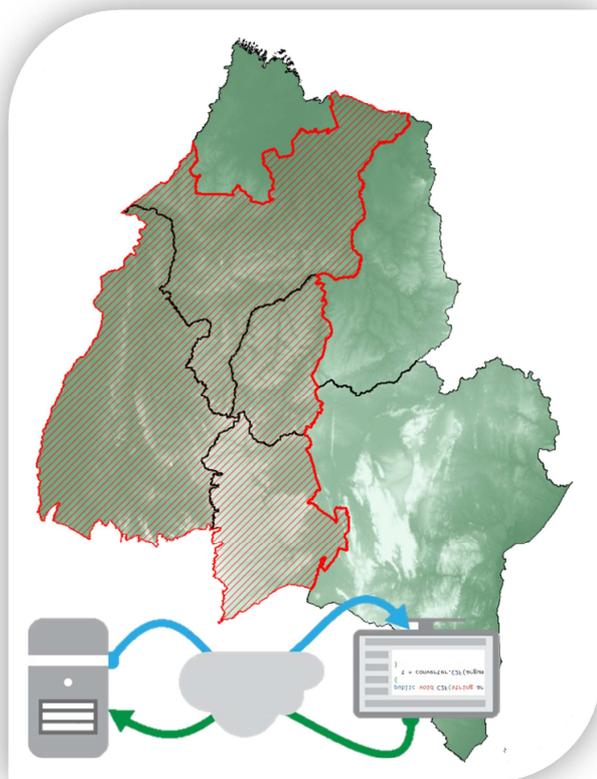




# Nota 4

## Técnica

Campinas, SP  
dezembro,  
2014



## Infraestrutura de Dados Espaciais do MATOPIBA

*Jaudete Daltio<sup>1</sup>*

*Carlos Alberto de  
Carvalho<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Mestre em ciência da computação e analista de TI da Embrapa - GITE.

<sup>2</sup> Mestre em ciência da computação e analista de TI da Embrapa - GITE.

## 1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

A expressão MATOPIBA resulta de um acrônimo criado com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Essa expressão designa uma realidade geográfica que recobre total ou parcialmente os quatro estados mencionados, caracterizada pela expansão de uma fronteira agrícola baseada em tecnologias de alta produtividade.

A qualificação territorial do MATOPIBA requer a integração de diversas fontes de dados com informações sobre os quadros natural, agrário, agrícola, infraestrutura e socioeconômico da região (Miranda *et al.*, 2014a). Além disso, a contextualização da região apoia-se na utilização de imagens e dados orbitais, de satélites como Landsat, RapidEye, EROS, dentre outros. A componente espacial desses dados exerce um papel fundamental no processo de integração. Ela permite sua combinação para gerar diversas análises.

Com o intuito de organizar e disponibilizar esse conjunto de dados foi estruturada uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) para a região do MATOPIBA. A partir dessa IDE, implementou-se uma interface Web que permite interagir com as múltiplas camadas de dados fornecendo subsídios para as análises espaciais.

A disponibilização dos dados espaciais do MATOPIBA e a implementação de uma interface Web para acesso a esses dados foram incluídas como atividades no acordo de cooperação técnica celebrado entre o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), e a EMBRAPA, através do Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE).

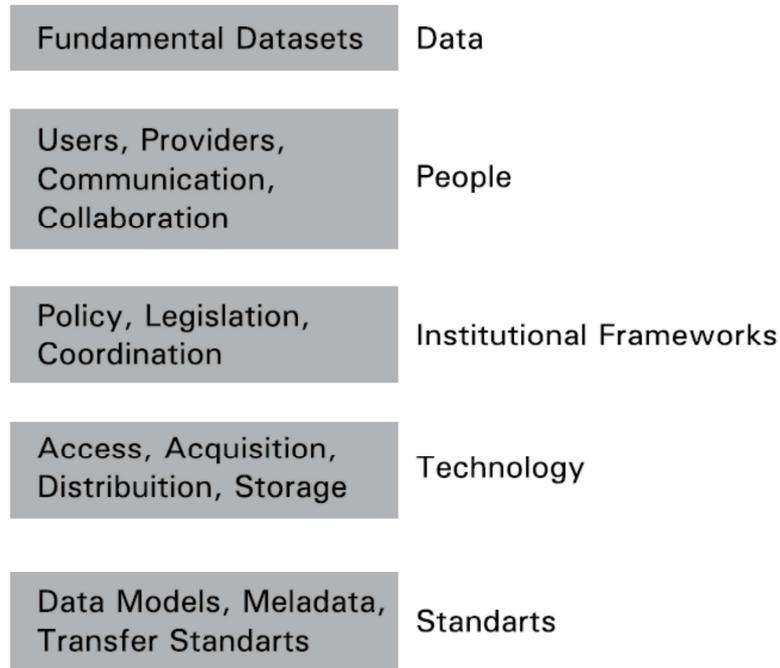
O objetivo desse documento é relatar as etapas e ferramentas utilizadas na estruturação da IDE MATOPIBA e na implementação da interface Web de acesso. Prevê-se, com o

andamento do acordo de cooperação, a possibilidade de compartilhar esses dados na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), instituída e mantida pelo Governo Federal, com o intuito de integrar os dados espaciais produzidos pelas instituições governamentais (Brasil, 2008). Por esse motivo, as normas e padrões da INDE guiaram todo o processo de estruturação da IDE MATOPIBA.

