos tradicionais de utilização da informação é a maneira como ela pode ser rapidamente processada e utilizada para diferentes objetivos pelo modo de sua apresentação, ou seja, georreferenciada ou mapeada;
- *Usuários*: pessoas com objetivos comuns formam uma organização ou grupo de trabalho. O SIG, por si só, não garante a eficiência nem a eficácia de sua aplicação. Como em qualquer organização, ferramentas novas só se tornam eficientes quando se consegue

integrá-las adequadamente a todo o processo de trabalho. Para isto não basta apenas investimento, mas o treinamento de pessoal, usuários e dirigentes para maximizar o potencial de uso de uma nova tecnologia;

- Metodologias ou Técnicas de Análise: estão diretamente ligadas ao conhecimento e à experiência do profissional que, a partir de um objetivo definido submete seus dados a um tratamento específico, para obter os resultados desejados. Esse aspecto mostra que a qualidade dos resultados de um SIG não está ligada somente a sua sofisticação e capacidade de processamento, mas é proporcional à experiência do usuário.

4.5 Banco de Dados Versionado

4.5.1 Introdução

O tópico se faz importante porque a AES Eletropaulo utiliza a metodologia de banco de dados versionado para o seu SIG, o qual é gerenciado pelo aplicativo ArcSDE (*Spatial Data Server*) - detalhes do aplicativo ArcSDE são abordados no tópico 5.3.3 deste trabalho. Dessa maneira o leitor terá uma melhor compreensão do sistema de postagem - detalhes do sistema de postagem são abordados nos tópicos 5.3.5 e 5.4.3.

O compartilhamento de informações geográficas em ambientes corporativos impõe regras de gerenciamento a fim de se garantir a integridade da base de dados. Vários usuários podem simultaneamente estar editando uma mesma informação e, no final das operações, a base de dados deve incorporar as alterações de forma consistente. Para isso, técnicas de bloqueio de dados ou de controle de versões podem ser utilizadas em gerenciadores de banco de dados.

Muitas aplicações geográficas demandam acesso concorrente às informações mantidas no banco de dados. Por exemplo, a digitalização do mapa topográfico de uma área extensa pode ser dividido entre vários membros de uma equipe, onde cada membro deve digitalizar uma área do mapa e, assim, um mesmo PI (Plano de Informação) do BDGeo (Banco de Dados Geográfico) seria atualizado por vários usuários de forma simultânea. Portanto, um sistema de BDGeo deve oferecer mecanismos que garantam a consistência do banco quando vários usuários lêem e alteram os dados de forma concorrente. Para controlar o acesso concorrente aos dados, os SGBD (Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados) convencionais trabalham com o conceito de transações, onde as mesmas levam o

banco de dados de um estado consistente a outro também consistente. Assim que uma transação é concluída, o estado anterior da base de dados é descartado. Uma maneira comum de se implementar transações num SGBD é através do bloqueio das tabelas envolvidas na transação até que ela termine. Nas aplicações geográficas uma operação de edição pode durar horas, dias ou meses, o que caracteriza uma transação de longa duração, para a qual não é adequado o bloqueio do DBGeo. Outras aplicações precisam manter a história do banco de dados, para que seja possível realizar estatística e análises sobre a evolução de tais dados.

Conseqüentemente, existe a necessidade de se guardar mais de um estado da base de dados, afastando-se do modelo tradicional e incorporando-se ao conceito de versão. Através do uso de versões, vários usuários podem editar simultaneamente dados geográficos, sem explicitamente bloquear os dados para outros usuários.

4.5.2 Conceitos básicos

Versões são cópias lógicas de algumas tabelas do DBGeo, não ocorrendo duplicação dos dados. Podem existir várias versões para um mesmo DBGeo, cada uma delas representa o banco em um determinado momento do tempo ou sob um determinado ponto de vista, cujo registro é importante para a aplicação. Uma versão não é afetada por mudanças em outras versões. No momento adequado, duas versões podem ser consistidas com relação a conflitos, dando origem a uma terceira versão que contém as propriedades das duas primeiras. Conflitos ocorrem quando um mesmo registro é diferente em duas versões sendo comparadas ou reconciliadas. As versões devem ser organizadas em uma estrutura que reflita o relacionamento entre elas. A estrutura pode ser [14]:

- (a) lista, onde cada versão só possui uma predecessora e uma sucessora;
- (b) árvore, onde várias versões podem ser derivadas de uma mesma versão, mas cada qual só tem uma predecessora e
- (c) grafo acíclico dirigido, onde cada versão pode ter várias predecessoras e várias sucessoras.

No caso de uma lista, uma nova versão é sempre criada como sucessora da última versão e representa a evolução do DBGeo no tempo. O relacionamento estabelecido entre as versões é um relacionamento de derivação. Quando a estrutura é uma árvore ou um grafo (se mais de uma versão são derivadas da mesma versão) elas usualmente são chamadas de alternativas [12] [13] [15]. Versões que estão no mesmo caminho até a raiz da árvore ou grafo são chamadas de derivativas. A esta estrutura dá-se o nome de histórico de versões [20]. Quando o histórico de versões não é uma lista, o relacionamento de derivação também representa um relacionamento temporal, porém como uma ordenação parcial, pois só para as versões derivativas consegue-se determinar qual foi criada posteriormente. Geralmente, as versões são classificadas para refletir o seu estado de desenvolvimento ou consistência. Essa classificação se dá por meio da atribuição de um estado à versão. Por exemplo, a versão pode estar em um estado transitório onde ela ainda deve sofrer diversas alterações, antes de atingir um estado mais estável. Uma versão no estado de trabalho é uma versão que já atingiu um estágio mais estável, de tal forma que pode ser compartilhada e, conseqüentemente, não pode mais sofrer alterações, podendo, no entanto, ser removida. Uma versão no estado liberado é uma versão que chegou ao seu estágio final e, portanto, não pode mais ser alterada nem removida.

As versões podem ser promovidas ou rebaixadas pelo usuário ou de forma automática. Contudo, versões liberadas não podem ser rebaixadas. Um SGBD que permita controle de versões deve oferecer primitivas para consultar o histórico de versões e as próprias versões [14], tais como:

- a) Operações que buscam informações sobre uma versão específica: tempo, número ou nome associado a uma versão;
- b) Operações sobre versões relativas a uma versão específica: todas as predecessoras ou sucessoras; predecessora ou sucessora imediata, com base no tempo; predecessoras ou sucessoras com base no nome; usuários que derivaram a partir desta versão e
- c) Operações sobre o grafo de versões como um todo: primeira, última, todas as versões, possivelmente restritas pelo nome e/ou tempo.

4.6 Extensões Espaciais de Sistemas de Banco de Dados

4.6.1 O que são Extensões Espaciais?

As Extensões Espaciais vêm surgindo entre os principais Sistemas de Banco de Dados de grande porte e entre os sistemas *freewares* (programas gratuitos). Um dos pioneiros nesse ramo foi o Oracle *Spatial*, que nasceu com a versão 8i do sistema Oracle. O termo “Extensão” se deve ao fato de as mesmas complementarem os Sistemas de Banco de Dados, pois esses não possuíam capacidade de armazenamento e tratamento de dados espaciais. “Os Sistemas de Informação Geográfica iniciaram seu desenvolvimento como sistemas autônomos, sem a capacidade de compartilhar ou gerenciar dados de forma eficiente” [21]. Tais sistemas eram desenvolvidos com funções genéricas dificultando o aprendizado e o uso. Com o avanço tecnológico os SIG evoluíram em suas capacidades de armazenamento e recuperação dos dados Geográficos, os quais possuem natureza espacial e alfanumérica. A primeira arquitetura que marcou esse avanço foi à arquitetura dual. Essa arquitetura baseia-se no uso de duas bases de armazenamento; uma para armazenamento de dados alfanuméricos e outra para armazenamento de dados de natureza espacial. Como citado anteriormente, os grandes gerenciadores do mercado de banco de dados voltaram atenções aos dados de natureza espacial e a partir disso começaram a surgir às extensões espaciais dos Sistemas de Banco de Dados, e a partir dessas extensões a arquitetura passou a ser chamada de arquitetura integrada [21]. Essa arquitetura utiliza uma única base para armazenamento dos dados de natureza alfanumérica e espacial.

4.6.2 Geocodificação

Geocodificar é prover referências espaciais passíveis de tratamento automatizado. No desenvolvimento de sistemas de aplicativos de natureza espacial ou de Sistemas de Informação Geográfica, interessa prover a localização de domínios espaciais que estejam:

- Associados a entes, por exemplo, o terreno de uma propriedade urbana;
- Associados a uma distribuição espacial de entes, por exemplo, setores censitários nos quais estão localizados domicílios;
- Associados à distribuição espacial de valores de atributos, por exemplo, amostragens de cotas de um terreno.

Estes domínios têm características de pontos, linhas e áreas.

4.6.3 Representação de Dados Espaciais

Existem dois tipos de representação para feições espaciais: vetoriais e matriciais.

Representações Vetoriais geralmente são assimiladas a pontos, linhas poligonais e polígonos, dos quais a cada ponto associamos um par de coordenadas.

Figura 3 - Exemplo de representação vetorial

“Representações Matriciais: também conhecidas como raster, são providas por códigos de localização das células sobre as quais incidem pontos, linhas e áreas” [21].

É comum utilizar uma malha retangular, onde a referência às quadrículas (células), sobre as quais incidem pontos, linhas e áreas são feitas através de uma matriz binária.

Figura 4 - Exemplo de representação matricial (raster)

A representação vetorial é mais adequada para identificar objetos individualizáveis no terreno, onde se requer precisão. A representação matricial por sua vez é mais adequada para fenômenos e grandezas que variam continuamente no espaço.

4.7 Inteligência Espacial

Inteligência espacial é a habilidade que os *softwares* SIG oferecem de mensurar distância e áreas, identificar vizinhanças, analisar redes e sobrepor ou combinar diferentes informações como, por exemplo, as funções de análise básicas (pesquisas espaciais e por atributos, interpolação, conectividade, proximidade e adjacência, entorno, sobreposição, entre outros) e funções de análise mais avançadas (estatísticas, localização, 3D, análises espaciais complexas) [18].

A Figura 5 ilustra um exemplo de análise espacial com classificação dos distritos municipais por faixa de população.

Figura 5 -Classificação de áreas em função de atributos

A definição de conjunto mínimo de operações espaciais é objeto de muito debate na literatura. Alguns dos principais conjuntos foram definidos por:

LILLESAND e KIEFER [22] - 13 operações:

"à esquerda de ..."

"à direita de ..."

"ao lado de ..."

"a cima de ... (mais alto, sobre)"

"abaixo de ... (sob)"

"atrás de ..."

"próximo a ..."

"longe de ..."

"ao lado de ...(adjacência a)"

"tocam ... (partilham linhas em comum)"

"dentro de ..."

"fora de ..."

"entre ... e ..."

A capacidade de executar análises espaciais complexas, rapidamente, determina vantagens, tanto quantitativas quanto qualitativas. Cenários de planejamento, modelos de decisão, detecção de mudanças, além de outros tipos de planos, podem ser desenvolvidos através de refinamentos resultantes de análises sucessivas. Esse processo torna-se viável somente pela rapidez de processamento dos computadores [23].

4.8 Suporte à Decisão

Um SIG não é exatamente um sistema automático de tomada de decisões, mas uma ferramenta para pesquisa, análise e mapeamento de informação, que fornece suporte ao processo de tomada de decisões. Um SIG pode, por exemplo, ser usado para a escolha da localização de um novo loteamento, que provoque o mínimo impacto ambiental, seja situado em área de baixo risco ou próximo a centros populacionais. A informação pode ser apresentada clara e sucintamente, na forma de um mapa ou de um relatório, permitindo que os tomadores de decisão possam concentrar-se apenas nos aspectos de real interesse, em vez de tentar entender os dados. Em função da rapidez com que produtos de SIG podem ser gerados, múltiplos cenários podem ser avaliados eficiente e efetivamente [18].

4.9 Aplicações de SIG no Planejamento de Redes Elétricas

Levantamentos realizados no setor de concessionárias indicam que 80% dos trabalhos requerem conhecimento da localização física de consumidores e equipamentos. Um SIG é construído para administrar esse tipo de informação e torná-la acessível através de uma organização. A tecnologia SIG proporciona ao setor de concessionárias elétricas as ferramentas que tornam as empresas mais focadas no consumidor, mais competitivas e melhor preparadas para a competição de mercado [19].

