

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

Departamento de Eletrônica e de Computação

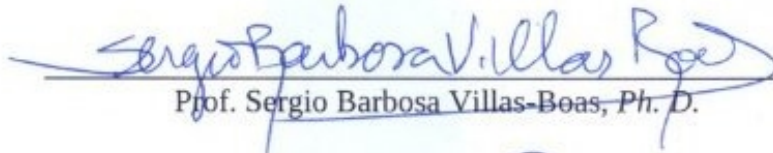
**Monitoração Geoespacial de Queimadas para  
Prevenção de Desligamento de Linhas de Transmissão**

Autor:




Marcelo Ghelman

Orientador:



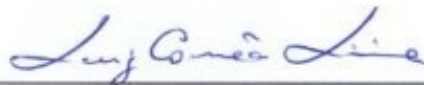
Prof. Sergio Barbosa Villas-Boas, Ph. D.

Examinador:



Prof. Aloysio de Castro Pinto Pedroza, D. Sc.

Examinador:



Luiz Corrêa Lima, D. Sc.

DEL

Março de 2009

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha filha Alice, por me trazer inspiração para o desenvolvimento de projetos que, espero, ajudarão a melhorar a vida das futuras gerações.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço aos professores, amigos e colegas que tive o privilégio de conhecer.

Agradeço à minha esposa Rosa pelo constante incentivo à conclusão deste curso.

Agradeço ao amigo Luiz Corrêa, pela confiança e por me ajudar a enxergar os caminhos que vale a pena trilhar.

Agradeço ao professor Villas-Boas, pela orientação na desenvolvimento deste trabalho e pela visão prática do exercício desta profissão.

Agradeço ao professor Casé, por abrir as portas, me ajudando no difícil processo de conclusão deste curso.

Agradeço também ao professor Mario Vaz, pela ajuda recebida até o final.

Agradeço à UFRJ pelos conhecimentos transmitidos e pelo alto nível da qualidade do ensino.

Finalmente agradeço ao povo brasileiro, que contribuiu de forma significativa à minha formação nesta Universidade. Este projeto é uma pequena forma de retribuir o investimento e confiança em mim depositados.

## RESUMO

Um problema na operação em tempo-real de sistemas elétricos de potência é o risco que as atividades de queimadas, bastante comuns no Brasil, representam para a segurança e confiabilidade dos sistemas de transmissão. A proximidade de linhas de transmissão com o calor e a fumaça provenientes de queimadas pode provocar desligamentos automáticos no sistema elétrico, com conseqüências potencialmente dramáticas para a sociedade. Apesar disto, as informações disponíveis sobre atividades de queimadas são bastante precárias nos sistemas de supervisão atuais, muitas vezes obtidas por telefone, com grande atraso e sem precisão de localização.

Este trabalho busca identificar e reunir um conjunto de tecnologias para coleta de dados de queimadas, disponíveis na internet, correlacionamento com informações geográficas das linhas de transmissão potencialmente afetadas e apresentação de informações relevantes.

O objetivo é dar apoio ao processo de tomada de decisão dos operadores de centros de controle, por meio de ferramentas integradas aos sistemas de supervisão e controle, promovendo maior agilização e precisão para aperfeiçoamento da segurança da operação.

Um protótipo especialmente desenvolvido permite observar a integração e uso dessas tecnologias.

Palavras-Chave: queimada, linha de transmissão, desligamento, tempo-real, operação, segurança.

## **ABSTRACT**

A problem in the operation of real-time electrical power systems is the risk that burning activities, quite common in Brazil, represent for the safety and reliability of transmission systems. The proximity of transmission lines with the heat and smoke from fires can cause automatic interruptions in the electrical system, with potentially dramatical consequences for society. Despite this, the available burning activities informations are quite precarious in current supervision systems, often obtained by telephone, with great delay and without precision of location.

This paper aims to identify and put together a set of technologies for acquisition of fires data, available on the Internet, correlation with geographical information of the potentially affected transmission lines, and presentation of relevant information.

The goal is to support decision-making process of operators in the control centers, through tools integrated to supervision and control systems, promoting greater agility and accuracy to improve operation safety.

A specially developed prototype shows the integration and use of these technologies.

Key-words: fires, transmission lines, interruptions, real-time, operation, safety.

## SIGLAS

AJAX	–	<i>Asynchronous Javascript And XML</i>
API	–	<i>Application Programming Interface</i>
CEPEL	–	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CPTEC	–	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CSV	–	<i>Comma-Separated Values</i>
GIS	–	<i>Geographic Information System</i>
HTML	–	<i>Hyper Text Markup Language</i>
HTTP	–	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>
INPE	–	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ONS	–	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PNG	–	<i>Portable Network Graphics</i>
SAGE	–	Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia
SMS	–	<i>Short Message Service</i>
SVG	–	<i>Scalable Vector Graphics</i>
UFRJ	–	Universidade Federal do Rio de Janeiro
XML	–	<i>Extensible Markup Language</i>

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
	1.1 – Tema.....	1
	1.2 – Delimitação.....	2
	1.3 – Justificativa.....	2
	1.4 – Objetivos.....	5
	1.5 – Tecnologia.....	5
	1.6 – Descrição.....	6
<b>2</b>	<b>Detalhamento da Tecnologia.....</b>	<b>7</b>
	2.1 – GIS.....	7
	2.2 – Mashup.....	8
	2.3 – Google Maps.....	11
<b>3</b>	<b>SAGE – Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia.....</b>	<b>13</b>
	3.1 – Trajetória.....	14
	3.2 – Evolução dos Softwares de Supervisão e Controle.....	15
	3.3 – O Sistema SAGE.....	16
	3.4 – Aspectos Técnicos.....	16
	3.5 – Organização do SAGE.....	19
	3.6 – Arquitetura do Sistema Básico.....	22
	3.7 – Arquitetura do Sistema de Aplicação.....	22
	3.8 – Lições aprendidas.....	23
	3.9 – Novos Requisitos.....	24
<b>4</b>	<b>Implementação do Projeto.....</b>	<b>26</b>
	4.1 – Definição do Objetivo.....	28

4.2 – Identificação de Dados e Chaves.....	28
4.3 – Obtenção de Acesso aos Dados.....	29
4.3.1 – Posições das Torres de Linhas de Transmissão.....	29
4.3.2 – Focos de Queimadas.....	31
4.4 – Reavaliação e Consolidação do Objetivo.....	32
4.5 – Definição da Interação com o Usuário.....	34
4.6 – Implementação do Mashup.....	38
4.6.1 – Arquivo de queimadas próximas a linhas.....	38
4.6.2 – Página HTML com código Javascript.....	40
<b>Trabalhos futuros.....</b>	<b>44</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>45</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>46</b>
<b>A Relatórios de ocorrências e perturbações devido a queimadas.....</b>	<b>48</b>



# Lista de Figuras

Figura 1.1 – Desligamentos de linhas em razão de queimadas em Furnas.....	3
Figura 1.2 – Queimadas atingem linhas de transmissão.....	3
Figura 1.3 – Queimada próxima a uma torre de linha de transmissão.....	4
Figura 1.4 – Campanha contra queimadas promovida pela Chesf.....	4
Figura 3.1 – Subsistemas SAGE.....	19
Figura 4.1 – Focos de queimadas no Brasil em fevereiro de 2009.....	31
Figura 4.2 – Aproximação de equipe de manutenção em linha energizada.....	33
Figura 4.3 – Troca de isoladores em uma linha de 500 kV.....	33
Figura 4.4 – Página inicial do protótipo de Monitoração de Queimadas.....	34
Figura 4.5 – Visualização de queimada próxima à Barragem de Sobradinho.....	35
Figura 4.6 – Visualização híbrida do mapa com imagem de satélite.....	36
Figura 4.7 – Indicação de posição de torres de linhas de transmissão.....	36
Figura 4.8 – Disparidade entre torres de transmissão e imagem de satélite.....	37
Figura 4.9 – Não há padrão nas diferenças entre coordenadas e imagens.....	38



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 – Tema

A operação em tempo-real de sistemas de potência tem-se apresentado como uma atividade considerada crítica para a sociedade, tendo em vista os impactos sócio-econômicos que problemas de fornecimento de energia elétrica podem trazer para a indústria, o comércio, e para a segurança da população. O constante aumento do consumo e a expansão das redes elétricas inerentes ao progresso econômico e social, aliados ao novo modelo competitivo do setor, têm acarretado uma crescente complexidade de operação tanto do ponto de vista de confiabilidade do serviço como de custos envolvidos.

Neste cenário, os centros de controle de energia, os quais provêm toda uma infra-estrutura voltada para fornecer informação e ferramentas de apoio à decisão, têm demandado novas tecnologias para cumprirem seu papel a contento.

A evolução tecnológica recente na arquitetura e tecnologias empregadas na construção de sistemas de supervisão e controle tem permitido alargar de certa maneira o espectro de informação disponibilizada, incorporando não somente as informações de processo, mas ainda dados corporativos disponíveis internamente na empresa.

Por outro lado a internet tem possibilitado a existência de muitas novas fontes de dados e tecnologias de acesso a estas, com o potencial de auxiliar os operadores de centros de controle como apoio ao processo de decisão.

Um problema já bastante antigo na operação em tempo-real, e bastante típico do nosso país, corresponde ao risco que as atividades de queimadas executadas por agricultores ou pecuaristas apresentam para a segurança dos sistemas de transmissão.

A proximidade de linhas de transmissão com o calor e a fumaça provenientes de queimadas pode provocar desligamentos automáticos no sistema elétrico. Isto se deve a

efeitos tais como ionização do ar, tornando-o condutor, o que facilita a criação de arcos de corrente elétrica entre as linhas de transmissão e o solo, redução da eficácia de isoladores devido ao aumento da temperatura, e outros.

Quando tal situação é detectada a tempo, os operadores do sistema elétrico tomam providências preventivas, redistribuindo a carga e desligando a linha. Senão, a transmissão em uma linha de pode ser interrompida devido a curto-circuitos e outros fatores. Neste caso, os operadores têm que lidar com uma situação não prevista. Se houver uma sobrecarga nas linhas adjacentes, pode ocorrer um desligamento em cadeia, causando *blackout* em algumas regiões.

## **1.2 – Delimitação**

Este trabalho foca em tecnologias de sistemas geográficos e software para a web e ainda técnicas de visualização. Busca-se identificar um conjunto coerente de tecnologias que habilitem o desenvolvimento de um serviço web que forneça uma visualização geoespacial de linhas de transmissão, sobrepostas a regiões de queimadas, de modo a alertar sobre situações de risco e auxiliar na tomada de decisões na operação do sistema elétrico.

Diversas companhias transmissoras de energia elétrica têm reportado desligamentos em suas linhas de transmissão por conta de ocorrência de queimadas, conforme se pode observar em relatórios emitidos pelo ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico [Anexo A]. O resultado deste trabalho poderá ser útil tanto a tais companhias como ao próprio ONS.

## **1.3 – Justificativa**

O número de desligamentos causados por queimadas é expressivo, conforme se pode observar na figura a seguir. Ela ilustra uma estatística de desligamentos de linhas de transmissão de Furnas, entre 1996 e 2003, devido a focos de queimadas.



