

Uma arquitetura de WebGIS para visualização de dados geoespaciais do Pantanal

Sérgio Aparecido Braga da Cruz ¹
João dos Santos Vila da Silva ¹
Carla Geovana do Nascimento Macário ¹

¹ Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Tosello, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{sergio.cruz,joao.vila,carla.macario}@embrapa.br

Resumo. A necessidade de divulgação ampla de resultados de projetos envolvendo dados geoespaciais têm estimulado cada vez mais o uso de ferramentas *WebGIS* para apresentações interativas de mapas e de informações relacionadas por meio da WWW. As soluções adotadas na apresentação destes mapas devem apresentar um equilíbrio entre facilidade de uso, riqueza de recursos para visualização e navegação entre os dados, e funcionalidades geoespaciais para pós-processamento, características que devem ser adequadas para cada perfil de usuário que acessará o sistema *WebGIS*. Neste trabalho são avaliadas algumas ferramentas utilizadas na visualização interativa de mapas na Web, considerando uma arquitetura *WebGIS* genérica proposta. Ao final, é apresentada uma aplicação *WebGIS* para visualização de dados geoespaciais do Pantanal, baseada na arquitetura descrita.

Palavras-chave: WebGIS, mapas interativos, Pantanal.

Abstract. The need for wider dissemination of project results involving geospatial data have stimulated increasingly the using of WebGIS tools for interactive presentations of maps and related information via the WWW. The solutions adopted in the presentation of these maps should provide a balance between ease of use, rich features for viewing and navigation through the data, and geospatial functionality for post-processing. Those features should be suitable for each user profile that will access the system WebGIS. The present study evaluated some tools used in interactive visualization of maps on the Web, considering a proposed generic WebGIS architecture. At the end, is presented a Web GIS application for viewing geospatial data of Pantanal, based on the described architecture.

Key-words: *Web GIS*, interactive maps, Pantanal.

1. Introdução

A dimensão espacial permeia, direta ou indiretamente, uma série de temas relacionados ao agronegócio, sendo um fator essencial que deve sempre ser considerado nas diferentes atividades de pesquisa da Embrapa. Avaliação de riscos climáticos, levantamento, caracterização e monitoramento de recursos naturais, análises socioeconômicas, zoneamentos e avaliação de cenários, são alguns exemplos de atividades nas quais a análise de dados geoespaciais é fundamental.

A análise de dados geoespaciais pode ser vista como uma das etapas de um processo de análise científica que, a partir da formulação de um problema, define um plano de execução, orienta a coleta e integração de dados relevantes, define estratégias de análise e dá suporte para a compreensão de fenômenos naturais ou antrópicos e à tomada de decisões. O processo para tratamento de dados geoespaciais pode ser dividido em atividades para coleta e preparação dos dados, processamento e análise e finalmente a publicação e visualização de resultados (Garijo et al, 2014).

A visualização dos resultados é um dos principais recursos para promover a compreensão de processos envolvendo dados geoespaciais. Existe uma série de ferramentas que auxiliam na visualização de dados geoespaciais na Web. Muitas destas ferramentas são baseadas na linguagem de programação *JavaScript* ((Mozilla Developer Network and individual contributors, 2014)), a qual interage com o navegador *Web*, possibilitando explorar a sua capacidade de apresentação gráfica. Algumas das ferramentas são de uso mais geral, outras são de uso específico para visualização de dados geoespaciais e podem ou não envolver processamento de dados no lado servidor.

O uso de uma ou de outra ferramenta dependerá das necessidades de navegação, visualização e pós-processamento requeridas pelo usuário final. Para atendimento a um usuário com perfil de gestor, a visualização e navegação nos dados devem fornecer acesso imediato às informações para suporte a tomada de decisão, reduzindo ao máximo recursos que impliquem na realização de pós-processamento. Para um perfil de analista ou técnico, os recursos de visualização e navegação devem possibilitar a exploração dos dados através de acesso a operações geoespaciais sobre dados selecionados. Desta forma, as soluções adotadas na apresentação destes mapas devem apresentar um equilíbrio entre facilidade de uso, riqueza de recursos para visualização e navegação entre os dados, e funcionalidades geoespaciais para pós-processamento, características que devem ser adequadas para cada perfil de usuário.

Neste artigo são apresentadas algumas ferramentas utilizadas na apresentação de dados geoespaciais e como elas podem ser integradas em uma arquitetura que proporcione a visualização de dados geoespaciais em um caso de uso sobre a região do Pantanal.

