

FÁBIO JOSÉ BORGES FONSECA

**UMA VISÃO ARQUITETURAL COM USO DE SOFTWARE LIVRE
PARA A INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

F676v
2016
Fonseca, Fabio José Borges, 1986-
Uma visão arquitetural com uso de software livre para a
infraestrutura nacional de dados espaciais / Fabio José Borges
Fonseca. – Viçosa, MG, 2016.
viii, 44f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Jugurta Lisboa Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.33-36.

1. Sistemas de recuperação da informação - Arquitetura.
2. Sistema de informação geográfica. 3. Processamento
eletrônicos de dados. 4. Tecnologia da informação. 5. Software
livre. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Informática. Programa de Pós-graduação em Ciência da
Computação. II. Título.

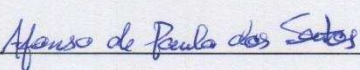
CDD 22 ed. 004.2

FÁBIO JOSÉ BORGES FONSECA

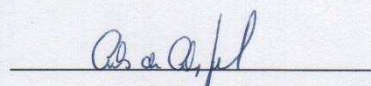
**UMA VISÃO ARQUITETURAL COM USO DE SOFTWARE LIVRE PARA
A INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

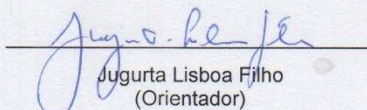
APROVADA: 19 de agosto de 2016.



Afonso de Paula dos Santos



Carlos de Castro Goulart


Jugurta Lisboa Filho
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente meus pais, pela força, por todo amor e apoio durante esta caminhada.

Agradeço a minha namorada, Cláudia, pelo amor, paciência, dedicação e incentivo. Ela que também faz parte dessa conquista.

Ao professor e orientador Jugurta Lisboa Filho, pela paciência, elogios e críticas. A todos os professores do Departamento de Informática da UFV.

A todos os colegas, do mestrado, pela ajuda, companheirismo e por todos os momentos que dividimos nesses anos de trabalho. Ao Lucas Pereira pela ajuda no desenvolvimento desse projeto.

Agradeço a todos do projeto IDE-CEMIG pelo suporte, ao Pedro Almeida do projeto IDE-TERRANTAR por toda atenção e apoio e aos demais membros pelo compartilhamento de informações.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
DEFINIÇÕES, ACRÔNIMOS E ABREVIACÕES	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O Problema e sua Importância.....	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Estrutura da Dissertação.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Infraestrutura de dados espaciais	5
2.2 Arquitetura de software	7
2.2.1. Visões arquiteturais.....	8
2.2.2. Visão componentes e conectores	9
2.2.3. Estilo cliente-servidor	9
2.2.4. Estilo orientado a serviços	10
2.2.5. Estilo híbrido	10
2.3 Arquitetura de sistemas para IDE	11
2.4 Software livre	14
2.4.1. Licença Pública Geral	14
2.4.2. Licença Pública Geral Menor	14
2.4.3. Distribuição de Software Berkeley	14
3 AVALIAÇÃO DE SOFTWARES LIVRES PARA IMPLANTAÇÃO DE IDEs ...	15
3.1 Avaliação de visualizadores de mapas <i>Web</i>	15
3.2 Avaliação de catálogos de Metadados.....	17
3.3 Avaliação de serviços <i>Web</i> geográficos.....	18

3.4	Avaliação de sistemas Desktop GIS	19
3.5	Avaliação de sistemas gerenciadores de bancos de dados geográficos	20
3.6	Avaliação de sistemas para o Geoportal.....	21
4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTILO ARQUITETURAL, A ARQUITETURA E AS AVALIAÇÕES DOS SISTEMAS	22
5	CASOS DE ESTUDO	26
5.1	Projeto IDE-TERRANTAR.....	26
5.1.1.	Componentes de software para a arquitetura da IDE	26
5.2	Projeto IDE-CEMIG	28
6	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS.....	33
	APÊNDICE A	37
	APÊNDICE B	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Estilo cliente-servidor	9
Figura 2-2: Estilo orientado a serviços	10
Figura 2-3: Estilo híbrido	11
Figura 2-4: Relações hierárquicas entre os componentes da IDE	12
Figura 2-5: Arquitetura da IDE orientada a serviços.....	13
Figura 4-1: Visão arquitetural	23
Figura 4-2: Visão arquitetural de componentes.....	24
Figura 4-3: Visão arquitetural dos sistemas	25
Figura 5 1: Arquitetura de sistemas do projeto IDE-TERRANTAR.....	27
Figura 5-2: Geoportal do projeto IDE-TERRANTAR	28
Figura 6-1: Fluxo das informações do Geoportal IDE-CEMIG.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1: Sistemas de exibição de mapas.....	16
Tabela 3-2: Melhores sistemas por especialidade	22
Tabela 5-1: Tecnologias utilizadas na IDE-TERRANTAR	27
Tabela 6-1: Tecnologias utilizadas na IDE-CEMIG	29

