

Sistema de busca avançada de dados espaciais voltados ao licenciamento ambiental do Mato Grosso do Sul

Lauro Batista Araujo¹
Matheus de Mattos Nagliati¹
Laurimar Gonçalves Vendrusculo¹
João dos Santos Vila da Silva¹

¹Embrapa Informática Agropecuária - CNPTIA
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{ lauro, mnagliati, laurimar, jvilla }@cnptia.embrapa.br

Resumo. Este trabalho descreve a implementação computacional de um sistema de busca avançada em plataforma Web, para dados de empreendimentos e atividades passíveis de licenciamento ambiental, cadastrados no Estado do Mato Grosso do Sul - Brasil, com suporte a pesquisa espacial. Será também detalhada o aplicativo para cadastramento destes empreendimentos e atividades. Estes módulos foram integrados ao Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento ambiental – SISLA e estão em etapa de teste pelos técnicos do IMASUL. O aplicativo de cadastro pretende contribuir para a integração dos empreendimentos rurais neste Estado e a busca avançada tem se mostrado uma ferramenta poderosa de informação aos sistema de monitoramento ambiental.

Palavras-chave: mapas web interativos, consultas espaciais, licenciamento ambiental, PostGres/PostGis, I3Geo, consultas geo-espaciais.

Abstract. This paper describes a computational implementation of a advanced search system on the Web platform for data of projects and activities projects related of environmental licensing, based on the State of Mato Grosso do Sul - Brazil, with spatial search support. It will also detail the application for registration of new rural enterprises and activities related. These modules were integrated into the Interactive System Support Environmental licensing - SISLA and are in testing by the technicians of IMASUL. The application for registration is to contribute to the integration of rural enterprises in this state and the advanced search has proved a powerful tool of information for environmental monitoring system.

Key-words: interactive maps, spatial search, environmental licensing , PostGres/PostGis, I3Geo, geo-spatial searches.

1. Introdução

A informação que pode ser representada de forma espacial é comumente proporcionada pelo uso das geotecnologias, compreendida como uma forma mais ampla da integração de técnicas de sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica e tecnologia da informação.

Realizando uma rápida análise das instituições públicas e privadas que geram e armazenam dados e informações espaciais percebe-se que estas possuem ambientes heterogêneos de sistemas de informação. Este ambientes caracterizam-se pelo uso de diferentes tipos de sistemas de informação geográfica (SIG), sistemas operacionais, sistemas gerenciadores de banco de dados e onde nem sempre há compatibilidade imediata de recuperação e integração de dados entre estas ferramentas.

O desafio nestes ambientes heterogêneos é prover informação acabada ou pronta ou para ser analisada por usuários, de forma que o acesso a estas informações seja rápido, transparente e integrado. Para tanto o uso da rede de comunicação Internet vem em auxílio a disseminação da informação geográfica.

Entretanto quando as decisões envolvem informação geográfica, além do acesso aos dados, a interação do usuário com os dados deve ser considerada como ressaltam Araújo & Lima (2005). Nem sempre os formatos de arquivos de dados espaciais convertidos para a Web consideram corretamente os aspectos de legenda (cor, espessura e tipo de linha) e nem a eficiente modelagem dos dados não-espaciais.

Além da interação das operações básicas como ampliação, medição de distância e área e seleção de camadas em mapas interativos na Web, com o armazenamento de mais camadas de informação, torna-se imperioso a construção de um sistema de busca avançado que permita a recuperação cruzada de informação de dados espaciais e não-espaciais.

Apresentado este contexto, será descrito neste trabalho, o desenvolvimento de um módulo de consulta avançada espacial para suprir demandas de recuperação de informações de empreendimentos rurais e atividades que solicitam licenças ambientais. Este módulo está integrado ao Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA (Vendrusculo et al. 2009 a; Vendrusculo et al. 2009 b; Vendrusculo et al. 2008), o qual faz parte do projeto GeoMS, um convênio com a Embrapa Informática Agropecuária e o Governo do Mato Grosso do Sul.