2. Objetivos

Propor uma arquitetura baseada em software livre para construção de aplicações Web promovendo a visualização interativa de dados geoespaciais do Pantanal.

3. Material e Métodos

A visualização de dados geoespaciais representa uma etapa importante na análise destes dados e fornece um suporte importante para entendimento dos processos envolvendo dados geoespaciais. A WWW tem servido cada vez mais como plataforma para execução de aplicações que promovem a visualização de dados de forma geral. Mais recentemente várias aplicações e ferramentas têm sido construídas especificamente para apresentação de dados geoespaciais.

A WWW é um ambiente cliente-servidor, onde normalmente a visualização dos dados geoespaciais envolve processamento embutido em uma página em HTML (*HyperText Markup Language*) (W3C, 2014) no lado cliente (navegador Web) e o acesso aos dados envolve consultas no lado servidor. Neste ambiente, os dados geoespaciais podem ser trocados em diferentes formatos e requisitados utilizando diferentes protocolos. O consórcio OGC (*Open Geospatial Consortium*) (OGC, 2014) elaborou uma série de especificações que definem formatos padrões para troca de dados geoespaciais e serviços padrões fornecendo acesso a estes tipos de dados. Serviços importantes para acesso a dados geoespaciais nesta plataforma são os serviços WMS (*Web Mapping Service*) para visualização de mapas na forma de imagens não georreferenciadas, WFS (*Web Feature Service*), para acesso a dados geoespaciais vetoriais e WCS (*Web Coverage Service*) para acesso a imagens georreferenciadas.

No ambiente da WWW, a linguagem *Javascript* (*Mozilla Developer Network and individual contributors*, 2014) é uma das ferramentas principais para construção de aplicações do lado cliente e base para construção de aplicações para acesso e visualização de dados geoespaciais.

Abaixo são descritas algumas ferramentas importantes desenvolvidas utilizadas para apresentação de dados.

D3.js – A biblioteca *D3.js* (Bostock, 2014), permite a apresentação de gráficos em uma página HTML através da associação ou modificação de atributos gráficos de elementos já existentes na página. *D3.js* possui funcionalidades para localização dos elementos nos quais devem ser realizadas as operações de inserção, alteração e remoção de atributos. Elementos gráficos da página HTML descritos na linguagem gráfica SVG são os principais alvos nas realizações de manipulações gráficas pela ferramenta *D3.js*. Mecanismos de junção definidos na ferramenta permitem o mapeamento de dados em atributos de elementos HTML, o que fornece bastante flexibilidade para representação visual de quaisquer tipos de dados, incluindo dados geoespaciais. Os dados utilizados na ferramenta seguem o padrão de dados genérico JSON (Bray, 2014) e os padrões para dados geoespaciais GeoJSON (The GeoJSON Discussion List, 2014) e TopoJSON (Bostock, 2014a).

LeafLet – biblioteca de funções JavaScript desenvolvida para fornecer capacidade de apresentação de dados geoespaciais em dispositivos móveis (Agafonkin, 2014). Para atender a este objetivo, as funcionalidades fornecem características básicas para apresentação de mapas e estão organizadas em uma biblioteca que ocupa pouco espaço de memória. A ferramenta possibilita definir e gerenciar uma área da tela para apresentação de mapas, possibilitando realizar operações de zoom, incluir camadas vetoriais editáveis, dentre uma série de outras funções implementadas por diferentes extensões (*plug-ins*). Como fontes de dados o *LeafLet* permite

a construção de mapas contendo múltiplas camadas a partir de servidores de dados no padrão OGC WMS, servidores de mosaicos de mapas (Exemplo: serviço *MapBox*¹), dados em GeoJSON e imagens. Apesar de desenvolvido para uso em dispositivos móveis, pode ser utilizado em qualquer navegador Web.

CartoDB – plataforma para construção de mapas na Web, incluindo recursos para acesso a banco de dados geoespaciais PostGIS (PostGIS Project Steering Committee, 2014) e ambiente para edição de mapas e visualização de dados geoespaciais. Para apresentação dos mapas pode ser integrado as ferramentas *LeafLet* e *Google Maps*. O *CartoDB* utiliza os dados geoespaciais disponíveis no banco PostGIS da plataforma como fonte para geração de mapas. Um conjunto de operações para gestão dos dados estão disponíveis, possibilitando a importação, exportação e processamento dos dados geoespaciais. Os dados utilizados para construção dos mapas e visualizações de dados são obtidos por meio de requisições expressas na forma de consultas SQL enviadas ao servidor *CartoDB*, o qual retorna como resultado dados formatados em JSON ou GeoJSON. A plataforma possui uma biblioteca em JavaScript que permite personalizar a apresentação dos mapas.