Usando um SIG, pode-se trabalhar com novos dados ou alterar a informação preexistente.

A análise dos sistemas de atendimento é crucial para a manutenção de um serviço adequado aos consumidores. Com um SIG, pode-se melhor controlar as condições e localizações de todos os componentes do sistema, bem como gerenciar as redes de distribuição e abastecimento elétrico. O SIG pode, ainda, fornecer mapas dos fluxos de energia através da cidade.

4.10 Fundamentos em Cartografia e Sensoriamento Remoto

Para o bom entendimento do funcionamento do SIG torna-se necessário conhecer alguns conceitos básicos das áreas de cartografia e sensoriamento remoto que serão descritos neste capítulo.

Cartografia é a ciência que trata da concepção, produção, difusão, utilização e estudo dos mapas. O vocábulo foi pela primeira vez sugerido pelo historiador português Manuel Francisco Carvalhosa, Visconde de Santarém, numa carta datada de 8 de Dezembro de 1839, de Paris, e endereçada ao historiador brasileiro Francisco Adolfo de Varnhagen, vindo a ser internacionalmente consagrado pelo uso [24].

A cartografia encontra-se no curso de uma longa e profunda revolução, iniciada em meados do século XIX. A introdução da fotografia aérea e da detecção remota, o avanço tecnológico nos métodos de gravação e impressão e, mais recentemente, o aparecimento e vulgarização dos computadores, vieram alterar profundamente a forma de aquisição, processamento e representação dos dados geográficos, assim como os interpretamos e exploramos.

Cartografia matemática é o ramo da cartografia que trata dos aspectos matemáticos ligados à concepção e construção dos mapas, isto é, das projeções cartográficas. Foi desenvolvida a partir do final século XVII, após a invenção do cálculo matemático, sobretudo por Johann Heinrich Lambert e Joseph Louis Lagrange. Foram especialmente relevantes, durante o século XIX, as contribuições dos matemáticos Carl Friedrich Gauss e Nicolas Auguste Tissot.

Cartometria é o ramo da cartografia que trata das medições efetuadas sobre mapas, designando a medição de ângulos e direções, distâncias, áreas, volumes e contagem de número de objetos.

Dessa forma podemos definir um mapa como uma representação, em escala e sobre uma superfície plana, de uma seleção de características sobre ou em relação à superfície da Terra [22]. Tradicionalmente, os mapas têm sido a principal fonte de dados para os SIG.

A confecção de um mapa requer, entre outras coisas, a seleção das características a serem incluídas no mesmo, a classificação dessas características em grupos, sua simplificação para representação, a ampliação de certas características para melhor representá-las no mapa e a escolha de símbolos para indicar as diferentes classes de características.

Existem diversos tipos de mapas. Mapas topográficos são elaborados com o objetivo de atender a uma infinidade de propósitos, enquanto que mapas temáticos são elaborados com objetivos mais específicos, por conter informações sobre um único assunto.

Ao longo de sua história, a geografia foi influenciada no conteúdo e na metodologia por mudanças científicas, tecnológicas e instrumentais de outras ciências, as quais forneceram os subsídios para complementar os seus estudos. A

escala cartográfica é um dos elementos básicos do mapa. O mapa é uma representação dos lugares. Toda representação mantém certa relação de tamanho (proporção) com o objeto representado. Uma escala mostra a proporção que existe entre o mundo real e sua representação no papel. Um mapa pode ser milhares ou até milhões de vezes menor que o lugar representado. Com um simples olhar, não há como sabermos a proporção com que o mapa foi desenhado. Por isso usamos a escala. A escala de um mapa é a razão entre as distâncias representadas no mapa e suas correspondentes distâncias no mundo real [25]. Existem diversas escalas, dentre as mais comuns encontram-se das menores para as maiores: 1:1000000 1:500000 1:250000 1:100000 1:50000.

Escalas maiores são usadas para trabalhos de detalhe, como mapeamento de corpos mineralizados, estudos geotécnicos e demais estudos de precisão. Sendo estas: 1:25000; 1:10000; 1:2500, além de outras de maior detalhe.

As escalas são muito usadas na Geologia, Engenharia de Minas e demais ramos que necessitam de mapas para seus estudos. São também utilizadas para determinação de bacias hidrográficas em obras de engenharia civil. Desde grandes barragens até obras de microdrenagem urbana têm seu início com estudos em cartas cartográficas.

O sistema de coordenadas permite definir a localização de qualquer elemento sobre a superfície terrestre. Os sistemas mais empregados são os sistemas de coordenadas geográficas (ou terrestres) e os sistemas de coordenadas planas (ou cartesianas) [4].

Nos sistemas de coordenadas geográficas, cada ponto é definido através do par de coordenadas referente à interseção de um meridiano com um paralelo. Os

meridianos são círculos da esfera terrestre que passam pelos Pólos Norte e Sul, enquanto os paralelos são círculos da esfera terrestre cujos planos são perpendiculares ao eixo dos Pólos Norte-Sul. Os meridianos são medidos em longitude a partir do meridiano de Greenwich, escolhido arbitrariamente como sendo o meridiano de origem, com valores variando de 0° de longitude (na origem) até $+180^\circ$ de longitude a leste e -180° de longitude a oeste. O paralelo do Equador divide a Terra nos hemisférios norte e sul, definindo as medidas de latitude como sendo 0° no paralelo do Equador, $+90^\circ$ no Pólo Norte e -90° no Pólo Sul.

Os sistemas de coordenadas planas são baseados em um par de eixos perpendiculares, onde a interseção dos eixos representa a origem para a localização de qualquer ponto sobre o plano. Nesses sistemas, as coordenadas dos pontos são representadas por um par de valores (x, y) simbolizando a projeção do ponto sobre cada um dos eixos. Normalmente, o eixo horizontal fica associado à medida de longitude enquanto o eixo vertical fica associado à medida de latitude, o que permite conversões entre os sistemas de coordenadas, a partir de transformações matemáticas.

A superfície curva da Terra é representada em mapas que, normalmente, são confeccionados sobre uma folha de papel, ou seja, sobre uma superfície plana, o que, inevitavelmente, provoca distorções entre a realidade e sua representação. Projeção Cartográfica é o método matemático através do qual a superfície curva da Terra é representada sobre uma superfície plana.

Existem diferentes tipos de projeções utilizadas na confecção de mapas (Figura 6). Essas projeções atendem a objetivos distintos, podendo preservar a área (projeção equivalente) dos fenômenos representados, a forma dos fenômenos

(projeção conformal) ou mesmo a distância (projeção eqüidistante) entre pontos no mapa [16].

Algumas das projeções mais empregadas são: projeção cônica de Lambert, projeção UTM (“Universal Transverse Mercator”) e projeção plana. No Brasil existe, ainda, um mapeamento sistemático realizado pelo Serviço de Cartografia do Exército, feito na projeção UTM, nas escalas de 1:250.000, 1:100.000 e 1:50.000 [17].

Figura 6 - Projeções

Sensoriamento Remoto (em português, Detecção Remota ou Teledetecção) é uma técnica de obtenção de informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno no Planeta Terra, sem que haja contato físico. Atualmente essas informações são obtidas por sensores, em satélites, que geram imagens. A NASA é uma das maiores captadoras de imagens recebidas por seus satélites.

Sensoriamento Remoto é definido como a ciência e a arte de se obter informações sobre objetos, áreas ou fenômenos, através da análise dos dados

adquiridos por um dispositivo que não esteja em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação [25].

Por não haver contato físico, a forma de transmissão dos dados (do objeto para o sensor) só pode ser realizada pela Radiação Eletromagnética, por ser esta a única forma de energia capaz de se propagar pelo vácuo. Considerando a Radiação Eletromagnética como uma forma de energia, o Sensoriamento Remoto pode ser definido com maior rigor como uma medida de trocas de energia que resulta da interação entre a energia contida na Radiação Eletromagnética de determinado comprimento de onda e a contida nos átomos e moléculas do objeto de estudo.

O processo de obtenção de dados através do Sensoriamento Remoto utiliza sensores para se obter dados, de forma remota, que podem ser analisados para gerar informações sobre as áreas observadas [25]. Existem diversas formas de captura de dados através de sensores remotos como, por exemplo, por meio da distribuição de ondas acústicas. Porém, no contexto de SIG, apenas as técnicas empregadas pelos sensores de energia eletromagnética são importantes. Esses sensores são operados a partir de veículos aeroespaciais (ex.: satélites em órbita terrestre).

Os materiais que estão sobre a superfície terrestre refletem a energia eletromagnética proveniente de fontes naturais (ex.: sol) ou de fontes artificiais (ex.: lâmpadas), que é captada por dispositivos sensores. Os sensores eletromagnéticos podem ser divididos em dois grupos: passivos e ativos. Sensores passivos (ex.: fotografia aérea) medem a energia existente no ambiente, enquanto que os sensores ativos geram sua própria fonte de energia (ex.: Sistema Radar).

O sistema de radar emite energia na região de ondas do espectro eletromagnético (Figura 7) e capta a energia refletida pelos materiais que estão sobre a superfície terrestre [26].

Figura 7 - Sistema Radar

Três elementos são fundamentais para o funcionamento de um sistema de Sensoriamento Remoto: Objeto de estudo, Radiação Eletromagnética e um Sensor.

Pelo princípio da conservação da energia, quando a radiação eletromagnética incide sobre a superfície de um material, parte dela será refletida por esta superfície, parte será absorvida e parte pode ser transmitida, caso a matéria possua alguma transparência. A soma desses três componentes (Reflectância, Absorbância e Transparência) é sempre igual, em intensidade, à energia incidente.

O que nossos olhos percebem como cores diferentes é, na verdade, radiação eletromagnética de comprimentos de onda diferentes. A cor azul corresponde ao intervalo de $0,35$ a $0,50\mu\text{m}$; a verde vai de $0,50$ a $0,62\mu\text{m}$ e a vermelha, de $0,62$ a $0,70\mu\text{m}$ (os intervalos são aproximados e variam segundo a fonte de consulta). Esses intervalos também são conhecidos como 'regiões'. Acima do vermelho, está a região do infravermelho e logo abaixo do azul está o ultravioleta.

Os sensores remotos medem as intensidades do Espectro eletromagnético e, com essas medidas, obtêm imagens nas regiões do visível (azul, verde e

vermelho) ao infravermelho e medem a intensidade da radiação eletromagnética refletida em cada intervalo pré-determinado de comprimento de onda.

Segundo Amaral [22], os materiais apresentam comportamentos distintos ao longo do espectro eletromagnético para diferentes atributos (ex.: emissividade, reflectância, absorptância, transmissividade, luminescência, entre outros). Dessa forma, sensores operando em diferentes intervalos espectrais (sensores multiespectrais) são capazes de discriminar determinados objetos ou fenômenos sobre/sob a superfície terrestre.

O espectro eletromagnético é muito amplo e nem todos os comprimentos de onda são adequados para fins de sensoriamento remoto. Por exemplo, os intervalos de comprimento de ondas verde, vermelha (visíveis) e também a infravermelha apresentam baixa interferência atmosférica, possibilitando uma boa oportunidade para medir as interações com a superfície terrestre. A maioria das imagens produzidas, via sensoriamento remoto para aplicações relacionadas com SIG são obtidas nesses intervalos.

Existem diversas propriedades básicas para um sensor eletromagnético, as principais são [3]:

- Resolução espectral - número de bandas do espectro eletromagnético que são captadas pelo sensor;
- Resolução espacial - área da superfície terrestre observada pelo sensor;
- Resolução temporal - intervalo de tempo entre duas tomadas de imagens.

O sensoriamento remoto pode ser em nível terrestre, sub-orbital e orbital.

Os representantes mais conhecidos do nível sub-orbital são as também chamadas fotografias aéreas, utilizadas principalmente para produzir mapas. Neste nível operam-se também algumas câmeras de vídeo e radares.

No nível orbital estão os balões meteorológicos e os satélites. Os primeiros são utilizados nos estudos do clima e da atmosfera terrestre, assim como em previsões do tempo. Já os satélites, além de produzir imagens para uso meteorológico, também são úteis nas áreas de mapeamento e estudo de recursos naturais.

No nível terrestre são feitas as pesquisas básicas sobre como os objetos absorvem, refletem e emitem radiação. Os resultados dessas pesquisas geram informações sobre como os objetos podem ser identificados pelos sensores orbitais.