Figura 1.1 – Desligamentos de linhas em razão de queimadas em Furnas.  
Fonte: Revista Furnas [8].

Além dos inconvenientes causados à população, à indústria, ao comércio e a outras atividades, subjetivos de ponto de vista das companhias fornecedoras de energia elétrica, tais desligamentos têm conseqüências objetivas para estas empresas, tais como:

- Multas por interrupção não programada de operação;
- Penalidades impostas ao não cumprimento de metas de disponibilidade;
- Diminuição da vida útil de equipamentos, direta ou indiretamente afetados;
- Perda de arrecadação e outras.



Figura 1.2 – Queimadas atingem linhas de transmissão.  
Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos [9].



Figura 1.3 – Queimada próxima a uma torre de linha de transmissão.  
Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos [9].

ESTAS SÃO COISAS  
QUE QUEREMOS  
PRESERVAR.  
AJUDE A EVITAR  
QUEIMADAS.  
PROTEJA A  
NATUREZA,  
AS LINHAS DE  
TRANSMISSÃO  
E A VIDA.

**NÃO  
QUEIME**

Informações:  
0800 97 930 90  
**Chesf**

Eletrobrás  Ministério de  
Minas e Energia 

Figura 1.4 – Campanha contra queimadas promovida pela Chesf.  
Fonte: “<http://www.chesf.gov.br/>”.

## **1.4 – Objetivos**

Nos sistemas atuais existem informações bastante precárias sobre queimadas disponíveis nos centros de controle, muitas vezes obtidas por telefone, com grande atraso de tempo e sem precisão de localização.

Neste trabalho busca-se identificar um conjunto de tecnologias que promovam uma aceleração e maior precisão na disponibilização de informação de queimadas, disponibilizando-a nos ambientes de tempo-real, em conjunção com informações geográficas dos trajetos das linhas de transmissão potencialmente afetadas. O objetivo é apoiar o processo de tomada de decisão dos operadores de centros de controle por meio de ferramentas de coleta e apresentação de informações adequadas para uso final.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um protótipo de um sistema de visualização conjunta de linhas de transmissão e focos de queimadas, além de explorar os recursos oferecidos pelas tecnologias propostas, de modo a identificar possibilidades de obtenção de dados relevantes, a partir da combinação das informações disponíveis.

## **1.5 – Tecnologia**

Será desenvolvido um protótipo com tecnologia Mashup, utilizando recursos oferecidos pela API do serviço web Google Maps para a exibição de mapas com indicações das posições de linhas de transmissão, em conjunto com regiões de queimadas.

Será utilizada a tecnologia Mashup, com programação javascript para controle da interface do Google Maps e php para obtenção das coordenadas das linhas de transmissão e das regiões de queimadas no servidor.

Um conjunto de informações estáticas será obtido a partir de fontes de dados externas e disponibilizado em formatos padronizados (csv e/ou xml), de modo a facilitar a integração com futuras aplicações de geração automática destas informações.

## **1.6 – Descrição**

No capítulo 2 serão detalhados alguns aspectos das tecnologias empregadas no desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 3 descreve o SAGE, sistema computacional que disponibiliza as bases para o funcionamento do projeto.

O capítulo 4 apresenta os passos seguidos para a implementação do protótipo, as dificuldades e necessidades identificadas durante o processo e as soluções encontradas.



# Capítulo 2

## Detalhamento da Tecnologia

### 2.1 – GIS

GIS – *Geographic Information System*, ou Sistema de Informação Geográfica, é um sistema de hardware, software, informação espacial e procedimentos computacionais, que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem. [11]

Existem vários modelos de dados aplicáveis em GIS. Por exemplo, o GIS pode funcionar como uma base de dados com informação geográfica que se encontra associada por um identificador comum aos objetos gráficos de um mapa digital. Desta forma, assinalando um objeto pode-se saber o valor dos seus atributos, e inversamente, selecionando um registro da base de dados é possível saber a sua localização e apontá-la num mapa.

O Sistema de Informação Geográfica separa a informação em diferentes camadas temáticas e armazena-as independentemente, permitindo trabalhar com elas de modo rápido e simples, permitindo ao usuário a possibilidade de relacionar a informação existente através da posição e topologia dos objetos, com o objetivo de gerar novas informações.

Os sistemas GIS permitem compatibilizar a informação proveniente de diversas fontes, como informação de sensores espaciais, informação recolhida com GPS ou obtida com os métodos tradicionais de topografia.

Os campos de aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica, por serem muito versáteis, são muito vastos, podendo-se utilizar na maioria das atividades com uma componente espacial, da cartografia a estudos de impacto ambiental ou de prospecção de recursos ao marketing, constituindo o que poderá designar de Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão.

## 2.2 – Mashup

Um mashup é um site ou uma aplicação web que usa conteúdo de mais de uma fonte para criar um novo serviço completo. [12]

O conteúdo usado em mashups é tipicamente código de terceiros através de uma interface pública ou de uma API. Outros métodos de codificação de conteúdo para mashups incluem Web feeds (exemplo: RSS ou Atom), Javascript e widgets que podem ser entendidas como mini aplicações web, disponíveis para serem incorporadas a outros sites.

Assim como os blogs revolucionaram a publicação online, os mashups estão revolucionando o desenvolvimento web, possibilitando a qualquer um combinar dados de fontes como Amazon, Google e Yahoo de maneiras inovadoras. Uma maior disponibilidade de APIs leves e simples tem possibilitado mashups relativamente fáceis de projetar. Requerem um conhecimento técnico mínimo e os mashups feitos sob encomenda muitas vezes apresentam inovações que eram consideradas improváveis, combinando uma nova disponibilidade pública de dados e novos caminhos criativos.

Segundo Jesse Feiler [1], “[...] um mashup é uma página web que usa tecnologias Web 2.0, [...] para apresentar informações de uma variedade de fontes ou de uma variedade de formas, onde a apresentação realça a informação.” (“[...] *a mashup is a Web Page that uses Web 2.0 technologies, [...] to present information from a variety of sources or in a variety of ways where the presentation enhances the information.*”)

Em 2004, o termo Web 2.0 foi cunhado em uma conferência da O’Reilly Media, referindo-se a uma assim chamada “segunda geração” de aplicações web, caracterizadas por um grau maior de interação e colaboração entre usuários. Desde então, o termo passou a ser constantemente utilizado, na esteira do rápido crescimento de um número significativo de blogs, comunidades virtuais e outras aplicações.

Em “*What is the Web 2.0*” [13], O’Reilly menciona que o conceito da Web 2.0 não possui fronteiras rígidas. Mas, de uma forma geral, pode-se entendê-la como um conjunto de princípios e práticas. Alguns desses princípios são:

- Web como plataforma de serviços.
- Oferta de serviços e não pacotes de software.
- Arquitetura focada em participação.

- Escalabilidade.
- Mistura de fontes de dados e transformação de dados.
- Portabilidade, ou seja, software utilizável em vários tipos de dispositivos.
- Aplicações que atuam como potencializadores da inteligência coletiva.

É neste contexto em que os mashups se inserem, pois podem ser considerados tipos de aplicação da chamada Web 2.0.

Em “*Mashups: The new breed of Web app*” [14], Merrill propõe que, em termos de arquitetura, uma aplicação mashup é constituída pelos seguintes elementos:

- Provedores de conteúdo ou interfaces de aplicação;
- Site mashup;
- Aplicação cliente (tipicamente um navegador).

Os provedores de conteúdo normalmente publicam seu conteúdo através de APIs, que implementam protocolos ou paradigmas de interação baseados nos princípios REST, tais como RSS, Atom ou SOAP. Em alguns casos, o provedor de conteúdo não foi necessariamente preparado para ser utilizado por outra aplicação. Ou seja, seu conteúdo é utilizado na composição de um mashup, sem que o criador do site ou aplicação o tenha concebido para tal tipo de interação. Nestes casos, como não há uma API previamente definida, os construtores de mashup podem utilizar uma técnica chamada de screen scrapping para obter conteúdo desses sites.

Outra forma de publicar conteúdo para a construção de mashups é através de widgets, que são pedaços de códigos que podem ser incorporados pelas aplicações mashup.

O site mashup é onde reside a lógica da aplicação. Não necessariamente a execução da aplicação (ou de parte dela) ocorrerá no servidor do site mashup. Isto porque várias partes da aplicação poderão ser executadas no provedor de conteúdo ou na aplicação cliente (navegador).

De fato, pode-se entender que o grande diferencial desse tipo de aplicação está na possibilidade de combinar dados resultantes de computação em vários pontos (nos três elementos da arquitetura) para obter o resultado final do mashup.

A aplicação cliente tipicamente é um navegador sendo executado no computador do usuário. Nele executa-se a lógica para a apresentação do conteúdo. Muitas vezes,

utiliza-se alguma lógica rodando no cliente para compor e agregar o conteúdo, além da apresentação propriamente dita.

Ao analisar a arquitetura proposta, percebe-se que essa se baseia num paradigma que, de certa forma, já era utilizado pelos protocolos e padrões da web. Ao utilizar pequenos “pedaços” de software, como os antigos contadores de acesso, ou mesmo pedaços de *client-side code* (como os códigos em Javascript), os criadores de sites já estavam, de certa forma, montando aplicações mashup.

Assim, não seria errado entender que os mashups são, na verdade, uma natural evolução dos paradigmas anteriores, com a possibilidade de agregar conteúdo mais dinâmico e apresentá-lo em formatos distintos, combinados com outras informações.

Neste ponto, é interessante apresentar algumas das tecnologias e padrões que suportam o conceito de mashups. Tome-se como base os três elementos considerados componentes de uma aplicação mashup.

Os provedores de conteúdo publicam serviços ou APIs para que outras aplicações obtenham informações de seus sites. De maneira ideal, esses serviços ou APIs devem funcionar de acordo com os princípios de arquitetura conhecidos como REST.

REST é definido por Roy Thomas Fielding como “um estilo de arquitetura para sistemas distribuídos de hipermídia”. REST define um conjunto de propriedades com ênfase na escalabilidade, uso de interfaces genéricas, implantação de componentes independentes, além do uso de componentes intermediários para reduzir latência, prover segurança e encapsular sistemas legados.

Mas, além dessas tecnologias básicas da web, podem-se identificar outras tecnologias mais recentes (ou seria melhor dizer, modelos de aplicações), cuja evolução permitiu o surgimento e a disseminação dos mashups. Não se pretende que a lista a seguir seja extensiva, dada a diversidade e o dinamismo da web, mas podemos citar [Web feeds], Ajax, Web Services (SOAP), Screen Scrapping e Web semântica (RDF).

## 2.3 – Google Maps

Uma série de novas ferramentas de visualização geoespacial de grandes atores da indústria da Internet têm recentemente aparecido e estão tomando conta do mundo GIS. Google, Yahoo, Microsoft e Amazon liberaram recentemente ferramentas de mapeamento online. Embora suas funcionalidades não forneçam nenhuma novidade em relação às ferramentas GIS tradicionais, seu surgimento tem sido significativo na medida em que conseguiram conquistar um público mais vasto. O Google, em particular, surgiu como o líder deste pacote com o seu produto Google Maps, que fornece uma interface visual polida e ágil, construída utilizando tecnologias AJAX, juntamente com imagens aéreas detalhadas e uma API aberta que permite a personalização do mapa, incluindo a capacidade de adicionar dados específicos da aplicação no mapa.