OpenLayers – biblioteca JavaScript para apresentação de dados geoespaciais na forma de mapas, que possui uma série de recursos para apresentação e interação. Os dados utilizados na apresentação dos mapas podem estar em mais de 20 formatos diferentes dos quais podemos destacar os formatos *BingMaps*, *GeoJSON*, *WMS*, *WFS*, *KML*, *MapQuest*, *TopoJSON*. Apresenta um conjunto extenso e complexo de funções que permitem personalizar tanto a apresentação do mapa quanto incluir recursos para interação e controle da apresentação. Todas estas funcionalidades são executadas no navegador Web (OpenLayers Contributors, 2014).

Google Chart, *Google Maps* – *Google Chart* (Google, 2014) é uma biblioteca *JavaScript* que permite a apresentação de gráficos a partir de dados obtidos de fontes de dados configuráveis. Cada fonte de dados corresponde a uma aplicação instalada em um servidor que atende ao protocolo para requisição de dados definido pela ferramenta. Os dados não-espaciais utilizados na construção dos gráficos são organizados na forma tabular e podem ser formatados em JSON, CSV, TSV, e HTML. A biblioteca *Google Chart* possui recursos limitados para apresentação de dados geoespaciais. A biblioteca *Google Maps* (Google, 2014a) permite a construção de mapas a partir de dados geoespaciais acessados diretamente dos serviços de mapas da Google. A biblioteca *Google Maps* possibilita a implementação de aplicações para apresentação de mapas, por meio de programação *JavaScript*, com recursos visuais e de interação análogas aquelas disponíveis no serviço *Google Maps* (Google, 2014b).

GeoExplorer – Aplicação Web utilizada na composição e publicação de mapas. Nesta aplicação a estrutura das páginas e a organização das operações geoespaciais possíveis são previamente definidas podendo ser personalizadas através de configuração (OpenGeo, 2014). Os mapas apresentados pelo *GeoExplorer* podem ser gerados a partir de dados geoespaciais obtidos de servidores de dados no padrão OGC locais ou remotos, e serviços de mapas tais como o *MapQuest*, *OpenStreetMap*, *Google Maps*, *BingMaps* e *MapBox*. Mapas podem ser montados através da seleção de camadas desejadas, e personalização de seus atributos gráficos. Usuários autorizados podem armazenar e editar camadas vetoriais utilizando a integração do *GeoExplorer* com servidores no padrão OGC WFS.

¹ <<https://www.mapbox.com>>

I3Geo – Aplicação Web para composição e publicação de mapas desenvolvido nas linguagens PHP e JavaScript. Da mesma forma que o *GeoExplorer*, as estruturas das páginas e organização das operações geoespaciais possíveis são pré-definidas, podendo ser personalizadas através de configuração (Asociación gvSIG, 2014). Fornece uma ampla gama de operações de análise geoespaciais.

3.1 Avaliação de Ferramentas

As ferramenta listadas no item anterior apresentam uma variedade de características que vão desde recursos básicos para apresentação de gráficos genéricos até funcionalidades próximas de um SIG (Sistema de Informação Geográfica) na Web. Todas elas apresentam vantagens e desvantagens para construção de mapas interativos dependendo do perfil do público-alvo a quem se destinam. A **Figura 1** classifica as ferramentas de acordo com as suas características.

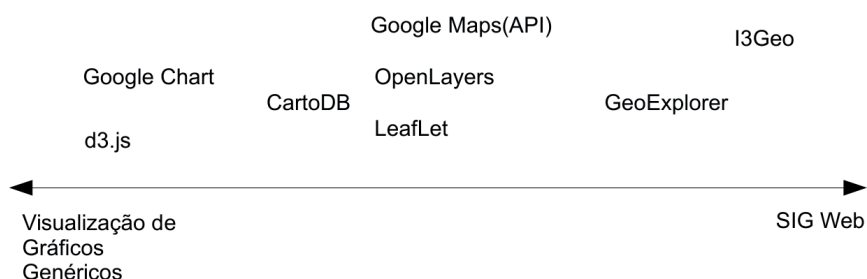


Figura 1. Classificação das Ferramentas quanto a especialização em funções de SIG Web