O SISLA utiliza ferramentas computacionais de código livre e já é utilizado por empreendedores rurais, técnicos e gestores do Estado do Mato Grosso do Sul, contribuindo para agilizar a análise dos processos de licenciamento ambiental, no que tange às análises de proximidade de áreas protegidas e seu entorno.

Para dar suporte ao módulo de consulta espacial está em fase de testes um aplicativo para o cadastramento de empreendimentos e atividades passíveis de licenciamento, com suporte a dados geo-espaciais. O armazenamento integrado das geometrias dos empreendimentos não existia no Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL). Além de se ter uma base de dados consistente com suporte a mapas, o SISLA carecia de um mecanismo de

busca mais avançado e parametrizável, onde os resultados gerados auxiliassem nas decisões tomadas pelos diversos tipos de usuários. O diferencial no módulo do SISLA Fiscal, foi uma busca espacial que gera resultados dinâmicos segundo a seleção dos parâmetros espaciais escolhidos pelo usuário.

2. Objetivos

Este estudo visa à descrição da implementação computacional de um sistema de busca avançada em plataforma Web, para empreendimentos e atividades passíveis de licenciamento ambiental, cadastrados no Estado do Mato Grosso do Sul com suporte a pesquisa espacial. Será também detalhada o aplicativo para cadastramento destes empreendimentos e atividades.

3. Material e Métodos

O módulo de consulta espacial avançado foi integrado ao SISLA, o qual utiliza como ferramenta-base o sistema I3Geo. Desenvolvida pelo Ministério do Meio Ambiente, o I3Geo é uma ferramenta de código livre voltado para o acesso e integração de dados geográficos através da Internet. A partir da incorporação de diversas ferramentas computacionais livres em uma única interface (MapServer, PostGres/PostGis, PHP, etc), a ferramenta permite, por exemplo, a visualização e análise de dados geográficos através da criação de mapas interativos. Isso possibilita o acesso ao público em geral a um conjunto de informações relevantes sobre o meio ambiente, além de ser uma eficiente ferramenta de gestão (Governo Eletrônico, 2007).

Um conjunto de rotinas na linguagem PHP aliados aos arquivos .map do aplicativo MapServer foi implementado para permitir a construção da interface de consulta, a recuperação da informação no banco de dados para Postgresql por meio de sua extensão geográfica Postgis e a apresentação dos mapas customizados no ambiente do SISLA.

As seções seguintes apresentam as principais funcionalidades do sistema.

3.1 Funcionalidades

3.1.1 Aplicativo para cadastro de empreendimentos e atividades para licenciamento ambiental.

Para utilizar o sistema de busca avançada do SISLA, foi desenvolvido um aplicativo para cadastro de empreendimento e atividades passíveis de licenciamento.

São oito grandes tipos de áreas contemplados no módulo de cadastro. São elas: atividades florestais, de intra-estrutura, agropastoris, de mineração, de turismo, industriais, de resíduos sólidos e pesqueiros. Por serem muitos os tipos de atividades associados às grandes áreas, foi criada uma tabela auxiliar para as atividades específicas. Por exemplo, a atividade específica de regularização de reserva legal é associada ao grande tema Atividades Florestais (**Figura 1a**).

(a)

(b)

Figura 1 - Interface principal do aplicativo de cadastro de empreendimentos rurais ou atividades para licenciamento ambiental (a). Destaque para a inserção da geometria dos mapas relativo aos empreendimentos (b).

