

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS - BAURU  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**GUSTAVO AZARITO SILVA**

**VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA DE DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS**

Bauru  
2014

GUSTAVO AZARITO SILVA

**VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA DE DESCARGAS ELÉTRICAS  
ATMOSFÉRICAS**

Orientador: Prof. Dr. José Remo Ferreira Brega

Monografia apresentada junto à disciplina Projeto e Implementação de Sistemas II, do curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Faculdade de Ciências, Unesp, campus de Bauru, como parte do Trabalho de Conclusão de Curso.

Bauru  
2014

GUSTAVO AZARITO SILVA

**VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA DE DESCARGAS ELÉTRICAS  
ATMOSFÉRICAS**

Monografia apresentada junto à disciplina Projeto e Implementação de Sistemas II, do curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Faculdade de Ciências, Unesp, campus de Bauru, como parte do Trabalho de Conclusão de Curso.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Remo Ferreira Brega  
Departamento de Computação  
FC/UNESP  
Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simone das Graças  
Domingues Prado  
Departamento de Computação  
FC/UNESP

---

Prof. Dr. Wilson Massashiro Yonezawa  
Departamento de Computação  
FC/UNESP

Bauru, 09 de janeiro de 2014.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço aos meus pais, irmão, e toda minha família por sempre me apoiarem e acreditarem em mim.

Agradeço à minha namorada, Juliana, pelo amor e companheirismo.

Agradeço aos meus amigos de Bauru e Araraquara, que de alguma forma me incentivam a seguir em frente.

Agradeço ao orientador Prof. Dr. José Remo Ferreira Brega, por contribuir com conhecimento e novidade para o desenvolvimento deste trabalho e também o Instituto Tecnológico SIMEPAR por fornecer os dados utilizados no trabalho.

## Resumo

SILVA, Gustavo. **Visualização científica de descargas elétricas atmosféricas**. Bauru, 2014. 46 pp. Monografia (Graduação Bacharelado em Ciência da Computação). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Este trabalho tem como principal objetivo desenvolver uma aplicação Web para visualização de Descargas Elétricas Atmosféricas, plotando marcas em um mapa, utilizando como base dados fornecidos pelo SIMEPAR. O sistema desenvolvido utiliza de técnicas e ferramentas que possibilitaram a criação do Sistema Web sem que seja necessária utilização de *plug-ins* ou *softwares* externos, funcionando em praticamente todos navegadores de internet, bem como várias plataformas. Esta ferramenta visa auxiliar meteorologistas a monitorar de forma ágil as descargas e ajudar a sociedade em geral na prevenção de acidentes causados por esse fenômeno da natureza.

**Palavras-chave:** descargas elétricas atmosféricas, visualização científica, meteorologia, sistema de monitoramento, web.

## **Abstract**

SILVA, Gustavo. **Scientific visualization of atmospheric electrical discharges**. Bauru, 2014. 46 pp. Monograph (Graduate Bachelor in Computer Science). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

This paper aims to develop a web application for viewing Atmospheric Electrical Discharge, plotting marks on a map, using as base data provided by SIMEPAR. The developed system uses techniques and tools which enable the creation of Web system without requiring the use of plug-ins or external software, running on virtually all web browsers and platforms. This tool aims to aid meteorologists monitor agile discharges and help society at large to prevent accidents caused by this phenomenon of nature.

**Keywords:** atmospheric electrical discharges, scientific visualization, meteorology monitoring systems, web.

## Lista de Figuras

Figura 1 – Localização dos sensores de detecção de descargas atmosféricas.	19
Figura 2 - Mapa UTM com identificação dos fusos, faixas e graus.	21
Figura 3 – Linhas UTM Simplificado.	22
Figura 4 – Linhas UTM, destacando seus valores em metros.	23
Figura 5 – Sistema UTM no Brasil.	24
Figura 6 – Latitude e Longitude.	25
Figura 7 – Arquivo CSV contendo os dados fornecidos pela SIMEPAR.	32
Figura 8 – Aplicação Web desenvolvida.	33
Figura 9 – Envio do(s) arquivo(s) CSV através de formulário HTML.	35
Figura 10 – Arquivo carregado no servidor e listado no ListBox “Arquivos”.	35
Figura 11 – Frame carregado ao selecionar um arquivo da lista.	36
Figura 12 – Clicando em uma marca.	37
Figura 13 – Roadmap.	38
Figura 14 – Satellite.	38
Figura 15 – Hybrid.	39
Figura 16 – Terrain.	39

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Lista de sensores de detecção de descargas atmosféricas da RINDAT no Brasil.

19

## Lista de Abreviaturas e Siglas

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

*CSS – Cascading Style Sheetss*

DEA - Descargas Elétricas Atmosféricas

DOM - Modelo de Objetos do Documento

ELAT - Grupo de Eletricidade Atmosférica

FURNAS - Furnas Centrais Elétricas

*GAI - Global Atmospherics Incorporation*

GPS - Sistema de Posicionamento Global

*HTML - Hypertext Markup Language*

*HTTP - Hypertext Transfer Protocol*

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

*IMPACT - IMProved Accuracy from Combined Technology*

*LPATS - Lightning Position and Tracking System*

*MDF – Magnetic Direction Finding – busca de direção magnética*

*PC – Personal Computer – computador pessoal*

PHP - *PHP: Hypertext Preprocessor*

RINDAT - Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas

RIDAT - Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas

SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná

SOAP – *Simple Object Access Protocol*

TOA - *Time Of Arrival – tempo de chegada*

UTM - *Universal Transversa de Mercator*

WWW - *World Wide Web*

XML – *eXtensible Markup Language*

## Sumário

1	Introdução .....	12
1.1	Objetivo Geral .....	13
1.2	Objetivos Específicos .....	13
1.3	Estrutura da Monografia.....	13
2	Fundamentação Teórica.....	15
2.1	Visualização Científica .....	15
2.2	Descargas Elétricas Atmosféricas.....	16
2.2.1	DEA Nuvem-Solo.....	16
2.2.2	DEA no Brasil .....	17
2.2.3	Detecção de DEA .....	18
2.2.4	Sistema de Coordenadas Geográficas .....	20
2.2.4.1	Sistema de Coordenadas UTM.....	20
2.2.4.1	Sistema de Coordenadas Latitude e Longitude .....	24
2.3	Sistema de Monitoramento de Descargas Atmosféricas.....	25
2.4	Aplicações Web .....	26
2.5	Linguagens .....	27
2.5.1	PHP .....	27
2.5.2	JavaScript .....	28
2.5.3	CSS3 .....	28
2.6	API Google Maps V3.....	29
3	Metodologia.....	30
4	Aplicação desenvolvida.....	32
5	Considerações finais .....	40
6	Trabalhos Futuros .....	41
7	Referências .....	42
8	Apêndice .....	46
8.1	Apêndice A – WebGL.....	46

## 1 Introdução

Desastres naturais são os mais variados eventos adversos capazes de gerar grandes impactos na sociedade e se distinguem de acordo com a natureza do fenômeno que os desencadeiam. Estes desastres naturais, como tsunamis, furacões, tempestades e descargas elétricas são constantes em várias partes do mundo e são responsáveis por intensos acidentes.

Descargas Elétricas Atmosféricas (DEA), popularmente conhecidas como raios, são fenômenos que ocorrem pelo acúmulo de cargas elétricas em regiões da atmosfera. Quando o campo elétrico produzido pelas cargas excede a capacidade isolante do ar em um local da atmosfera, dá-se início à descarga.

Por meio de monitoramentos de dados de Institutos Meteorológicos, é possível prever os desastres naturais. O acompanhamento de ocorrências de DEA em tempo real deve estar acessível a diferentes tipos de ambiente de trabalho, tal como diversos tipos de usuário. Um sistema de monitoramento deste fenômeno físico deve ser intuitivo para a variedade de usuários atingida e que funcione de computadores simples aos mais robustos.

Pode-se definir uma aplicação Web como uma aplicação de software que utiliza a Web como ambiente de execução. Uma das vantagens de uma aplicação Web se encontra na não instalação prévia de bibliotecas e softwares para o funcionamento das aplicações deste tipo permitindo o seu uso em uma grande variedade de PCs (Personal Computer).

O presente trabalho busca desenvolver uma aplicação Web para facilitar a visualização de DEA, utilizando dados fornecidos pelo SIMEPAR. A pesquisa possui relevância acadêmica e social, pois, além de contribuir com estudos a respeito de aplicações web, visualizações científicas, linguagens de programação, coordenadas geográficas e DEA, o trabalho visa também facilitar a visualização das descargas e melhorar a prevenção de acidentes causados por estes no Brasil.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma aplicação Web para visualização de DEA, em um mapa, utilizando dados fornecidos pelo SIMEPAR. Facilitando, assim, a identificação de regiões com maiores e menores incidências de raios, servindo também, como meio de alertar e prevenir acidentes causados por tais descargas.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Investigar as técnicas de visualização científica;
- Entender a captação dos dados brutos, por meio da cooperação com o SIMEPAR, dos sensores de detecção de DEA da rede RINDAT;
- Analisar e organizar os dados recebidos de maneira com que possam ser representados por meio da Web;
- Criar representações da localização de DEA em um mapa;
- Desenvolver uma aplicação Web que possua as representações criadas;

## **1.3 Estrutura da Monografia**

Primeiramente, iniciou-se o trabalho com a fundamentação teórica referente aos estudos de Visualização Científica, que pode ser entendido por um método de computação que permite aos pesquisadores observarem os resultados de seus experimentos em simulações computacionais.

Em seguida, foram estudadas as Descargas Elétricas Atmosféricas, DEA, que são fenômenos da natureza que ocorrem pelo acúmulo de cargas elétricas em regiões da atmosfera, sendo umas das mais violentas manifestações da natureza. Estudou-se a DEA Nuvem-Solo, por serem as com maior poder de destruição, foram abordadas as DEA no Brasil, a detecção de DEA e também foi feito uma análise sobre Sistemas de Monitoramento de Descargas Atmosféricas.

Depois, foram estudados dois Sistemas de Coordenadas Geográficas, sendo o Sistema de Coordenadas UTM e o Sistema de Coordenadas Latitude e Longitude, que descreve com absoluta exatidão qualquer localização na Terra.

Estudaram-se também os conceitos de aplicações web e linguagens de programação, especificamente PHP, entendida por ser uma linguagem de programação livre que auxilia os desenvolvedores a escreverem páginas que serão geradas dinamicamente de forma rápida, e JavaScript, que é executada na máquina do próprio usuário permite operar e manipular os objetos Modelo de Objetos do Documento (DOM).

Em seguida, foi estudado CSS3, utilizada para definir a forma como os objetos de um documento escrito em linguagem de marcação serão apresentados. Para finalizar a fundamentação teórica, focou-se em API Google Maps V3, que define objetos e métodos JavaScript para incorporar o Google *Maps* em páginas da Web.