Muitas das barreiras à entrada no mundo do mapeamento online foram removidos pelo Google Maps. Para entender como esta tecnologia tem o potencial de mudar a maneira como o mapeamento na web é executado, é preciso compreender a abordagem tradicional de publicar mapas dinâmicos em um ambiente baseado na web. Produtos de mapeamento online tradicionais têm se baseado em uma infra-estrutura sofisticada de dados, hardware, software e recursos humanos.

Os dados para uma aplicação de mapeamento online tradicional podem ser divididos em duas categorias distintas: dados básicos e dados específicos da aplicação. Os dados básicos geralmente incluem a região geográfica abrangida pela aplicação e geralmente inclui camadas, tais como imagens e fotografias aéreas, ruas e fronteiras. Dados específicos da aplicação incluem camadas de dados geográficos específicas para a aplicação a ser desenvolvida. Por exemplo, em um aplicativo de mapeamento web hospedado por uma cidade, deve ter camadas de dados como terrenos e bairros, localização de escolas, prédios públicos e muitas outras camadas específicas da aplicação. Cada uma destas camadas de dados deve ser localizada, carregado em um servidor gerenciado pela organização e atualizado periodicamente. Com o Google Maps não há mais necessidade de se preocupar em como obter e gerenciar seus próprios dados básicos. Imagens aéreas e dados de mapas estão incluídos no Google Maps, eliminando portanto a necessidade de obter e gerenciar esses grandes conjuntos de dados. No

entanto, ainda é necessário gerenciar os dados específicos da aplicação, seja em formato XML ou em base de dados relacional.

Controles predefinidos podem ser incorporados ao mapa para dar aos usuários controle total sobre a navegação. Além disso, os usuários também podem deslocar o mapa usando o mouse ou as setas do teclado. Estas capacidades se combinam para fornecer um produto atraente, mas o principal motivo de sua rápida aceitação como ferramenta de visualização geoespacial na Internet é a habilidade de se personalizar o mapa através da adição de dados da aplicação para atender suas necessidades específicas. [18]

# Capítulo 3

## SAGE – Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia

Este capítulo faz uma descrição geral do SAGE, Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia, sistema SCADA/EMS desenvolvido pelo CEPEL. [17]

Os seguintes fatores levaram à escolha do SAGE como objeto de estudo:

- O sistema evoluiu dentro de uma trajetória tecnológica, de protótipo de pesquisa até produto de mercado.
- Foi customizado intensivamente para uso por vários clientes, o que tem permitido uma realimentação importante com relação às decisões originais de design e, por outro lado, tem suscitado novos requisitos de uso.
- O sistema precisa evoluir tecnologicamente e em termos de ferramentas e recursos disponibilizados, para manter sua competitividade como produto e, em particular, se adaptar aos novos requisitos do ambiente competitivo do setor.
- O presente trabalho pode não apenas atender uma necessidade específica de um cliente do SAGE, mas lançar as bases de uma nova plataforma tecnológica para o desenvolvimento de ferramentas de interface gráfica e outros aplicativos.

### 3.1 – Trajetória

A grande maioria dos centros de controle existentes nas empresas do setor elétrico brasileiro empregam tecnologias datadas de duas décadas, com soluções centralizadas e proprietárias. São adotados sistemas operacionais, protocolos de

comunicação, gerenciadores de bancos de dados e recursos de interfaces homem-máquina não aderentes a padrões.

A funcionalidade típica de um centro de controle tende, no entanto, a uma evolução constante, com a agregação de aplicações computacionais avançadas para atender às necessidades de melhoria de qualidade de informação, atender à demanda de outras áreas da empresa, bem como a interligação com outros centros.

A integração de novas funções é nesses casos normalmente problemática, exigindo a manutenção de equipes dedicadas altamente qualificadas em tecnologias para as quais não se encontram profissionais no mercado (sistemas operacionais, linguagens e hardware). Para os sistemas com arquiteturas proprietárias, a simples manutenção ou “upgrade” do sistema tende a se tornar proibitiva em termos de custo, ao longo do tempo, principalmente devido à rápida obsolescência do hardware e sua forte ligação com o software básico e de suporte. Com isto, para este tipo de sistema, a necessidade de evolução acaba exigindo após um certo prazo a troca completa do software e hardware do sistema.

A partir do reconhecimento das dificuldades inerentes aos sistemas proprietários, o cenário de desenvolvimento de sistemas para centros de controle se alterou radicalmente ao longo dos últimos 10 anos, com a consolidação do uso de computadores em rede, o advento de processadores de alta capacidade de processamento e baixo custo, o surgimento de novas plataformas de hardware (workstations), adicionado ao esforço mundial de clientes e fornecedores na definição de padrões.

### **3.2 – Evolução dos Softwares de Supervisão e Controle**

Para um melhor entendimento de algumas características do SAGE, é relevante fazer um breve histórico dos softwares utilizados em centros de supervisão e controle de sistemas elétricos.

A primeira geração de centros de controle informatizados encontrava algumas limitações de hardware e software disponíveis na época, sendo esse um motivo de grande impacto no projeto geral dos centros de controle. Software e hardware utilizados nos centros eram de soluções proprietárias, de um único fornecedor. Até a década de 80,



os centros de controle desenvolvidos embutiam uma profunda ligação e dependência entre o hardware, o sistema operacional, o software de suporte e as aplicações computacionais.

Esses centros de controle eram praticamente autônomos. A comunicação com o restante da empresa era limitada ou inexistente e o processamento das informações recebidas do campo era feito localmente. O custo da implementação desses sistemas era elevado, atingindo facilmente a ordem de milhões de dólares.

No início, o fato do hardware ser bem integrado ao software permitiu o desenvolvimento de sistemas com bom desempenho, porém a longo prazo esta estratégia revelou-se uma armadilha. Após alguns anos as empresas de energia elétrica viram-se às voltas com hardware obsoleto e de altíssimo custo de manutenção. Muitos fabricantes de hardware e software descontinuaram a sua produção, ou simplesmente desapareceram do mercado. A intrínseca interligação entre os componentes complicava ou mesmo impedia a sua substituição ou atualização, por não seguirem padrões do mercado de informática. O mesmo problema dificultava a expansão das capacidades dos centros de adaptarem-se à evolução do mercado, às aplicações computacionais e à ampliação dos sistemas elétricos.

Tornou-se uma exigência das empresas de energia elétrica que fossem usados padrões sólidos no desenvolvimento de hardware e softwares para centros de controle. Foi inserido desde então o conceito de sistemas abertos, que significava ter as seguintes características:

- Portabilidade: a mesma funcionalidade pode ser implementada em várias plataformas de hardware;
- Expansibilidade: capacidade de crescimento incremental;
- Interconectividade: diferentes plataformas de hardware podendo funcionar juntas em uma mesma rede;
- Modularidade: funcionalidades distribuídas por módulos com interfaces bem definidas, possibilitando a adição e remoção sem interferência nos demais módulos.

Nesse contexto foi desenvolvido o SAGE.

### **3.3 – O Sistema SAGE**

O SAGE é um sistema computacional que tem por objetivo executar as funções de gerenciamento de energia em sistemas elétricos de potência. A partir dele é possível executar as atividades de Supervisão, Controle e Gestão de Energia.

Conseqüentemente, visando atender, em todos os seus requisitos, às funcionalidades mencionadas acima, o SAGE foi concebido para poder ser configurado para diversas aplicações no processo de automação das empresas: aplicações locais em usinas e subestações, suportadas por arquiteturas de baixo custo (PCs), ou aplicações nos níveis hierárquicos superiores, tais como Centros de Operação de Sistemas, suportadas por redes locais heterogêneas compostas por hardware de diferentes fabricantes: workstations e PCs.

O SAGE foi projetado e desenvolvido para executar, também, a integração da base de dados do sistema eletroenergético com a rede de gestão corporativa da empresa.

### **3.4 – Aspectos Técnicos**

O sistema SAGE abrange um leque de tecnologias computacionais avançadas destinadas à solução de problemas típicos de sistemas de supervisão e controle de energia.

Entre outras características, o SAGE engloba tecnologias de:

- sistemas distribuídos;
- sistemas de tempo-real;
- comunicação de dados;
- orientação a objetos;
- interfaces gráficas;
- interação homem-máquina;
- bancos de dados relacionais;
- análise de redes;
- sistemas especialistas e
- desenvolvimento de software.

O sistema é suportado por uma arquitetura que contempla em toda sua plenitude as características de sistemas abertos, tais como aderência a padrões internacionais, portabilidade, interoperabilidade, interconectividade, escalabilidade e expansibilidade, em adição às características básicas de sistemas de tempo-real, como tolerância a falhas, e desempenho compatível.

Suas características principais são:

- Base de Dados Distribuída de Tempo-Real;
- Grau de Tolerância à Falha Configurável;
- Permite redes heterogêneas, com processadores de diferentes fabricantes;
- Provê integração imediata com bases de dados corporativas;
- Interface Gráfica com várias ferramentas e facilidades de customização;
- Facilidade de visualização e operação remotas, em ambiente Windows;
- Ambiente "offline" para configuração de bases de dados e confecção de telas;
- Funções de Análise de Redes com diagnóstico e aconselhamento;
- Biblioteca de protocolos de comunicação bastante extensa e em crescimento, contendo todos os principais protocolos padrões e proprietários em uso no setor elétrico brasileiro e no exterior;
- Arquitetura adequada para evolução de sistemas existentes;
- Comunicação entre processos via base de dados distribuída de tempo-real.

O sistema operacional empregado nas várias plataformas de hardware é UNIX em conformidade com o padrão X-OPEN XPG4 Base Profile. É utilizado o protocolo TCP/IP para comunicação em rede, São suportadas diversas arquiteturas de rede, tais como Ethernet, FDDI, CDDI, ATM, etc. As linguagens de programação utilizadas são C, C++, Fortran, Java, Lua e shell script. As bases de dados offline são administradas por gerenciadores de bancos de dados relacionais com interface SQL e ODBC. A interação do usuário com essas bases de dados é realizada em ambiente Windows por meio de uma interface amigável.

As facilidades providas pela arquitetura SAGE permitem proteger o investimento inicial nas ocasiões de expansões posteriores, inevitáveis em qualquer centro de controle. Assim, por exemplo, a extrema portabilidade do sistema, aliada à facilidade de se montar uma rede heterogênea de tempo-real com processadores de

diferentes fabricantes permite eliminar a dependência dos fornecedores de hardware e evitar a troca total de equipamentos em evoluções futuras.

Esta mesma preocupação com manutenção se refletiu na concepção da Interface Homem-Máquina. O formato das telas e as facilidades para sua construção permitem sua manutenção em qualquer ambiente, dentro ou fora da sala de controle, não demandando equipes especializadas, por utilizarem técnicas de interação similares a editores gráficos disponíveis. Algumas facilidades nesta área permitem ainda a redução substancial do número de telas a serem criadas e mantidas, o que se traduz em uma redução de custos de manutenção.