## 2. COMPONENTES DE UMA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS

As IDEs surgiram para viabilizar a ampla utilização e compartilhamento de dados que possuem características espaciais. Dados geoespaciais ganharam maior popularidade nas últimas décadas, e hoje representam uma parcela significativa dos dados disponíveis na Web.

Uma IDE é usualmente fundamentada em cinco principais pilares, fortemente relacionados e que interagem entre si (Warnest, 2005). A Figura 1 apresenta essa organização. Ela tem os **Dados** (*Data*) como seu pilar principal, representando conjuntos de camadas geoespaciais. O pilar **Pessoas** (*People*) representa as partes envolvidas em todo o processo, dos setores público, privado ou acadêmico. O pilar **Institucional** (*Institutional Frameworks*) abrange questões políticas, de legislação e coordenação que detalham os termos e as condições para o uso de dados geoespaciais. O pilar **Tecnologia** (*Technology*) descreve as tecnologias de infraestrutura computacionais necessárias para o estabelecimento da IDE. O último pilar, **Padrões** (*Standards*), embasa o pilar Tecnologia e permite o intercâmbio e a integração desses dados.



**Figura 1** - Pilares de uma IDE. Extraído de Warnest (2005).

Dentre as principais motivações para a implementação de IDEs está a importância crescente de informações sobre a distribuição geográfica de diversos fenômenos. A falta de uma IDE integrada, aberta e atualizada pode gerar retrabalho e outros impactos negativos no andamento de projetos de diversas áreas de pesquisa.

A IDE do MATOPIBA - descrita nas próximas seções - foi estruturada de acordo com esses pilares, focada principalmente em Padrões e Tecnologias às quais foram agregados vários conjuntos de dados geográficos. As partes envolvidas no processo abrangem quaisquer instituições de administração, ensino ou pesquisa interessadas em utilizar os dados do MATOPIBA em pesquisa, atividades de planejamento administrativas e políticas públicas. Os dados da IDE MATOPIBA são oriundos dos órgãos oficiais do Governo (Federal, Estadual e Municipal). De domínio público, eles estão disponíveis em suas instituições geradoras, onde é possível consultar informações sobre seu licenciamento, termos e condições de uso.

### 3. A INDE E SEUS ASPECTOS COMPUTACIONAIS

Vários países iniciaram a definição de suas IDEs nas últimas décadas. No Brasil, o Decreto nº 6.666 de 27/11/2008 institui a IDE Nacional (INDE) e a definiu como o “conjunto integrado de tecnologias, políticas, mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento, padrões e acordos; necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal” (Brasil, 2008).

O principal motivador para o estabelecimento de padrões e tecnologias é prover interoperabilidade. Interoperabilidade é a soma de vários fatores que consideram a integração entre redes e sistemas, o intercâmbio de dados e a definição de tecnologias. Soluções interoperáveis permitem a interação e o intercâmbio de dados de acordo com um método e um formato bem definidos, fazendo com que os sistemas possam atuar cooperativamente.

As próximas seções apresentam os aspectos computacionais adotados pela INDE e utilizados na implantação da IDE MATOPIBA para prover a interoperabilidade técnica e semântica.

#### 3.1. INTEROPERABILIDADE TÉCNICA

A interoperabilidade técnica está relacionada à adoção de linguagens e a definição de arquiteturas para representação e intercâmbio de dados. O padrão de intercâmbio de dados proposto na INDE é fundamentado pela Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) e utiliza Serviços Web como principal instância deste paradigma.

Serviços Web são aplicações que podem ser encontradas, descritas e acessadas via protocolos Web padrão, independente

de suas linguagens e plataformas, além de proverem o encapsulamento da estrutura física dos dados.