No capítulo seguinte, os procedimentos metodológicos foram apresentados e por fim, o trabalho apresenta o software desenvolvido a partir das técnicas estudadas.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Visualização Científica

Visualização da Informação é um método que pode ser definido como “o uso de representações visuais de dados abstratos suportadas por computador e interativas para ampliar a cognição” (CARD; MACKINLAY, 1999, p.01). Dada a área de aplicação, a Visualização da Informação recebe nomes diferenciados: Visualização Científica, Visualização Geográfica, Visualização de Negócios, Visualização de Software e Visualização para Treinamento.

Visualização Científica pode também ser entendida como um método de computação que transforma o simbólico no geométrico, permitindo que pesquisadores observem os resultados de seus experimentos e simulações computacionais (NETO; BURIOL; SCHEER, 2007).

Segundo Battaiola e Soares (1998), desde o primórdio da computação gráfica, os cientistas tentam visualizar graficamente os dados de seus experimentos. Transformar uma grande quantidade de dados alfanuméricos em informação gráfica sempre foi um processo muito útil aos cientistas, pois geralmente tais dados gráficos são mais rapidamente assimiladas do que dados alfanuméricos.

O processo de visualização de dados, basicamente, consiste em três etapas primordiais que, de acordo com Neto, Buriol e Scheer (2007) são: aquisição dos dados, transformação em forma apropriada para representação e renderização, sendo a representação no monitor ou outro *display* (superfície de visualização).

## **2.2 Descargas Eléctricas Atmosféricas**

Descargas Eléctricas Atmosféricas (DEA), são fenômenos da natureza que ocorrem pelo acúmulo de cargas elétricas em regiões da atmosfera. Quando o campo elétrico produzido por essas cargas excedem a capacidade de isolamento do ar, há um movimento de elétrons de uma região de cargas negativas para uma de cargas positivas, iniciando-se a descarga. (LIMA, 2005)

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013), esta é uma das mais violentas manifestações da natureza. As DEA podem ser classificadas de acordo com o local onde se originam e o local onde terminam, sendo entre nuvens, do solo para a nuvem e da nuvem para o solo ou ainda da nuvem para um ponto qualquer na atmosfera (descargas no ar).

A seguir é feito um detalhamento da DEA Nuvem-Solo, por serem umas das mais estudadas e com maior poder de destruição.

### **2.2.1 DEA Nuvem-Solo**

Popularmente conhecidas como raios, as DEA que ocorrem da nuvem para o solo são as mais estudadas por possuírem o maior poder de destruição, dentre todos os tipos de descargas. Podem ser divididas entre positivas e negativas, de acordo com a polaridade, definidas em função do sinal da carga efetiva transferida da nuvem para o solo. (INPE, 2013)

Segundo estudos do INPE (2013), cerca de 90% dos raios são de polaridade negativa e transferem elétrons (cargas negativas) de uma região da nuvem, carregada negativamente, para o solo. Os 10% restantes são os raios positivos e, neste caso, os elétrons são transportados do solo para nuvem.

Danos em equipamentos elétricos, incêndios, acidentes na aviação e embarcações marítimas, degeneração de sistemas de telefonia e de telecomunicações, desligamentos de linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, queima de transformadores de distribuição, morte de seres

humanos e animais são alguns exemplos dos impactos que essas descargas causam na sociedade. (LIMA; GOMES, 2009, p. 06)

### **2.2.2 DEA no Brasil**

O Brasil, devido à sua grande extensão territorial e pelo fato de estar localizado numa região predominantemente tropical, é um dos países de maior ocorrência de Descargas Elétricas Atmosféricas do planeta. Estima-se que cerca de 100 milhões de Descargas Elétricas Atmosféricas da nuvem para o solo atinjam o Brasil por ano, ou seja, três Descargas Elétricas Atmosféricas por segundo (PINTO JR.; PINTO, 2009, apud LIMA, 2005, p.01).

De acordo com o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do INPE (2013), as descargas elétricas atmosféricas no Brasil são responsáveis por 70% dos desligamentos na transmissão, 40% do desligamento na distribuição e 40% dos transformadores queimados.

Além disso, elas causam vítimas fatais e prejuízos consideráveis para o país.

O Brasil é campeão mundial em incidência de raios e ocorre em seu território pelo menos uma a cada 50 mortes causadas por descargas elétricas no planeta. São cerca de 100 vítimas fatais, mais de 200 feridos por ano e prejuízos anuais da ordem de R\$ 1 bilhão. (AMBIENTE ENERGIA, 2013)

Destas vítimas fatais, todos tinham em comum as atividades que praticavam quando foram atingidos. Banderali (2013) afirma que cerca de 19% das vítimas eram trabalhadores rurais, 14% estavam próximas de algum meio de transporte ou dentro de casa, 12% das vítimas estavam embaixo de árvore e 10% em campo de futebol. “Grande parte das pessoas atingidas por raios no interior de casa, estava ao telefone ou descalça (em casas que possuem chão

batido) ou ainda próxima de antenas, lâmpadas, geladeiras, janelas e televisões”. (BANDERALI, 2013).

### 2.2.3 Detecção de DEA

Em 1998, foi criada a Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas (RIDAT), a partir de um convênio de cooperação técnico-científico entre quatro instituições: Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), Furnas Centrais Elétricas (FURNAS), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), tornando-se possível a integração dos sistemas de detecção de DEA no Brasil. Posteriormente, sofreu uma alteração na nomenclatura e hoje é reconhecida como Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT).

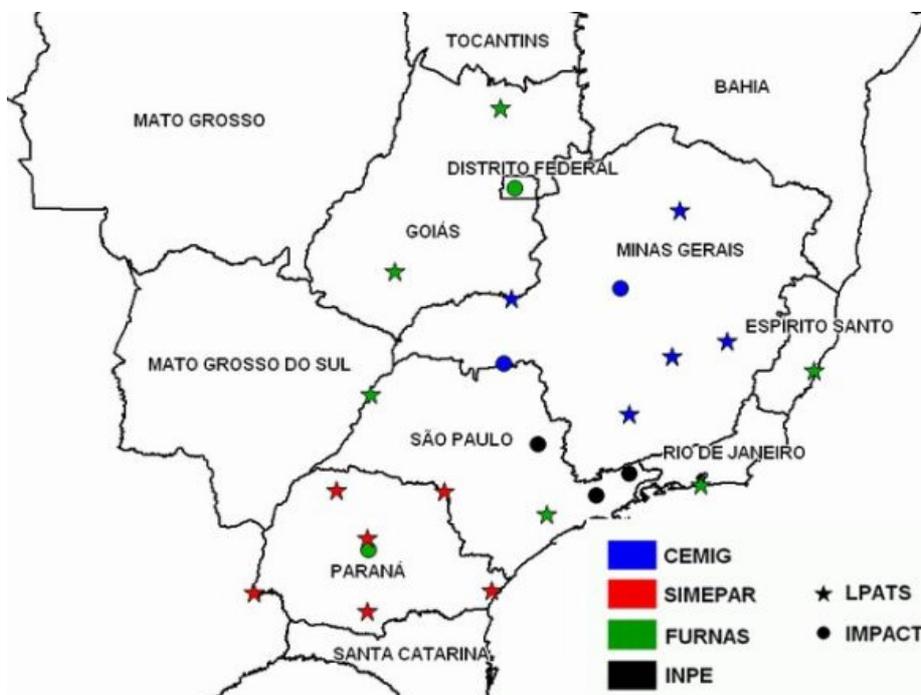
A Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT) é uma rede de sensores e centrais que permitem detectar em tempo real as descargas atmosféricas nuvem-solo, isto é, a maior parte das descargas que atingem o solo, em parte do território brasileiro (RINDAT, 2013).

De acordo com a Instituição RINDAT, até o início de 2005, ela cobria cerca de um terço do país e, desde então, está em processo de expansão, cuja meta é fazer com que a rede passe a cobrir dois terços do país, incluindo de forma integral as regiões sul, sudeste e centro-oeste. Em área de monitoramento, a RINDAT ocupa a terceira posição no mundo, sendo superada somente pelas redes existentes nos Estados Unidos e Canadá. A Figura 1 mostra os locais em que estão instalados os sensores da rede.

Ainda de acordo com a RINDAT, dois tipos básicos de sensores são utilizados pelas empresas participantes da rede: *Lightning Position and Tracking System (LPATS)* e *IMProved Accuracy from Combined Technology (IMPACT)*, fabricados pela *Global Atmospheric Incorporation (GAI)*.

A Tabela 1 apresenta os sensores (localização e tipo de sensor) atualmente instalados e em uso no Brasil. A diferença entre eles está

relacionada à forma como a localização das descargas de raios é processada e a quantidade mínima de sensores para identificação da descarga atmosférica.



**Figura 1** – Localização dos sensores de detecção de descargas atmosféricas  
 Fonte: Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas.

Cidade	UF	Empresa	Sensor	Cidade	UF	Empresa	Sensor
Serra da Mesa	GO	FURNAS	LPATS IV	Capitão Enéas	MG	CEMIG	LPATS III
Brasília	DF	FURNAS	IMPACT	Emborcação	MG	CEMIG	LPATS III
Rio Verde	GO	FURNAS	LPATS IV	Lavras	MG	CEMIG	LPATS III
Vitória	ES	FURNAS	LPATS IV	Belo Horizonte	MG	CEMIG	LPATS III
Rio de Janeiro	RJ	FURNAS	LPATS IV	Cachoeira Pta.	SP	INPE	IMPACT
Jupia	SP	FURNAS	LPATS IV	Foz do Iguaçu	PR	SIMEPAR	LPATS III
Ibiúna	SP	FURNAS	LPATS IV	Foz do Areia	PR	SIMEPAR	LPATS III
Manoel Ribas	PR	FURNAS	IMPACT	Paranavaí	PR	SIMEPAR	LPATS III
Volta Grande	MG	CEMIG	IMPACT	Chavantes	PR	SIMEPAR	LPATS III
Três Marias	MG	CEMIG	IMPACT	Curitiba	PR	SIMEPAR	LPATS III
Ipatinga	MG	CEMIG	LPATS III	Paranaguá	PR	SIMEPAR	LPATS III

**Tabela 1**: Lista de sensores de detecção de DEA da RINDAT no Brasil  
 Fonte: Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas.

O sensor LPATS implementa um algoritmo chamado *Time Of Arrival* – tempo de chegada (TOA) para detecção e localização dos raios, sendo necessários um mínimo de três sensores LPATS para definir com precisão a localização das descargas. Atualmente, a central de processamento da RINDAT trabalha com no mínimo quatro sensores LPATS. Já o *IMProved Accuracy from Combined Technology* (IMPACT) combina o algoritmo TOA com o *Magnetic Direction Finding* – busca de direção magnética (MDF), fazendo com que apenas dois sensores deste tipo sejam necessários na localização das DEA (ASSUNÇÃO *et al*, 2000).

Ainda de acordo com os autores, depois de serem registrados pelos sensores, os sinais das descargas são transmitidos às centrais de processamento, localizadas em Curitiba/PR, Belo Horizonte/MG e Rio de Janeiro/RJ, onde serão processados e em seguida distribuídos para unidades de visualização e armazenamento de dados a fim de se obter a localização e outras informações da descarga como a polaridade, intensidade da corrente, data, hora e coordenadas geográficas. Após esse processo, estarão prontos para serem visualizados, em tempo real, ou armazenados para análise posterior.