DEFINIÇÕES, ACRÔNIMOS E ABREVIações

API	Application Programming Interface
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
BSD	Berkeley Software Distribution
FAO	Food e Agriculture Organisation
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FGDC	Federal Geographic Data Committee
FOSS4G	Free and Open Source Software for Geospatial
FSF	Free Software Foundation
GIS	Geographic Information Systems
GPL	General Public License
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
LGPL	Library or Lesser General Public License
MMA	Ministério de Meio Ambiente
OGC	Open Geospatial Consortium
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
SIG	Sistemas de Informação Geográficas
SGBD	Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados
SOA	Service-Oriented Architecture
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UFV	Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

FONSECA, Fábio José Borges, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Agosto de 2016. **Uma visão arquitetural com uso de *software* livre para a infraestrutura nacional de dados espaciais.** Orientador: Jugurta Lisboa Filho.

A troca de dados espaciais entre utilizadores necessita da Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) para fornecer os recursos necessários para atingir esse fim. Nos últimos anos, diversas iniciativas foram tomadas para a implantação de IDEs pelo mundo. No Brasil, foi instituída a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), pelo Decreto Presidencial nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, formalizando um Plano de Ação para implantação de IDEs. Conforme as características básicas levantadas pelo Plano de Ação, esta dissertação faz uma análise geral das arquiteturas existentes para uma IDE, uma análise dos sistemas de *software* livre candidatos a compor essa infraestrutura e, ao final, a especificação de uma visão arquitetural genérica e a definição da composição de sistemas baseados nessa visão. Os sistemas avaliados nesta pesquisa foram encontrados por meio de uma lista global que apresenta mais de 300 sistemas de *software* livre sobre informações geográficas. Foram realizadas análises comparativas dos sistemas selecionados, a fim de se fornecerem informações para auxiliar os responsáveis pela instalação, configuração, personalização e disponibilização na escolha dos sistemas, com economia de tempo e de recursos. Os sistemas analisados foram implementados para a IDE do projeto IDE-TERRANTAR, cujo objetivo é disponibilizar dados geoespaciais sobre o continente Antártico, mais especificamente sobre a área de atuação do governo brasileiro naquele continente. Após a implantação e escolha dos sistemas, eles foram confrontados com os existentes no projeto de implantação do Geoportal da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), criando-se, desta forma, uma sugestão de arquitetura genérica implementada, exibindo os sistemas utilizados e sua correspondência em outro projeto.

ABSTRACT

FONSECA, Fábio José Borges, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August of 2016. **An architectural view with the use of free software to the national spatial data infrastructure.** Adviser: Jugurta Lisboa Filho.

The exchange of spatial data between users needs the Spatial Data Infrastructure (SDI) to provide the necessary resources to achieve this propose. In recent years, several initiatives have been taken for the implementation of SDI in the world. In Brazil, it instituted the National Spatial Data Infrastructure (NSDI) by Presidential Decree No. 6,666, November 27 of 2008, formalizing an Action Plan for implementation of SDIs. According to the basic features raised by the Action Plan, this work is an overview of the existing architectures for an SDI, an analysis of free software candidate's systems to compose this infrastructure and, ultimately, the specification of a generic architectural view and the definition composition of systems based on this view. The evaluated systems in this study were found by a global list that features over 300 open source systems about geographic information. Comparative analysis of selected systems was carried out in order to provide information to assist those responsible for the installation, configuration, customization and provision in the choice of systems to promote time and resource savings. The systems analyzed were implemented for IDE-TERRANTAR project, which goal is to provide geospatial data of the Antarctic continent, more specifically on the Brazilian government's area of operations in that continent. After the implementation and selection of systems, they were confronted with existing in Geoportal implementation project of Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), it creates this way an implemented generic architecture suggestion, displaying the used systems and their correspondence in another project.