GeoServiços Web são uma especialização dos Serviços Web, voltados para o intercâmbio de dados geográficos. O consórcio internacional OGC (*Open Geospatial Consortium*) especificou e documentou vários GeoServiços Web (Michaelis; Ames, 2008), que são amplamente adotados nas IDEs e também pela INDE. Todos os serviços possuem uma operação padrão para retornar seus metadados (*GetCapabilities*) que informa as interfaces suportadas pelo serviço e as camadas de informação disponíveis. Os principais serviços OGC são:

- **WMS (*Web Map Service*):** serviço para disponibilizar mapas que são uma representação visual dos dados espaciais (e não os dados em si), geradas em formatos de imagem como JPEG, PNG e GIF. Requisições WMS suportam as operações:
  - *GetMap*: retorna mapas (imagens) que correspondem a uma determinada visualização estática dos dados e combina uma ou mais camadas de informação;
  - *GetFeatureInfo*: fornece mais informações a respeito de pontos específicos de um mapa (imagem) retornado pelo servidor;
- **WFS (*Web Feature Service*):** serviço para acessar e manipular dados geográficos codificados em formato GML (*Geographic Markup Language*) (Santos; Lu, 2008). Permite acessar, consultar e modificar os atributos de um dado geográfico vetorial. As operações suportadas por esse serviço são:
  - *DescribeFeatureType*: retorna as características e atributos de uma camada de informação;
  - *GetPropertyValue*: recupera o valor de uma propriedade de uma camada de informação e pode utilizar uma expressão de consulta;

- *GetFeature*: recupera os dados de uma camada de informação vetorial, e inclui a sua geometria e os valores de seus atributos;
- WCS (*Web Coverage Service*): serviço para acessar dados em formato matricial e consultar o valor numérico associado a cada *pixel*. As operações suportadas por esse serviço são:
  - *DescribeCoverage*: detalha a camada de dados matriciais requerida e apresenta informações como: localização no tempo e no espaço, maiores e menores valores nos eixos x e y, projeções suportadas, formatos de saída suportados, dentre outros;
  - *GetCoverage*: retorna a camada de dados matriciais requerida, no formato especificado. A consulta pode ser feita apenas pelo retângulo envolvente ou pelo intervalo de tempo.

### 3.2. INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA

A interoperabilidade semântica busca a definição de elementos que permitam a interpretação dos dados e o enriquecimento de seu contexto. A intenção é subsidiar o uso adequado dos dados e propiciar a compreensão e o entendimento sobre a sua aplicabilidade e forma de utilização. Neste sentido, a INDE propõe a utilização de metadados.

Metadados são informações estruturadas utilizadas para descrever um recurso ou parte dele. Metadados geoespaciais (MG) representam uma classe particular de metadados que permitem caracterizar dados geoespaciais e identificar potenciais conjuntos de dados de interesse.

A INDE adota o perfil MGB (Metadados Geoespaciais do Brasil) como padrão para catalogar e publicar dados espaciais (CONCAR, 2009). O padrão MGB possui duas variantes: o perfil sumarizado e o perfil completo.

No perfil sumarizado, são elencados 23 elementos que representam o conjunto mínimo e essencial para a recuperação e utilização de dados geográficos. Esse perfil é composto por elementos como título, data, extensão geográfica, resolução espacial, projeção e sistema de projeção, referência e informações sobre a pessoa responsável para a produção de dados e catalogação. O perfil inclui também elementos sobre a disponibilidade do dado por meio de GeoServiços Web nos padrões OGC.

No perfil completo, são elencados 82 elementos que incluem informações sobre a qualidade dos dados, restrições de uso, frequência de manutenção e atualização e descrições do catálogo de feições.

#### **4. SOLUÇÃO PROPOSTA**

A Figura 2 apresenta uma visão geral da IDE MATOPIBA. A arquitetura da IDE é composta por três camadas: (i) dados; (ii) servidores de dados e (iii) interfaces. Como pode ser visto na figura, tanto os servidores de dados como os elementos de interface estão encapsulados em um servidor de aplicações. A figura apresenta também as tecnologias utilizadas em cada uma das camadas. As próximas seções descrevem as etapas realizadas na estruturação, configuração e implantação de cada uma delas.