Por serem ferramentas mais gerais, *D3.js* e/ou *Google Chart* podem ser utilizadas na implementação mais rápida de aplicações para visualização interativa de mapas e gráficos que realçam as relações entre dados geoespaciais e dados não-espaciais. A visualização destas relações fornece uma visão de mais alto nível dos dados, sendo mais adequada para gestores e tomadores de decisão. Por exemplo, gráficos e mapas que realcem a taxa de crescimento de determinado tipo de empreendimento em uma região específica pode indicar para um gestor, que serão necessários novos recursos para investimento naquela região. Nestes casos recursos como *zoom* e operações de análise espaciais complexas não auxiliam na decisão, pois o foco está na organização e acesso imediato as informações. O uso de ferramentas próximas de um SIG nestas situações pode tornar a navegação sobre os dados complexa, além de sobrecarregar o usuário com um número de opções que, para o seu perfil, podem não ser úteis.

Por outro lado as ferramentas apresentando características próximas de um SIG, atendem perfis técnicos e analistas, uma vez que permite avaliar relações entre dados geoespaciais relevantes. Nestes casos as condições espaciais tem prioridade. Como exemplo, um analista que verifica que a solicitação de um empreendimento sobrepõe uma área indígena pode imediatamente indeferir a solicitação. Características não-espaciais do empreendimento não tem relevância nestes casos.

Independentemente da forma como será realizada a visualização dos mapas e gráficos associados, os dados geoespaciais e não-espaciais deverão estar organizados e acessíveis nos formatos requeridos pelas ferramentas. Neste caso, uma mesma fonte de dados geoespaciais e não-espaciais deverá atender a diferentes requisições das ferramentas para visualização dos mapas. Uma arquitetura para organização destes dados é proposta na próxima seção para atender a este requisito.

3.2 Arquitetura para organização e visualização de dados geoespaciais

Das ferramentas analisadas podemos verificar que os formatos JSON, GeoJSON e TopoJSON são suportados pela maioria daquelas com foco na produção de gráficos, e os formatos para acesso aos serviços no padrão OGC são suportados pelas ferramentas com foco em SIG. Na **Figura 2** temos uma arquitetura para organização dos dados geoespaciais que possibilita que eles sejam utilizados como fonte de dados para as diferentes ferramentas descritas acima.

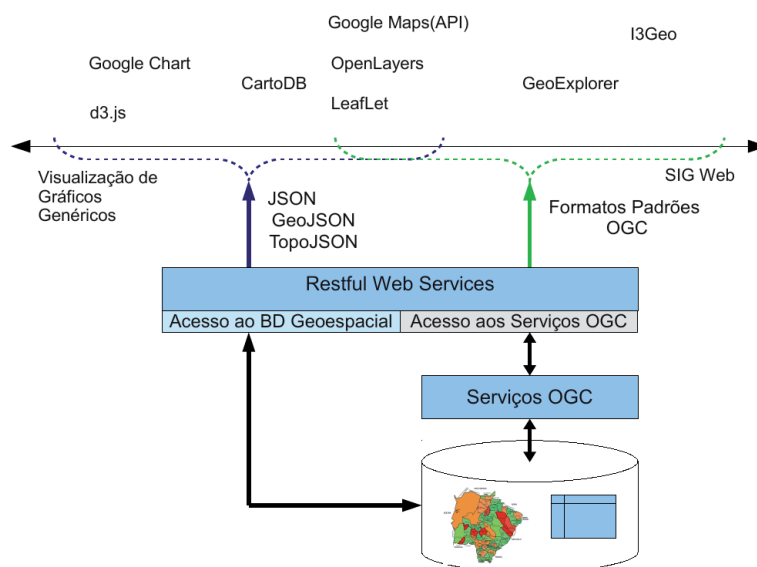


Figura 2. Arquitetura para acesso a dados geoespaciais e não-espaciais

Nesta arquitetura é assumido que os dados estão organizados em um banco de dados geoespacial, integrada a serviços de acesso a dados geoespaciais no padrão OGC. Uma camada de serviço no padrão *Restful Web Service* (Fielding, 2014) fornece uma visão integrada destes dados e realiza conversões de requisições para consultas aos dados via serviços OGC, ou via consulta direta ao banco de dados geoespaciais. Para as ferramentas de visualização gráfica os dados são referenciados como endereços de Internet no formato URI (*Uniform Resource Identifier*) (Berners-Lee, 2014). O serviço *Restful Web Service* mapeia cada endereço URI em consultas SQL ou a requisições específicas nos servidores OGC. Os resultados destas consultas ou requisições são recebidos pelo *Restful Web Service* e, caso necessário convertidos para formatos adequados e retornados para ferramenta solicitante do dado.