O ambiente computacional do SAGE provê dois ambientes para a integração de novos aplicativos. O primeiro é um ambiente de tempo-real, suportado por uma base de dados distribuída de alto desempenho. Este ambiente é adequado para a integração de aplicativos críticos em termos de desempenho ou que possuem estreito relacionamento com o sistema SCADA/EMS. Neste ambiente são integradas as ferramentas tradicionais de Análise de Redes (Configurador de Rede, Estimador de Estado, Análise de Contingências), o CAG, ferramentas de aconselhamento do operador em caso de situações de emergência (Controle de Emergência), além de ferramentas de avaliação da condição operativa dinâmica do sistema (Voltage Security Assessment, Transient Security Assessment). Este ambiente apresenta uma biblioteca de rotinas de interface (API) que facilitam a integração de uma nova função. Esta API inclui rotinas para acesso ao banco de dados, envio de alarmes, registro (“logging”) de operação e situações anormais, interface com o sistema de controle de processos em tempo-real, etc.

O segundo ambiente (não tempo-real) é suportado por um gerenciador de base dados relacional (SGBD) de mercado. Este ambiente também é responsável pela integração dos dados de tempo-real com o restante da rede da empresa, por meio da exportação periódica dos dados de interesse para a base relacional do ambiente não tempo-real. Neste ambiente serão integradas as funções de estudo e análise de condições operativas, futuras funções financeiras e de planejamento. As facilidades para integração de aplicativos neste ambiente estão relacionadas com a utilização de um banco de dados relacional.

### 3.5 – Organização do SAGE

O SAGE é composto, basicamente, por quatro grandes subsistemas:

- SCADA – Responsável pela supervisão e controle de redes elétricas;
- EMS – Responsável pela análise de redes em tempo real e de estudos;
- CAG – Controle automático de geração;
- SIM – Subsistema de treinamento e simulação.

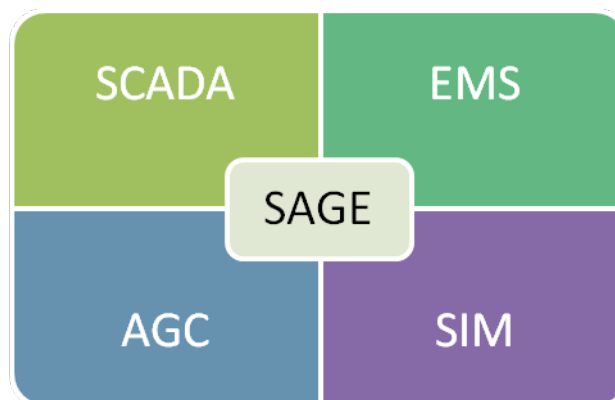


Figura 3.1 – Subsistemas SAGE.

Fonte: Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia [15].

**SCADA** – É responsável pela aquisição e processamento de dados tais como:

- Estados digitais
- Medidas analógicas
- Totalizadores
- Seqüência de eventos
- Controle supervisão e lógica de intertravamento
- Terminais Virtuais de Aquisição e Controle Distribuição de Dados e eventos

De posse dessas medidas ele processa alarmes e eventos indicando a severidade.

Usa para comunicação uma grande variedade de protocolos, como IEC/61850, Conitel, SINSIC, Modbus, ICCP, DNP e outros. Sua interface gráfica possui controle de acesso baseado nos conceitos de privilégios, adaptável às normas de cada cliente.

**EMS** – As funções do Subsistema de Análise de Redes (SAR) têm por objetivo monitorar a operação corrente do sistema elétrico, fornecendo ao operador uma estimativa confiável do estado do sistema, informando quando da ocorrência de condições operativas não desejáveis e produzindo estratégias de controle que permitam alterar o ponto de operação para uma condição operativa normal.

Além disso, possibilitam aos engenheiros de operação a realização de estudos relativos a condições de pós-operação, análise detalhada da condição operativa corrente, simulação de manobras na rede, além de permitir às equipes de programação e supervisão o estabelecimento e a revisão do Programa de Operação do Sistema Elétrico.

O SAR se divide em Modo Tempo-Real e Modo Estudo.

No Modo Tempo-Real as funções processam dados provenientes do Subsistema de Aquisição e Comunicação de Dados do SAGE, e são executadas de forma periódica, automática (após a ocorrência de um evento) ou sob requisição do operador. Estas atividades estão relacionadas com a determinação e monitoração da condição operativa corrente do sistema elétrico. Neste modo, o SAR contempla as seguintes funções: Configuração da Rede Elétrica, Estimação de Estado, Análise de Contingências e Controle de Emergência. As funções do Modo Tempo-Real estão integradas à base de dados de tempo real do SAGE.

No Modo Estudo, as atividades, executadas a pedido do operador, consistem da simulação ou análise de uma condição operativa passada (estudos de pós-operação), corrente (proveniente do Modo Tempo-Real) ou futura (estudos de simulação e análise de condições operativas postuladas). Neste modo estão integradas as seguintes funções: Fluxo de Potência Convencional, Análise de Contingências, Análise de Sensibilidade, Equivalente de Redes, Fluxo de Potência Ótimo e Simulador de redes elétricas (futuramente). As funções do Modo Estudo estão integradas ao SAPRE (Sistema de Análise e Projeto de Redes Elétricas). Os sistemas SAGE e SAPRE comunicam-se através de uma interface de dados. As funções do Modo Estudo integram-se à base de dados do sistema SAPRE, cuja interface gráfica utiliza o ambiente MS-Windows.

**CAG** – Tem por objetivo realizar o controle, em malha fechada, da geração de potência ativa, de forma regular a frequência e/ou o intercâmbio líquido conforme os seus valores programados. O CAG do SAGE controla, em tempo real, em regime

permanente de operação, a potência ativa gerada em cada uma das unidades geradoras pertencentes a áreas de atuação previamente definidas e que estejam submetidas a este controle. O principal objetivo do CAG é o de manter a frequência da área, ou intercâmbio líquido de potência ativa com outras áreas. Os valores da frequência e intercâmbios programados são configurados na geração da base de dados do SAGE e podem ser alterados pelo operador em tempo real.

**SIM** – Disponibiliza um ambiente de simulação de sistemas elétricos para utilização no treinamento de operadores de sistema. Este ambiente é denominado Simulop, o qual utiliza como "motor" de simulação o simulador EPRI-OTS. No Simulop a integração do EPRI-OTS com o SAGE utiliza tecnologia CIM – Common Information Model, modelo de dados padronizado pela norma IEC-61970.

### **3.6 – Arquitetura do Sistema Básico**

O SAGE é um sistema distribuído desenvolvido com base em conceitos de sistemas abertos. O sistema operacional é o UNIX. É utilizado o protocolo TCP/IP para comunicação em rede. São suportadas diversas arquiteturas de rede, tais como a Ethernet. As principais linguagens de programação utilizadas são C, C++, Fortran, Java, Lua e Shell scripts.

O SAGE implementa um conjunto de serviços de Suporte Computacional que executam as tarefas de startup, shutdown, failover, ativação e desativação de processos etc. Utiliza o sistema X-Window e a biblioteca de objetos gráficos como suporte do desenvolvimento de módulos específicos para executar a atividade de interação com o usuário (Interface Homem-Máquina) em tempo real.

A comunicação de Dados é desempenhada por módulos que permitem a ligação do SAGE com uma variedade de equipamentos de campo, Unidades Terminais Remotas (UTR) ou Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e com centros de controle regionais ou de sistema (COR ou COS), através de protocolos proprietários ou padronizados como IEC 870-5, DNP 3.0, ICCP (IEC 870-6 TASE 2) em TCP/IP, MODBUS, etc.

O SAGE possui ainda uma interface entre o sistema de tempo real e o ambiente corporativo da empresa. É possível armazenar na base de dados corporativa grandezas de tempo real, assim como dados históricos para posterior análise.

### **3.7 – Arquitetura do Sistema de Aplicação**

Os programas do sistema de aplicação se integram ao ambiente de tempo-real através de um conjunto de APIs, que provêm os meios de acesso à base de dados de tempo real, tanto diretamente quanto através de camadas de interface que encapsulam as mensagens trocadas com o subsistema de Comunicação e Dados e com o subsistema de Alarmes do SAGE. A interface com o subsistema de Interface Gráfica também é realizada através da base de dados de tempo real.

Outros módulos se integram a uma base de dados relacional, com dados históricos, em ambiente offline. Este ambiente pode ser compartilhado tanto pela equipe da sala de controle como pelas equipes de pós-operação e de planejamento da operação.

### **3.8 – Lições aprendidas**

Várias solicitações tem sido feitas quanto a um aumento de flexibilidade na interface gráfica. Apesar do SAGE apresentar um conjunto bastante extenso de objetos gráficos representativos dos equipamentos presentes no sistema elétrico brasileiro, os usuários tem levantado a necessidade de disporem de outros tipos de objetos gráficos, além dos presentes no sistema, para:

- Representação de novos equipamentos;
- Criação de Desenhos customizados para a empresa, muitas vezes para manter compatibilidade com sistemas de supervisão anteriores;
- Alteração dos comportamentos pré-definidos, para adequar-se à cultura da empresa.

Evidentemente, é sempre possível se desenvolver objetos novos na interface gráfica do SAGE, disponibilizando-os para o usuário segundo sua demanda. Com os



recursos atuais esta é no entanto uma atividade bastante especializada e custosa, em termos de homem-hora. Envolve, por exemplo, alterações de código em várias ferramentas gráficas, por diferentes especialistas, exigindo codificação, testes, criação de nova versão de software e distribuição de cópias atualizadas para vários clientes, aumentando assim o problema de gerência de versões.

Como visto anteriormente, o sistema SAGE provê dois ambientes para a integração de aplicativos: o ambiente de Tempo-Real e o ambiente de Não-Tempo-Real. O primeiro é suportado por uma base de dados distribuída de alto desempenho; o segundo por um gerenciador de base dados relacional. Estes ambientes proporcionam cenários de integração para aplicações. Certamente a grande maioria das aplicações a serem desenvolvidas pelos clientes para explorar os dados do centro de controle, poderão fazê-lo a partir do ambiente Não-Tempo-Real, usando os dados disponíveis. Se algum dado novo for necessário, o SAGE tem facilidades para incluir este novo tipo de dado na exportação a partir do tempo-real.

Para certo tipo de aplicação, no entanto, o ambiente Não-Tempo-Real não é adequado, já que faz uso de facilidades somente presentes no ambiente Tempo-Real, como por exemplo, geração de alarmes, envio de controle, ou atualização da base de tempo-real. O problema neste caso é que o desenvolvimento de software neste ambiente requer uma capacitação em linguagens de programação (C, C++ ou Fortran), sistema operacional (UNIX), além do conhecimento do sistema como um todo de modo a evitar interferências no desempenho.