Dessa forma é possível identificar áreas de queimadas numa imagem gerada de um satélite, diferenciar florestas de cidades e de plantações agrícolas e até identificar áreas de vegetação que estejam doentes ou com falta de água.

Os sistemas de processamento de imagens são *softwares* desenvolvidos para resolver problemas específicos de tratamento de imagens obtidas remotamente, sendo que alguns SIGs possuem módulos acoplados que permitem ao usuário realizar um conjunto, normalmente limitado, de operações envolvendo imagens de satélite.

4.11 Sistemas de distribuição de energia elétrica

A energia elétrica, nos centros de geração, é produzida em uma tensão razoavelmente baixa sendo em seguida, essa tensão elevada, para economizar as estruturas de transmissão (tensão mais elevada proporciona menos perdas). Essas tensões elevadas circulam por linhas de transmissão com grandes torres metálicas, que alimentam as subestações de subtransmissão. A partir das subestações o papel do sistema distribuidor é levar energia elétrica até os consumidores, ou seja até suas residências.

Os consumidores do sistema distribuidor de energia elétrica basicamente se classificam em 3 tipos:

- Industriais: tensão de subtransmissão (69.000 e 138.000 V);
- Industriais e comerciais de médio porte: distribuição primária (na tensão usual de 13.800V);
- Residenciais, pequenos comércios e indústrias: redes de distribuição secundária (nas tensões típicas de 127 e 220 V).

A figura 8 abaixo ilustra o sistema de distribuição.

Figura 8 - Sistema de Distribuição

As redes são todas estruturadas de forma que a tensão e corrente fiquem sempre dentro de limites toleráveis. Esse serviço é feito pelos analistas de sistemas, que são engenheiros e estão sempre estudando novas maneiras de melhorar a distribuição. Tal serviço é classificado em:

- Operação do sistema distribuidor: garante a distribuição a todos os consumidores, reparação dos defeitos que ocorrem nas redes elétricas e execução do serviço de manutenção programada;
- Planejamento do sistema distribuidor: determina a melhor estratégia de expansão visando custo mínimo e garantia de que todos os equipamentos trabalhem dentro de critérios técnicos aceitáveis;
- Regulamentação e fiscalização dos serviços de distribuição de energia elétrica: garantem a qualidade que o produto deve possuir de acordo com leis, decretos e resoluções, elaboradas por agências federais e estaduais;
- Projeto de sistemas de distribuição: a rede tem de ser projetada de forma a operar dentro de limites técnicos, atendendo aos consumidores existentes e aos novos consumidores, por alguns anos.

4.12 UML - Unified Modeling Language

4.12.1 Introdução

O propósito deste tópico é explicar, de forma sucinta, a linguagem padrão para se descrever sistemas orientados a objeto, denominada UML, pois as interfaces de integração (iInterPlan e Marca d' Água) foram desenvolvidas seguindo este padrão.

4.12.2 Conceitos básicos

Segundo MARTIN e KENDALKI [27], a UML é uma linguagem para especificação, construção, visualização e documentação de um sistema de *software*.

A notação UML é uma mistura de sintaxe gráfica de vários métodos, com um número de símbolos removidos (porque são confusos, supérfluos ou pouco usados) e alguns símbolos adicionais. O resultado é uma única, comum e ampla linguagem de modelagem utilizável por vários usuários desses e de outros métodos.

Um metamodelo é uma linguagem para especificar um modelo que contém todos os elementos básicos de informação sobre um sistema e é independente de como essas informações são representadas. O propósito de desenvolver esse metamodelo foi o de fornecer uma declaração única, comum e definitiva da sintaxe e semântica dos elementos da UML.

A UML é formada por técnicas de diversos métodos, cujos principais são:

- Booch (Grady Booch é um dos mais atuantes e proeminentes metodologistas da atualidade, na área de engenharia de *software*);
- OMT (*Object Modeling Technique*) e

- OOSE (*Object Oriented Software Engineering*).

Outros métodos importantes são:

- Fusion;
- State Charts.

O método OOSE é uma abordagem orientada a Casos de Uso, que fornece excelente suporte a análise de requisitos. As técnicas utilizadas pela UML desse modelo foram: Diagrama de Casos de Uso e Subsistema (idéia utilizada para a criação dos pacotes).

O OMT, especialmente expressivo para a análise de sistema de informação, contribuiu com o Diagrama de Classes e Diagrama de Estados. Do Booch, a UML utilizou Diagrama de Estados, Diagrama de Classes, Diagrama de Objetos (de onde surgiu o Diagrama de Colaboração), Diagrama de Processos (originando o Diagrama de Deployment) e o Diagrama de Módulos (resultando o Diagrama de Componentes). O método Fusion também colaborou com o Grafo de Interação de Objetos. O Statecharts de Harel contribuiu para a criação do Diagrama de Atividades.

Segue a Figura 9, que ilustra as várias metodologias que contribuíram para constituir a UML.

Figura 9 - Linguagem de Modelagem Unificada

Em 1994, Rumbaugh e Booch decidiram terminar a “guerra” de métodos e se uniram visando criar um único método de desenvolvimento de *software*. A idéia era criar um “Método Unificado” que incorporasse as melhores características dos métodos existentes e resolvesse os problemas de cada deles. Em 1996, Jacobson se uniu a eles e decidiu-se criar uma linguagem de modelagem unificada.

5 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE INTEGRAÇÃO

5.1 Introdução

O capítulo 5 inicia-se discutindo sobre os processos atuais das empresas e a mudança de paradigma com a aquisição do SIG.

Neste capítulo estabelece-se a metodologia de integração desenvolvida na AES Eletropaulo e utilizada como caso de estudo nesta dissertação. Tal metodologia descreve as integrações implementadas entre o aplicativo interPlan com os *softwares* ArcGIS e posteriormente com o Designer, sendo apresentada nos seguintes tópicos:

- Os problemas existentes;
- As interfaces de integrações com o SIG (ArcGIS):
 - o ilInterPlan.
- As interfaces de integrações com o FPG (Designer):
 - o Marca d' A'gua.
- Dificuldades encontradas e
- Benefícios após a integração.

5.2 Descrição da metodologia atual e suas limitações

5.2.1 Introdução

Este tópico descreve de maneira sucinta os macro-processos da empresa nas áreas de gestão empresarial, comercial e técnica e suas intersecções com o geoprocessamento.

5.2.2 A Empresa, Grandes Áreas, seus Setores e Macro-Processos

Dentro de uma concessionária de distribuição de energia elétrica, considerando seus macro-processos, podem-se distinguir três grandes áreas de gestão: empresarial, comercial e técnica. Essas áreas estão intimamente entrelaçadas e cada uma delas possui objetos e objetivos complementares, numa relação harmônica: a gestão empresarial trata de aspectos administrativos da empresa; a gestão comercial lida com os clientes consumidores e a gestão de rede, que constitui a área técnica da empresa, preocupa-se com a infra-estrutura física da distribuição de energia.

A área técnica congrega: planejamento, engenharia, operação, manutenção, gestão de ativos e atendimento técnico ao consumidor - setores estes que interagem sobre a rede elétrica.

A área de gestão empresarial interage com a área técnica no tratamento dos ativos da rede, através das ordens de ativação e desativação, aquisição e estoques de materiais e equipamentos, além do tratamento administrativo-financeiro da operação e manutenção da rede.

Já a área comercial, congrega as relações com os clientes: marketing, vendas, levantamento do consumo, processamento de contas e recebimento de faturas, além dos serviços a clientes. A área comercial alimenta a técnica através de informações dos clientes (mercado): séries históricas de consumo, demanda por região, diretrizes estratégicas de expansão (consumidores livres), fatores característicos de carga, perfil dos consumidores (categorias e atributos sócio-econômicos), entre outros. O atendimento técnico exige adequada localização espacial e elétrica do consumidor, ou seja, seu endereço postal e seu ponto de conexão na rede elétrica [14].

Na intersecção das áreas de gestão empresarial e comercial, situam-se os sistemas de faturamento. Já na intersecção das três grandes áreas, situam-se os sistemas de gestão de ativos e o sistema de geoprocessamento - daí a importância estratégica destes últimos.

5.2.3 Processos e Demanda de Sistemas da Área Técnica

Para atender aos processos operados pelos setores da área técnica, existe uma demanda de sistemas técnicos específicos, além da integração com sistemas de outras áreas. Essa relação é esquematizada na Figura 10.

Com base nas demandas específicas de cada uma das aplicações técnicas e de levantamentos efetuados por meio de entrevistas e reuniões realizadas com os usuários das diversas áreas da empresa, foram definidos os requisitos de informações a serem disponibilizadas na base de dados do SIG [28].

Figura 10 - Macro-processos x Demanda de Sistemas da Área Técnica

O relacionamento dinâmico entre as três áreas, dando enfoque à rede elétrica, pode ser observado na Figura 11, onde a abstração mercado é a visão do cliente, espacialmente distribuída, do ponto de vista comercial e a abstração suprimento é a visão dos ativos da rede; do ponto de vista empresarial. Os setores da área técnica operam sobre a rede elétrica demandando uma visão elétrico-espacial, relacionando-a às demais áreas. Essa demanda é apoiada pelo sistema de geoprocessamento.

Figura 11 - Inter-relacionamentos na área técnica

5.2.4 Mudança de Paradigma - Integração Utilizando SIG

No paradigma anterior da AES Eletropaulo, por sobre as diversas áreas da empresa orbitava uma gama de sistemas pulverizados para atender às necessidades de seus macro-processos. Nessa configuração antiga, o principal sistema técnico era a GRADE (Gerência de Redes e Equipamentos de Distribuição), ainda em operação [28]. Esse sistema, baseado em *mainframe* (computadores de grande porte), era o responsável pelo gerenciamento da base de dados de redes e equipamentos de distribuição da empresa. Tratava-se de um cadastro com todos os elementos de rede (do consumidor até a ETD), georreferenciados, mas sem inteligência espacial. Incorporava grande quantidade de aplicativos para atualização, consulta, manobras, emissão de relatórios, cálculos elétricos, perdas técnicas, entre outros.

Essa configuração não atendia às necessidades e requisitos das atuais plataformas de hardware e *software* nem à crescente demanda por flexibilidade e integração entre sistemas. Acrescenta-se ainda que no paradigma anterior não existiam integrações com os sistemas das áreas comerciais e de gestão empresarial [30].

A agilidade no acesso às informações impõe que os sistemas principais sejam plenamente integráveis. Já a boa administração dos dados aconselha que se evitem as duplicidades de informação. Garante-se, assim, com maior segurança, uma visão completa, total e atualizada dos dados relevantes aos negócios da empresa.

Alinhada com as constantes modernizações tecnológicas, a empresa decidiu, então, revisar e atualizar sua configuração de sistemas e processos. Seguindo tendências de mercado, dentre essas modernizações, optou-se por

grandes sistemas corporativos, sendo a configuração de sistemas planejada composta por: sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) para atender a gestão empresarial, CRM (*Customer Relationship Management*) e Faturamento para a gestão comercial e os sistemas técnicos congregados em torno do SIG [28].

Observa-se que os sistemas técnicos, que possuem como objeto a rede elétrica, congregam-se em torno do sistema de geoprocessamento, sendo este último o responsável pelo retrato do estado atual da rede.

Na Figura 12 ilustra-se o fluxo de informações entre o SIG e as diversas aplicações relacionadas às três áreas.

Figura 12 - Interação entre os Principais Sistemas Relacionados ao SIG

O sistema de geoprocessamento escolhido foi o ArcGIS [29], um sistema que tem se difundido como padrão de mercado para geoprocessamento em várias

áreas, como telecomunicações e ambiental. Porém, a implantação na AES Eletropaulo foi a primeira experiência de utilização desse pacote específico em empresas de distribuição elétrica no Brasil.

O modelo de dados elétrico adotado fora construído com base no pacote ArcFM Energy [31].

A primeira etapa contemplou o modelo elétrico aéreo como ferramenta básica de geoprocessamento e do gerenciador de redes e equipamentos, além da confecção de esquemáticos e plantas, substituindo o aplicativo GRADE nessas funcionalidades.

Numa segunda etapa o modelo fora expandido com a inclusão dos modelos elétrico e civil da rede subterrânea.

Finalmente a terceira etapa tratou da implantação da FGP, baseada no produto Designer.

5.3 Primeira Integração

5.3.1 Introdução

O tópico trata da implantação do Sistema de Informação Geográfica, baseada no produto ArcGIS, na AES Eletropaulo, e descreve detalhadamente a metodologia de integração com o interPlan, tendo, como resultado do processo de integração, o desenvolvimento e implantação do *software* ilInterPlan.