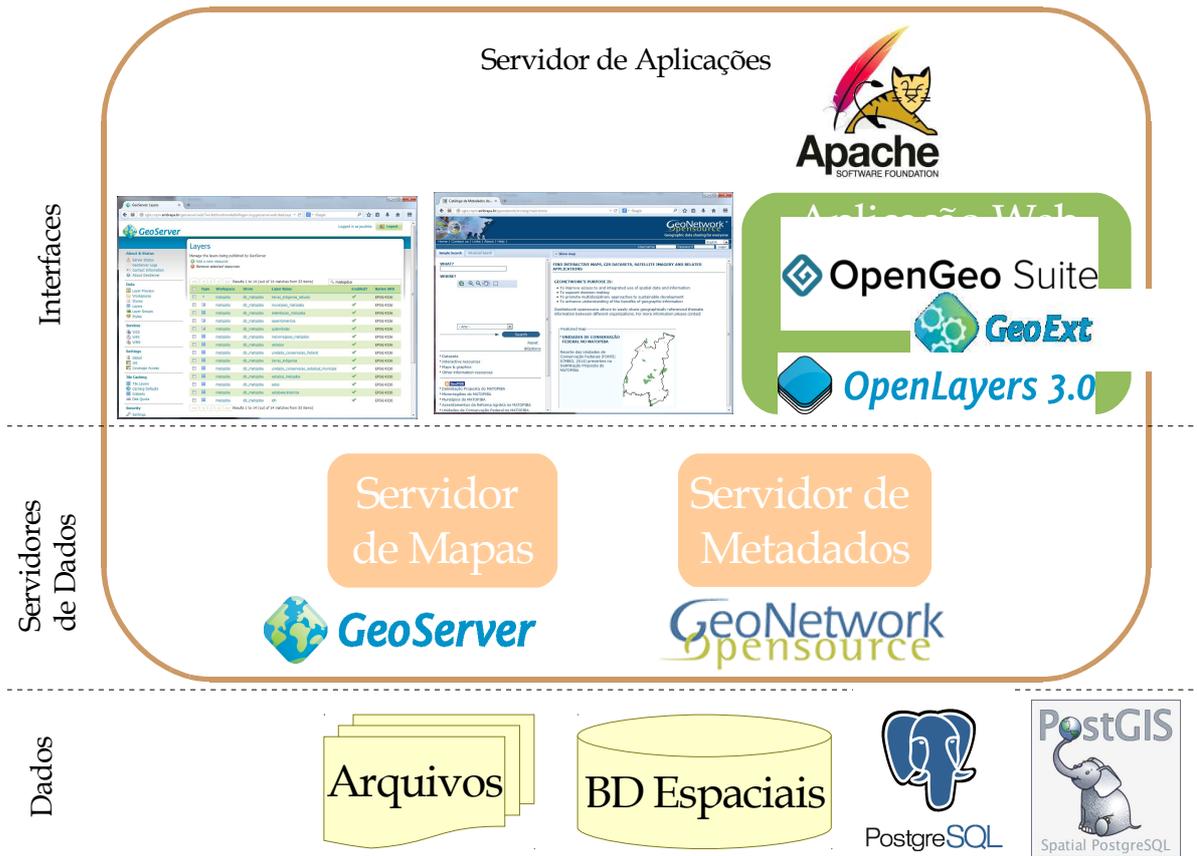


Figura 2 - Arquitetura IDE MATOPIBA.

#### 4.1. CAMADA DE DADOS

A camada de dados é a base de toda a estrutura e representa o mecanismo de persistência da IDE. A maior parte dos dados de uma IDE é geográfico, ou seja, possui um componente espacial associado.

Um dado geográfico pode ser representado em dois tipos de estrutura de dados: matricial ou vetorial. Dados matriciais (*raster*) utilizam um conjunto de *pixels* para representar entidades espaciais sob uma forma numérica, sendo comumente representados nos formatos TIFF/GEOTIFF. Dados vetoriais, por outro lado, identificam as informações singularmente em feições vetoriais como pontos, linhas ou polígonos e podem ser representadas nos formatos SHP (*Shape File*) e KML (*Keyhole Markup Language*), por exemplo.

Além da possibilidade de persistência em sistemas de arquivos, ambos os tipos de dados podem ser armazenados em Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs) espaciais. Esses sistemas são capazes de prover mecanismos que preservam a integridade dos dados e possibilitam o acesso por múltiplos usuários.

Para a implantação da camada de persistência da IDE MATOPIBA optou-se pelo SGBD relacional PostgreSQL<sup>3</sup> com a extensão espacial PostGIS<sup>4</sup>. O PostGIS adiciona ao PostgreSQL a capacidade de armazenamento e recuperação de entidades geográficas e implementa diversas funcionalidades para análises espaciais e topológicas que estendem o SQL, a linguagem de consulta padrão.

O diagrama de dados da IDE MATOPIBA, implementado no PostgreSQL, foi construído de acordo com as temáticas adotadas pelo Sistema de Inteligência Territorial Estratégica (SITE) do MATOPIBA (Miranda *et al.*, 2014b), seguindo a organização:

- Camadas de base: reúne a delimitação proposta para o MATOPIBA pelo GITE (Miranda *et al.*, 2014a) e os limites geográficos oficiais interceptados por essa delimitação (estados, mesorregiões, microrregiões e municípios);
- Quadro natural: reúne os temas relacionados ao solo, clima, bioma, hidrografia (rede e bacias), altimetria, geologia, recursos minerais e energéticos;
- Quadro agrário: reúne informações sobre os territórios legalmente atribuídos pelo Governo Federal, como as unidades de conservação, terras indígenas, assentamentos (reforma agrária) e áreas quilombolas;
- Quadro agrícola: reúne informações do censo agropecuário de 1995-1996 e de 2006, além dos dados anuais sobre a