1 INTRODUÇÃO

Uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) pode ser conceituada como a união de pessoas, tecnologias, políticas e padrões que cria uma plataforma de cooperação entre os interessados, conectando usuários de dados espaciais com as informações geográficas, o que facilita o acesso aos dados espaciais e possibilita a gestão, a edição, o processamento e a visualização dessas informações (RAJABIFARD et al., 2005; WARNEST, 2005). Uma IDE é constituída por diversos componentes (BÉJAR et al., 2009; DAVIS e CÂMARA, 2001) alguns dos quais são representados por sistemas computacionais que integram *hardware*, *software*, dados geográficos e procedimentos de trabalho (DANGERMOND, 2005).

O Decreto Presidencial nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, instituiu a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), e determinou que a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) formalizasse um Plano de Ação para a implantação da INDE (BRASIL, 2010). Esse Plano de Ação apresenta uma estratégia de implementação baseada em escalonamento de metas, com prioridades e objetivos bem definidos a serem alcançados em ciclos de implantação. Nos dois primeiros ciclos, o desenvolvimento da IDE está presente e tem importância fundamental para o sucesso da implantação da INDE. As IDEs podem ser implantadas com o uso de diferentes arquiteturas de componentes, mas devem seguir as diretrizes do Plano de Ação da INDE (BRASIL, 2010).

Outro item importante sugerido pelo Plano de Ação da INDE é a opção por sistemas de *software* livre, que permitem a utilização sem geração de grandes custos. Esses sistemas são livres para uso, cópia, estudo e modificação e sua redistribuição é sem restrições, compartilhando também o código fonte (CAMPOS, 2006).

Conforme a definição apresentada, uma IDE é a união de pessoas, dados, normas, padrões, políticas e tecnologias. Sobre as tecnologias é possível perceber que, nos últimos anos, o número de programas de *software* livre de informação geoespacial (Free and Open Source Software for Geospatial - FOSS4G) tem crescido significativamente (CARRERA-HERNANDEZ e GASKIN, 2006). Como mostrado por Schilberg (2009), na lista *FreeGIS.org*, estão listados mais de 350 FOSS4G. Nessa lista são apresentados sistemas de *software* livre com diferentes características e propósitos de utilização, todos voltados para a área geoespacial.

Os estilos arquiteturais, como cliente-servidor, ou orientados a serviços, estão presentes em toda IDE. Bernard e Craglia (2005) descrevem uma IDE que utiliza o estilo arquitetural orientado a serviços (Service-Oriented Architectures, SOA). Béjar et al. (2009) propõem uma arquitetura de componentes, que utiliza tanto o estilo cliente-servidor quanto o estilo orientado a serviços. Davis e Câmara (2001) apresentam vários estilos arquiteturais, como os orientados a objetos, os baseados em imagens, e os baseados em Computer Aided Design (CAD), dentre outros.

Granell et al. (2007) apresentam os componentes principais para uso por todo estilo arquitetural. Esses componentes podem ser representados por diversos sistemas disponíveis. A escolha dos sistemas é complexa, pois envolve diferentes tarefas, como testes, aprendizado, implantação e configuração, além de recursos humanos, financeiros e tempo. Realizar todas essas tarefas para cada sistema da lista de Schilberg (2009) é inviável. Mesmo um número reduzido de sistemas pode inviabilizar a criação da composição da IDE, pelo número de tarefas envolvidas.

1.1 O Problema e sua Importância

A distribuição e o uso dos dados espaciais são fundamentais para a compreensão do espaço (DAVIS JR et al., 2009). Novos sistemas surgiram com esse propósito e as tecnologias vêm modificando profundamente as maneiras de interagir e de criar, armazenar, manipular, analisar e distribuir mapas (RAMOS, 2005).

Com a diversidade de novos sistemas disponíveis para implantação da arquitetura de uma IDE, os analistas e arquitetos de sistemas precisam escolher, dentre uma variedade de sistemas, os melhores para serem instalados, configurados, personalizados e disponibilizados. Existem, porém, diferentes modelos de arquiteturas e escolher a arquitetura adequada e os sistemas necessários para a IDE exige muito esforço dos responsáveis, por causa do tempo de análise e dos recursos humanos e financeiros necessários para esse fim.

A arquitetura adequada para uma IDE proporciona uma melhor comunicação entre os sistemas. Uma arquitetura baseada em serviços, por exemplo, permite a interoperabilidade entre sistemas, sem exigir qualquer esforço adicional de quem a utiliza e permite um melhor gerenciamento dos dados, ao evitar a duplicação das informações (KRAFZIG, 2005). Entretanto, diferentes sistemas são desenvolvidos com diferentes bases de dados e tecnologias, o que cria dificuldades para os responsáveis pela implantação e integração desses sistemas (SIKDER et al., 2008).