Antes de descrever sobre a metodologia são apresentados os aspectos funcionais dos *softwares* envolvidos no processo de integração:

- ArcGIS;
- ArcSDE;
- ArcFM;
- Sistema de Postagem;
- interPlan.

Na parte intermediária do tópico apresentam-se os problemas existentes antes da implantação dos aplicativos de planejamento e do SIG, a metodologia e tecnologia utilizada na integração e as funcionalidades do aplicativo ilInterPlan através de um exemplo prático.

E, por último, os benefícios após a integração.

5.3.2 Aspectos Funcionais do ArcGIS

O ArcGIS disponibiliza um conjunto expansível de funcionalidades [29]:

- ArcView, aplicativo básico;
- ArcEditor, intermediário e
- ArcInfo, o mais abrangente.

Além disso, possui também uma série de extensões de aplicativos que complementam as funcionalidades dos produtos básicos.

O ArcView é o componente de nível inicial do ArcGIS. As funções SIG são disponibilizadas para entradas de dados básicos, edição e manipulação de atributos e coordenadas. Dados espaciais discretos ou contínuos podem ser ambos representados utilizando os métodos mais comuns. Análises espaciais básicas estão disponíveis, além de apresentações de mapas rápidos e fáceis e capacidade de impressão básica.

O ArcEditor é um produto que disponibiliza um conjunto das funções de manipulação de dados espaciais mais utilizadas, além das disponíveis no ArcView. São possíveis tarefas de edição mais complexas, bem como outras funções de gerenciamento de dados e mais controle sobre a arquitetura do banco de dados.

ArcInfo é o aplicativo completo, destinado a disponibilizar um grande conjunto de ferramentas de geoprocessamento, desde a entrada de dados até a maioria das formas de impressão e saída de dados digitais. O ArcInfo suporta múltiplos formatos de dados, muitos tipos de informações e estruturas e literalmente, milhares de operações possíveis, que podem ser aplicadas em dados espaciais.

As extensões do ArcGIS podem operar com toda a família ArcGIS. São elas:

- ArcGIS Spatial Analyst: análise espacial avançada utilizando dados raster e vetoriais;

- ArcGIS 3D Analyst: visualização tri-dimensional, análise topográfica e criação de superfícies;
- ArcGIS Geostatistical Analyst: ferramentas estatísticas para exploração de dados, modelagem e geração avançada de superfícies;
- ArcPress for ArcGIS: impressão de alto desempenho utilizando arquivos gráficos de rasterização (processo de geração de imagem digital através da captura por scanner), que programam os controles de saídas de cores e velocidade de impressão e
- MrSID Encoder for ArcGIS: produz imagens em formato SID (imagens de alta resolução) a partir de imagens de entrada de até 500 Mb.

5.3.3 Aspectos Funcionais do ArcSDE

ArcGIS é uma coleção de *softwares* geográficos integrados que manipulam dados geográficos armazenados, tanto em arquivos quanto em SGBDs comerciais, com ou sem extensão espacial. Os SGBDs suportados pelo ArcGIS são: IBM DB2, com extensão espacial; IBM Informix, com extensão espacial; Microsoft SQL Server, Oracle, Oracle com extensão espacial ou Locator e Microsoft Access. Esse suporte a diferentes SGBDs é implementado pela ferramenta ArcSDE [29].

O ArcSDE funciona como um servidor de dados geográficos para os *softwares* do ArcGIS (ArcReader, ArcView, ArcEditor, ArcInfo, ArcIMS, ArcGIS Server, entre outros), fazendo a interface entre esses *softwares* e os SGBDs.

Ele é uma ferramenta responsável pelo armazenamento, gerenciamento e recuperação dos dados dos SGBDs, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Arquitetura do ArcGIS
 Fonte: www.esri.com
 Data da visita: novembro de 05

O ArcSDE define um modelo lógico para dados espaciais implementado sobre o modelo físico de cada SGBD. Nos SGBDs com extensão espacial (Oracle Spatial, IBM DB2 Spatial Extender e Informix Spatial Datablade), os dados vetoriais são armazenados em tipos de dados espaciais, como mostrado na Figura 14. Além disso, os recursos oferecidos por tais extensões para manipular esses tipos de dados, como indexação espacial e SQL espacial, são explorados. Nos SGBDs que não possuem essa extensão (SQL Server e Oracle), os dados vetoriais são armazenados em tipos binários longos (BLOB, Long Raw ou Image), seguindo a especificação *OpenGIS Simple Features Specification for SQL's Binary Geometry* [32].

DBMS	Geometry Storage	DBMS Type
Oracle	ArcSDE Compressed Binary	Long Raw, BLOB
	Oracle9i Spatial and 9i Locator	SDO_Geometry
	Oracle10g Locator and 10g Spatial	SDO_Geometry
Microsoft SQL Server	ArcSDE Compressed Binary	Image
Informix	Informix Spatial DataBlade	ST_Geometry
IBM DB2	DB2 Spatial Extender	ST_Geometry

Figura 14 - Tipos de dados usados pelo ArcSDE para armazenar dados vetoriais

Fonte: www.esri.com

Data da visita: novembro de 05

O dado matricial é armazenado nos SGBDs seguindo um modelo de persistência definido pelo ArcSDE. Esse dado é dividido em blocos com tamanhos definidos pelos usuários e estruturas de indexação espacial são construídas sobre tais blocos, que são armazenados em tipos binários longos (BLOBs) em todos os SGBDs, com ou sem extensão espacial. Assim, quando um raster é consultado, somente os blocos necessários para atender a consulta são retornados, ao invés de todo o dado, aumentando o desempenho.

Além disso, o dado matricial é armazenado em diferentes resoluções (pirâmides). Essa característica otimiza a performance de desenho do dado reduzindo a quantidade de dados transferidos para a aplicação cliente.

A Figura 15 ilustra o modelo de persistência para dados matriciais do ArcSDE.

Figura 15 - Como um dado matricial é armazenado em um SGBD pelo ArcSDE
 Fonte: www.esri.com
 Data da visita: novembro de 05

5.3.4 Aspectos Funcionais do ArcFM

O ArcFM é a solução SIG do setor de serviços públicos (energia elétrica, gás, água e saneamento) para modelagem, edição, controle e gerenciamento de dados em um sistema corporativo. O ArcFM vem acompanhado da arquitetura de dados completa para definir feições e comportamentos através de uma metodologia customizável do modelo e controle de dados e interface. Isso inclui tarefas de *trace* (procedimento de consulta topológica de rede conexa) para automatizar operações e aumentar as ferramentas de edição, como automatização de rotação de símbolos, feições complexas e criação de favoritos de usuários [31].

AM/FM: designam a Gestão de Serviços de Utilidade Pública, que se baseia também em tecnologia CADD. Entretanto, a apresentação gráfica geralmente não é tão precisa e detalhada como em sistemas CAM; a ênfase de AM/FM está centrada no armazenamento, na análise e na emissão de relatórios. As relações entre os

componentes do sistema de utilidade pública são definidas como redes (*Networks*) que são associadas a atributos, permitindo assim modelar e analisar a operação do sistema de utilidade pública. Atributos não-gráficos podem ser ligados aos dados gráficos. Dentre as limitações está a não definição de relações espaciais.

5.3.5 Aspectos Funcionais do Sistema de Postagem

5.3.5.1 Introdução

Este tópico descreve o funcionamento do processo de gerenciamento e administração do GDB (Geodatabase - banco de dados geográfico) da AES Eletropaulo. É relatado, de maneira sucinta, o funcionamento da árvore de versões e o processo postagem do GDB, realizado pelo setor de operações ao final do expediente, o que se faz importante para melhor compreensão das mudanças ocorridas no processo de postagem, com a implantação da FGP, melhor explicada, por sua vez, no tópico 5.4 deste trabalho.

5.3.5.2 Metodologia

As ações desenvolvidas pelos usuários finais no Sistema SIG da AES Eletropaulo são voltadas à manutenção do cadastro da rede elétrica e a estudos e simulações. Para realizá-las, o usuário efetua a criação de uma versão específica do GDB e promove suas edições dentro dessa versão. O esquema de versionamento é constituído por uma árvore de versões, composta por uma versão pai, denominada “SDE.Default” e versões filhas da mesma, conforme ilustra a Figura 16:

Figura 16 - Esquema de Versões

Por definição da empresa, o tempo máximo de existência das versões é de um dia. As edições realizadas nas mesmas serão efetivadas ou não no GDB através de um mecanismo não acessível ao usuário final, denominado de postagem (publicação, na rede, das edições da versão de cadastro para a versão *Default*), como a Figura 17 exemplifica:

Figura 17 - Processo de Postagem

Em linhas gerais, as versões criadas pelo usuário:

- Podem ser excluídas a qualquer momento pelo próprio usuário ou por outro, dependendo do tipo de versão criada (pública, privada ou protegida). Neste caso, as edições realizadas serão perdidas, ou seja, não serão repassadas para a versão SDE.Default do GDB;
- Terão as edições realizadas validadas contra os elementos presentes na versão SDE.Default do GDB e, em caso de serem consideradas válidas, essas edições serão armazenadas na versão SDE.Default do GDB. Em seguida, serão excluídas automaticamente. Esse processo

é realizado atualmente pelo Setor de Operações ao final do expediente.

Diariamente, resta uma média de 45 versões criadas pelos usuários finais no GDB. Os processos realizados diariamente ao final do expediente pelo Setor de Operação da AES Eletropaulo contemplam, além das atividades de Reconciliação e Postagem das versões do SIG (inseridas em um macro processo, em lote conhecido como “Batch Posting”), outros processos voltados à manutenção do GDB (compressão do GDB).

Durante o processamento de reconciliação (sincronizar os estados de edição, para posteriormente habilitar a postagem das edições), poderão ocorrer eventuais conflitos, ou seja, os usuários editarem a mesma feição gráfica ou alfanumérica.

Os conflitos não são resolvidos por uma lógica padrão, os mesmos são listados em um relatório, posteriormente enviado ao usuário proprietário da versão conflitante, para tomar as devidas medidas, a fim de corrigir ou contornar os conflitos do cadastro, conforme ilustra a Figura 18 abaixo:

Figura 18 - Processo de Reconciliação

A cada término do ciclo de processamento diário descrito, garante-se que somente a versão SDE.Default é a existente no GDB. Por outro lado, deve-se enfatizar que o ciclo de vida de uma versão não ultrapassa um dia útil, sendo esse o padrão atual utilizado para versões voltadas à manutenção do cadastro da rede da AES Eletropaulo.

5.3.5.3 Aspectos Funcionais do interPlan

O interPlan é um sistema computacional para estudos de planejamento de médio e curto prazos, que possibilita a visualização e edição gráfica da rede e a definição de configurações de rede otimizadas para atender objetivos previamente fixados. As seguintes funções de planejamento estão disponíveis: planejamento da operação, planejamento da expansão da rede e extração de dados [33].

5.3.5.4 Planejamento da operação

- Estabelecimento da demanda por patamares e por centro de carga a partir de dados de faturamento e medições;
- Análise do desempenho da rede (carregamento, níveis de tensão, perdas, confiabilidade a priori, entre outros);
- Redução das perdas através de reconfiguração da rede;
- Alocação de suporte reativo (bancos de capacitores e reguladores de tensão).

5.3.5.5 Planejamento da expansão da rede

Avaliação do mercado espacial (por quadrículas ou centro de carga) de região delimitada, a partir do mercado global;

- Diagnóstico da rede para anos futuros e estabelecimento de áreas carentes de reforços;
- Proposição de alternativas e de reforços na rede, através de ferramentas gráficas;
- Seleção dos reforços para atendimento dos critérios técnicos através de técnicas de otimização e definição do plano de obras, além de cronograma de desembolsos.

5.3.5.6 Extração de dados

O interPlan possui um módulo de extração de dados que tem por objetivo adquirir as informações necessárias da Base de Dados Corporativa da Empresa e disponibilizá-las para o sistema de planejamento, desenvolvido para uso em micro-computadores do tipo PC. A modelagem de dados agrega informações do faturamento e informações relativas à topologia da rede de distribuição. Na Figura 19, pode-se observar que o módulo de extração alimenta a base de dados local do interPlan [33].