---

<sup>3</sup> [postgresql.org](http://postgresql.org)

<sup>4</sup> [postgis.net](http://postgis.net)

produção agrícola, pecuária, silvicultura e extração vegetal, com informações sobre o valor da produção, uso da terra e sobre os produtos mais significativos da produção agropecuária da região, provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e trabalhados pela Embrapa (Garagorry *et al.*, 2014);

- Quadro de infraestrutura: reúne informações sobre a malha rodoviária, ferroviária, hidroviária e outras informações relacionadas com os investimentos governamentais em infraestrutura, como as obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) nos eixos Logística e Energia;
- Quadro socioeconômico: reúne informações sobre a população rural e urbana, produto interno bruto (PIB), índice de desenvolvimento humano (IDH) e programas de Governo (bolsa família).

A Figura 3 - Interface de administração pgAdmin conectado ao banco de dados MATOPIBA ilustra o *software* pgAdmin, que provê uma interface gráfica para a administração e a manipulação de bancos de dados PostgreSQL/PostGIS. A figura mostra a conexão com o banco de dados **matopiba**, a implementação do diagrama de dados da IDE MATOPIBA.

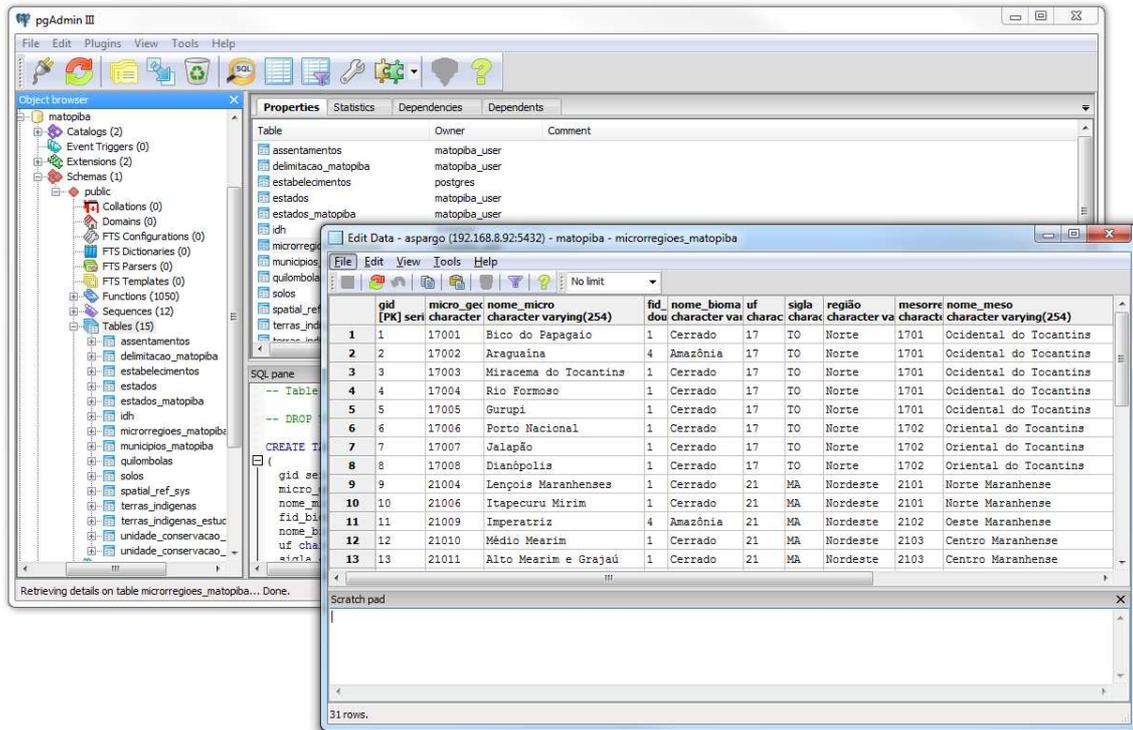


Figura 3 - Interface de administração pgAdmin conectado ao banco de dados MATOPIBA.

## 4.2. CAMADA DE SERVIÇOS

A camada de serviços é composta por dois principais módulos com propósitos específicos: um servidor de mapas e um servidor de metadados.

O servidor de mapas é responsável pela publicação dos dados geográficos nos protocolos interoperáveis segundo os padrões abertos especificados pela OGC. Para a implantação desse módulo na IDE MATOPIBA optou-se pelo servidor de mapas GeoServer<sup>5</sup>.

Definido como servidor de mapas oficial da INDE, o GeoServer é capaz de integrar, de forma transparente, diversos repositórios de dados geográficos em diferentes formatos e projeções. A Figura 4 - Interface de Administração GeoServer **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a interface administração Web

<sup>5</sup> geoserver.org

dessa ferramenta, utilizada para configuração, publicação de camadas e definição de simbologias.