Por essas razões, tem surgido a necessidade de se dispor de uma infra-estrutura que disponibilize os serviços de tempo-real do SAGE na rede Não-Tempo-Real, onde os clientes possam utilizar linguagens e sistemas operacionais com os quais se sintam mais confortáveis (por exemplo, VisualBasic em Windows), e sem possibilidade de interferência negativa no desempenho da rede tempo-real. A construção da lógica e da interface gráfica dos aplicativos pode ser facilitada com a utilização de “toolkits” de mercado, além da possibilidade de construção de interfaces baseadas em navegadores da internet.

### 3.9 – Novos Requisitos

Em continuidade à trajetória tecnológica do SAGE, pode-se prever a necessidade de novos atributos e tecnologias decorrente principalmente dos requisitos advindos do novo cenário competitivo do setor.

Para a continuação da evolução tecnológica do SAGE, com vistas à manutenção de competitividade, pode-se antever alguns requisitos a serem atendidos:

- Novos recursos de visualização – tanto para centros de controle como outros processos da operação como pré e pós-despacho. Tendências consideradas como evolução natural das representações atuais com visualização e interação 3D, uso de fontes de luz, textura e movimento (animação) que seriam de implementação bastante custosa e especializada no ambiente UNIX da interface gráfica atual do SAGE, dispõe no entanto de tecnologias e ferramentas comerciais de uso facilitado em ambientes “desktop”. Situação similar ocorre com as possibilidades de uso de realidade virtual. Estes recursos não dependem somente de tecnologias mas principalmente de pesquisas na área de design de interfaces e interação homem-máquina.
- Recursos independentes de interface homem-máquina para ferramentas específicas. Uso de produtos comerciais, com representação de dados ou recursos gráficos fechados, dificultando sua integração com outros aplicativos. O uso deste tipo de ferramenta pode ser justificado devido ao baixo custo, à indisponibilidade de alternativa aberta, ou ainda à premência de tempo do desenvolvimento. Um exemplo seriam os “shells” de sistemas especialistas.

Nesses casos não parece interessante a obrigatoriedade do uso dos recursos de interface homem-máquina de tempo-real hoje existentes no SAGE, pelas mesmas razões apontadas anteriormente (especialização, etc.). A integração se daria nestes casos por meio da disponibilização dos serviços do SAGE por meio de infra-estrutura própria para acesso aberto e transparente fora do ambiente de integração de aplicações de tempo-real.

É neste cenário que se vislumbra o desenvolvimento de APIs de acesso a dados e serviços do SAGE, a serem usados no desenvolvimento de aplicativos com a tecnologia Mashup.

# Capítulo 4

## Implementação do Projeto

Seguindo sugestão de Feiler [1], os passos para a criação de um mashup são:

- Decidir o Objetivo do Mashup;
- Identificar os Dados e suas Chaves;
- Obter Acesso aos Dados;
- Reavaliar e Consolidar o Objetivo;
- Desenhar a Interface com o Usuário;
- Codificar o Mashup e
- Implementar a Página de Acesso.

O primeiro passo é definir claramente o objetivo a ser alcançado. Que tipo de informação será apresentada, qual o público alvo, gratuidade ou não do serviço, tudo isso e mais deve ser especificado no início do projeto.

Uma vez definido o objetivo, é necessário identificar o conjunto de dados necessários para se implementar o serviço. Além disso, é preciso determinar os itens em comum, presentes nas diversas fontes de dados, comumente denominados “chaves” na nomenclatura de bancos de dados, que servirão para fazer a associação entre informações.

A seguir, deve-se descobrir como ter acesso às informações. Dentre outras formas, pode-se lançar mão de acesso a bancos de dados e APIs públicas, recursos privados disponíveis apenas no servidor onde o mashup será instalado, ou ainda dados acessíveis a partir de uma chave de acesso fornecida pelo próprio usuário.

Neste ponto, se for identificada alguma limitação no acesso aos dados, seja por indisponibilidade, seja por necessidade de pagamento de taxas de acesso, ou até por não confiabilidade na integridade do conteúdo, é imperativo fazer uma reavaliação do objetivo. No caso de uma fonte de dados não ser gratuita e não haver uma fonte alternativa, deve-se decidir se o custo será repassado para o usuário, ou será suprido por

meio de inserção de publicidade no mashup. Se o objetivo inicial se mostrar inviável, não há motivos para seguir adiante, a não ser que se redefina o objetivo. Se uma fonte de dados não for confiável, por exemplo, o objetivo pode passar a ser a criação de um mashup que forneça provas de tal situação para justificar um investimento na melhoria na qualidade do conteúdo de tal fonte de dados.

Com a certeza da disponibilidade das fontes de dados e o objetivo consolidado, pode-se desenhar a interface com o usuário. Este passo deve ser feito após os anteriores, do contrário existe a possibilidade desta parte do trabalho ser descartada no caso de uma reavaliação do objetivo.

Agora se pode passar à fase de codificação do mashup. Após estudar os recursos oferecidos pelas APIs a serem usadas e identificar as funções úteis ao projeto, passa-se à fase de experimentação. Ao invés de se incluir todas as funções de uma só vez para depois testar, o que fatalmente implicaria em dificuldades para se localizar erros em um código complexo, inicia-se os ciclos de desenvolvimento. Em cada ciclo é incluída uma única função e testado seu funcionamento. Assim o programa vai evoluindo, sempre com a certeza de estar funcionando plenamente antes de passar para o próximo ciclo.

Finalmente, se implementa a página de acesso ao serviço. Pode ser uma página com campos de senha de acesso, escolha de filtros como região, nível de tensão e outros, para só então passar para outra página com o resultado da consulta.

Entretanto, segundo Feiler [1], “O papel do desenvolvedor de mashup é identificar a forma mais significativa de apresentar as informações, de modo que o mashup apresente tudo o necessário de uma só vez, sem interações adicionais por parte do usuário.” (*“The mashup developers role is to identify the most meaningful way of presenting the data so the mashup presents everything needed all at once without further interaction on the user’s part.”*)

Portanto, o mais indicado é que a página de acesso mostre imediatamente o resultado de uma consulta predefinida, com opções para o usuário modificar a consulta dentro da própria apresentação. Neste trabalho foi adotado este preceito, portanto não foi feita uma página exclusivamente para acesso.

## **4.1 – Definição do Objetivo**

Como já foi mencionado anteriormente, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de serviço web para monitoração de focos de queimadas que possam comprometer a operação do sistema elétrico devido à proximidade com linhas de transmissão.

## **4.2 – Identificação de Dados e Chaves**

Como o objetivo é fazer um monitoramento geoespacial, um candidato natural a servir como chave é a posição geográfica, dada pelas coordenadas latitude e longitude, de cada átomo de informação. Para este trabalho, a altitude não é relevante.

Fundamentalmente, dois conjuntos de informação seriam suficientes: torres de linhas de transmissão e focos de queimadas. Uma vez que ambas as informações têm posições geográficas associadas, é possível calcular as distâncias e gerar uma lista de situações potencialmente perigosas.

É preciso, no entanto, ser possível ordenar tal lista, classificando-a por tipo de severidade em função do interesse de quem consulta. Para tanto, são necessárias informações adicionais.

Uma informação importante é o estado de energização de cada linha de transmissão. Focos de queimadas próximos a linhas energizadas devem ser classificados com severidade alta. Já um foco de queimada próximo a uma linha não energizada, a princípio não têm implicação na operação do sistema elétrico, podendo ser considerada uma situação de baixa severidade. Entretanto deve ter sua severidade aumentada antes de manobras de energização.

Uma vez que os pontos digitais de aquisição de estado dos disjuntores das extremidades de uma linha de transmissão não são suficientes para se determinar o estado de energização desta linha, já que depende do estado de chaves e disjuntores adjacentes, é recomendável a utilização das informações fornecidas pelo Configurador, um processo do sistema SAGE que calcula a conexão de cada extremidade da linha a partir de informações de contorno. O uso da medição do fluxo da linha não é

recomendado, pois mesmo tendo valor nulo, a linha pode estar energizada em apenas uma das extremidades, condição suficiente para a ocorrência curto-circuito através de descargas entre a linha e o solo em um ambiente atmosférico alterado por uma queimada.

Relevantes também são informações denominadas “anotações”. Dentre outras, podem indicar situações de manutenção em linhas de transmissão energizadas (“Trabalho em Linha Viva”), onde um foco de queimada dezenas de quilômetros distante da equipe de manutenção pode colocar em risco a vida desses profissionais. Também a anotação de “Linha de Alto Risco” deve influenciar na classificação, pois diz respeito a linhas de transmissão cuja abertura causaria ilhamento no sistema interligado, ou pior, sobrecarga nas linhas adjacentes gerando um efeito em cascata.

Uma chave adicional será necessária para correlacionar cada linha de transmissão com seu estado de energização e eventuais anotações. No sistema SAGE, tal chave é denominada “identificador”, ou simplesmente “id”.

De posse dessas informações, será possível aprimorar as regras de classificação por severidade. Assim, serão mais precisas as orientações para auxílio na tomada de decisão por parte dos operadores do sistema elétrico e das equipes de combate a incêndios e queimadas.

### **4.3 – Obtenção de Acesso aos Dados**

A seguir estão descritas as fontes de dados eleitas para a este trabalho.

#### **4.3.1 – Posições das Torres de Linhas de Transmissão**

As posições das torres de linhas de transmissão podem ser consultadas em um banco de dados de informações cadastrais, já que não têm características dinâmicas. Uma atualização diária seria mais do que suficiente.

Para este trabalho, será utilizado um arquivo proveniente de uma consulta a uma base de dados cadastrais do ONS, denominado “Base Técnica”. Em um ambiente de

produção, este arquivo deverá ser substituído por uma consulta direta ao banco de dados.

Uma primeira transformação será a conversão deste arquivo para um formato estruturado no padrão XML. Deste modo, caso seja necessário mudar a fonte de dados, a única mudança a ser feita será a criação de um novo conversor para o formato definido.

O arquivo gerado pela consulta tem o seguinte formato:

```
MGUSIM2STRV1GO_494|MGUSIM2STRV1GO|LTR|494|1|-18.3878632|-49.2029037||
MGUSIM2STRV1GO_495|MGUSIM2STRV1GO|LTR|495|1|-18.3870201|-49.1995811||
MGUSIM2STRV1GO_496|MGUSIM2STRV1GO|LTR|496|1|-18.3862686|-49.1966057||
...
MGUSIM2STRV1GO_492|MGUSIM2STRV1GO|LTR|492|1|-18.3894978|-49.2093468||
MGUSIM2STRV1GO_493|MGUSIM2STRV1GO|LTR|493|1|-18.3886681|-49.2060585||
MGUSFU3STIT1_153|MGUSFU3STIT1|LTR|152|1|-20.9902061|-45.8978374||
MGUSFU3STIT1_154|MGUSFU3STIT1|LTR|153|1|-20.9910108|-45.8960564||
MGUSIM2STRV1GO_474|MGUSIM2STRV1GO|LTR|474|1|-18.4056187|-49.2727585||
MGUSFU3STIT1_155|MGUSFU3STIT1|LTR|154|1|-20.9926362|-45.8922852||
...
```

O arquivo padronizado XML será como abaixo:

```
<xml>
  <eqp id="ALMSI-2MCO-1" type="LTR" kv="500" cia="CHESF">
    <pnt lat="-9.4045556" lng="-35.8424167"/>
    <pnt lat="-9.4151111" lng="-35.8453889"/>
    <pnt lat="-9.4199444" lng="-35.846"/>
    ...
    <pnt lat="-9.5736389" lng="-35.7940278"/>
  </eqp>
  <eqp id="GOITP-2STBT1" type="LTR" kv="230" cia="CELG">
    <pnt lat="-14.9432229949039" lng="-49.5225466323475"/>
    <pnt lat="-14.9430909305869" lng="-49.521301618072"/>
    ...
  </eqp>
</xml>
```

Pode-se notar que o novo arquivo já contém informações adicionais que não estavam presentes no arquivo original, tais como “companhia” e “nível de tensão”. Para tanto, foi utilizada a tabela de linhas de transmissão da base de dados do SAGE, fazendo uso do atributo “id” como chave de consulta. Estas informações adicionais servirão para posterior filtragem, possibilitando refinamentos nos resultados obtidos pelo usuário.