Dessa forma, o usuário acessa uma primeira interface, onde escolhe qual o tipo de atividade específica que ele cadastrará. Na fase seguinte, o sistema gera um formulário com os campos que são obrigatórios para aquela atividade. Por exemplo, para a atividade específica de regularização de reserva legal são solicitadas, dentre outros, os seguintes dados para o usuário: área de reserva legal total requerida, área de reserva legal total deferida, área do termo de compensação de reserva legal por título de cotas, etc. Além dos dados solicitados, o usuário deverá inserir os mapas do empreendimento. Esses mapas são compostos de três arquivos shapefile (.shp, .shx e .dbf) e podem ter diferentes geometrias. O sistema, portanto faz a inserção dos campos de arquivo dinamicamente, conforme a demanda do usuário (**Figura 1 b**). O usuário deverá selecionar se o arquivo shapefile armazenado será do tipo polígono, linha ou ponto, segundo rege Lei Estadual – MS 2.257 de 2001. Esta geometria corresponde ao tipo de atividade. Por exemplo, o mapa 1 representa o polígono do empreendimento rural que está solicitando a regularização e no mapa dois o polígono no interior deste empreendimento correspondente a esta atividade de regularização de reserva legal.

Após o preenchimento desses dados e o upload dos arquivos de mapas, as informações são validadas pelo sistema. O teste de integridade de CPF, CNPJ, data e shapefile são alguns exemplos destes testes de validação. Finalizada esta etapa, os dados descritivos e os arquivos shapefiles são transformados em registros na base de dados do SISLA. Uma vez que são armazenados no banco de dados, podemos então utilizar o mecanismo de busca avançado descrito a seguir.

3.1.2. Sistema de Busca Avançada

As atividades dos empreendimentos cadastrados, poderão ser pesquisadas de duas maneiras: consultas por dados textuais e consultas por dados espaciais.

No primeiro tipo de consulta, são considerados dados cadastrais, inseridos manualmente, ou seja, número e data do processo, tipo de atividade específica e demais campos como, por exemplo, o volume autorizado de extração de material lenhoso, para a atividade específica de aproveitamento de material lenhoso (**Figura 2**).

Período do processo:
12/10/2008 a 01/03/2009

Tipo de Atividade:
Atividades de Turismo (4000)
Camping (404)

Município:
Aquidauana

Enviar

Figura 2 – Consulta avançada aos dados descritivos do processo ambiental.

Outro tipo de abordagem para a pesquisa avançada são as buscas espaciais (**Figura 3**). Este tipo de consulta é realizada utilizando os mapas (arquivos shapefiles) inseridos pelo usuário e os mapas de informação ambiental contidos no SISLA (bacias hidrográficas, unidades de conservação, biomas, cartografia, dados de satélite, etc). Dessa forma, podemos pesquisar por empreendimentos que interceptam, ou estão próximos das unidades de conservação, terras indígenas, zonas de amortecimento e rios.

Por Relação Espacial

Condição: interceptam

Área protegida: Terras Indígenas

Especifique: Cachoeirinha

Enviar

Figura 3 – Consulta avançada espacial aos empreendimentos rurais.

Após a seleção dos parâmetros de interesse a lista de empreendimentos rurais que satisfazem os parâmetros solicitados são indicados na aba “Consultas” do SISLA. Ao selecionar a aba “Consultas”, pode-se efetuar a ampliação (zoom) de cada empreendimento e gerar, posteriormente, um relatório espacial para cada um destes empreendimentos (**Figura 4**).

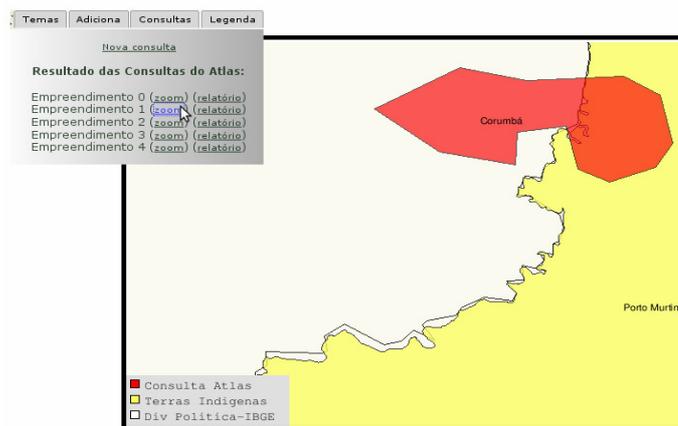


Figura 4 – Resultado da consulta espacial avançada na forma do mapa interativo.