Importante ressaltar que o sistema de detecção trabalha com Sistema de Posicionamento Global (GPS) e por isso a precisão das informações de localização das descargas é de 500 metros, em média, dentro do perímetro estabelecido pela posição das estações remotas de recepção. As informações de temporização são de até 100 nanossegundos (ASSUNÇÃO *et al*, 2000).

## **2.2.4 Sistema de Coordenadas Geográficas**

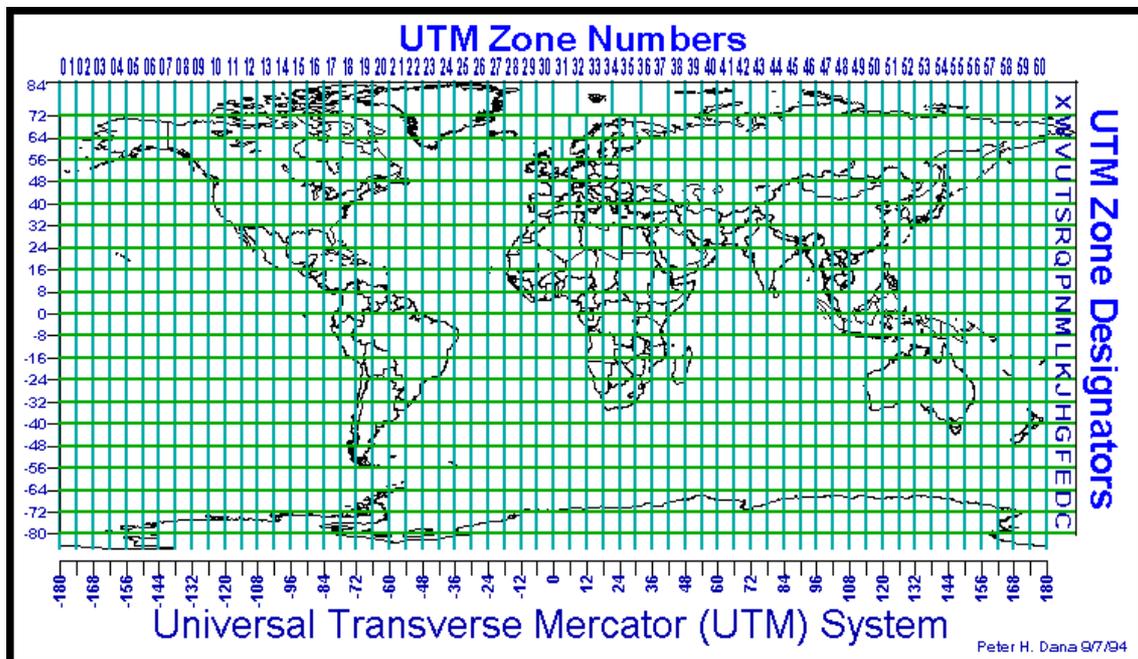
### **2.2.4.1 Sistema de Coordenadas UTM**

O Sistema *Universal Transversa de Mercator* (UTM) é baseado no plano cartesiano, possuindo um eixo x e um y, e para se obter a posição de um objeto, medindo-se distâncias, utiliza como unidade o metro (m). As

coordenadas do sistema UTM podem ser também denominadas coordenadas planas, por não acompanharem a curvatura da Terra, como acontece no Sistema de Coordenadas Geodésicas. (MATIAS, 2013)

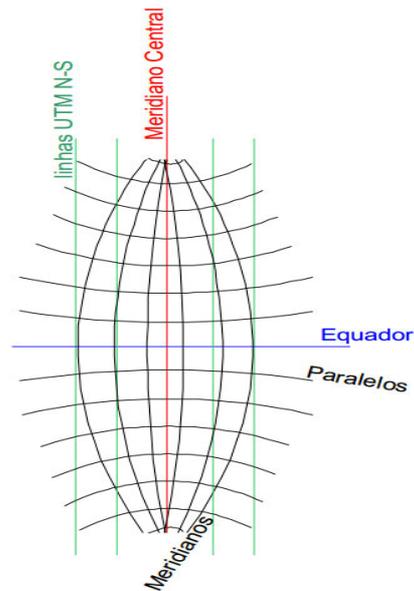
O Sistema UTM é dividido em 60 fusos de 6 graus de amplitude em longitude. Cada fuso também é chamado de Zona UTM que é numerada, iniciando em "1" da esquerda para a direita em relação à longitude 180 graus oeste. Pode-se identificar também o fuso a partir de seu Meridiano Central que fica exatamente no centro do fuso. (PERNA, 2013)

A Figura 2 ilustra um mapa com identificação dos fusos, faixas e graus UTM e a Figura 3 apresenta as linhas UTM de forma simplificada.



**Figura 2** - Mapa UTM com identificação dos fusos, faixas e graus.

Fonte: <http://sistiminformasigeografi.blogspot.com.br/2010/08/mengenal-koodinat-utm-universal.html>



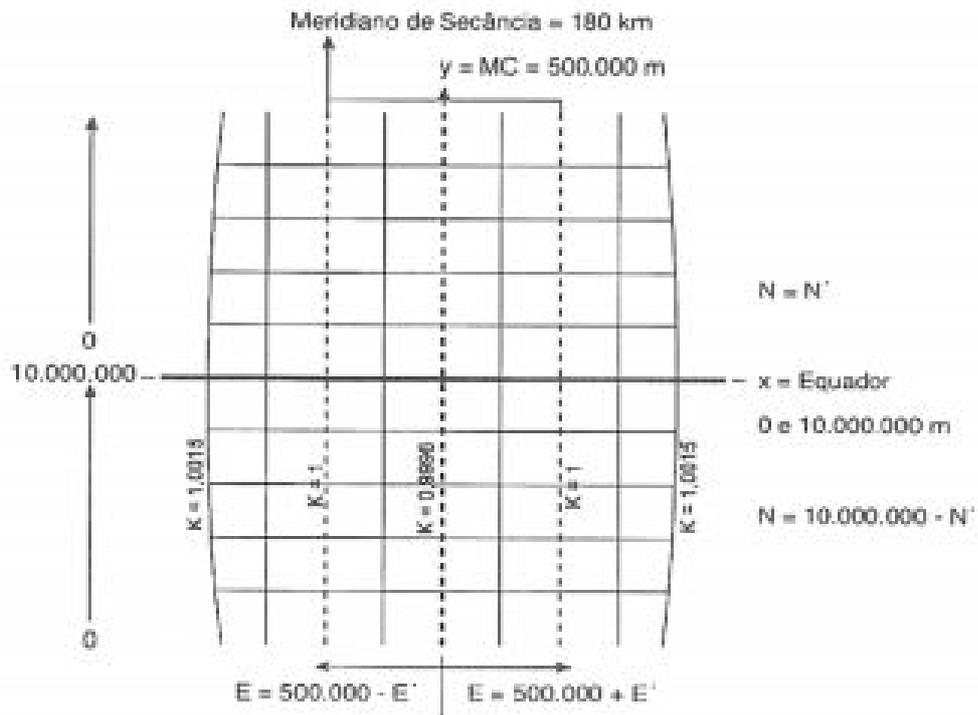
**Figura 3** – Linhas UTM Simplificado.

Fonte:

<http://www.igc.usp.br/pessoais/renatoalmeida/MapSed/Aula1%20cartografia.pdf>

De acordo com PERNA (2013), as origens do Sistema é o Equador e o Meridiano Central. No hemisfério Sul, o Equador possui valor 10.000.000,00m para a coordenada Norte (N – eixo y) e vai decrescendo à Sul e no Meridiano Central, valor 500.000,00m para coordenada *East* (E – eixo x), decrescendo para Oeste e crescendo para Leste(*East*), conforme ilustra a Figura 4.

Ainda de acordo com o autor, no hemisfério Norte, o sistema difere apenas na coordenada N (Norte), com valor de 0,00m no Equador e crescente na direção Norte. Pode-se, ainda, deslocar a origem do Sistema de centro do fuso para um ponto que facilite o mapeamento da região, como na Irlanda, cuja origem de seu Sistema UTM é na capital Dublin.

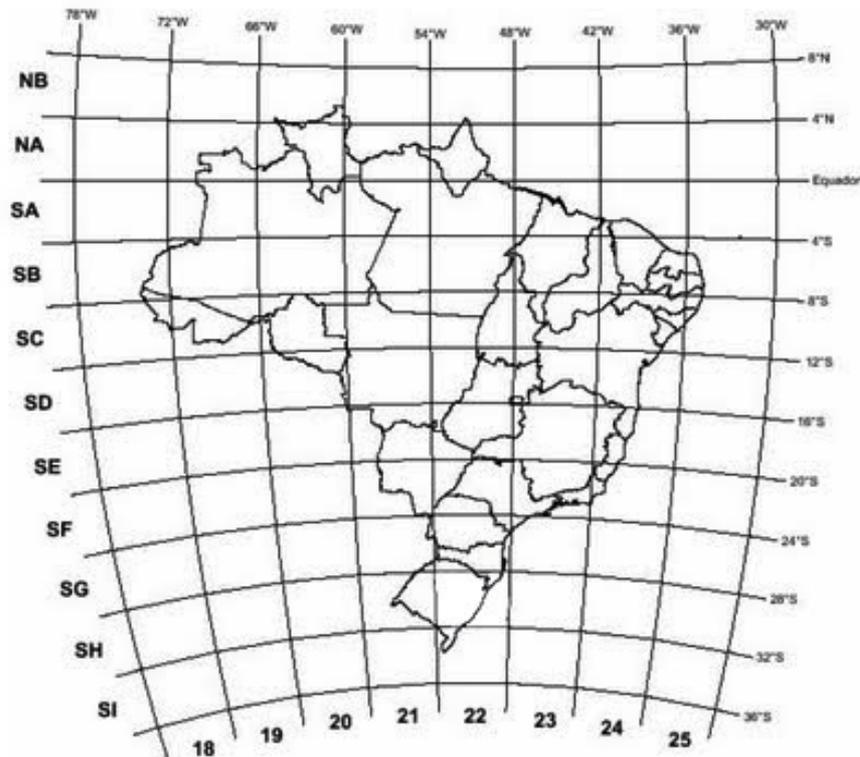


**Figura 4** – Linhas UTM, destacando seus valores em metros.

Fonte:

[http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras\\_cartograficas/Le\\_Ca\\_A09\\_J\\_GR\\_260508.pdf](http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras_cartograficas/Le_Ca_A09_J_GR_260508.pdf)

No Brasil, Segundo LOCH (2006), o sistema UTM foi adotado em 1995 pela diretoria do serviço geográfico do exército, possui 8 fusos UTM cuja numeração é 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19 e 18. (Figura 5)



**Figura 5** – Sistema UTM no Brasil.

Fonte: <http://projetotaquariantas.blogspot.com.br/2009/08/modulo-1-coordenadas-utm.html>