A partir dos dados extraídos da base corporativa, o interPlan é capaz de alimentar todos os seus outros módulos com as informações necessárias para cálculos e métodos específicos:

- Cálculo da demanda nos centros de carga da rede, com base em curvas de hábitos de consumo e métodos numéricos específicos;

- Cálculo do fluxo de potência e tensões em todas as barras do sistema, com representação gráfica, configurável pelo usuário, em cores dos níveis de fluxos e tensões;
- Diagnóstico do sistema, proposição e análise de reforços, como alocação de capacitores, reguladores de tensão, recondutoramentos, inclusão de novas subestações, entre outros;
- Visualização da rede topológica e cartografia, recursos gráficos para medição de distâncias entre barras, além da edição de todos os parâmetros e componentes da rede de distribuição através de interface gráfica;
- Estudos de planejamento com análises de crescimento de mercado por alimentadores primários e por análise espacial de quadriculas georreferenciadas.

Figura 19 - InterPlan

Fonte: <http://www.daimoninterPlan.com.br>

Data da visita: maio de 06

5.3.6 Problemas Existentes

Na AES Eletropaulo foram constatados alguns problemas antecedentes a implantação do SIG e do interPlan.

Como descrito anteriormente, o GRADE era o principal sistema técnico da época e dele eram extraídas as informações de medição (própria e passante) em cada ponto de carga, para elaborarem os relatórios chamados "perfil de carga". Essas informações, aliadas às diretrizes de mercado, crescimentos pontuais de carga e considerando as manobras previstas fizeram com que as cargas dos sistemas de distribuição evoluíssem de forma a mostrar novas necessidades de obras para adequação às premissas de planejamento, sendo um processo muito oneroso com relação a tempo. Os mapas da rede eram elaborados a mão, em cima de mapas cartográficos, exigindo, dessa maneira, uma manipulação cuidadosa a fim de que não se rasgasse ou se manchasse o material, além do inconveniente do espaço ocupado por eles.

Por não possuírem os mapas em meio digital, havia a dificuldade de gerenciar as informações de cadastro da rede de energia elétrica, uma vez que eram executadas manualmente. Por exemplo:

- Localização de cruzamentos: tornava-se difícil e demorada a localização devido ao tamanho da cidade;
- Locomoção: havia muitos gastos e perda de tempo em locomoção até o local desejado para uma possível manutenção na rede elétrica;
- Cadastro: as plantas cadastrais da rede de energia elétrica eram confeccionadas em papel. Sendo assim, sua manipulação deveria ser cuidadosa, a fim de que não se rasgasse ou se manchasse o material. Além do inconveniente do espaço ocupado por elas.

- Execução: dificuldade na execução de análises e aplicações gráficas complexas, com lentidão na formação e alteração de cenários, o que dificultava a tomada de decisão.

A vantagem da adoção de tecnologias de Geoprocessamento sobre os processos cartográficos convencionais é a flexibilidade, ou seja, a facilidade de produzir novas respostas mudando os parâmetros cartográficos.

5.3.7 Integração entre o ArcGIS e o interPlan

O processo de integração é melhor entendido através da Figura 20, abaixo, onde a seta representa o aplicativo iInterPlan (Interface do InterPlan), que é o responsável por fazer a ponte entre os sistemas.

Figura 20 - Primeira Integração

O ilnterPlan constitui-se numa interface entre a base georreferenciada da AES Eletropaulo e o interPlan e é aplicado na obtenção de dados para simulação e planejamento de circuitos elétricos. A integração entre os sistemas é feita a partir de uma interface gráfica, onde são selecionados os dados da simulação. A partir de então, o módulo de extração do interPlan realizará a carga dos dados para as simulações, de acordo com as necessidades do planejador. O tópico 5.3.9 demonstra as janelas do ilntePlan, detalhando as funcionalidades do mesmo.

5.3.7.1 Tecnologia de Implantação e Integração

A estrutura de dados do sistema SIG da AES Eletropaulo segue o modelo de dados ArcFM Energy desenvolvido com base na tecnologia ESRI. Trata-se de um sistema de geoprocessamento composto por tradicionais "tabelas" dos bancos de dados relacionais (definindo-se tabela como um grupamento de registros que guardam informações alfanuméricas) e por tabelas geo-espaciais, que suportam entidades gráficas e seus atributos posicionais. Tais entidades são denominadas feições (*features*), na tecnologia ESRI, e um grupamento dessas entidades gráficas correlatas definem uma classe de feições (*feature class*) ou tabela geo-espacial. Todos os dados topológicos e geométricos de uma dada feição encontram-se encapsulados em um campo binário. Os dados dos ativos da rede elétrica de distribuição, seus relacionamentos e as regras de negócios da empresa encontram-se em um repositório ORACLE. A camada SDE dá a inteligência geo-espacial a esse banco de dados [34].

Um conjunto de classes de feições pode se relacionar topologicamente através de uma Rede Geométrica, que descreve uma estrutura de grafos associados

às feições. Especificamente no ArcFM *Energy*, a estrutura topológica especializada no tratamento das informações da rede primária e secundária denomina-se Rede Elétrica.

Abaixo, a Figura 21 exemplifica a rede geométrica no ambiente SIG (ArcMap – visualizador de Mapas) da AES Eletropaulo.

Figura 21 - Elementos da Rede Geométrica

Entre as classes de feições existem os elementos pontuais, que descrevem os equipamentos de rede e os elementos lineares, que descrevem os segmentos da rede elétrica.

Na estrutura de dados do ArcFM, temos 17 “*Feature Classes*” relacionadas na rede geométrica - estrutura de rede topográfica que congrega as informações das rede primária e secundária da AES Eletropaulo [31]. Basicamente podemos dizer

que topologia é o relacionamento entre feições espaciais ou geográficas. Entre outros relacionamentos podemos citar: a Pertinência (se um ente está contido em outro), a Proximidade e a Conectividade.

Para se obter os dados de uma determinada porção da rede, é necessário recorrer à Rede Elétrica, identificando algum ponto de referência (como por um exemplo, um disjuntor) e, a partir desse ponto, efetuar um procedimento de consulta topológica de rede conexa - denominado simplesmente de *Trace*. Essa operação navega pela estrutura de grafos e retorna todos os elementos fisicamente conectados ao ponto dado inicialmente. Posteriormente identificam-se os diferentes equipamentos e trechos, através da análise das feições gráficas advindas do resultado do *Trace*. A Figura 22 ilustra uma representação de um trace.

Figura 22 - Trace

Os aplicativos especializados de cálculos elétricos acrescentaram mais uma camada ao sistema de geoprocessamento, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 23 - Camadas do SIG da AES Eletropaulo

A integração dessa nova camada fora feita através do desenvolvimento de APIs (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicativos) específicas, aproveitando a extensibilidade do ambiente da ESRI, utilizando-se os mesmos padrões de desenvolvimento e estendendo os diagramas UML.

Tal camada, especializada em cálculos elétricos, requer uma representação da rede elétrica em termos de barras e ligações, diferente do modelo geo-espacial do SIG. Houve, assim, a necessidade de se estabelecer uma ponte entre os modelos de dados. Além disso, é necessário obter os dados de uma determinada parte da rede através de uma operação de Trace.

Baseado na tecnologia exposta e implementada nas APIs de cálculos elétricos, foi possível a integração nativa ao ArcGIS.

5.3.8 Dificuldades Encontradas

O tópico descreve as dificuldades identificadas no processo de aquisição dos *softwares* SIG (ArcGIS) e Planejamento (interPlan), além do processo de integração entre os mesmos (desenvolvimento do iInterPlan). Embora a aquisição do software ArcGIS e interPlan seja uma decisão empresarial, os tópicos descritos abaixo relatam as dificuldades que independem dos softwares escolhidos.

Dificuldade de aquisição dos *softwares* SIG e Planejamento:

- Comparar produtos similares, avaliar e selecionar;
- Testar especificações funcionais do *software*;
- Testar e validar o desempenho;
- Tratar aspectos não atendidos pelo *software*;
- Testar efetivamente a integração do *software* com outros produtos

Dificuldade na Integração (desenvolvimento do iInterPlan):

- O impacto tecnológico com relação ao padrão de desenvolvimento do ambiente da ArcGIS e ArcFM;
- Processamento de extração de dados: processamento de extração a partir de dados provenientes de uma base cadastral real exige que esta seja bastante acurada (realidade cadastral) e não havendo esta acúrcia dos dados é necessário tratar as exceções;
- Problemas na carga de dados para a base georreferenciada: Pelo motivo dos dados de origem estarem em uma base com dados alfanuméricos e o SIG em questão trabalhar com dados espaciais em

2D (se constituem de duas dimensões de largura e comprimento) houve problemas de sobreposição de alguns elementos pontuais, ocorrendo a descaracterização das configurações dos circuitos;

- Problemas de integridade dos dados na base cadastral do SIG, o que acarretou inconformidades ocorridas durante o processo de migração de dados da base georreferenciada para o interPlan resultando em cálculos incoerentes no simulador interPlan.
- Exemplos de inconformidades na base de dados do SIG:
 - O Circuito alimentador possui mais de um disjuntor associado, desta maneira a rede encontra-se em "malha" (para as redes aéreas);
 - A Estação Transformadora não possui as Unidades Transformadoras cadastradas;
 - A Estação Transformadora não estava ligada à rede geométrica, ou seja, não estava ligada a nenhum circuito;
 - O Circuito não possui cabos neutros cadastrados.

5.3.9 Aplicação

5.3.9.1 Introdução

Como resultado da metodologia de integração, houve o desenvolvimento e implantação de um *software* que integra a base do SIG. Trata-se do *software* denominado iInterPlan que exporta, a partir da interface com o SIG, informações de um o mais circuitos, de uma ou mais subestações, para o *software* de planejamento de redes de distribuição denominado interPlan, disponibilizando, então os dados para o usuário final.

O iInterPlan foi desenvolvido com a metodologia relatada no item 5.3.7.1 e apresenta a interface para o usuário final descrita a seguir.

5.3.9.2 Utilizando o iInterPlan

No ambiente do ESRI-ArcMap, o usuário deverá selecionar o botão com o rótulo iInterPlan. Passando o mouse sobre esse botão, aparecerá uma caixa de texto com o dizer “Executar o iInterPlan”, conforme indicado na Figura 24.

Figura 24 - Toolbar ENERQ

5.3.9.3 Realizando o Login

O primeiro passo para utilização do iInterPlan constitui em conectar-se com a base de dados georreferenciada. Para tanto, aparecerá a interface intitulada: “iInterPlan - Login para o ArcFM”, onde o usuário deverá informar: o Servidor, o número do Serviço, o Nome e a Senha para que seja feito o Login no ArcSDE. Em seguida o usuário deverá selecionar o botão “Executar”, para que seja executado o processo, conforme indicado na Figura 25.

Figura 25 - Login

Vale ressaltar que enquanto o login se desenvolve, um ícone animado em forma do globo terrestre movimenta-se no canto inferior direito da janela para indicar a boa continuidade do processo.

5.3.9.4 Sobre o ilInterPlan

Na interface “ilInterPlan - Login para o ArcFM”, clicando-se sobre a figura com o logotipo do interPlan, aparecerá uma tela com informações específicas da versão corrente da DLL (*Dynamically Linked Library*) - como é ilustrado na Figura 26.

Figura 26 - Informações ilInterPlan

5.3.9.5 Escolha da Base de Dados

A janela de Login ainda possui a funcionalidade de escolha da base de dados com a qual se deseja trabalhar. Para tanto basta selecionar o botão de “Procurar” e será aberto um diálogo com as opções de escolha da base, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Escolha da Base de Dados

5.3.9.6 Tela Inicial do iInterPlan

Realizado o Login com sucesso, aparecerá a interface principal do iInterPlan. Essa interface possui três abas intituladas: Seleção, Log de Ocorrências e Salvar.

Na aba Seleção destacam-se dois retângulos. No retângulo à esquerda existe uma estrutura de árvore com dois níveis, sendo que o primeiro nível representa as subestações e o segundo nível, os circuitos pertencentes à subestação corrente. Um duplo clique em um dos elementos dessa árvore atualiza o retângulo à direita, que, por sua vez, representa o detalhamento do nível corrente da árvore, sendo aí feita a seleção dos elementos de interesse através das caixas de verificação, como poderá ser observado na Figura 28.

Figura 28 - Tela Inicial do iInterPlan

5.3.9.7 Executando o Processo

O usuário deverá assinalar as subestações entre as várias existentes.