### 4.3.2 – Focos de Queimadas

As informações de queimadas serão obtidas a partir de consultas ao Banco de Dados de Queimadas da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [10]. A consulta a focos de queimadas deve ter uma periodicidade maior, talvez horária.

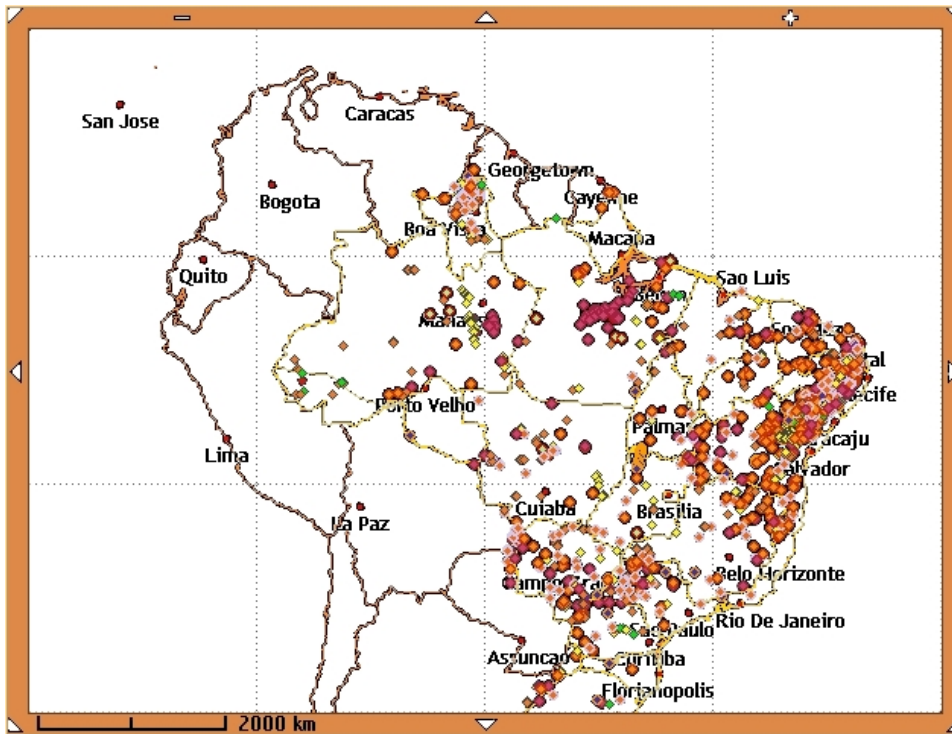


Figura 4.1 – Focos de queimadas no Brasil em fevereiro de 2009.  
Fonte: Banco de Dados de Queimadas, INPE [10].

O resultado desta consulta tem o seguinte formato:

```
Nr,Lat,Long,LatGMS,LongGMS,Data,Hora,Satelite,Municipio,Estado,Pais,Vegetacao,Suscetibilidade,Precipitacao,NunDiasSemChuva,Risco,Persistencia
1,-17.80000,-40.17500,S 17 48 0.00,O 40 10 30.00,20090204,192242,NOAA-15,Mucuri,BA,Brasil,OmbroflaDensa,ALTA,44.1,5,0,0
2,-10.09833,-37.98333,S 10 5 54.00,O 37 58 60.00,20090204,192242,NOAA-15,Pedro Alexandre,BA,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,15,1,0
3,-10.09833,-37.99000,S 10 5 54.00,O 37 59 24.00,20090204,192242,NOAA-15,Pedro Alexandre,BA,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,15,1,0
4,-10.15667,-38.17000,S 10 9 24.00,O 38 10 12.00,20090204,192242,NOAA-15,Jeremoabo,BA,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,6,40,1,0
5,-10.15833,-38.17667,S 10 9 30.00,O 38 10 36.00,20090204,192242,NOAA-15,Jeremoabo,BA,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,6,40,1,0
6,-10.15833,-38.18333,S 10 9 30.00,O 38 10 60.00,20090204,192242,NOAA-15,Jeremoabo,BA,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,6,40,1,0
7,-11.15833,-37.57000,S 11 9 30.00,O 37 34 12.00,20090204,192242,NOAA-15,Boquim,SE,Brasil,Contato,BAIXA,0,8,15,1,0
8,-11.18667,-37.96000,S 11 11 12.00,O 37 57 36.00,20090204,192242,NOAA-15,Tobias Barreto,SE,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,15,1,0
9,-11.21000,-38.24833,S 11 12 36.00,O 38 14 54.00,20090204,192242,NOAA-15,Itapicuru,BA,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,15,1,0
10,-11.35000,-37.95833,S 11 20 60.00,O 37 57 30.00,20090204,192242,NOAA-15,Tomar do Geru,SE,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,15,1,0
11,-11.35167,-37.96500,S 11 21 6.00,O 37 57 54.00,20090204,192242,NOAA-15,Tomar do Geru,SE,Brasil,NaoFloresta,BAIXA,0,15,1,0
12,-11.35167,-39.06333,S 11 21 6.00,O 39 3 48.00,20090204,192242,NOAA-15,Araci,BA,Brasil,NaoFloresta,MEDIA,0,15,1,0
...
```



## 4.4 – Reavaliação e Consolidação do Objetivo

O impulso inicial ao se oferecer um serviço é disponibilizar o máximo de informações possível, com o máximo de detalhamento disponível. Isso, no entanto, em geral acaba se mostrando inadequado para uso prático. A exibição de todas as informações disponíveis, além de ser um processo lento e exigir altos requisitos computacionais, não é prática, deixando o usuário perdido em meio a tantas informações.

Uma melhor abordagem é a criação de regras de identificação de informações úteis a partir das diversas fontes de dados, e a apresentação apenas do que é mais relevante à necessidade de cada usuário em cada momento.

No desenvolvimento deste trabalho, por exemplo, o objetivo inicial era apresentar todo o conjunto de linhas de transmissão, sobrepostas por indicações de todas as queimadas identificadas nas fontes de dados, deixando a cargo do usuário identificar visualmente as proximidades e julgar por si mesmo as que considerasse perigosas.

Mas, segundo Feiler [1], “O coração de um mashup de várias origens é a combinação das fontes de dados de um modo lógico que adicione valor. (*The heart of a multisource mashup is the combination of the data sources in a logical way that adds value.*)” e “[...] um mashup se baseia em informações, normalmente um grande conjunto de informações (apesar de apenas um pequeno subconjunto ser entregue ao usuário). (*[...] a mashup relies on data, and usually a lot of data (although a small subset is what is delivered to the user).*)”

Com base neste conceito, o objetivo passou a ser a identificação automática de situações de perigo e a apresentação apenas destas ocorrências pontuais, deixando ao usuário apenas o ajuste de parâmetros utilizados pelos algoritmos de identificação.

Sob este novo enfoque, surgiu a possibilidade de uma funcionalidade adicional, qual seja, o envio espontâneo de alertas para usuários registrados em determinado serviço web, não havendo mais necessidade de monitoração visual constante. Tais alertas podem inclusive ser efetuados através de tecnologias disponíveis para dispositivos móveis, como aparelhos celulares.

Por exemplo, uma equipe de manutenção trabalhando em uma linha de transmissão energizada poderia se registrar para receber alertas específicos de ocorrência de queimadas próximas a esta mesma linha.



Figura 4.2 – Aproximação de equipe de manutenção em linha energizada.



Figura 4.3 – Troca de isoladores em uma linha de 500 kV.

Nota-se que não apenas limitações na disponibilidade de informações podem vir a modificar o objetivo do trabalho. Outros aspectos como tempo de resposta e capacidade computacional na camada cliente influenciaram na reavaliação do objetivo inicial. Apesar da importância de se buscar atingir um objetivo, durante o desenvolvimento de um projeto é preciso ficar atento a limitações e facilidades não previstas no planejamento inicial e estar aberto à possibilidade de modificar, aprimorar ou até ampliar o objetivo final.

## 4.5 – Definição da Interação com o Usuário

A interação com o usuário foi feita utilizando a tecnologia Mashup, fazendo uso dos recursos do serviço *Google Maps*. O protótipo apresentado a seguir, desenvolvido para experimentação das tecnologias estudadas no presente trabalho, está disponível publicamente no endereço “<http://ghelman.net/mashup/>”.