Com isto, a complexidade de algumas consultas fica isolada no lado servidor da aplicação e com acesso transparente pelas ferramentas de visualização. Ajustes ou refinamentos nas consultas não implicam em modificação nas páginas HTML da aplicação. As consultas podem ser construídas de forma personalizada para atender as necessidades de informação do usuário do sistema.

4. Resultados

A arquitetura foi implementada e utilizada na construção de uma página HTML para visualização de dados relativos ao número de solicitações de processos de licenciamento ambiental para região do Mato Grosso. Os dados para uso neste estudo de caso são acessados a partir de um servidor OGC. A ferramenta *D3.js* foi utilizada para geração dos mapas e gráficos fornecendo a dinâmica visual da página. Como os dados estão organizados em um servidor, além de atender

as requisições de dados do estudo de caso, também continuam disponíveis para atender simultaneamente à requisições de dados de outras ferramentas ou aplicações, possibilitando múltiplas visões sobre os mesmos dados.

Neste estudo de caso um componente de interface denominado *slider* possibilita a seleção de um período de tempo para o qual se deseja avaliar as solicitações de licenciamento. Dinamicamente, a medida que se define o período, são apresentados em um mapa do Mato Grosso, a localização dos empreendimentos para o período e, em um gráfico de barras, o número total de empreendimentos de acordo com o seu tipo (**Figura 3**). Várias outras informações podem estar sendo apresentadas simultaneamente, desde que para isto a camada *Restful Web Service* esteja devidamente configurada para extração da informação necessária da fonte de dados.

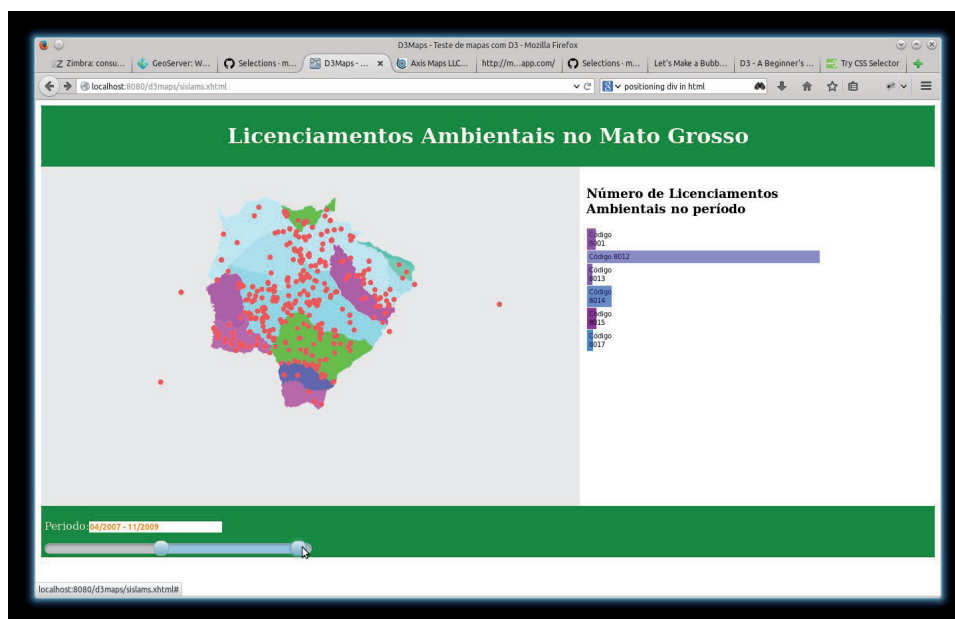


Figura 3. Mapa sobre número de licenciamentos ambientais por tipo e período

Para construção deste tipo de aplicação, um levantamento de requisitos deve ser realizado previamente para identificar quais informações são relevantes para um determinado perfil de usuário e quais elementos gráficos são os mais adequados para sua apresentação. A interface da aplicação poderá ser personalizada para cada perfil de usuário. Desta forma a interação do usuário com a aplicação se torna mais objetiva, promovendo a produtividade na análise de dados geoespaciais, realçando as relações e aspectos relevantes destes dados geoespaciais com dados não-espaciais e tornando mais simples a interação do usuário com a aplicação.