Das consultas citadas, podemos destacar aquelas consultas que procuram identificar e calcular a área de interseção entre duas áreas. Por exemplo, quais empreendimentos interceptam áreas de proteção ambiental. Computacionalmente, além da complexidade na estrutura do SQL espacial, há uma sobrecarga no sistema gerenciador de banco de dados

espacial (PostGis) que pode demorar alguns minutos para responder a esta consulta espacial. Adicionando o tempo de transmissão na Internet este tempo de resposta pode ficar inviável para aqueles usuários que utilizam Internet discada ou com baixas taxas de transmissão.

Visando otimizar as operações espaciais realizadas pelo banco de dados e a diminuir o tempo de processamento, foi utilizada a técnica do menor retângulo envolvente (REM). Esta técnica é acionada quando numa operação de interseção de um empreendimento rural com uma APA, ao invés de realizar a consulta com todas as áreas de proteção ambiental do Estado do Mato Grosso do Sul, precede-se inicialmente uma consulta com os retângulos que envolvem ou estão próximos do empreendimento de interesse. Por exemplo, um empreendimento na porção sul do município de Campo Grande terá as APA's de Sidrolândia e Nova Alvorada do Sul selecionadas inicialmente. Esta estratégia visa reduzir o espaço amostral pesquisado e obter ganho no tempo de processamento da consulta (**Figura 5**).

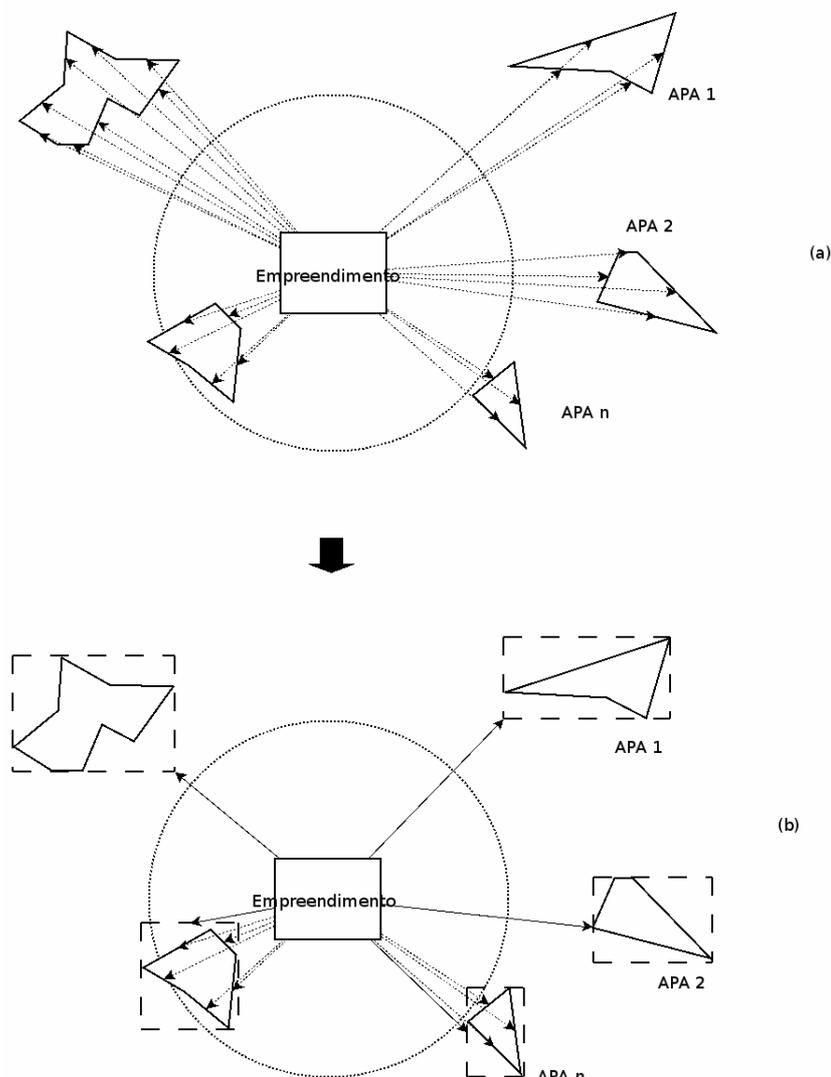
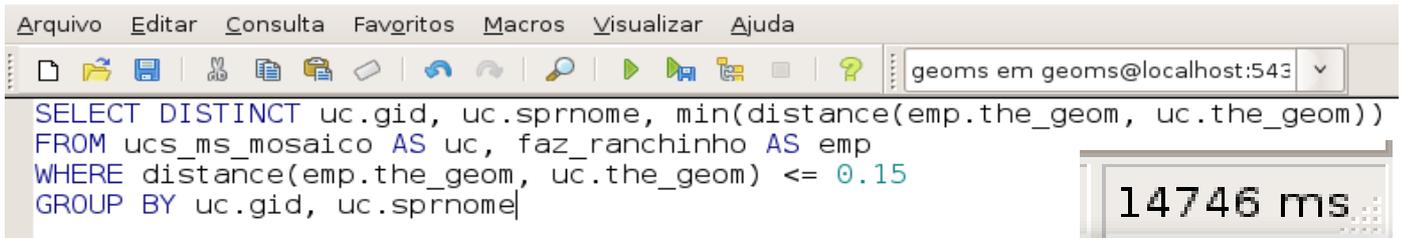