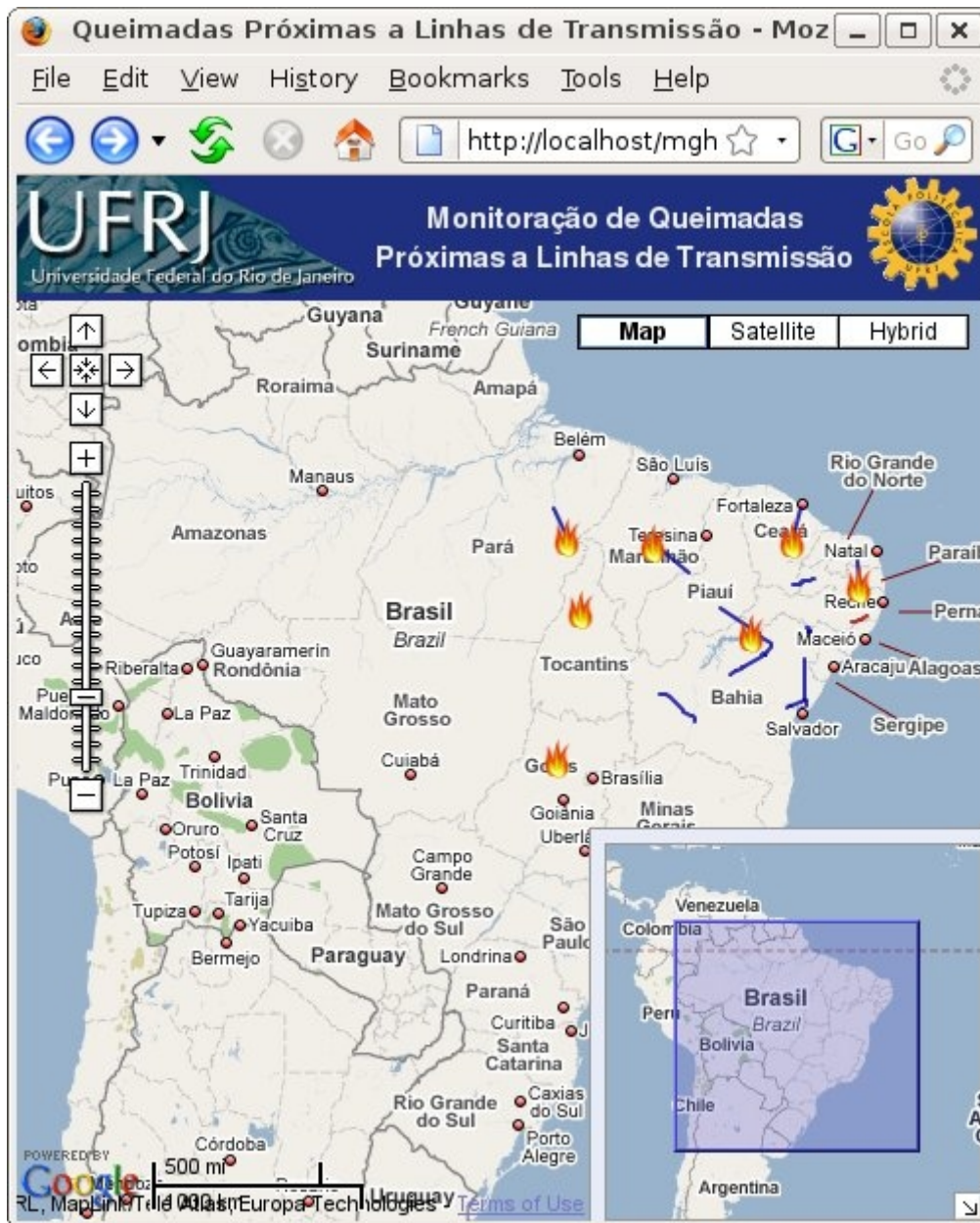


Figura 4.4 – Página inicial do protótipo de Monitoração de Queimadas.

O *Google Maps* tem três tipos de visualização: Mapa, Satélite e Híbrido.

No modo de exibição “Mapa”, são mostrados apenas fronteiras e nomes de localidades adequados ao nível de zoom. No nível de zoom inicial deste mashup, aparecem as fronteiras entre países e estados e os nomes de países, estados e algumas poucas cidades. À medida em que se aproxima, aumentando o nível de zoom, surgem mais detalhes.

No modo “Satélite”, são exibidas imagens obtidas a partir de fotos tiradas de satélites. Tais imagens não representam a realidade do momento, mas sim de quando foram obtidas. A contratação de um serviço de imagens de satélite em tempo-real enriqueceria sobremaneira aplicações como a que apresenta este trabalho.

O modo “Híbrido” é uma sobreposição das informações do modo “Mapa” sobre as imagens do modo “Satélite”. A página inicial deste trabalho é exibida no modo “Mapa”, para estar pronto para uso o mais rápido possível.

A seguir, é feita uma aproximação de visualização de uma queimada, próxima à Barragem de Sobradinho, no norte do estado da Bahia, próximo às cidades de Petrolina e Juazeiro. Neste nível de zoom, já aparecem mais detalhes de rodovias e contornos hidrográficos.



Figura 4.5 – Visualização de queimada próxima à Barragem de Sobradinho.

Ao mudar a visualização para modo “Híbrido”, observa-se claramente a discrepância entre o desenho do mapa e as imagens de satélite. Isto demonstra que não é



seguro usar o modo “Mapa” como referência para tomadas de decisão, apenas como indicativo rápido de localização.



Figura 4.6 – Visualização híbrida do mapa com imagem de satélite.

A partir de determinado nível de zoom, passam a ser exibidos marcadores que indicam as posições de cada torre das linhas de transmissão.



Figura 4.7 – Indicação de posição de torres de linhas de transmissão.

A próxima figura mostra esta mesma queimada com o maior nível de zoom disponível para esta região. O nível máximo de zoom no Brasil só é disponibilizado pelo *Google Maps* em imediações de áreas urbanas. Mas já é suficiente para se ver duas torres de transmissão com suas sombras projetadas no solo.



Figura 4.8 – Disparidade entre torres de transmissão e imagem de satélite.

Durante os testes, foram observadas diferenças entre coordenadas de torres de transmissão e imagens de satélite. Inicialmente suspeitou-se de erro no algoritmo de conversão das coordenadas cadastradas no banco de dados para o formato do *Google Maps*. No entanto, após várias observações, não foi possível estabelecer um padrão entre as diferenças das posições das torres cadastradas no banco de dados com as apresentadas pelas imagens de satélite.



Figura 4.9 – Não há padrão nas diferenças entre coordenadas e imagens.

Tal discrepância pode ser suficiente para induzir a erros, tanto de omissão de alertas como de alarmes falsos. Seria necessária uma averiguação para determinar se o erro está no cadastro, no serviço *Google Maps*, ou em ambos.

Diante disso, seria indicada também uma averiguação da precisão das informações do serviço de observação de queimadas.

## 4.6 – Implementação do Mashup

Nesta seção são descritos os arquivos de dados e de código desenvolvidos neste trabalho.

### 4.6.1 – Arquivo de queimadas próximas a linhas

As informações de queimadas próximas a linhas de transmissão e as informações das linhas afetadas foram reunidas num único arquivo XML com o seguinte formato:

```

<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<xml>
  <eqp id="BAUSB-2JZD-2" type="LTR" kv="500" cia="CHESF">
    <fire lat="-9.457" lng="-40.8" info="Queimada na Bahia"/>
    <pnt lat="-9.438111111111111" lng="-40.82819444444444"/>
    <pnt lat="-9.439833333333333" lng="-40.82816666666667"/>
    ...
  </eqp>
  ...
  <eqp id="TOCO--5MC--2" type="LTR" kv="230" cia="ELETRONORTE">
    <pnt lat="-7.974312929" lng="-48.45540681"/>
    <pnt lat="-7.976396503" lng="-48.45524789"/>
    ...
    <fire lat="-8.382" lng="-48.457" info="Queimada em Tocantins 1"/>
    <pnt lat="-8.382459311" lng="-48.45704069"/>
    <pnt lat="-8.385779886" lng="-48.45719358"/>
    ...
    <fire lat="-9.534" lng="-48.520" info="Queimada em Tocantins 2"/>
    <pnt lat="-9.534297176" lng="-48.51969726"/>
    <pnt lat="-9.538142625" lng="-48.5207248"/>
  </eqp>
</xml>

```

O cabeçalho do arquivo indica que seu conteúdo tem formato XML e usa a codificação ISO8859-1, a mesma da base de dados do SAGE.

Cada linha de transmissão é representada em um *tag* “eqp”. Foi assim definido para tornar o formato genérico, podendo no futuro conter informações de outros tipos de equipamentos.

Os *tags* de equipamentos têm os seguintes atributos:

- id – identificador;
- type – tipo do equipamento;
- kv – nível de tensão e
- cia – companhia proprietária ou responsável pela manutenção.

As coordenadas das torres de cada linha de transmissão são representadas como atributos dos *tags* “pnt”, que estão ordenados conforme sua seqüência na linha.

As queimadas são representadas pelos *tags* “fire” e podem ocorrer em qualquer posição dentro de um *tag* “eqp”, significando que estão próximas a este equipamento. Deste modo se evita duplicar informações de linhas de transmissão caso haja várias queimadas próximas a uma mesma linha. No caso, provavelmente raro, de uma mesma



queimada estar próxima a mais de uma linha, a informação desta queimada será duplicada, representando um aumento desprezível no tamanho do arquivo.

Os *tags* de queimadas, além das coordenadas, contêm o atributo “info”, cujo conteúdo será exibido no indicador que é aberto ao se clicar no marcador correspondente.

## 4.6.2 – Página HTML com código Javascript

No código HTML, foi inserido o *tag* “div” abaixo na posição onde deve aparecer o mapa, configurado com 100% de largura, para acompanhar o redimensionamento horizontal da janela do navegador, e altura fixa de 470 pixels, escolhida de modo que fique aparente todo o Brasil no nível de zoom inicial.

```
<div id="map" style="width:100%; height:470px;"></div>
```

O *tag* “body”, foi codificado para que, ao carregar a página, o navegador execute a função Javascript “createMap”. Nesta função estão os comandos de preparação da visualização inicial do mapa, assim como a chamada para a rotina de carga das informações de queimadas próximas a linhas de transmissão, como é mostrado em seguida.

```
<body onload="createMap()" onunload="GUnload()" style="margin: 0;">
```

### Função “createMap”

A primeira coisa a ser feita pela função “createMap” é verificar se a API do *Google Maps* é compatível com o navegador.

```
if (!GBrowserIsCompatible()) {  
    alert("The Google Maps API is not compatible with this browser");  
    return;  
}
```

Passado este teste, o elemento “div” do código HTML é usado para indicar ao *Google Maps* em que parte da página criar o mapa. Uma referência para o objeto é guardada numa variável global, que será usada nos comandos de manipulação do mapa.

```
map = new GMap2(document.getElementById("map"));
```

São inseridos alguns controles nos mapa: um controle de deslocamento e zoom, um de escolha de modo de visualização e outro de exibição de escala.

```
map.addControl(new GLargeMapControl());
map.addControl(new GMapTypeControl());
map.addControl(new GScaleControl());
```

Depois são habilitados alguns recursos de operação sobre o mapa: zoom com um duplo *click*, zoom com o *scroll wheel* do mouse e zoom contínuo.

```
map.enableDoubleClickZoom();
map.enableScrollWheelZoom();
map.enableContinuousZoom();
```

Agora são definidos o zoom e as coordenadas iniciais do mapa. Os valores foram escolhidos de modo que fique aparente todo o Brasil.

```
map.setCenter(new GLatLng(-15.0, -52.0), 4);
```

O mashup foi também configurado para incluir um mapa resumido no canto inferior direito, que exibe a mesma região visualizada no mapa principal, mas com um nível de zoom menor. Isto ajuda o usuário a identificar onde se localiza a área visualizada.

```
map.addControl(new GOverviewMapControl(new GSize(200, 200)));
```

As queimadas serão representadas por marcadores, configurados para serem exibidos com a imagem de uma pequena fogueira, imagem esta convertida para o formato PNG a partir do arquivo de domínio público “FireIcon.svg” [16], obtido no site Wikimedia Commons. Cada um desses marcadores, ao receber um *click* do mouse, abre um indicador que mostra informações da própria queimada e o identificador da linha de transmissão a qual está próxima.

```
fireIcon = new GIcon();
fireIcon.image = "images/FireIcon.png";
fireIcon.iconAnchor = new GPoint(8, 12);
fireIcon.infoWindowAnchor = new GPoint(8, 0);
fireIcon.iconSize = new GSize(16, 24);
```

É criado então uma instância do gerenciador de marcadores, desenvolvido com o objetivo de manipular com eficiência um grande número de marcadores.

```
mgr = new MarkerManager(map);
```

Finalmente é chamada a função que carrega as informações de queimadas próximas a linhas de transmissão, junto com as posições das torres das próprias linhas envolvidas.

```
window.setTimeout(loadTowers, 100);
```

## Função “loadTowers”

Nesta função são inseridas *polylines* com segmentos ligando as posições correspondentes às coordenadas das torres de cada linha de transmissão.