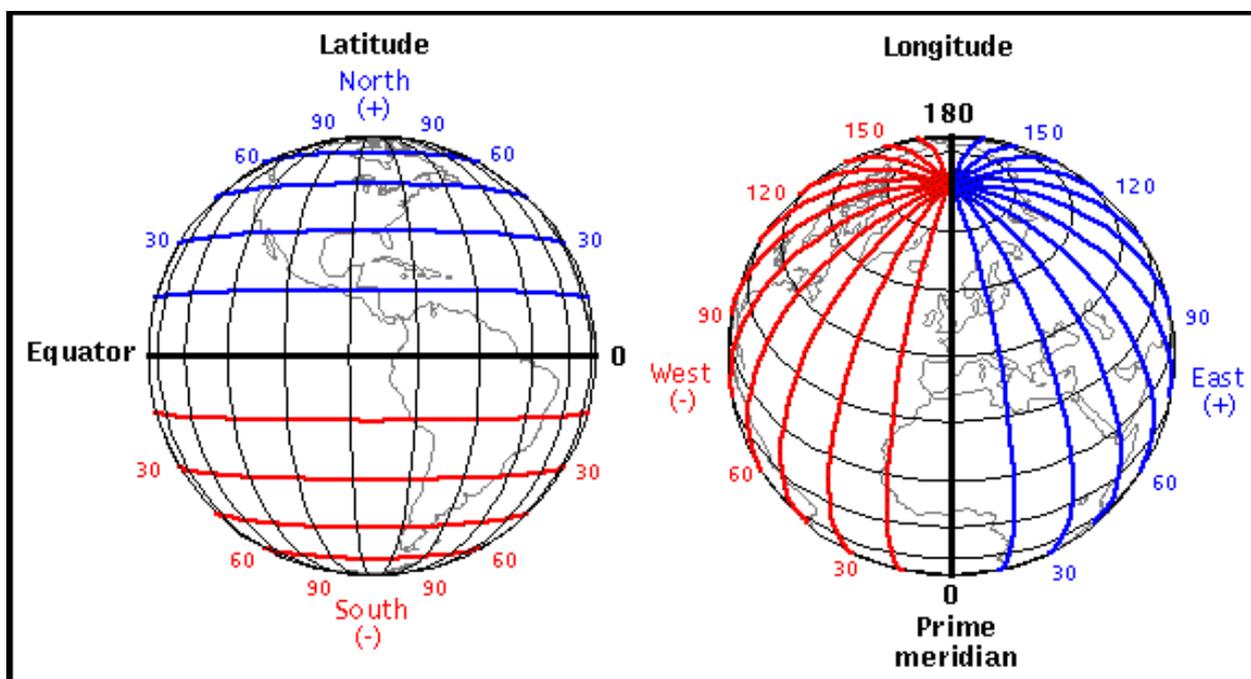
#### 2.2.4.1 Sistema de Coordenadas Latitude e Longitude

Latitude e Longitude descrevem, com absoluta exatidão, a localização de um determinado lugar na Terra. São representadas através de linhas imaginárias traçadas horizontal e verticalmente na superfície terrestre e são medidas em graus, variando de 0° a 90° nas horizontais (Latitude) e de 0° a 180 nas verticais (Longitude). (FERREIRA, 2013)

A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul. Por exemplo, Lisboa está à latitude de 38° 4'N, o Rio de Janeiro à latitude de 22° 55'S e Macau à latitude de 22° 27'N. A longitude é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Este ou para Oeste. Por exemplo, Lisboa está à longitude

de  $9^{\circ} 8'W$ , o Rio de Janeiro à longitude de  $34^{\circ} 53'W$  e Macau à longitude de  $113^{\circ} 56'E$ . (DILÃO, 2013)

A Figura 6 ilustra Latitude e Longitude.



**Figura 6** – Latitude e Longitude

Fonte: [http://santa\\_isabel.tripod.com/tecnica/orientacao/latitude\\_longitude.html](http://santa_isabel.tripod.com/tecnica/orientacao/latitude_longitude.html)

### 2.3 Sistema de Monitoramento de Descargas Atmosféricas

Segundo o INPE, 90% das mortes provocadas por DEA poderiam ter sido evitadas, caso as pessoas tivessem acesso a algum tipo de alerta ou informação sobre a ocorrência do fenômeno e um modo de como se proteger.

Banderali (2013) afirma ser possível se antecipar da ocorrência de raios, prevenindo acidentes e mortes por esse fenômeno, através de Sistemas de Monitoramento de DEA que sejam constates e em tempo real. Sistemas assim, segundo o autor, são indispensáveis para quase todos os tipos de empreendimentos, essencialmente para os que possuem áreas descampadas ou equipamentos condutores de descargas elétricas.

Outra importância de um Sistema de Monitoramento, de acordo com Pereira (2010), é que este auxilia no alerta e identificação de áreas com maior incidência de DEA. Assim, orienta os responsáveis pela manutenção e aprimora a instalação de equipamentos de proteção, como pára-raios, além de gerar um banco de dados com informações da localização e instante das DEA.

Esses registros permitem mostrar a relação existente entre dados de incidência de descargas gerados pelo Sistema de Monitoramento com os dados de interrupções no fornecimento de energia. Um dos principais benefícios que este sistema proporciona é a melhoria no tempo de atendimento, diminuição de custos e auxílio à tomada de decisão (PEREIRA, 2010, p. 04)

## 2.4 Aplicações Web

A opção de desenvolver em plataforma web se dá na não necessidade de instalações prévias de bibliotecas e softwares adicionais para se obter acesso à aplicação em diferentes plataformas, como *Windows*, *Linux*, *Android*, etc. Basta ao usuário ter conexão com internet e um *browser*.

De acordo com Pimenta e Winckler (2002), a *World Wide Web* (WWW) ou apenas Web, foi criada por Tim Berners-Lee em 1989 e, desde então, seu crescimento exponencial permitiu o desenvolvimento de aplicações cada vez mais complexas. No início, os usuários se limitavam apenas em ler e imprimir textos ou clicar em links que o levavam a outros documentos, pois a Web era um ambiente utilizado somente para publicação de documentos no formato texto e HTML (*Hypertext Markup Language*).

A fim de modificar esta situação, encontrou-se uma forma de criar páginas dinâmicas, em que um usuário entra com as informações por meio do *browser*, utilizando formulários HTML. O *browser* repassa as informações ao servidor Web, que transfere as informações vindas do cliente executando um programa. Este programa remoto, ou, *Server-side Gateway Program*, processa as informações e retorna uma página Web para o servidor, que entrega ao

cliente via protocolo de comunicação, podendo ser, por exemplo, HTTP ou SOAP (ARAÚJO, 1997).

Sobre o HTTP, a principal função desse servidor é processar as solicitações efetuadas pelo cliente, por meio do *browser*, e exibir os resultados de acordo com o código contido no servidor (GLASS et al, 2004).

Como exemplo de servidor web, pode ser citado o Apache. O Apache HTTP Server é um servidor web livre, líder de mercado de 1995 até os dias atuais, responsável por alimentar mais de 65% dos sites no mundo, de acordo com dados da empresa (APACHE, 2013).

## 2.5 Linguagens

### 2.5.1 PHP

PHP, acrônimo recursivo para *PHP: Hypertext Preprocessor*, é uma linguagem de programação livre, interpretada e de grande utilização em desenvolvimento para a Web, atua predominantemente no lado do servidor e combina-se ao código HTML. Sua sintaxe se parece com C, Perl e Java e é considerada de fácil aprendizado (PHP, 2013).

O objetivo principal da linguagem, conforme o próprio manual desenvolvido pelo *PHP Group*, é auxiliar os desenvolvedores a escreverem páginas que serão geradas dinamicamente de forma rápida. O código é interpretado e processado no servidor pelo módulo PHP, que gera a página web a ser visualizada no cliente (PHP, 2013).

De acordo com Araújo (2013), além do PHP ser absolutamente gratuito, outra vantagem significativa é que ele atua em multi-plataformas, ou seja, funciona em servidores Windows, Linux, Unix, FreeBSD, e muitos sistemas operacionais.

### 2.5.2 JavaScript

JavaScript é uma linguagem de *script*, leve, interpretada e se incorporada a um código HTML, permite operar e manipular os objetos Modelo de Objetos do Documento (DOM). Trata-se, historicamente, da primeira linguagem de *scripts* para a web e atualmente é a principal linguagem *client-side*, ou seja, executada na máquina do usuário, utilizada em navegadores web (FLANAGAN, 2002)

No entanto, pode-se afirmar que JavaScript do lado cliente combina a capacidade de criação de scripts de um interpretador JavaScript com o modelo de objeto de documento (DOM) definido por um navegador Web. Essas duas tecnologias distintas se combinam de uma maneira sinérgica, assim o resultado é melhor do que a soma de suas partes: o JavaScript do lado cliente permite que o conteúdo executável seja distribuído na Web, além de estar no centro de uma nova geração de documentos em HTML dinâmico (FLANAGAN, 2002, p. 21).

Assim, JavaScript depende do *browser*, que chama a página em que está incorporado o *script* e, ao contrário do Java (existe popular confusão entre as linguagens), não requer compilador algum e não é necessária nenhuma instalação ou configuração especial. Funciona imediatamente na maioria dos browsers, inclusive nos principais: *Google Chrome, Internet Explorer, Opera, Mozilla Firefox*, etc. (KIOSKEA, 2013).

### 2.5.3 CSS3

CSS é uma linguagem de estilo, ou formatação, utilizada para definir a forma como os objetos de um documento escrito em linguagem de marcação (por exemplo, HTML e XML) serão apresentados. *Cascadin Style Sheetss*, que significa “folhas de estilo em cascata”, tem como principal benefício separar o arquivo de formatação do documento, criando um link, ou seja, uma ligação para uma página que contém os estilos. Em projetos com muitas páginas, se

desejar alterar a aparência, basta modificar apenas um arquivo (JOBSTRAIBIZER, 2009).

A versão 3 do CSS é a mais atual e algumas das funções do CSS3 são: extinguir as imagens de plano de fundo, bordas arredondadas, apresentar transições, efeitos e até criar animações. Os principais navegadores, tais como *Google Chrome*, *Internet Explorer 9*, *Opera* e *Mozilla Firefox* possuem suporte a essa linguagem (W3C, 2010).

## **2.6 API Google Maps V3**

Uma API é um conjunto de padrões, funções, classes e métodos para se utilizar em um software sem precisar conhecer detalhadamente a sua implementação, bastando apenas saber como utilizar os serviços (ORENSTEIN, 2013).

A API do *Google Maps* é um serviço gratuito, disponível para qualquer website. Nela está definido um conjunto de objetos e métodos JavaScript que permitem incorporar o *Google Maps* em páginas da Web. A versão três, mais recente, desta API foi desenvolvida especialmente para executar mais rapidamente e ser mais adequada à dispositivos móveis, bem como aplicações web tradicionais. Ao oferecer diversos utilitários para manipulação de mapas e adição de conteúdo, por meio de diversos serviços, podem-se criar robustos aplicativos de mapas em websites (GOOGLE, 2013).