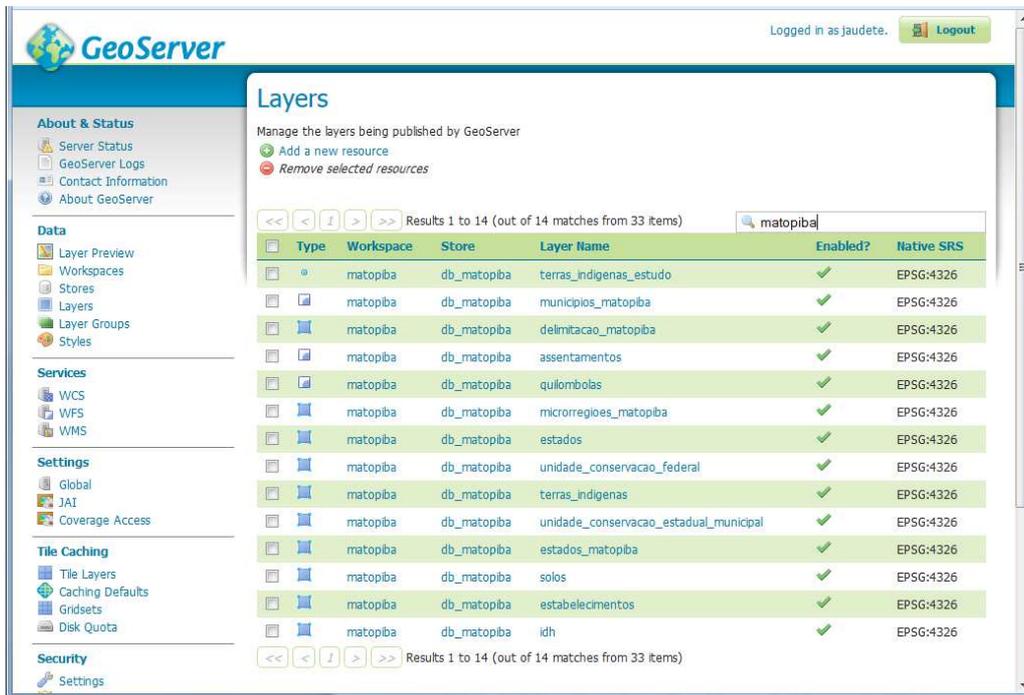


Figura 4 - Interface de Administração GeoServer.

O servidor de metadados é responsável pela catalogação dos dados geográficos publicados, facilita sua indexação e interpretação. Para a implantação desse módulo na IDE MATOPIBA optou-se pelo servidor de metadados GeoNetwork<sup>6</sup>.

Também definido como servidor de metadados oficial da INDE, o GeoNetwork permite a adoção de vários padrões de metadados. Para a implantação da IDE MATOPIBA optou-se pelo padrão MGB, também padrão da INDE.

Os dados da IDE MATOPIBA foram catalogados utilizando-se o perfil MGB sumarizado. Nessa catalogação, o elemento “acesso online” foi direcionado para o endereço de publicação da camada de dados no servidor de mapas. A Figura 5 mostra a interface administração Web dessa ferramenta, utilizada para catalogação dos dados geográficos e recuperação dos metadados.