Clicando duas vezes sobre uma subestação, terá por opção selecionar individualmente os circuitos da subestação escolhida - abrindo o segundo nível da árvore.

Vale ressaltar a diferenciação dos elementos no momento da seleção. Essa diferença se deve ao valor do “flag” de cálculo, onde elementos com recálculo igual a sim, indicam a necessidade de recálculo. O “flag” de cálculo é preenchido para “sim”, no momento em que o usuário realiza edições no SIG, sendo que estas edições alterem a configuração original da rede elétrica, conseqüentemente necessitando que o circuito seja recalculado. A partir desse procedimento é disparado um evento que escreve no campo de “flag” da tabela de circuitos.

Selecionados os elementos (subestações e/ou circuitos) de interesse do usuário, deve-se acionar o botão “Executar” para dar início ao processo de extração, de acordo com a Figura 29.

Figura 29 - Processo

5.3.9.8 Salvar

Se o usuário optar pelo processamento por circuitos, cada circuito será salvo em um arquivo individualizado. As extrações serão salvas no diretório especificado na caixa de texto à frente do rótulo “Salvar em:”, na aba de Salvar, de acordo com a Figura 30.

Figura 30 - Salvar

Para subestações serão gerados arquivos com o nome: SE_ + Código da subestação, contendo todos os dados da mesma.

Para circuitos serão gerados arquivos individualizados, com o nome: CIRC_ + Código do Circuito.

5.3.9.9 Seleção Múltipla

A interface possui ainda a funcionalidade de assinalar ou limpar todas as caixas, bastando clicar nos botões no canto inferior direito, conforme ilustra a Figura 31.

Figura 31 - Seleção Múltipla

5.3.9.10 Saindo do ilInterPlan

Durante o processo de extração é ativada uma barra de progressão na parte inferior da interface. Assim, tem-se uma noção do andamento do processo. Outra funcionalidade é o botão “Sair”, que, se acionado, questionará ao usuário se deseja realmente sair do aplicativo, de acordo com a Figura 32.

Figura 32 - Sair do ilInterPlan

5.3.9.11 Log de Ocorrências

No decorrer do processo, ao se clicar na aba de Log de Ocorrências, surgirá uma caixa de texto onde o usuário poderá vir as informações e inconformidades ocorridas durante o processo de migração de dados do banco de dados para o interPlan. Para atualizar o Log de Ocorrências basta clicar no mesmo ou no botão “Atualizar”.

O Log de Ocorrências é gerado durante o processo de extração dos dados. As informações contidas são relevantes, pois além de mostrar o tempo gasto no processo de cada circuito, também apontam possíveis irregularidades na base de dados. Essas irregularidades são descritas de uma forma fácil para o entendimento do usuário, possibilitando, assim, agilidade nas correções da base.

Essa interface também possui as funcionalidades de Imprimir, Salvar, Limpar e Cancelar, sendo este último responsável pelo cancelamento do processo, podendo ser observados na Figura 33.

Figura 33 - Log de Ocorrências

Terminada a extração, o sistema envia uma mensagem para o usuário informando que o interPlan deverá ser executado localmente. Na barra de status, o sistema comunica para o usuário o término. O usuário terá os arquivos (*.txt e *.log) com os dados selecionados nos respectivos diretórios: "C:\Arquivos de programas\ilInterPlan" ou "C:\Program Files\ilInterPlan" para os arquivos com

extensão (*.txt) e “C:\Arquivos de programas\InterPlan\Log” ou “C:\Program Files\InterPlan\Log” para os arquivos com extensão (*.log), dependendo da versão Windows instalada no micro. Esse processo poderá ser observado na Figura 34.

Figura 34 - Extração de Dados

5.3.10 Exemplo Prático

As figuras abaixo ilustram o processo de extração do software ArcGIS para posterior importação para o interPlan. A Figura 35 demonstra a seleção da subestação Barra Funda, no ambiente do ArcGIS:

Figura 35 - Extração dos Circuitos

A Figura 36 ilustra o resultado da importação dos circuitos da subestação Barra Funda para o processo de análise no aplicativo interPlan:

Figura 36 - Processo de Importação

5.3.10.1 Benefícios após a integração

Através de entrevistas com usuários dos aplicativos SIG e de Sistema de Planejamento de Redes de Distribuição foram levantados alguns benefícios com a implantação dos mesmos, conforme seguem as listas abaixo:

– SIG:

a) Eficiência nos processos atuais, ou seja, benefícios quantificáveis comparando-se os procedimentos atuais com aqueles baseados no SIG:

- Eliminação dos desenhos originais em papel;
- Agilização da manutenção dos mapas existentes;
- Agilização do planejamento, atendimento a solicitações dos clientes e da operação do sistema de distribuição;
- Agilização da atualização e melhoria na confiabilidade do cadastro de rede de distribuição;
- Preservação do acervo de mapas;
- Produção cartográfica por função;
- Controle e acompanhamento de circuitos que estejam em estudo, projeto, obra ou implantado.

b) Capacidades expandidas decorrentes da implementação do SIG (benefícios que só podem ser obtidos após a implementação do sistema):

- Base cartográfica como referência para os mais diversos temas;
- Integração com projeto SCADA;
- Capacidade de avaliar várias alternativas para um mesmo projeto;
- Estruturação do sistema em parcerias;

- Consulta de mapas armazenados em locais distribuídos com os detalhes adequados a cada necessidade.

c) Benefícios resultantes de eventos não previsíveis, aqueles que podem emergir como resposta a eventos não previsíveis:

- Apoio na recuperação em face de desastres naturais;
- Uso futuro para outras funções das bases montadas.

d) Benefícios intangíveis: benefícios diversos que variam em tipo e significado:

- Redução de funções tediosas;
- Melhoria da motivação;
- Novas oportunidades profissionais em função da alta tecnologia;
- Diminuição da rotatividade;
- Melhoria na imagem da empresa;
- Melhor relacionamento entre setores funcionais da empresa;
- Fator competitivo.

e) Possibilidade de comercialização de aplicativos e serviços:

- Venda de mapas digitais;
- Venda de informações (análises, temas);
- Venda de serviços de Consultoria;
- Venda de aplicativos desenvolvidos.

– Planejamento de Redes de Distribuição:

- Visualização detalhada dos problemas relativos aos circuitos de distribuição (principalmente níveis de tensão e de carregamento por trecho da rede);
- Simulação e elaboração de projetos básicos;
- Agilidade, principalmente nas atualizações;
- Interface gráfica, inexistente no processo anterior, aumentando a velocidade de resposta na extração e uso;
- Simulação de modificações na rede, uma evolução em relação aos anos anteriores;
- Viabilização de vários diagnósticos como o de perda técnica e queda de tensão e
- Desenvolvimento de estudos de planejamento no computador, utilizando dados provenientes da base corporativa.

5.4 Segunda Integração

5.4.1 Introdução

O tópico trata da implantação da FGP, baseada no produto Designer e descreve as metodologias de integração com o interPlan tendo, como resultado dessa integração, o desenvolvimento e implantação do *software* Marca d' Água.

A FGP (Designer) expandiu as funcionalidades do SIG (ArcGIS) para além das funcionalidades básicas de geoprocessamento como gerenciador de redes e equipamentos e confecções de esquemáticos e plantas, tornando possível gerar projetos no seu próprio ambiente.

O tópico inicia-se apresentando os aspectos funcionais dos *softwares* Designer e Sistema de Postagem, ressaltando as mudanças ocorridas neste último com a entrada da FGP.

A parte intermediária do tópico apresenta as concepções metodológicas da FGP, ou seja, os cálculos elétricos, cálculos mecânicos, melhor alternativa de projetos, com ênfase na integração Designer X interPlan que é o objeto de pesquisa desta dissertação.

Finalizando o tópico apresenta as dificuldades encontradas, o fluxo do processo, o funcionamento do *software*, Marca d' Água, através de exemplos ilustrativos e os benefícios após a integração.

5.4.2 Aspectos Funcionais do Designer

O Designer proporciona um ambiente integrado para preparar esboço de construções na rede, gerenciamento do fluxo de trabalho, estrutural e análises de

rede, *layouts* automatizados e estimativas de custo. Proporciona, ainda, uma forma automatizada de atualização do SIG corporativo, baseado nas mudanças feitas em projetos elétricos.

O Gerenciador de Projetos é uma ferramenta para criar e gerenciar o fluxo de trabalho nos projetos. Os usuários poderão criar requisições de trabalho e elaborar os projetos em si. No princípio, as requisições de trabalho eram feitas somente pelo SAP (*System Application Products - software* de gestão empresarial) e as tarefas que dizem respeito à elaboração, execução e finalização dos projetos ficavam na função do Gerenciador de Fluxo de Trabalho, mantendo sempre um sincronismo com SAP.

Os projetos e as requisições de trabalhos encerrados podem ser suprimidos do sistema por um administrador ou serem conservados para referência futura.

Essa ferramenta fornece também a funcionalidade de gerência dos projetos, permite a integração dos custos associados com o pedido de projeto, durante todo seu ciclo de vida e poderá armazenar, por tempo indeterminado, as alternativas da daqueles não aprovados.

Poderá criar, ainda, opções múltiplas do projeto, compará-los e, dessa forma, selecionar a melhor alternativa, embasado em análises de custo/benefício.

5.4.3 Aspectos Funcionais do Sistema de Postagem

Introdução

Em função da implantação da FGP, alguns requisitos do ciclo de vida de versões do GDB atual, através das quais são efetuadas as manutenções do cadastro da rede, tornam-se incompatíveis com os requisitos para as versões relacionadas com projetos de rede. Como exemplo, pode-se citar o “tempo de vida” de uma versão que era de, no máximo, 24 horas e que se tornou dependente da cronologia de realização dos projetos, podendo se estender por meses. Em decorrência desse novo “tempo de vida”, a quantidade de versões existentes no GDB deverá crescer consideravelmente [34].

A redefinição dos processos de postagem e compressão atuais aplicados no GDB, além de atender às necessidades específicas da FGP, permitirá a evolução do processo automatizado.

5.4.3.1 Metodologia

O Sistema de Postagem é composto por dois componentes. O primeiro, denominado Serviço de Postagem, estará ativo durante o período diário dedicado à realização das ações dos usuários (o “horário comercial”); o outro, denominado de Serviço Batch, será processado no período complementar (a “janela técnica”).

O serviço de postagem fica ativo durante o período diário em que ocorram as edições em versões do GDB criadas ou para a manutenção do cadastro da rede ou ainda para a realização dos projetos de rede, monitorando uma fila que conterá os

nomes das versões do GDB aptas a serem postadas e submetendo tais versões aos processos de postagem, em função da disponibilidade de recursos computacionais para processamento.

A alimentação da referida fila, com os nomes das versões de GDB aptas a serem postadas, dar-se-á quando houver alteração do status de um projeto de rede para “concluído” ou pela solicitação explícita do usuário, no caso de uma versão do GDB voltada à manutenção de cadastro.

A postagem de uma versão do GDB ocorrerá para sua versão imediatamente superior (a versão “Pai”), ou seja, as versões do GDB relacionadas com projetos de rede serão postadas para a versão MMBB (*Miner and Miner Bulletin Board*) e as versões do GDB, relacionadas com manutenção do cadastro o serão para a versão SDE.Default. Essas postagens ocorrerão ao longo do horário comercial, conforme processo descrito no parágrafo anterior. A Figura 37 ilustra o processo de serialização de postagens:

Figura 37 – Filas do Sistema de Postagem

O Serviço Batch será responsável pela reconciliação (sincronizar os estados de edição das versões) da versão SDE.Default com as demais versões do GDB. Este procedimento se faz necessário para equalizar todas as versões e permitir que a compressão do GDB atue efetivamente. Segue a Figura 38, que ilustra o processo de reconciliação geral:

Figura 38 - Reconciliação Geral

Tendo em vista que o processo de reconciliação entre as versões do GDB ocorrerá através de um serviço, sem interferência humana, caso ocorram eventuais conflitos de edições, o serviço de reconciliação de versões deve posteriormente fazer notificação ao proprietário da versão de GDB com conflito indicando, através de um relatório, onde ocorreu o conflito para que o mesmo possa tomar as medidas cabíveis para resolução dos mesmos (notificação via e-mail).