### 3 Metodologia

Este trabalho se desenvolveu de acordo com as etapas seguintes, que serão explicadas em seguida:

- Estudo e entendimento do método de captação das DEA pelos sensores da RINDAT;
- Solicitação dos dados ao SIMEPAR;
- Estudo das técnicas de visualização científicas de DEA;
- Escolha da melhor técnica para implementação;
- Estudo da API Google Maps V3;
- Configuração EasyPhp;
- Desenvolvimento da aplicação Web.

Primeiramente, foi feito um estudo e buscou-se o entendimento da captação dos dados brutos das DEA pelos sensores LPATS e IMPACT da RINDAT, depois foram solicitadas ao SIMEPAR amostras de dados, já processados pelas centrais de processamento e preparados para visualização e/ou armazenamento. O arquivo de dados fornecido pelo SIMEPAR estava em formato CSV e continha informações como localização, polaridade, intensidade da corrente, data, hora e coordenadas geográficas das descargas.

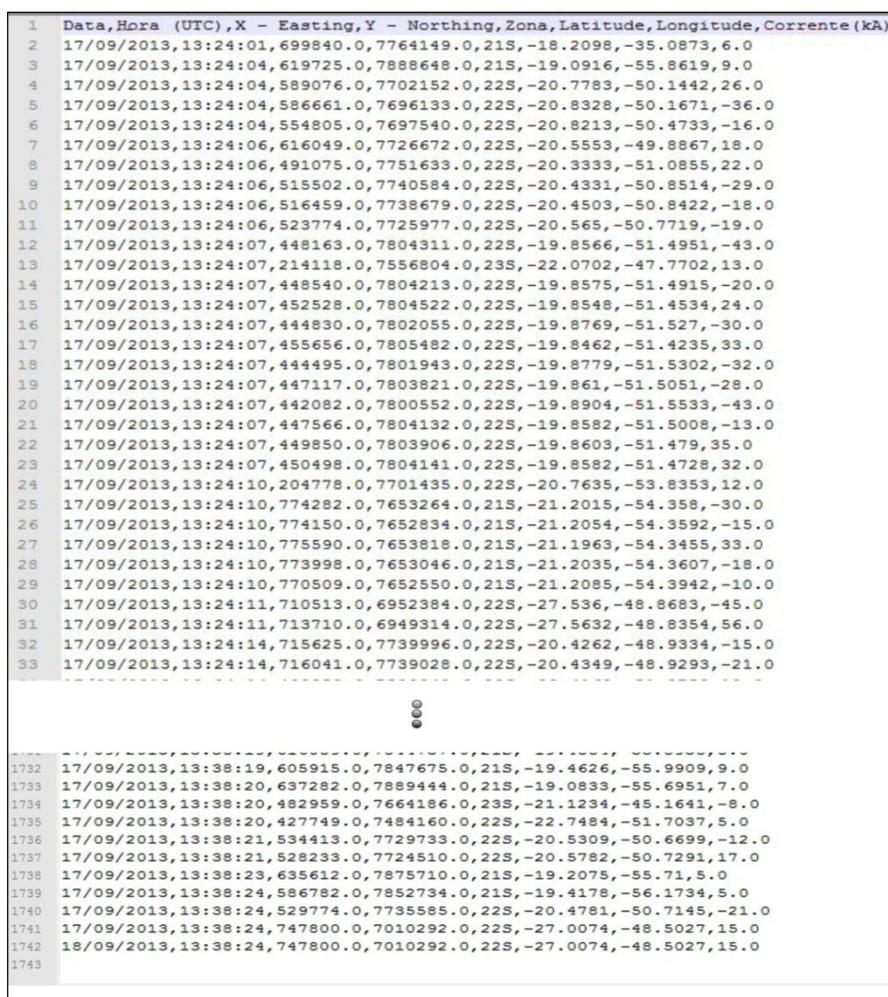
Após receber os dados, fez-se uma pesquisa e estudo sobre técnicas de visualização, desses dados, em mapas da Web. Inicialmente, tentou-se usar a tecnologia WebGL, mas o resultado esperado não foi obtido, por falta de desempenho e lentidão do servidor de mapa em três dimensões. Assim, essa opção foi descartada e iniciou-se uma nova busca. Foi encontrada a API Google Maps V3 e, ao efetuar testes básicos, verificou-se que se adequava perfeitamente ao projeto, em questão de desempenho e facilidade de utilização. Por meio da documentação da API fornecida pelo próprio desenvolvedor Google, foi possível estudar e entender grande parte da funcionalidade dessa API.

A seguir, instalou-se e configurou-se o EasyPHPDEVServer 13.1 VC11 para a utilização do servidor Apache e linguagem PHP para, então desenvolver a aplicação Web como um todo.

## 4 Aplicação desenvolvida

O software foco deste trabalho é uma aplicação Web clássica com interface amigável e intuitiva para visualização e monitoramento de descargas elétricas atmosféricas. Foi desenvolvido em parceria com o Instituto Tecnológico SIMEPAR, que segundo PINTO JR. (2005), trabalha com os sensores LPATS e IMPACT desde 1996. Este Instituto foi o responsável por fornecer os dados base, em arquivo de formato CSV, para a aplicação funcionar, cujos parâmetros são Data, Hora, coordenadas geográficas no formato UTM e geodésicas (Latitude e Longitude) e valor da Corrente em kiloampere (kA).

A Figura 7 ilustra o arquivo CSV, apresentado parte dos dados.



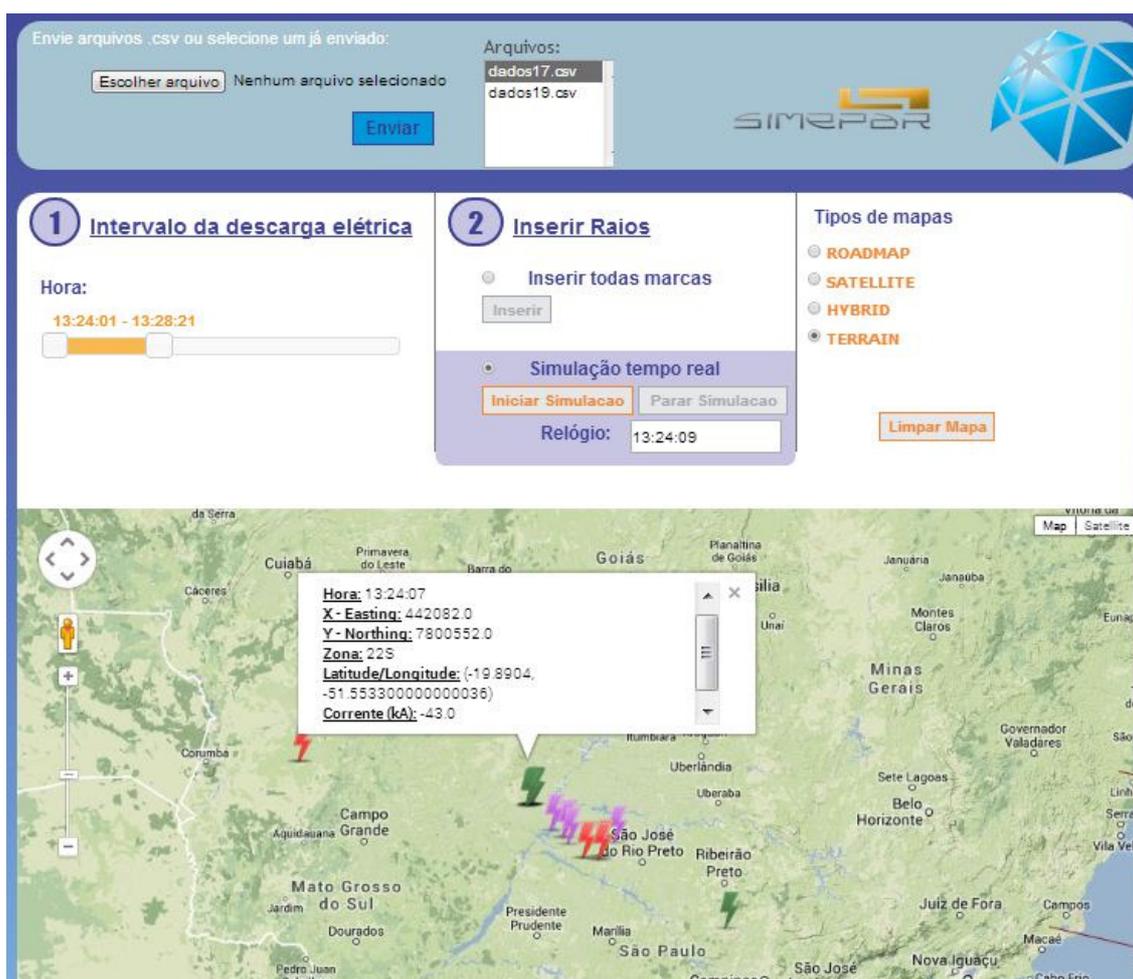
```
1 Data,Hora (UTC),X - Easting,Y - Northing,Zona,Latitude,Longitude,Corrente (kA)
2 17/09/2013,13:24:01,699840.0,7764149.0,21S,-18.2098,-35.0873,6.0
3 17/09/2013,13:24:04,619725.0,7888648.0,21S,-19.0916,-55.8619,9.0
4 17/09/2013,13:24:04,589076.0,7702152.0,22S,-20.7783,-50.1442,26.0
5 17/09/2013,13:24:04,586661.0,7696133.0,22S,-20.8328,-50.1671,-36.0
6 17/09/2013,13:24:04,554805.0,7697540.0,22S,-20.8213,-50.4733,-16.0
7 17/09/2013,13:24:06,616049.0,7726672.0,22S,-20.5553,-49.8867,18.0
8 17/09/2013,13:24:06,491075.0,7751633.0,22S,-20.3333,-51.0855,22.0
9 17/09/2013,13:24:06,515502.0,7740584.0,22S,-20.4331,-50.8514,-29.0
10 17/09/2013,13:24:06,516459.0,7738679.0,22S,-20.4503,-50.8422,-18.0
11 17/09/2013,13:24:06,523774.0,7725977.0,22S,-20.565,-50.7719,-19.0
12 17/09/2013,13:24:07,448163.0,7804311.0,22S,-19.8566,-51.4951,-43.0
13 17/09/2013,13:24:07,214118.0,7556804.0,23S,-22.0702,-47.7702,13.0
14 17/09/2013,13:24:07,448540.0,7804213.0,22S,-19.8575,-51.4915,-20.0
15 17/09/2013,13:24:07,452528.0,7804522.0,22S,-19.8548,-51.4534,24.0
16 17/09/2013,13:24:07,444830.0,7802055.0,22S,-19.8769,-51.527,-30.0
17 17/09/2013,13:24:07,455656.0,7805482.0,22S,-19.8462,-51.4235,33.0
18 17/09/2013,13:24:07,444495.0,7801943.0,22S,-19.8779,-51.5302,-32.0
19 17/09/2013,13:24:07,447117.0,7803821.0,22S,-19.861,-51.5051,-28.0
20 17/09/2013,13:24:07,442082.0,7800552.0,22S,-19.8904,-51.5533,-43.0
21 17/09/2013,13:24:07,447566.0,7804132.0,22S,-19.8582,-51.5008,-13.0
22 17/09/2013,13:24:07,449850.0,7803906.0,22S,-19.8603,-51.479,35.0
23 17/09/2013,13:24:07,450498.0,7804141.0,22S,-19.8582,-51.4728,32.0
24 17/09/2013,13:24:10,204778.0,7701435.0,22S,-20.7635,-53.8353,12.0
25 17/09/2013,13:24:10,774282.0,7653264.0,21S,-21.2015,-54.358,-30.0
26 17/09/2013,13:24:10,774150.0,7652834.0,21S,-21.2054,-54.3592,-15.0
27 17/09/2013,13:24:10,775590.0,7653818.0,21S,-21.1963,-54.3455,33.0
28 17/09/2013,13:24:10,773998.0,7653046.0,21S,-21.2035,-54.3607,-18.0
29 17/09/2013,13:24:10,770509.0,7652550.0,21S,-21.2085,-54.3942,-10.0
30 17/09/2013,13:24:11,710513.0,6952384.0,22S,-27.536,-48.8683,-45.0
31 17/09/2013,13:24:11,713710.0,6949314.0,22S,-27.5632,-48.8354,56.0
32 17/09/2013,13:24:14,715625.0,7739996.0,22S,-20.4262,-48.9334,-15.0
33 17/09/2013,13:24:14,716041.0,7739028.0,22S,-20.4349,-48.9293,-21.0
...
1732 17/09/2013,13:38:19,605915.0,7847675.0,21S,-19.4626,-55.9909,9.0
1733 17/09/2013,13:38:20,637282.0,7889444.0,21S,-19.0833,-55.6951,7.0
1734 17/09/2013,13:38:20,482959.0,7664186.0,23S,-21.1234,-45.1641,-8.0
1735 17/09/2013,13:38:20,427749.0,7484160.0,22S,-22.7484,-51.7037,5.0
1736 17/09/2013,13:38:21,534413.0,7729733.0,22S,-20.5309,-50.6699,-12.0
1737 17/09/2013,13:38:21,528233.0,7724510.0,22S,-20.5782,-50.7291,17.0
1738 17/09/2013,13:38:23,635612.0,7875710.0,21S,-19.2075,-55.71,5.0
1739 17/09/2013,13:38:24,586782.0,7852734.0,21S,-19.4178,-56.1734,5.0
1740 17/09/2013,13:38:24,529774.0,7735585.0,22S,-20.4781,-50.7145,-21.0
1741 17/09/2013,13:38:24,747800.0,7010292.0,22S,-27.0074,-48.5027,15.0
1742 18/09/2013,13:38:24,747800.0,7010292.0,22S,-27.0074,-48.5027,15.0
1743
```