Figura 5 - Representação gráfica da técnica do retângulo envolvente. A figura 5 (a) representa a consulta espacial genérica para a interseção espacial com consulta a todas as APA's e a Figura 5(b) com a seleção das APA's mais próximas.

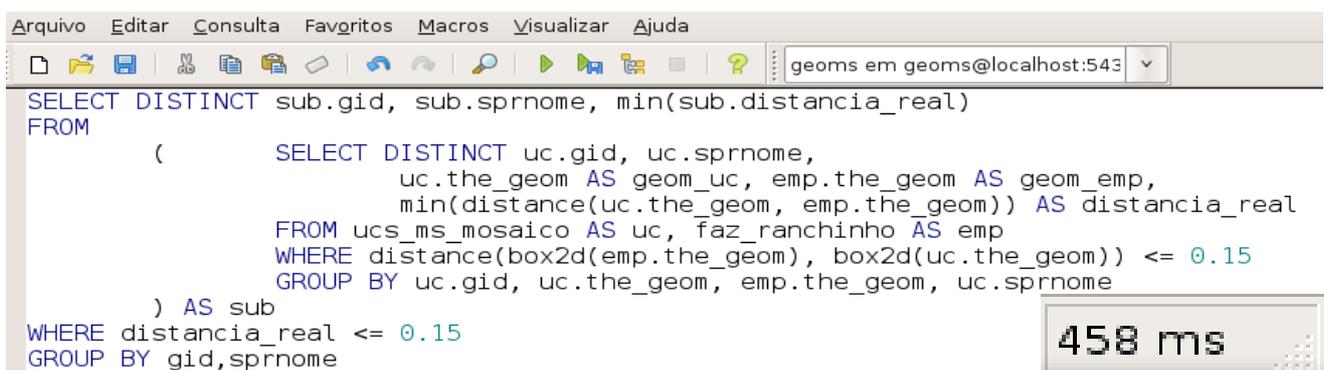
O uso da técnica do menor retângulo envolvente é ilustrado pelas **Figuras 6a e 6b**. Esta técnica é largamente utilizada em métodos de acesso a dados multidimensionais (Davis Jr &