A resolução de conflitos não deverá acontecer através do serviço de reconciliação. Para tanto, os conflitos existentes são gravados em uma tabela no banco de dados, para se ter um histórico dos mesmos, com dados do conflito e as versões conflitantes para uma possível correção, já que em algum momento a AES Eletropaulo pode achar necessária a restauração dos dados conflitados no GDB. Sendo assim, de todo relatório que o usuário proprietário receber, os dados conflitantes serão registrados na tabela de histórico, por segurança. Após o registro dos dados e a confecção do relatório, tanto o usuário proprietário da versão

conflitante recebe uma notificação por e-mail dos conflitos (relatório de conflito) quanto o suporte TI (Tecnologia da Informação) da AES Eletropaulo a recebe, através do mesmo e-mail, a fim de tomar conhecimento do ocorrido, conforme ilustra a Figura 39.

Figura 39 - Processo de Tratamento de Conflitos

5.4.4 Problemas Existentes

Os projetos técnicos de expansão e melhorias nas redes de distribuição da AES Eletropaulo eram realizados manualmente em papel, inexistindo qualquer forma de cálculos elétricos e mecânicos de forma automatizada e gráfica.

Esses projetos técnicos dividiam em pequenas e grandes obras. As pequenas são efetuadas particularmente em circuitos secundários, onde a realização de trabalho e o volume de materiais são pequenos, mas o volume de ocorrências é excessivamente alto (em torno de 1200/mês). No grupo das grandes obras o número de ocorrências era baixo, mas o prazo – tempo, quantidades de homens/hora materiais – é alto. Normalmente eram obras de transmissão, expansão de circuitos primários e das subestações (em torno de 60 obras/ano).

Sendo realizados manualmente demandavam um tempo maior para o atendimento aos consumidores, bem como comprometia a qualidade deste, gerando uma grande reserva para atualização manual dessas informações aos sistemas técnicos existentes, pela inexistência de integração.

5.4.5 Integração entre o Designer e o interPlan

5.4.5.1 Introdução

Este tópico inicia-se descrevendo as concepções metodológicas da FGP, ou seja, os cálculos elétricos, cálculos mecânicos, melhor alternativa de projetos, com ênfase na integração Designer X interPlan que é o objeto de pesquisa desta dissertação.

Na parte intermediária, apresentam-se as dificuldades encontradas e o fluxo de processo do aplicativo Marca d' Água.

O tópico é finalizado com um exemplo ilustrativo do aplicativo Marca d' Água.

5.4.5.2 Metodologia

A metodologia utilizada contou com um amplo período de estudos visando à especificação de concepções teóricas que fundamentassem [11]:

- A avaliação do impacto de novos consumidores e de novas extensões de rede sobre os indicadores de desempenho, como carregamento e queda de tensão, nos componentes da rede primária e secundária;
- A avaliação dos parâmetros mecânicos, através da análise de dimensionamento de postes da rede em função dos diversos cabos, bem como de equipamentos instalados no poste;
- A análise de várias alternativas de estudo, buscando a minimização de investimentos e impacto técnico-econômico, utilizando técnicas de tomada de decisão e custos modulares ou totais para a comparação de alternativas e
- A integração do sistema entre os aplicativos Designer e interPlan, sendo necessário para isso o desenvolvimento do aplicativo Marca d' Água.

Essas concepções metodológicas subsidiaram a especificação e desenvolvimento dos módulos computacionais, avaliação de parâmetros elétricos, mecânicos e melhor alternativa. Em linhas gerais, os passos para análise dos parâmetros elétricos, mecânicos e de melhor alternativa de projeto são:

- Simulação de um fluxo de potência (sem a inclusão da nova carga) de modo a obter o carregamento na Estação Transformadora (e também nas Unidades Transformadoras, conforme o arranjo da estação) na rede secundária o qual é efetuado pelo programa iCALC (Interface de Cálculos Elétricos);

- Simulação do programa Folga, de modo a avaliar a capacidade adicional que cada rede de baixa tensão (ET e rede secundária associada) admite para instalação das novas cargas e
- Desenvolvimento do módulo para avaliação do impacto de novos consumidores sobre o sistema de distribuição – “Folga” – baseado em metodologias de cálculo elétrico de redes de distribuição que possibilitam a avaliação dos parâmetros elétricos como carregamento, níveis de tensão, perdas, entre outros, para redes radiais e em malha.

A principal novidade da metodologia de avaliação do impacto é o conceito de “folga” em cada ponto da rede. A folga indica o valor máximo de demanda que poderá ser extraído de cada ponto da rede, sem que haja transgressão dos seguintes critérios de projeto:

- Carregamento máximo em todos os trechos da rede;
- Tensão mínima em todas as barras da rede e
- Carregamento máximo do(s) transformador (es) supridor (es) da rede.

Para cada rede, o cálculo da folga em cada barra é atualizado periodicamente de acordo com a rotina de atualização da base de dados. A cada solicitação de nova ligação, o sistema de projeto fornecerá imediatamente a folga (previamente calculada) no ponto de conexão do novo consumidor, permitindo ainda que o projetista (ou o atendente) analise de forma expedita algumas alternativas de conexão, caso seja verificada alguma folga inferior à demanda solicitada pelo novo consumidor. A Figura 40, ilustra os resultados de cálculos de folga no aplicativo ArcGIS:

Figura 40 - Cálculos de Folga

O módulo para avaliação do impacto sobre o dimensionamento mecânico dos postes do sistema de distribuição, quando são realizadas extensões em redes existentes, ou são instalados equipamentos em postes ou condutores de uso mútuo, fora baseado nas necessidades da AES Eletropaulo e critérios de dimensionamento para projetos de redes de distribuição aérea. A Figura 41, demonstra os resultados de cálculos mecânicos, no aplicativo ArcGIS:

Figura 41 - Cálculos de Mecânicos

O módulo de análise de ligação de novos consumidores prevê também a avaliação da melhor alternativa para a conexão dos consumidores à rede existente. Para tanto, especificou-se uma metodologia apropriada visando subsidiar a análise técnico-econômica e tomada de decisão correspondente.

A análise efetuada centrou-se nas redes de baixa tensão constituídas por transformadores de distribuição e redes secundárias associadas, sendo que a especificação proposta constituiu-se na principal referência para o desenvolvimento de um novo aplicativo computacional consolidado e agregado ao SIG da AES Eletropaulo, que conta com uma série de aplicativos computacionais direcionados a diversos tipos de estudos distintos.

A partir da especificação das alternativas de projetos contempladas para viabilizar o atendimento das novas cargas (entre elas a substituição de

transformadores de distribuição por outros de maior capacidade; divisão de circuitos com inclusão de novas unidades transformadoras e recondutoramento de trechos da rede secundária) foram estabelecidos os procedimentos metodológicos para avaliação dos custos de cada alternativa (investimento, anualizados e operacionais) que se constituem em parâmetros relevantes para o projetista quanto à efetiva tomada de decisão.

Esse processo é avaliado segundo dois enfoques: um deles voltado a cenários de restrição orçamentária (objetivo central; consistindo na minimização dos custos totais de cada alternativa) e outro voltado à maximização do retorno do investimento (embasada em análises de índices de benefício econômico e custos anualizados). A figura 42 ilustra a ferramenta de melhor alternativa de projetos no ambiente da FGP:

Figura 42 - Melhor Alternativa de Projetos

Na Figura 43 demonstra o relatório com os resultados da ferramenta de melhor alternativa. Com base nestes resultados o usuário tem com apóia a escolha da melhor alternativa:

Rede	Inv. Anual. [R\$]	Perdas [R\$]	Tensão [R\$]	END [R\$]	Beneficio [R\$]	B/C [pu]
DEFAULT	0,00	1.281,85	1.927,65	10,13	0,00	0,000
Versão 3821	153,55	835,87	0,00	10,26	2.373,49	15,457
Versão 3841	259,66	846,56	0,00	10,10	2.362,95	9,100

15/5/2006 Pagina 1

Visualizar Imprimir OK

Figura 43 - Avaliação de Custos

Durante o período de pesquisa observou-se que havia a necessidade de existir uma integração entre a FGP (Designer) e uma ferramenta de planejamento de redes de distribuição que no caso da AES Eletropaulo, era o software interPlan, institucionalizado na empresa para este fim era o interPlan.

Uma ferramenta computacional capaz de subsidiar as áreas competentes a avaliar previamente o impacto de novos consumidores; de preferência sendo estes com alta demanda de consumo (consumidores de média tensão), como, por exemplo, um Shopping Center.

Para estes projetos de Média Tensão ou grandes obras, foi desenvolvido um conceito pioneiro na AES Eletropaulo, que possibilita o aproveitamento do planejamento para um projeto. Isso é possível devido ao desenvolvimento de uma ferramenta computacional que realiza a interface de integração do interPlan com a FGP, denominada de Marca d' Água. Com este recurso ao dispor do planejador, ele poderá realizar simulações e construir cenários no horizonte do tempo (cinco anos). Caso o planejamento seja aprovado pelo cliente, a rede poderá ser importada para a FGP, no ambiente do SIG, em forma de rascunho para que na seqüência, o projetista realize o projeto com base nos rascunhos.

Nos tópicos subseqüentes 5.4.7 e 5.4.8. é detalhado o funcionamento do aplicativo Marca d' Água.

5.4.6 Dificuldades Encontradas

Este tópico tem por objetivos apresentar alguns pontos que apresentaram dificuldades para a implantação da ferramenta FGP (com base na customização do *software* Designer) e também no processo de integração entre a FGP e o interPlan (desenvolvimento do Marca d' Água):

Dificuldade de implantação da FGP:

- Por se tratar da primeira vez a ser customizada e implementada no Brasil;
- Alto nível de customização do *software* Designer para adequá-lo às necessidades da AES Eletropaulo;
- Os cálculos elétricos e mecânicos nativos do *software* Designer, não satisfaziam plenamente as necessidades de países de terceiro mundo, sendo necessário o desenvolvimento de módulos para tal;
- Com a entrada da FGP, foi necessária a reformulação total do sistema de postagem, devido às versões de projeto durarem dias, até meses, no GDB até a finalização do projeto (detalhes sobre o sistema de postagem estão presentes no tópico 5.4.3 desta dissertação).

Dificuldade na integração (desenvolvimento do Marca d' Água):

- Fazer a extração de dados nas versões de projeto, uma vez que as versões de projeto diferenciam-se das versões de cadastro, por possuírem equipamentos da rede com atributos de instalar, retirar, substituir e abandonar, sendo necessárias alterações no extrator para considerá-las.

5.4.7 Fluxo do processo do Marca d' Água

A interface entre interPlan e FGP é realizada via script (descrição de uma tarefa complexa ou de uma série de tarefas usando uma linguagem de script que permite que o procedimento, nele descrito, seja executado automaticamente) pela criação de feições específicas no SIG, definindo camadas de rascunho para o projetista na FGP.

A Figura 44 exemplifica as camadas de um SIG.

Figura 44 - Camadas

A interface do interPlan com o FGP será efetuada via script de elementos elétricos acrescentados/editados/removidos.

Esses scripts serão gerados pelo interPlan como resultado da análise e posteriormente interpretado pelo SIG no aplicativo ArcMap, onde gerará uma camada rascunho das atividades a serem efetuadas pelo projetista.

O funcionamento do sistema é melhor entendido através do seguinte diagrama de processos, na Figura 45, abaixo:

Figura 45 - Processos Marca d' Água

A rede para modificação é extraída do ambiente SIG e levada ao *software* interPlan para estudos e modificações. Esse procedimento é o padrão do interPlan. Após a edição realizada, passamos ao processo de exportação da rede para que seja efetuado o cadastramento no ambiente SIG. A exportação é realizada pela nova ferramenta de exportação presente no ambiente interPlan.

A ação de exportação gera um arquivo contendo o trecho de rede selecionado. Esse arquivo será utilizado no processo de importação no ambiente SIG.

5.4.8 Aplicação

5.4.8.1 Utilização da Interface com o interPlan (Marca d' Água)

O módulo de Importação é constituído por uma DLL, integrada na interface do software ArcMap, via componente COM (Component Object Model - Tecnologia utilizada para permitir a comunicação entre processos e a criação dinâmica de objetos em qualquer linguagem de programação que a suporte). O principal objetivo é atender as necessidades da AES Eletropaulo quanto ao cadastramento de redes novas e/ou modificadas, através do *software* interPlan, na interface do SIG. A DLL aderente à interface do ArcMap e acrescenta a esta uma Barra de Ferramentas com botões para acesso a suas funcionalidades. Esse sistema disponibiliza a funcionalidade de importação das propostas de modificação da rede em formato de Marca d' Água. Além dessa funcionalidade, contamos ainda com o auxílio ao projetista/cadastrista através de textos explicativos em formato de balões. Esse recurso pode ser ativado somente para o equipamento selecionado ou, então, para todos os equipamentos representados na Marca d' Água [35].