**Figura 7** – Arquivo CSV contendo os dados fornecidos pela SIMEPAR.  
Fonte: Foto da aplicação.

Esta aplicação propõe-se a oferecer recursos para monitoramento e previsões de DEA, auxiliando companhias de eletrecidade e telecomunicações na análise de falhas, bem como prevenindo acidentes à população e também auxiliando especialistas em meteorologia a visualizarem, de forma simples, as descargas captadas pelos sensores meteorológicos.

O sistema funciona, basicamente, plotando marcas em formato de raio de diferentes cores no mapa Google, de acordo com sua posição geográfica informada no arquivo CSV. As marcas de mesma cor representam as descargas que ocorreram exatamente no mesmo momento (hora, minuto e segundo), fazendo com que a identificação e visualização das descargas pelo usuário ocorram mais rapidamente.

A Figura 8 ilustra a aplicação desenvolvida.



**Figura 8** – Aplicação Web desenvolvida.  
Fonte: Foto da aplicação.

Inicialmente, tentou-se desenvolver utilizando a tecnologia WebGL (APÊNDICE A) e, de imediato, foi possível implementar e adicionar um mapa no browser e até inserir marcações das ocorrências das DEA nos locais corretos, porém, encontrou-se dificuldades com o servidor de mapas para a tecnologia WebGL.

O servidor de mapas encontrado para o WebGL não possuía grandes recursos e não apresentava os devidos nomes de alguns estados e cidades do Brasil e de outros locais do mundo, e ainda encontrou-se apenas em 3 dimensões (3D), o que exigia forte processamento da placa de vídeo, fazendo a aplicação rodar de forma lenta ao movimentar o mapa e dificultando a execução da aplicação em dispositivos móveis e também PCs de menor porte.

Descartando-se então o WebGL, encontrou-se a API do Google V3 e realizando testes básicos foi possível ver que a API se comportava de forma rápida em qualquer dispositivo móvel ou PC e o mapa, mesmo sendo em 2 dimensões (2D), atendia a toda necessidade que o usuário desse tipo de sistema poderia vir a ter. Por exemplo, o mapa Google possui todas as demarcações de cidades, estados e países, é possível efetuar zoom até que se encontre as ruas das cidades e o usuário ainda pode escolher entre 4 opções de tipos de mapas como *Roadmap*, *Satellite*, *Hybrid* e *Terrain* sem que ocorra sobrecarga do sistema ou grande processamento da placa de vídeo do usuário.

Para a aplicação em questão, utilizou-se um servidor Apache instalado junto com o pacote EasyPHPDEVServer 13.1 VC11 que realiza a comunicação cliente-servidor através do protocolo HTTP, e para retorno das informações processadas no servidor, beneficiou-se da linguagem PHP, que retorna ao cliente essas informações, a fim de se concretizar a visualização dos dados no *browser*.

No lado do cliente (client-side) aplicou-se *scripts* escritos em JavaScript para implementação da API Google V3 e para alguns seletores específicos utilizou-se de biblioteca jQuery e a estilização da página ficou por conta da linguagem CSS3.

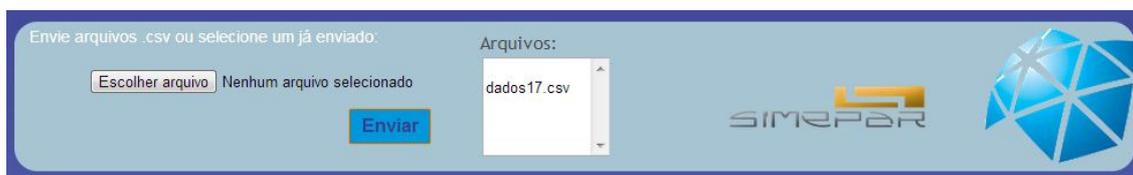
A primeira etapa que o usuário deve seguir para utilizar o sistema é carregar o arquivo CSV com os dados das DEA para o servidor através de um formulário HTML ilustrado na figura 9.



**Figura 9** – Envio do(s) arquivo(s) CSV para o servidor através de formulário HTML.

Fonte: Foto da aplicação.

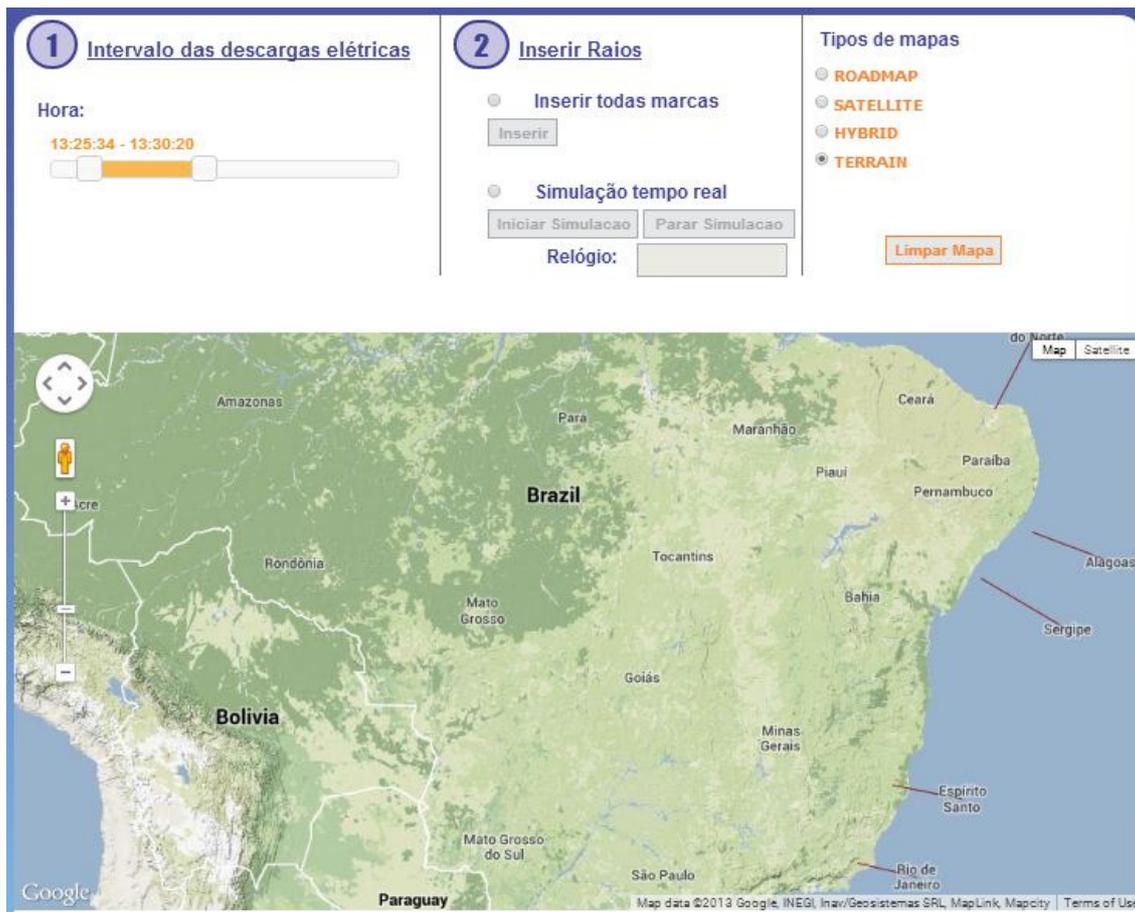
Quando o botão “Enviar” é pressionado, o arquivo é enviado para o servidor e os arquivos enviados aparecem listados no *ListBox* “Arquivos”. (Figura 10).



**Figura 10** – Arquivo carregado no servidor e listado no *ListBox* “Arquivos”.

Fonte: Foto da aplicação.