5. Conclusões

Neste trabalho foi realizado um levantamento sobre algumas ferramentas para visualização de dados geoespaciais com o objetivo de suportar a implementação de ambientes *WebGIS*. Cada ferramenta possui características próprias, ou mais gerais, ou mais específicas para apresentação de dados geoespaciais. Na construção de um *WebGIS* ou um ambiente para visualização dos dados geoespaciais, porém, os fatores que devem ser inicialmente definidos são os perfis dos usuários que utilizarão o sistema e quais recursos para visualização e navegação entre os dados, funcionalidades geoespaciais e de pós-processamento são os mais adequados para cada perfil. Dependendo do tipo de informação geoespacial desejada pelo usuário, uma ou mais ferramentas podem ser utilizadas para realçar características importantes dos dados, fornecendo

uma visão integrada dos mesmos e evidenciando tanto informações geoespaciais quanto o seu relacionamento com dados não-espaciais. Desta forma, um sistema *WebGIS* poderá fornecer diferentes recursos visuais de acordo com o perfil do usuário, melhorando a usabilidade do ambiente, e fornecendo funcionalidades dirigidas as suas necessidades.

6. Referências

- Agafonkin, V. Leaflet – **An Open-Source JavaScript Library for Mobile-Friendly Interactive Maps**. Disponível em: <<http://leafletjs.com>>. Acesso em: 22 jul. 2014.
- Asociación gvSIG. **O que é o i3Geo?** Disponível em:<<http://www.gvsig.org/plone/projects/i3Geo>> Acesso em: 23 jul. 2014.
- Berners-Lee, T. **Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax**. Disponível em:<> Acesso em: 15 jul. 2014
- Bostock, M. D3.js – **Data-Driven Documents**. Disponível em: <<http://d3js.org/>> Acesso em: 22 jul. 2014
- Bostock, M.; Metcalf, C. **The TopoJSON Format Specification**. Disponível em: <<https://github.com/topojson/topojson-specification/blob/master/README.md>>. Acesso em: 29 jul. 2014a.
- Bray, T. **The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format**. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc7159>> Acesso em: 25 jul. 2014.
- CartoDB **Create amazing maps with your data - A cloud-based solution for all your mapping needs**. Disponível em: <<http://cartodb.com/>>. Acesso em: 23 jul. 2014.
- Fielding, R. T. **Architectural Styles and the Design of Network-Based Software Architectures**. Disponível em:<<http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>> Acesso em: 28 jul. 2014
- Garijo, D.; Alper, P.; Belhajjame, K.; Corcho, O.; Gil, Y.; Goble, C. Common motifs in scientific workflows: An empirical analysis, **Future Generation Computer Systems**, Volume 36, July 2014, Pages 338-351, ISSN 0167-739X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.09.018>.
- Google, **Google Chart**. Disponível em:<<https://developers.google.com/chart/>> Acesso em: 28 jul. 2014
- Google. **V3: a solução para aplicativos do Google Maps para dispositivos desktop e móveis**. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/>> Acesso em: 28 jul. 2014a.
- Google, Google Maps. Disponível em:<<https://www.google.com.br/maps/about/explore/>>. Acesso em: 28 jul. 2014b.
- Mozilla Developer Network and individual contributors. **JavaScript** Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>> Acesso em: 15 jul. 2014
- OGC, Open Geospatial Consortium. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/>>. Acesso em 16. jul. 2014.
- OpenGeo, **GeoExplorer**. Disponível em:<<http://suite.opengeo.org/4.1/geoexplorer/index.html>>. Acesso em 22 jul. 2014,
- OpenLayers Contributors, OpenLayers 3 – Welcome Disponível em:<<http://openlayers.org/>> Acesso em: 20 jul. 2014
- PostGIS Project Steering Committee (PSC). **PostGIS - Spatial and Geographic Objects for PostgreSQL**. Disponível em: <<http://postgis.net/>> Acesso em: 3 set. 2014.
- The GeoJSON Discussion List **The GeoJSON Format Specification**. Disponível em: <<http://geojson.org/geojson-spec.html>>. Acesso em: 29 jul. 2014.
- W3C, **HTML5**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/html/>> Acesso em: 18 jul. 2014