Queiroz, 2009). Dessa forma, a maneira mais comum de processar as consultas é dividir o processamento em duas etapas: uma de filtragem e outra de refinamento. Na etapa de filtragem são usados métodos de acesso espaciais. O principal objetivo do uso destes métodos é o de reduzir e rapidamente selecionar os possíveis candidatos que satisfaçam a consulta. A redução do espaço de busca é muito importante, pois a etapa seguinte, a de refinamento, envolve a aplicação de algoritmos geométricos computacionalmente complexos e custosos e que são aplicados à geometria exata dos candidatos selecionados na etapa anterior



The screenshot shows a software interface with a menu bar (Arquivo, Editar, Consulta, Favoritos, Macros, Visualizar, Ajuda) and a toolbar. The main window displays a SQL query: `SELECT DISTINCT uc.gid, uc.sprnome, min(distance(emp.the_geom, uc.the_geom)) FROM ucs_ms_mosaico AS uc, faz_ranchinho AS emp WHERE distance(emp.the_geom, uc.the_geom) <= 0.15 GROUP BY uc.gid, uc.sprnome`. To the right of the query, a box displays the execution time: `14746 ms`.

(a)



The screenshot shows the same software interface as in (a). The main window displays an optimized SQL query: `SELECT DISTINCT sub.gid, sub.sprnome, min(sub.distancia_real) FROM (SELECT DISTINCT uc.gid, uc.sprnome, uc.the_geom AS geom_uc, emp.the_geom AS geom_emp, min(distance(uc.the_geom, emp.the_geom)) AS distancia_real FROM ucs_ms_mosaico AS uc, faz_ranchinho AS emp WHERE distance(box2d(emp.the_geom), box2d(uc.the_geom)) <= 0.15 GROUP BY uc.gid, uc.the_geom, emp.the_geom, uc.sprnome) AS sub WHERE distancia_real <= 0.15 GROUP BY gid, sprnome`. To the right of the query, a box displays the execution time: `458 ms`.

(b)

Figura 6 – Exemplos de expressões SQL espacial sem otimização 6(a) e otimizada para contemplar os conceitos da técnica do menor retângulo envolvente 6(b).

A geração dinâmica dos mapas é feita da seguinte forma: primeiramente o usuário escolhe qual o tipo de consulta e quais parâmetros serão pesquisados, por exemplo, todos os empreendimentos autorizados nos últimos seis meses no município de Aquidauana (tipo de consulta textual, parâmetros: período e município).

Ao receber esta requisição, o servidor realizará duas tarefas: gerar sentenças SQL e preparar um mapfile dinamicamente. A primeira parte da sentença SQL gerada deverá procurar na base dos dados todos os processos que se encaixam nos parâmetros requeridos. Com estes resultados pode-se então buscar no banco de dados todas as geometrias relacionadas a estes.

A depender dos resultados obtidos poderemos ter empreendimentos representados por linhas, polígonos e pontos. Para cada um destes tipos será gerado um tema no mapfile. Finalmente o MapServer desenha o novo mapa contendo as informações consultadas e este é incorporado à interface do i3geo e apresentado ao usuário que a demandou.

4. Resultados e Discussão

O aplicativo de cadastro está implementado e em fase de testes pelos técnicos do IMASUL.

Há previsão de até dezembro de 2009 serem incluídos 500 empreendimentos rurais reais.

O sistema de busca foi modelado e implementado e com a inserção das propriedades deverá ser exaustivamente testado.

As definições de quais cálculos estatísticos serão implementadas para cada tipo de busca ainda está em discussão com os técnicos do IMASUL. Entretanto é possível disponibilizar resultados gráficos com o total de áreas aprovadas para supressão vegetal anualmente, por exemplo.

A técnica do retângulo envolvente como estratégia para otimizar as consultas espaciais de interseção mostrou-se eficaz reduzindo drasticamente o tempo de resposta do sistema gerenciador de banco de dados.