O usuário, sempre que acessar a página, encontrará os arquivos que já foram enviados listados nesse *ListBox* e deverá, então, selecionar o arquivo desejado clicando sobre o nome dele. Nesse momento, abre-se um frame, abaixo dessa seção de envio de arquivo, contendo um menu com uma barra seletora para que selecione o intervalo de horário da descarga, ao lado direito há um botão para inserir todas as marcas de uma só vez ou, logo abaixo deste, botão para iniciar e parar a simulação tempo real e, mais a direita, botões de rádio para seleção do tipo de mapa desejado e botão para limpar as marcas que já foram inseridas no mapa. Logo abaixo desse menu encontra-se o mapa Google, centralizado no Brasil, e ainda sem as marcações de raios. (Figura 11).

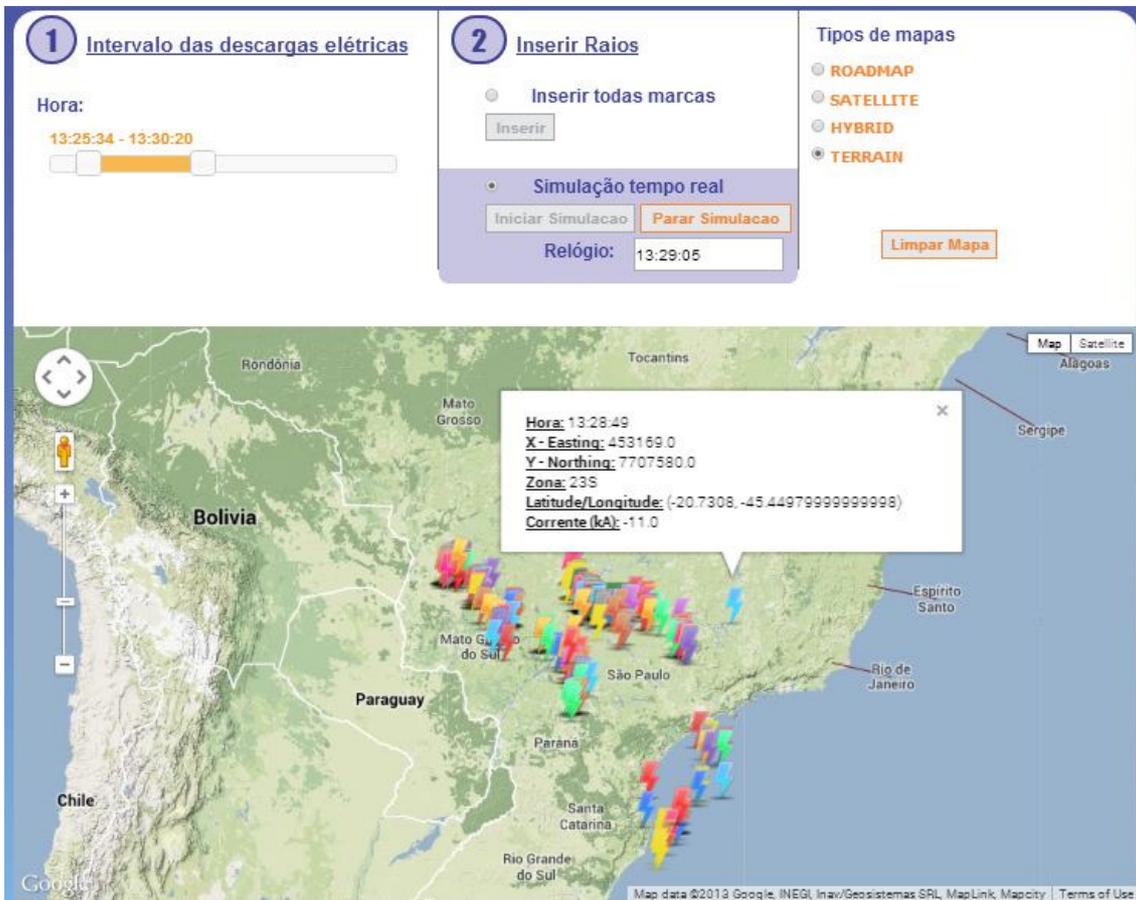


**Figura 11** – Frame carregado ao selecionar um arquivo da lista.  
 Fonte: Foto da aplicação.

O seletor de intervalo das descargas elétricas (indicado com número 1 na Figura 11) carrega os horários de ocorrência das DEA de acordo com o arquivo CSV, por exemplo, no arquivo intitulado “dados17” (Figura 7), a primeira descarga ocorreu 13:24:01 e a última, deste arquivo, às 13:38:24 e então a barra seletora do intervalo de hora das descargas elétricas terá como limite inferior a primeira descarga do arquivo e limite superior a última, podendo-se selecionar o intervalo desejado para que o sistema insira no mapa as marcações correspondentes ao intervalo selecionado.

Selecionado o intervalo de hora desejado das DEA, deve-se então escolher se deseja inserir todas marcas, correspondentes à esse intervalo, de uma só vez ou se deseja simular que elas sejam inseridas no mapa como se estivessem sendo plotadas à medida que as descargas foram captadas pelos sensores.

As marcas inseridas possuem as informações de Data, Hora, coordenadas geográficas e valor da corrente e ao se clicar nelas abre-se uma caixa contendo essas informações. (Figura 12).

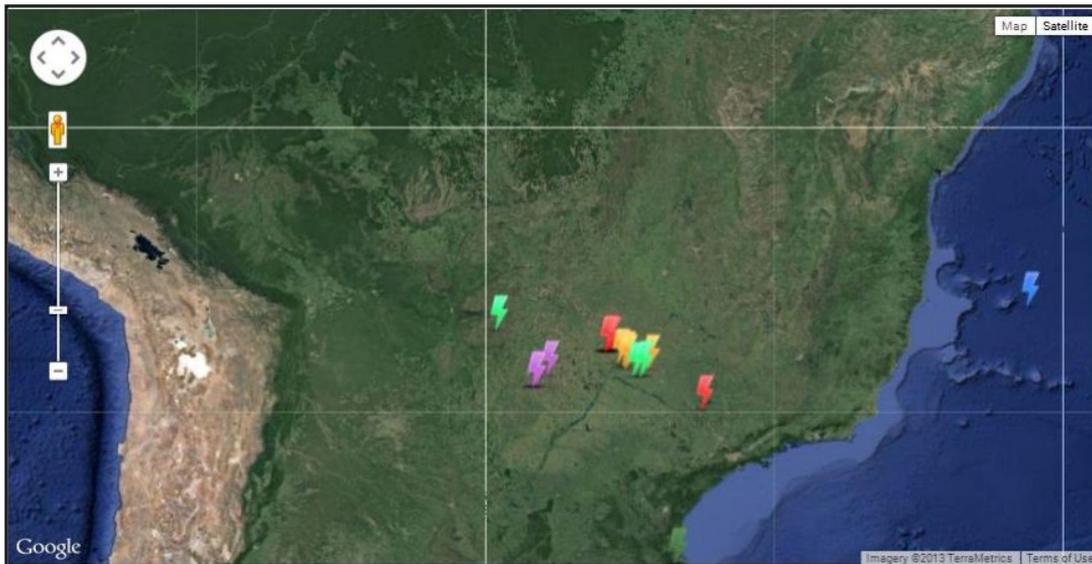


**Figura 12** – Clicando em uma marca.  
Fonte: Foto da aplicação.

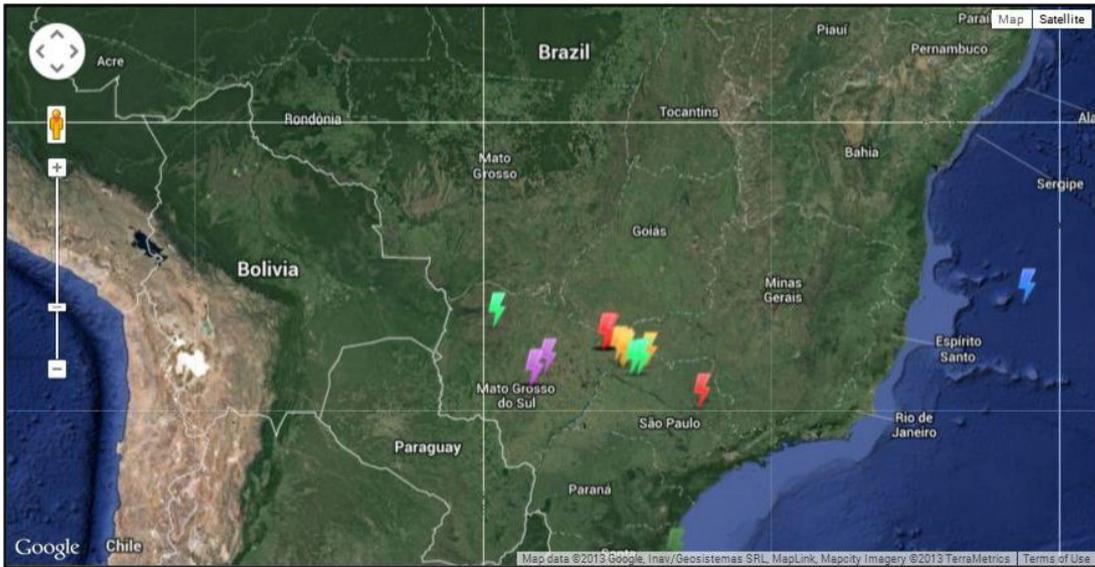
Finalmente, tem-se a opção de mudar o estilo do mapa para Roadmap (Figura 13), Satellite (Figura 14), Hybrid (Figura 15), Terrain (Figura 16).



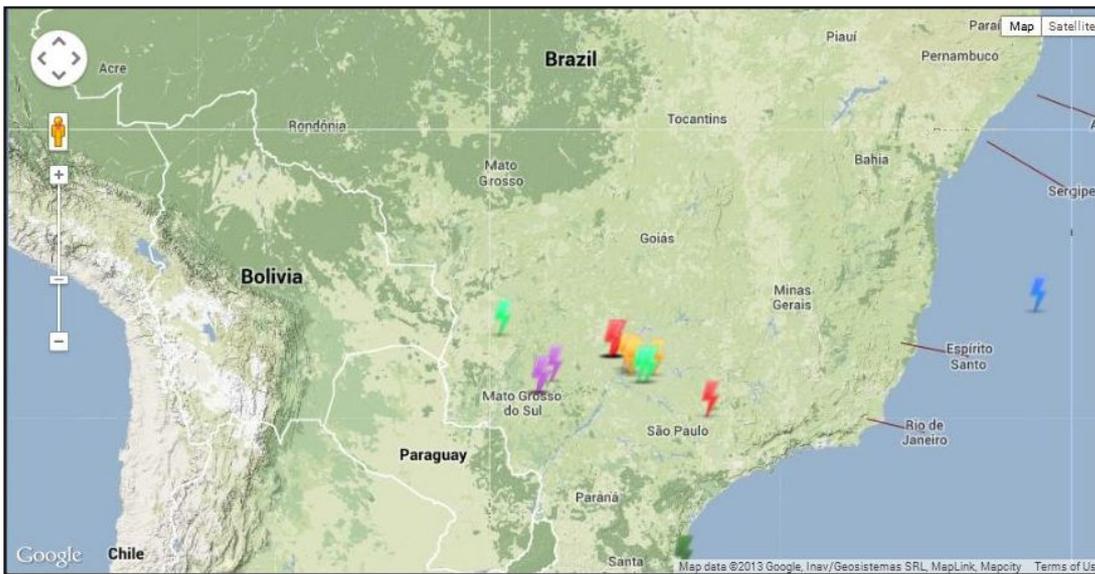
**Figura 13** – Roadmap.  
Fonte: Foto da aplicação.