<sup>6</sup> geonetwork-opensource.org

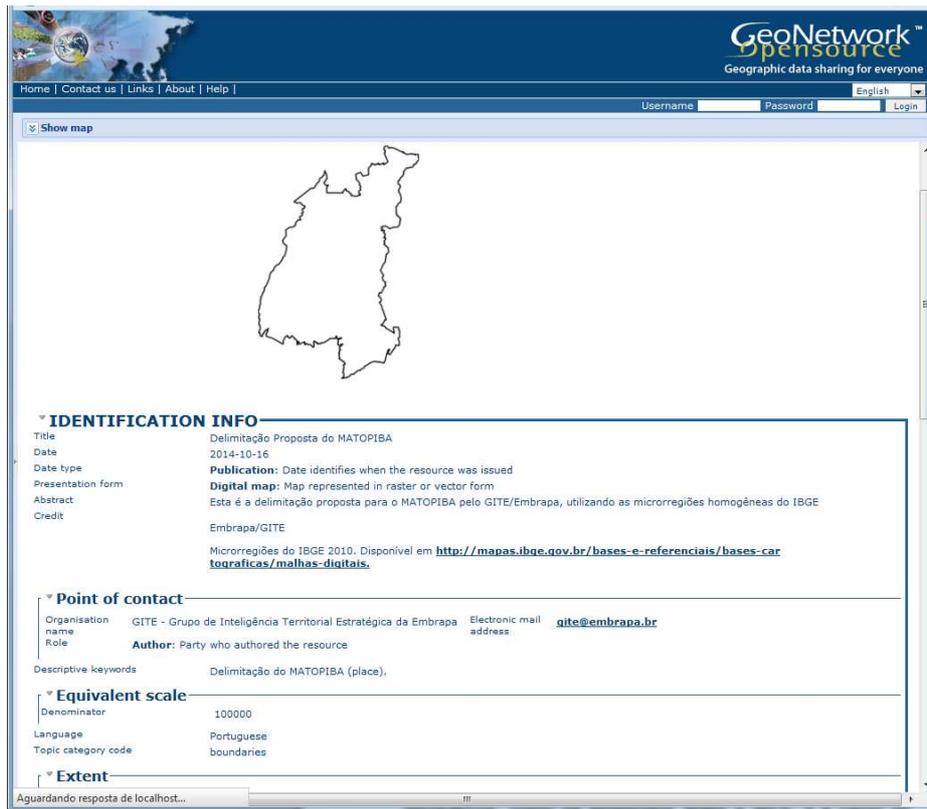


Figura 5 - Interface de Administração GeoNetwork.

Ambos servidores, GeoServer e GeoNetwork, possuem implementação baseada em *servlets* Java (JEE) e podem ser hospedados em qualquer *servlet container*. O servidor de aplicação escolhido para a IDE MATOPIBA foi o Apache Tomcat<sup>7</sup>.

### 4.3. APLICAÇÃO WEB

Visando facilitar o acesso aos dados publicados, foi implementada uma interface Web agregadora para visualização dos dados da IDE MATOPIBA. Essa aplicação foi desenvolvida a partir da plataforma OpenGeo Suite<sup>8</sup> e o *toolkit* GeoExt<sup>9</sup>, ambas embasadas na biblioteca OpenLayers<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> tomcat.apache.org

<sup>8</sup> suite.opengeo.org

<sup>9</sup> geoext.org

<sup>10</sup> openlayers.org

Desenvolvida em JavaScript, a biblioteca OpenLayers permite construir páginas web contendo informação geoespacial dinâmica e independente de servidor. Ela implementa métodos padrão de acesso a dados geográficos via serviços Web (WMS, WFS, dentre outros) e é capaz de exibir mapas carregados a partir de qualquer fonte de dados. O *toolkit* GeoExt combina a biblioteca OpenLayers com ExtJS, uma biblioteca JavaScript que facilita a criação de interfaces ricas.

A Figura 6 mostra a tela inicial da aplicação. Os dados exibidos aqui estão armazenados no SGBD PostgreSQL/PostGIS, publicados via GeoServer e são recuperados via serviços Web OGC (WMS, WFS).

A aplicação disponibiliza funcionalidades para múltipla seleção de camadas, opções de *zoom*, visualização de atributos de uma feição em uma camada, cálculo de distância e área. Além disso, a interface permite a impressão de mapas simplificados para a geração de relatórios.