Prevê-se também a disponibilização de um relatório geral com estatísticas da busca, como por exemplo, quantos dos empreendimentos encontrados estão próximos a áreas protegidas ou quantos deles cruzam rios. Estes relatórios serão construídos segundo demandas mais frequentes dos técnicos e gestores do IMASUL.

5. Conclusões

O mecanismo de busca avançado amplia o poder de consulta aos dados espaciais ou não espaciais contidos no SISLA. Este recurso gera um poderoso subsídio de informações ao processo de gestão ambiental no Estado do Mato Grosso do Sul.

O SISLA bem como o mecanismo de busca deverá ser aperfeiçoado para contemplar as peculiaridades dos empreendimentos rurais e das atividades específicas requeridas por cada proprietário. O sistema prevê a geração de relatórios espaciais consolidados que auxiliem a tomada de decisão dos gestores daquele Estado. Hoje, já é possível analisar um processo ambiental levando em consideração não apenas o impacto do empreendimento isolado numa área protegida, mas a sua contribuição considerando todos os outros empreendimentos que estão na mesma região.

Como trabalhos futuros, uma vez que a base de dados espacial esteja completa, prevê a aplicação de técnicas de mineração de dados (*data mining*) espacial. Isto permitirá uma análise dinâmica do licenciamento ambiental sendo possível reconhecer padrões espaciais que se repetem entre as diferentes regiões do Estado.

6. Agradecimentos

Agradecemos a importante contribuição dos fiscais do Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul - IMASUL nas etapas de especificação e validação do mecanismo de busca avançada e aos técnicos Evandro Porto de Souza e João Francisco Gonçalves Antunes pelas informações fornecidas. Recursos financeiros para este projeto são oriundos do Convênio 008/2006 Embrapa/IMAP/Fundapam.

7. Referências

Araújo, N. F.; Lima, P. Disseminação de Dados Geográficos através de Mapas Interativos na Web. Simpósio Mineiro de Sistemas de Informação (II SMSI), Belo Horizonte, 20 e 21 de outubro de 2005. **Anais...** Belo Horizonte, 2007

Davis Jr., C.; Queiroz, G. R. de **Métodos de acesso espacial**. Capítulo 6. Bancos de Dados Geográficos. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap6.pdf> > Consultado em: 20 de agosto de 2009.

Governo Eletrônico. Governo disponibiliza solução para acesso e integração de dados geográficos. Disponível em: <[https://www.governoeletronico.gov.br/noticias-e-](https://www.governoeletronico.gov.br/noticias-e)

eventos/noticias/governo-disponibiliza-solucao-para-acesso-e-integracao-de-dados-geograficos/?searchterm=assinaram> Consulta em: 20 de agosto de 2009

Vendrusculo, L. G.; Oliveira, S. R. de M; Silva, J. dos S. V. , Bernardino, J.; Copatti, A. SISLA - um sistema Web de mapas interativos para auxiliar o licenciamento ambiental. In: Semana de Informática, Geotecnologias e Encontro de Software Livre (SIGES) , 2008, Santarém/PA. **Anais...** Santarém: Laboratório de Biosfera e Atmosfera, 2008. Não paginado. 1 CD-ROM. Seção Artigos.

Vendrusculo, L. G.; Oliveira, S. R. de M; Silva, J. dos S. V. Tecnologia Web para suporte ao licenciamento ambiental. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009a (**Comunicado Técnico**).

Vendrusculo, L. G.; Silva, J. dos S. V.; Araújo, L. B.; Oliveira, S. R. de M; Copatti, A. Uso da técnica de Web Mapping para disseminação de dados ambientais com enfoque no licenciamento ambiental In. Octava Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI), 2009, Orlando, FL, 10 a 13 de julho de 2009. **Anais..** Orlando: International Institute of Informatics and Systemics, 2009b. p. 141-146. (CD-ROM)