5.4.8.2 Exportação da Marca d' Água no interPlan

Inicialmente, no aplicativo interPlan, o usuário deverá importar uma rede existente ou criar uma nova.

Figura 46 - Detalhe de uma rede no InterPlan

O usuário pode utilizar as potencialidades do aplicativo, fazer simulações e expansões na rede, como exemplifica a Figura 47.

Figura 47 - Alteração Proposta em Rede Existente

A ferramenta de exportação da rede no interPlan encontra-se sob o item Módulos Especiais, na barra de botões. Para tanto basta selecionar o trecho de rede

a ser exportado e executar o módulo de exportação. Vale ressaltar que essa opção de funcionalidade está disponível apenas na versão 1.4.1 ou superiores do interPlan.

Figura 48 - Rede Seleccionada e Módulo de Exportação

Terminada a exportação, o usuário terá um arquivo (*.txt) contendo o trecho de rede escolhido.

5.4.8.3 Importação da Marca d' Água no SIG

De posse do arquivo exportado no ambiente interPlan, o usuário deverá executar o processo de importação dessas informações no ambiente SIG. Para tanto, deverá utilizar as ferramentas presentes na nova barra de menus criados no ArcMap.

Figura 49 - Barra de ferramentas

Em seguida selecionar a ferramenta de importação e localizar o arquivo com a rede para importação. Após a confirmação, os dados da rede serão transferidos para as tabelas da base de dados SIG. Com isso, basta que as camadas de elementos pontuais (ImportaInterPlan_PT) e lineares (ImportaInterPlan_LN) estejam presentes para que se visualize a Marca d' Água. Essas duas camadas adicionais são tratadas como qualquer outra camada de equipamentos, podendo ter características de cores, representação ou legendas alteradas de forma a facilitar a visualização.

5.4.8.4 Exibição dos textos explicativos

A ferramenta de textos explicativos fornece ao projetista/cadastrista uma facilidade adicional para visualizar as informações dos equipamentos da rede representados pela Marca d' Água, como ilustra abaixo a Figura 50:

Figura 50 - Tela do ArcEditor com Expansão dos Circuitos e Textos Explicativos

5.4.9 Benefícios após a integração

Através de entrevistas com usuários dos sistemas da FGP e do interPlan foram levantados alguns benefícios com a implantação dos mesmos, conforme as listas abaixo:

- FGP (Designer):
 - Diminuição do tempo médio de realização dos projetos;
 - Análise de várias alternativas de estudo, buscando a minimização de investimentos e impacto técnico-econômico, utilizando técnicas de tomada de decisão e custos modulares ou totais para a comparação de alternativas;
 - Atualização automática da base ao término do Projeto;
 - Base de dados do SIG com grande índice de atualidade;
 - Dados iniciais para realização de projetos mais confiáveis;
 - Uso integrado de ferramentas de cálculo elétrico e mecânico;
 - Projetos com maior qualidade;
 - Totalidade das equipes das unidades capacitadas;
 - Uso de uma tecnologia / ferramentas comuns;
 - Projetos homogêneos;
- interPlan:
 - Realizar simulações de cenários de planejamento em forma de projeto, onde se procura determinar a melhor estratégia de expansão do sistema, face ao crescimento da carga, ao longo do tempo, considerando-se tipicamente horizontes de 1 a 5 anos,

oferecendo diagnósticos que apresentam custo mínimo e, ao mesmo tempo, garantem que todos os equipamentos do sistema (transformadores, alimentadores, entre outros) trabalhem dentro de critérios técnicos aceitáveis (carregamento máximo, níveis de tensão, entre outros.);

- Projeto de sistemas de distribuição, que constitui uma parte importante do gerenciamento de tais sistemas. O crescimento de carga dos consumidores existentes e a conexão de novos consumidores impõem solicitações crescentes na rede elétrica. Desta maneira, a referida rede deverá ser projetada de forma a operar dentro de limites técnicos (carregamento máximo de transformadores e condutores, queda máxima de tensão em pontos específicos da rede, valores máximos de desequilíbrio, entre outros.) por um determinado período de tempo, tipicamente alguns anos. Durante esse período a rede deverá ser capaz de absorver o crescimento da carga sem que os critérios operacionais básicos sejam transgredidos.

6 CONCLUSÕES

6.1 Introdução

Neste trabalho foi ressaltada a importância do SIG como um dos pilares da integração de sistemas em empresas de distribuição e sua importância para as três áreas, principalmente para a área técnica, sobretudo no que se refere à implantação dos aplicativos especializados de cálculos elétricos.

A metodologia adotou a tecnologia de ponta com relação à plataforma do SIG, alinhando-se com as tendências tecnológicas e de mercado. As mesmas tecnologias foram utilizadas no desenvolvimento das integrações com os aplicativos especializados de planejamento (interPlan) e projeto (Marca d' Água), inclusive no que se refere ao padrão de modelagem e documentação das APIs. Os aplicativos desenvolvidos (iInterPlan e Marca d' Água), de forma modular, permitiram grande flexibilidade na implementação.

Também foram abordadas as metodologias propostas para os projetos de rede, levando-se em conta os impactos nos cálculos mecânicos, cálculos elétricos e análise técnico-econômica. Estas metodologias foram implementadas computacionalmente e integradas com ao ambiente SIG.

6.2 Contribuição do Trabalho

Este trabalho focaliza a necessidade das concessionárias de distribuição de energia elétrica de se adequarem a crescente demanda por flexibilidade e integração entre sistemas. A agilidade no acesso as informações impõe que os sistemas principais sejam plenamente integráveis.

Com as constantes modernizações tecnológicas, observou-se, com essa pesquisa, que ainda nos dias de hoje, existem grandes dificuldades para se desenvolver projetos em redes de distribuição, devido à relativa falta de integração entre Sistema de Informação Geográfica e Sistema de Projeto de Redes de Distribuição.

Diante das dificuldades descritas no parágrafo anterior, o presente trabalho tem como uma das suas principais contribuições o desenvolvimento da metodologia de integração entre Sistemas de Informações Geográficas e Sistema de Projeto de Redes de Distribuição, utilizando como caso de estudo a metodologia desenvolvida na AES Eletropaulo, descritas no capítulo 5.

Cabe destacar que até o presente momento, este trabalho gerou a publicação [11].

6.3 Desenvolvimento Posterior

Nos tópicos abaixo serão citados os assuntos que não foram desenvolvidos por estarem fora do escopo do trabalho, ficando os mesmos para um posterior desenvolvimento:

- Com relação à metodologia de aproveitamento do planejamento para projeto, realizar um processo de importação que não resulte somente em um rascunho no SIG, mas sim em um projeto de fato;
- Utilizar tecnologias de integração mais atuais, recomendando-se a utilização de SOA [36] e CIM [37];

7 REFERÊNCIA

- [1] BARBOSA, L.R.; BERTALHA A.M.; BUENO, R.N.B. **Sistema Geográfico de Redes Elétricas**. Monografia, Centro Universitário de Lins, 2002.
- [2] **Geoprocessamento - Definições Técnicas**. Disponível em: http://www.fatorgis.com.br/geoprocess_tec.asp. Acesso em: 30 fev. 2007.
- [3] CÂMARA, G. et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. (X Escola de Computação).
- [4] WIKIPÉDIA. **Geoprocessamento**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Geoprocessamento>. Acesso em: 30 fev. 2007.
- [5] ZAMORA, F.H.P. **Previsão Espacial de Carga em Sistema de Distribuição utilizando Técnicas de Inteligência Artificial e Plataforma GIS**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2003.
- [6] GUEMBAROVSKI, R. H. **Utilização de um sistema de informações geográficas para adequação do carregamento elétrico de transformadores**. Tese (Mestrado), UFSC, Universidade de Santa Catarina, 1999.
- [7] CRISPINO, F. **Reconfiguração de redes primárias de distribuição de energia elétrica utilizando sistema de informações geográficas**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2001.
- [8] JARDINI, M.G.M. **Sistema para Gerenciamento de Imóveis e Ocupação das Faixas de Linhas de Transmissão Utilizando Dados Georreferenciados e Sensoriamento Remoto**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2003.
- [9] CABEZAS, A. M. G. **Cálculos de parâmetros elétricos de redes primárias de distribuição utilizando redes neurais artificiais**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2002.
- [10] GOUVEA, M. R. **Bases Conceituais para Planejamento de Investimentos em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1993.

- [11] SCHMIDT, H. P. et al. **Software Development for Underground and Overhead Distribution System Design**. The Sixth Congress of Logic Applied to Technology. Santos, 2007.
- [12] XAVIER, J. S. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Geografia, no. 54, jul./set 1992. p. 47-61.
- [13] SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 10, 1990, São Paulo. **Introdução ao Geoprocessamento**. São Paulo: Epusp, 1990.
- [14] QUEIROZ, G. R., et al. **Controle de Versões para Banco de Dados Geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2006. 14 p. Apostila para disciplina do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- [15] ARONOF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. Canada: WDL Publications, 1989.
- [16] OLIVEIRA, C. **Curso de Cartografia Moderna**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- [17] BLITZKOW, D. QUINTANILHA, J. A. **UTM**. São Paulo: Epusp, 2004. 95 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Transportes, PTR2202 - UTM.
- [18] RODRIGUES, M. **Funcionalidades SIG**. São Paulo: Epusp, 2004. 129 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Transportes, PTR-5741 - Funcionalidades SIG.
- [19] RODRIGUES, M. **Porque e onde usar um SIG**. São Paulo: Epusp, 2004. 31 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Transportes, PTR-5741 - Porque e onde usar um SIG.
- [20] RODRIGUES, M. **SIG definições e Interdisciplinaridade**. São Paulo: Epusp, 2004. 16 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Transportes, PTR-5741 - SIG definições e interdisciplinaridade.
- [21] RODRIGUES, M. **Banco de Dados**. São Paulo: Epusp, 2004. 64 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Transportes, PTR-5741 - Banco de Dados.

- [22] AMARAL, G. **Princípios de Sensoriamento Remoto**. Anais do simpósio brasileiro de geoprocessamento. São Paulo:USP, 1990.
- [23] MACDONALD, A. **Building a Geodatabase**. Redlands, Editora ESRI PRESS, 1999.
- [24] BLITZKOW, D.; QUINTANILHA, J. A. **Sistema de projeção cartográfica**. São Paulo: Epusp, 2004. 44 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Transportes, PTR-2202 - Sistema de projeção cartográfica.
- [25] LILLESAND, T.; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 2.ed. New York:John Wiley & Sons, 1987.
- [26] EASTMAN, J.R. **Idrisi for windows user's guide**. Worcester, MA: Clark University, 1995.
- [27] MARTIN, F; Kendalkl, S. **UML Essencial**. Bookman, 2000.
- [28] KAGAN, N. et al. **Sistema para Cálculo Elétrico de Redes dentro de um Novo Paradigma Computacional - O Estudo de Caso da AES Eletropaulo**. XVI Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. São Paulo, 2004.
- [29] **Software Support**. Disponível em: <http://www.esri.com>. Acesso em: 30 fev. 2007.
- [30] Zeiler, M. **Modeling our World**. Redlands." Editora ESRI PRESS, 1999.
- [31] **ArcFM™ Solution Overview**. Disponível em: <http://www.miner.com>. Acesos em: 30 de fev. 2007.
- [32] CLARK, M. H. J. (1999). **ArcSDE Administration Guide**. Redlands, Editora ESRI PRESS, 1999.
- [33] OLIVEIRA, C. C. B; GUARALDO, J. C.; PENIN, C. A. **InterPlan**. Disponível em : <http://www.daimoninterPlan.com.br>. Acesso em: 30 fev. 2007.

- [34] SOUZA, C. P. et al. **Processo de Postagem de Versões**. Documentação de software da empresa Imagem. 2005.

- [35] SYBINE, W. **Manual do usuário Interface interPlan - Projetar**. Documentação de software da empresa Daimon. 2005.

- [36] WIKIPÉDIA. **Service-oriented architecture**. Disponível em:
http://pt.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture. Acesso em: 30 fev. 2008.

- [37] REIN JR., O. **Um Modelo de Integração entre os padrões IEC 61850 e IEC 61970 (CIM/XML)**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2006.