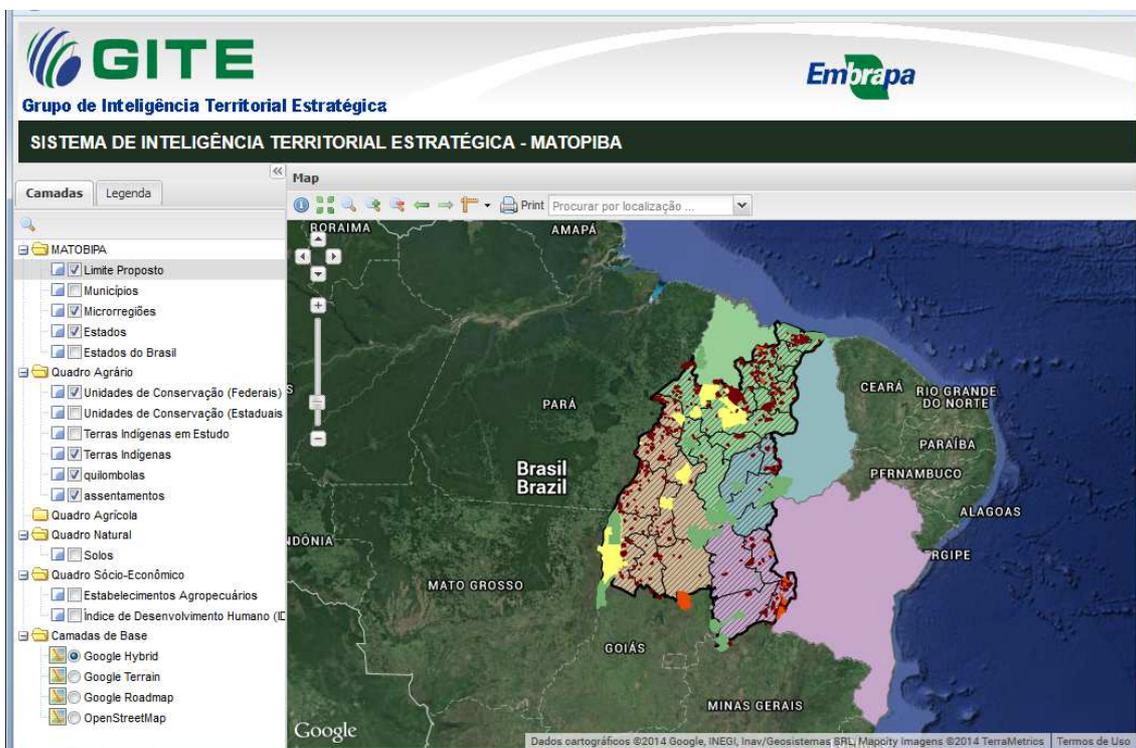


Figura 6 - Interface da aplicação Web implementada para a IDE MATOPIBA.

## 5. CONCLUSÃO

A expressão MATOPIBA designa uma realidade geográfica e territorial caracterizada por um novo dinamismo no uso e ocupação das terras.

Dada a complexidade da região, a qualificação territorial do MATOPIBA requer a integração de dados espaciais de diversas fontes. Com esse intuito, o Grupo de Inteligência Territorial Estratégica da Embrapa desenvolveu uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) para a região do MATOPIBA. A partir dessa IDE, implementou-se uma interface Web que permite interagir com as múltiplas camadas de dados e, a partir delas, produzir análises espaciais.

A IDE MATOPIBA organiza e disponibiliza dados geoespaciais com informações sobre os quadros natural, agrário, agrícola, infraestrutura e socioeconômico da região. A estruturação da IDE foi guiada pelas normas e padrões atualmente adotados pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), instituída e mantida pelo governo federal para integrar os dados espaciais produzidos pelas instituições do governo.

Grande parte dos padrões e especificações que embasam a INDE atingiu atualmente um nível de maturidade suficiente para tornar viável sua utilização em aplicações reais. As soluções dos *softwares* livres atualmente disponíveis -- SGBDs, APIs, plataformas, bibliotecas e sistemas -- comprovam essa maturidade e o comprometimento da comunidade em viabilizar a utilização prática dessas tecnologias na prática.

A implantação da IDE MATOPIBA permite que o conhecimento sobre a distribuição espacial dos principais fenômenos de interesse esteja disponível publicamente. Com isso, o espaço geográfico passará a ser a base referencial e a unidade integradora de informações.

Campinas, 23 dezembro de 2014.

## PRINCIPAIS FONTES DE INFORMAÇÕES UTILIZADAS

BRASIL. Decreto-lei nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo Federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo. Brasília, DF, 28 de nov. 2008. Seção 1, p. 57.

CONCAR. Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB). Versão homologada, novembro de 2009. Disponível em: [http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/perfil\\_mgb\\_final\\_v1\\_homologado.pdf](http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/perfil_mgb_final_v1_homologado.pdf)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. In GARAGORRY CASSALES, F. L. et al. Estatística Agrícola. Embrapa/Agrotec. Disponível em <http://www.embrapa.br>

GARAGORRY, L. F.; Miranda, E. E. de.; Magalhães, L. A. 2014. MATOPIBA: Quadro Agrícola. Disponível em: [https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT7\\_Matopiba\\_Quadro\\_Agricola.pdf](https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT7_Matopiba_Quadro_Agricola.pdf)

MICHAELIS, C. D.; AMES, D. P. Web Feature Service (WFS) and Web Map Service (WMS). In: SHEKHAR, S.; XIONG, H. (Ed.). Encyclopedia of GIS. Berlin, DE: Springer, 2008. p. 1259-1261.

MIRANDA, E. E. de.; Magalhães, L. A.; Carvalho, C. A. de. 2014a. Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA. Disponível em: [https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1\\_DelimitacaoMatopiba.pdf](https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf)

MIRANDA, E. E. de.; Magalhães, L. A.; Carvalho, C. A. de. 2014b. Um Sistema de Inteligência Territorial Estratégica Para o MATOPIBA. Disponível em: [https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT2\\_SITEMatopiba.pdf](https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT2_SITEMatopiba.pdf)

SANTOS, R. F.; LU, C. T. Geography Markup Language (GML). In: SHEKHAR, S.; XIONG, H. (Ed.). Encyclopedia of GIS. Berlin, DE: Springer, 2008. p. 364-368.

WARNEST, M. A collaboration model for national spatial data infrastructure in federated countries. 2005. 279 f. Thesis (Phd of philosophy) - Department of Geomatics, The University of Melbourne, Melbourne.