O primeiro comando da função “loadTowers” define o nome do arquivo XML que será carregado. Foi necessário adicionar ao nome do arquivo um argumento que seja diferente toda vez que esta função for chamada. Sem isso, o navegador desconsidera mudanças no arquivo, pois usa a versão memorizada na primeira leitura. Pode ser usado qualquer argumento, já que arquivos XML não os interpretam. Foi usada uma função que retorna uma *string* com hora, minuto e segundo.

```
var xmlFilename = "torres.xml?now=" + now();
```

A seguir é criado um objeto de requisição XML-HTTP da API do *Google Maps*.

```
var request = GXmlHttp.create();
```

Este objeto é configurado para abrir o arquivo e receber seu conteúdo em segundo plano, ou seja, deixando o navegador executar outras operações enquanto o arquivo é transferido.

```
request.open("GET", xmlFilename, true);
```

É configurado também para que, assim que a transferência tenha terminado, execute a função definida no próprio comando.

```
request.onreadystatechange = function() {  
    if (request.readyState == 4) {  
        var xmlDoc = GXml.parse(request.responseText);  
        processLoadedTowersXML(xmlDoc);  
    }  
}
```

Finalmente é disparada a requisição conforme configurada.

```
request.send(null);
```

Ao ser executada a função definida acima, a resposta da requisição é interpretada como XML e usada como argumento da função “processLoadedTowersXML”.

## Função “processLoadedTowersXML”

```
fireMarkers = [];  
var width = 2;  
var equipments = xmlDoc.documentElement.getElementsByTagName("eqp");  
for (var eqp = 0; eqp < equipments.length; eqp++) {  
    // obtain the attributes of each element
```

```

var id      = equipments[eqp].getAttribute("id");
var kv      = equipments[eqp].getAttribute("kv");
// obtain collections of towers and fires
var points      = equipments[eqp].getElementsByTagName("pnt");
var firesNearLine = equipments[eqp].getElementsByTagName("fire");
// read each tower
var pts        = [];
for (var i = 0; i < points.length; i++) {
    var lat = parseFloat(points[i].getAttribute("lat"));
    var lng = parseFloat(points[i].getAttribute("lng"));
    pts[i] = new GLatLng(lat, lng);
}
// read each fire
for (var k = 0; k < firesNearLine.length; k++) {
    var info      = firesNearLine[k].getAttribute("info");
    var lat       = parseFloat(firesNearLine[k].getAttribute("lat"));
    var lng       = parseFloat(firesNearLine[k].getAttribute("lng"));
    var coord     = new GLatLng(lat, lng);
    var gMarker   = new GMarker(coord, { icon: fireIcon } );
    info += '<br>Próximo à linha de transmissão ' + id;
    var marker    = { gmarker: gMarker, info: info };
    fireMarkers.push(marker);
}
var colour = "#0000AA";
if (kv == "500") colour = "#AA0000";
var polyline = new GPolyline(pts, colour, width, 0.8, colour, 0.5);
linesWithTowers[eqp] = { ident: id, poly: polyline };
}
window.setTimeout(refreshFireMarkers, 100);

```

# Trabalhos futuros

- Emissão de mensagens de alerta sobre situações de risco para usuários registrados com filtros predefinidos.
- Integração com os mecanismos de alarmes próprios do sistema SAGE.
- Utilização de informações de direção e sentido de vento sobre regiões com queimadas para identificar se estão se aproximando ou se afastando de linhas de transmissão.
- Processamento automático do Modo Estudo do SAGE para reclassificar a severidade de focos de queimadas antes de religamento de linhas de transmissão.

# Conclusão

As tecnologias estudadas se mostraram adequadas aos objetivos propostos, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de ferramentas de apoio à tomada de decisão em centros de supervisão e controle de sistemas elétricos de potência, aumentando a segurança na operação em tempo-real.

A identificação de imprecisão nas informações disponíveis nas fontes de dados utilizadas deve servir como base para a adoção de medidas para correção de tais erros por parte das entidades responsáveis pela informação.

O resultado se mostrou genérico o suficiente para ser utilizado em outras áreas que também envolvam informações associadas a referenciamento geoespacial.

Segundo a afirmação de Jesse Feiler [1], “A contribuição de um desenvolvedor de mashup costuma ser uma idéia que combine fontes de dados específicos de forma original e útil.” (*“The mashup developer’s contribution often is the idea of combining specific data sources in a new and useful way.”*)

Espera-se que este trabalho venha contribuir para a produção tecnológica nacional, agregando valor aos sistemas de supervisão existentes, em especial à evolução do sistema SAGE, lançando bases a este produto para uma nova plataforma de interface gráfica.

# Bibliografia

- [1] FEILER, J., *How to Do Everything with Web 2.0 Mashups*. chapter Understanding the Mashup World, New York, McGraw-Hill, pp. 16–21, 2008.
- [2] Google Code, “Google Maps API”, <http://www.google.com/apis/maps/>, 2008, (Acesso em 05 Outubro 2008).
- [3] WILLIAMS, M., “Google Maps API Tutorial”, <http://econym.org.uk/gmap/>, 2009, (Acesso em 20 Dezembro 2008).
- [4] ONS – “Síntese Gerencial da Operação – Nº 310”, [http://www.ons.org.br/resultados\\_operacao/sintese\\_gerencial/310.aspx](http://www.ons.org.br/resultados_operacao/sintese_gerencial/310.aspx), (Acesso em 01 Março 2009).
- [5] ONS – “Síntese Gerencial da Operação – Nº 341”, [http://www.ons.org.br/resultados\\_operacao/sintese\\_gerencial/341.aspx](http://www.ons.org.br/resultados_operacao/sintese_gerencial/341.aspx), (Acesso em 01 Março 2009).
- [6] ONS – “Síntese Gerencial da Operação – Nº 376”, [http://www.ons.org.br/resultados\\_operacao/sintese\\_gerencial/376.aspx](http://www.ons.org.br/resultados_operacao/sintese_gerencial/376.aspx), (Acesso em 01 Março 2009).
- [7] ONS – “Síntese Gerencial da Operação – Nº 440”, [http://www.ons.org.br/resultados\\_operacao/sintese\\_gerencial/440.aspx](http://www.ons.org.br/resultados_operacao/sintese_gerencial/440.aspx), (Acesso em 01 Março 2009).
- [8] Furnas Centrais Elétricas S.A., Revista Furnas – Ano XXX – Nº 312 – Setembro 2004 – pag. 15, *Campanha Alerta para o Perigo das Queimadas*, [http://www.furnas.com.br/arqtrab/ddppg/revistaonline/linhadireta/RF312\\_queima.pdf](http://www.furnas.com.br/arqtrab/ddppg/revistaonline/linhadireta/RF312_queima.pdf), (Acesso em 01 Março 2009).
- [9] INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, *Chesf realiza sobrevôo para detectar pontos de queimada*, <http://pirandira.cptec.inpe.br/queimadas/material3os/incendios1.pdf>, (Acesso em 01 Março 2009).
- [10] INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, OBT – Coordenação Geral de Observação da Terra, DPI – Divisão de Processamento de Imagens, *Banco de Dados de Queimadas*, <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>, (Acesso em 01 Março 2009).
- [11] Wikipédia, Sistema de informação geográfica, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Gis/>, (Acesso em 02 Março 2009).

- [12] Wikipédia, Mashup, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Mashup/>, (Acesso em 02 Março 2009).
- [13] O'REILLY, T., *What Is Web 2.0*, O'Reilly Media, Inc., 2008.
- [14] MERRIL, D., *Mashups: The new breed of Web app*, 2006.
- [15] SAGE – Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia, <http://www.sage.cepel.br/>, (Acesso em 03 Março 2009).
- [16] JAWORSKI, P., “FireIcon.svg”, *Wikimedia Commons*, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FireIcon.svg>, 2006.
- [17] LIMA, L. C., “Uma Estratégia Tecnológica para Software Inovador de Engenharia no Setor de Energia Elétrica em Ambiente Competitivo”, tese de doutorado, Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, 2000.
- [18] Geospatial Training Services, “Mashup Mania with Google Maps – Version 5”, <http://geochalkboard.wordpress.com/2009/01/21/google-maps-api-e-book-revised-download/>, 2009.



# **Anexo A**

## **Relatórios de ocorrências e perturbações devido a queimadas**

### **Interrupção de Cargas no Estado do Maranhão [4]**

No dia 07/08/2005, às 13h55, ocorreu o desligamento automático das LT's 500 kV Presidente Dutra/São Luís II C1 e C2, LT 230 kV Presidente Dutra/Peritoró e LT 230 kV Peritoró/Miranda.

Em consequência, houve interrupção de cargas da Cemar na Região Metropolitana de São Luís e em Miranda, além dos consumidores industriais Alumar e CVRD.

A normalização do atendimento às cargas foi iniciada às 14h03 e concluída às 14h11.

A causa da ocorrência foi queimada sob as linhas de transmissão de 500 kV.

### **Interrupção de Cargas no Estado do Rio Grande do Sul [5]**

No dia 17/03/2006, às 14h13, ocorreu o desligamento automático do transformador TR 1 de 230/138 kV (150 MVA) da SE Taquara.

Em consequência, houve interrupção de 187 MW de cargas da RGE e AES-Sul, na região de Taquara, no Estado do Rio Grande do Sul.

A normalização do atendimento das cargas foi concluída às 14h19.

A causa foi sobrecarga devido indisponibilidade da LT 138 kV Cidade Industrial/Cachoeirinha, que estava desligada desde as 13h57, por solicitação da CEEE, para combater queimada sob a LT.

### **Interrupção de Cargas no Estado do Maranhão [6]**

No dia 14/11/2006, às 15h24, ocorreu o desligamento automático de toda SE 500 kV Presidente Dutra.

Em consequência, houve interrupção de 1081 MW de cargas, sendo 245 MW da CEMAR, 806 MW do consumidor industrial ALUMAR e 30 do consumidor industrial CVRD, no Estado do Maranhão.

A normalização do atendimento às cargas foi iniciada às 15h50 e concluída às 16h00.

A causa está sendo pesquisada pela Eletronorte. Houve informação de queimada próximo à SE Presidente Dutra.

### **Interrupção de cargas no Estado de Alagoas [7]**

No dia 08/02/2008, às 16h34, ocorreu o desligamento automático das LTs 230 kV Messias/Maceió C-1 e C-2, interrompendo o suprimento à SE Maceió (Chesf).

Em consequência, houve a interrupção de 220 MW de cargas da Chesf, atingindo os consumidores da região metropolitana da cidade de Maceió, no Estado de Alagoas.

Às 16h49 foi iniciada a normalização das cargas interrompidas, sendo concluída às 17h10.

A causa do desligamento foi a queimada de canavial sob as LTs, no município de Rio Largo, no Estado de Alagoas.