**Figura 14** – Satellite.  
Fonte: Foto da aplicação.



**Figura 15 – Hybrid.**  
Fonte: Foto da aplicação.



**Figura 16–Terrain.**  
Fonte: Foto da aplicação.

## 5 Considerações finais

Este trabalho apresenta uma solução para visualização de dados sobre Descargas Elétricas Atmosféricas em ambiente Web para monitoramento, alerta e possível prevenção de acidentes provocados por raios. Nele são discutidos os mais diversos aspectos referentes aos passos, estratégias e estudos que guiaram o desenvolvimento desta aplicação.

Mediante seu processo de desenvolvimento, primeiramente foi escolhida uma tecnologia denominada WebGL que é uma tecnologia inovadora, muito utilizada em games, que permitiu a utilização de gráficos 3D em navegadores de forma nativa (APÊNDICE A).

Para a aplicação em questão, a tecnologia WebGL apresentou lentidão no servidor de mapas que foi encontrado para ela e posteriormente pode-se perceber a não necessidade de um mapa 3D para visualização das descargas. Em nova busca, encontrou-se a API do Google V3 para incorporar o *Google Maps no browser*.

Os Dados meteorológicos fornecidos pelo SIMEPAR são sigilosos e de fim estritamente científicos, visando a preservação dos direitos de propriedade intelectual e industrial (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996 que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.196, de 14 de fevereiro de 2001), foi disponibilizado apenas um arquivo de dados contendo 1.742 informações de descargas elétricas diferentes.

Por essa razão não foi possível desenvolver um sistema que plote os raios no mapa em tempo real, mas foi inserido uma simulação de tempo real de acordo com os horários das ocorrências dos raios contidos nos dados obtidos.

A simulação tempo real da abertura para que futuramente possa se estabelecer uma conexão em tempo real com o instituto para que o Sistema receba e plote os raios em tempo real, sem que seja necessário grandes adaptações no código já escrito.

## 6 Trabalhos Futuros

Como dito anteriormente, como trabalhos futuros, é possível desenvolver uma maneira de se comunicar as centrais de processamento dos sensores meteorológicos com o Sistema de Monitoramento a fim de plotar as marcas dos raios no mapa Google no momento exato em que estão ocorrendo.

Tal comunicação pode ser realizada através de um *Web Service*, que é uma forma de integrar sistemas desenvolvidos em plataforma diferentes, permitindo-se então comunicar a aplicação com as centrais de processamento, convertendo-se os dados em formato XML e transferindo-os por um protocolo SOAP, por exemplo.

## 7 Referências

AMBIENTE ENERGIA. **Brasil, “país dos raios”**. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2013/01/brasil-pais-dos-raios/21838>>. Acesso em: 10 out. 2013.

APACHE. **Howthe ASF Works**. Disponível em: <<http://www.apache.org/foundation/how-it-works.html#history>>. Acesso em 17 mai. 2013.

ARAUJO, F. **Vantagens e desvantagens do PHP**. Disponível em: <<http://www.inforlogia.com/vantagens-e-desvantagens-do-php>>. Acesso em 23 ago. 2013.

ARAUJO, J. G. R. **O Desenvolvimento de Aplicações Web**. 1997. Disponível em: <<http://www1.rnp.br/newsgen/9710/n5-3.html>>. Acesso em: 05 abr. 2013.

ASSUNÇÃO, L.A.R. *et al.* **RIDAT - Rede Integrada De Detecção De Descargas Atmosféricas no Brasil: situação atual, aplicações e perspectivas**. **In: Congresso Brasileiro De Meteorologia**, 11, Rio de Janeiro, RJ. 2000.

BANDERALI, M. **Ferramentas Gerenciais: a importância da detecção e alerta de descargas atmosféricas**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23615&secao=Ferramentas%20Gerenciais>>. Acesso em: 10 mai.2013.

BATTAIOLA, A. L.; SOARES, L. P. Estudo e uso exploratório de ferramentas de visualização científica. **Anais da VII Semana de Informatica da UFBA**, p. 4, 1998.

CARD, S. K.; MACKINLAY, J. D. **Readings in Information Visualization: Using Vision to Think**.USA: *Academic Press*, 1999.

DILÃO, R. **GPS Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global**. Disponível em <<http://www.cienciaviva.pt/latlong/anterior/gps.asp>>. Acesso em:13 nov 2013.

FERREIRA, S. **Geografia – Ensino Fundamental – EJA: Coordenadas Geográficas**. Disponível em <<http://isoldaeja.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

FLANAGAN D. **Javascript: O Guia Definitivo**. Porto Alegre: Artmed Editora S.A, 2002.

GLASS M. K. et al. **Beginning PHP, Apache, MySQL Web Development**. USA: Wiley Publishing, 2004.

GOOGLE. **V3: a solução para aplicativos do Google Maps para dispositivos desktop e móveis**. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/?hl=pt-BR&cs=1>>. Acesso em 05 nov. 2013.

INPE. **Descargas Nuvem-Solo**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/rindat/menu/desc.atm>>. Acesso em: 26 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Sistema Elétrico**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/relampagos.e.efeitos/sistema.eletrico.php>>. Acesso em: 26 out. 2013.

JOBSTRAIBIZER, F. **Criação de sites com o CSS**. São Paulo: Digerati Books, 2009.

KIOSKEA. **Javascript - Introdução à linguagem Javascript**. Disponível em: <<http://pt.kioskea.net/faq/2680-javascript-introducao-a-linguagem-javascript>>. Acesso em 10 jun. 2013.

LIMA, K.C; GOMES, G.R **Detecção de Descargas Elétricas Atmosféricas em sistemas convectivos com dados do SIMEPAR**. Revista Brasileira de Geofísica, 2009.

LIMA, K. C. **Descargas elétricas atmosféricas em sistemas convectivos de mesoescala no sul da América do Sul**. Dissertação (Pós-Graduação em Meteorologia). Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2005.

LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.

MATIAS, D. **GEOREFERENCE – Sistema de Coordenadas UTM**. Disponível em: <<http://georeference.blogspot.com.br/2010/02/sistema-de-coordenadas-utm.html>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

NETO, M. A.; BURIOL, T. M.; SCHEER, S. **Técnicas de visualização científica aplicada à exploração de dados obtidos pelo método dos elementos finitos.** p. 13–15, 2007.

ORENSTEIN, D. **QuickStudy: Application Programming Interface (API).** Disponível em: <[http://www.computerworld.com/s/article/43487/Application\\_Programming\\_Interface](http://www.computerworld.com/s/article/43487/Application_Programming_Interface)>. Acesso em: 10 out. 2013.

PEREIRA, A.P. **WebGL: o 3D chega com tudo aos navegadores.** Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/jogos/3986-webgl-o-3d-chega-com-tudo-aos-navegadores.htm#ixzz2nZkGfIAL>>. Acesso em: 02 dez. 2013.

PEREIRA, R.C. **Sistema de monitoramento de descargas atmosféricas implantado no centro de controle da COELCE como ferramenta de apoio às áreas de engenharia, manutenção e operação.** Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

PERNA, M. A. **Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ): O Sistema UTM.** Disponível em: <<http://www.carto.eng.uerj.br/cgi/index.cgi?x=utm.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

PHP. **Manual do PHP.** Disponível em: <[http://www.php.net/manual/pt\\_BR/preface.php](http://www.php.net/manual/pt_BR/preface.php)>. Acesso em: 05 jun. 2013.

PIMENTA, M. S; WINCKLER, M. **Avaliação de usabilidade de sites web.** Escola de Informática da SBC SUI (ERI 2002). Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), v. 1, p.85–137, 2002.

PINTO JR, O. **A Arte da Guerra Contra Raios.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

RINDAT. **Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas.** Disponível em <<http://www.rindat.com.br>>. Acesso em: 05 jun. 2013.

SLIVINSKI, A. R. **Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de desempenho gráfico 3d de plataformas com suporte ao webgl.**

Dissertação (Graduação em Ciência da Computação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.

W3C. ***Cascading Style Sheets (CSS) Snapshot 2010***. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/CSS/>>. Acesso em: 05 nov. 2013.

## 8 Apêndice

### 8.1 Apêndice A – WebGL

Segundo o Khronos Group et al. (2011), WebGL é uma API multi-plataforma livre, usada para criar gráficos 3D em um navegador da Web. Seu desenvolvimento iniciou com experimentos sobre o Canvas3D realizados por Vladimir Vukicevic da *Mozilla Foundadion*. O primeiro protótipo foi disponibilizado em 2006 e ao final do ano de 2007, ambos os navegadores Mozilla Firefox e o Opera fizeram suas próprias implementações individuais. Em 2009, em parceria com a Mozilla, o Khronos Group iniciou o grupo de trabalho para o desenvolvimento do WebGL, tendo sua especificação final, sob versão 1.0, lançada em Março de 2011.

Ainda de acordo com os autores, os principais navegadores como Chrome (Google), Opera (Opera), Firefox (Mozilla) e Safari (Apple) são membros do Grupo de Trabalho WebGL da Khronos, juntamente com muitos outros desenvolvedores gráficos 3D.

O WebGL consiste em uma biblioteca baseada no OpenGL ES 2.0 e estende o suporte do JavaScript, tornando possível a geração de gráficos 3D iterativos, acelerados pela GPU (Graphics Processor Unit), direto no navegador e sem a necessidade de plugins. (SLIVINSKI,2011,p.02)

A WebGL oferece uma série de vantagens, entre elas: é uma API baseada em um padrão de gráficos 3D familiar e amplamente aceito, é multi-browser e multi-plataforma, forte integração com o conteúdo HTML incluindo a composição em camadas e a interação com outros elementos HTML e dos mecanismos de manipulação de eventos HTML padrão, trás o hardware de aceleração de gráficos 3D para o ambiente do navegador e o ambiente de script que o torna mais fácil para fazer o protótipo de gráficos 3D. Não é preciso compilar e linkar para visualizar e depurar os gráficos prestados. (GROUP K. et al., 2011)

Entretanto, um problema encontrado no WebGL é que o mesmo utiliza o OpenGL, do próprio Grupo Khronos, como interface gráfica padrão e não são

todas placas de vídeos que possuem suporte para o OpenGL. Isso ocorre exclusivamente no Sistema Operacional Windows, pois no Linux e OS X, o OpenGL faz parte da API 3D primária destas plataformas. No Windows, a maior parte das aplicações gráficas não utilizam OpenGL, o que torna quase impossível encontrar drivers que ofereçam suporte a ele. Sendo assim, mesmo que o usuário possua um computador robusto com uma placa de vídeo de ótima qualidade, o computador ainda assim não conseguirá renderizar o conteúdo apresentado pelo WebGL (PEREIRA., 2013).