Após a definição da arquitetura, outra tarefa complexa a ser realizada pelos implantadores é a definição dos componentes da arquitetura. A complexidade está na variedade de aspectos a serem considerados, como o banco de dados, o sistema operacional, as linguagens de programação, a interface com usuário, as funções gráficas, a segurança, os níveis de autorizações, a interoperabilidade, etc. Atualmente, sistemas que lidam com dados espaciais estão surgindo com frequência, oferecendo aos implantadores novas opções de escolha, correções de versões e substituição de versões consolidadas. Surgem para melhorar o cenário, mas trazem o ônus das atualizações, com a instalação de novas versões e correções.

1.2 Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar possíveis composições arquiteturais e sistemas de *software* livre, candidatos a componentes de uma IDE, de modo a auxiliar implantadores, com economia de tempo e de recursos. Para isso, pretende-se, especificamente:

- realizar o levantamento de arquiteturas de IDEs para apoiar a construção da arquitetura desejada;
- analisar a lista de Schilberg (2009), para encontrar possíveis sistemas candidatos;
- revisar outras pesquisas de avaliação dos sistemas candidatos a componentes;
- implantar e avaliar os possíveis sistemas candidatos;
- especificar uma visão arquitetural genérica para IDE;
- especificar uma composição de sistemas para serem utilizados com base na visão arquitetural genérica definida.

1.3 Estrutura da Dissertação

O restante desta dissertação está organizado como segue:

O Capítulo 2 descreve o referencial teórico e o resultado da pesquisa bibliográfica sobre as áreas e tecnologias relacionadas com o trabalho, como Infraestrutura de Dados Espaciais, Arquiteturas de *Software*, visões e estilos, Arquitetura de *Software* para IDE e *Software* livre.

O Capítulo 3 avalia os sistemas de *software* livre que possam fazer parte da arquitetura pretendida. São avaliados os sistemas de Visualização de Mapas *Web*, Catálogos de Mapas, Serviços *Web* Geográficos, *Desktop* GIS, Banco de Dados

Geográficos e Geoportais.

No Capítulo 4, são apresentadas as considerações sobre o estilo arquitetural, a arquitetura da IDE e os sistemas de *software* livre avaliados nesta pesquisa.

O Capítulo 5 apresenta um estudo de caso do projeto IDE-TERRANTAR, sua arquitetura da IDE e seus componentes utilizados. Apresenta um segundo estudo de caso do projeto IDE-CEMIG, que fez uso dos levantamentos deste trabalho para desenvolvimento e implantação da IDE necessária.

No Capítulo 6, são apresentadas as conclusões e possíveis avanços desta dissertação.

Como anexo deste documento, consta um artigo completo, publicado pelo autor desta dissertação, que descreve a avaliação do componente de Processamento e Visualização de Mapas na *Web* e também consta uma lista de IDEs encontradas que foram utilizadas para descoberta dos sistemas analisados por este trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo descreve o referencial teórico sobre as áreas e tecnologias relacionadas com o trabalho. A seção 2.1 apresenta uma visão geral sobre IDEs e destaca alguns conceitos e seus componentes. Em seguida, na seção 2.2, são apresentadas as informações sobre arquiteturas de *software*, visões e estilos. Na sequência, na seção 2.3, são descritos os aspectos que caracterizam e fazem parte da arquitetura de sistemas para IDE e na seção 2.4 conceitos de *software* livre e suas licenças.

2.1 Infraestrutura de dados espaciais

Nerbet (2009) conceitua uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) como a união de tecnologias, políticas e padrões que facilitam a disponibilização e acesso de informações geográficas, a gestão e as atividades de produção dessas informações, uma iniciativa que visa a criar um ambiente de cooperação entre os interessados, ao compartilharem dados em uma rede distribuída, para apoiar a tomada de decisões econômicas e sociais (RAJABIFARD et al., 2005). Uma IDE não é apenas armazenamento de dados, é uma hospedagem de dados geográficos e atributos, suficientemente documentados (metadados), disponibilizados para avaliação, consulta e exploração de outras pessoas, com suas informações padronizadas, respeitando os acordos governamentais (NEBERT, 2009).

Os componentes e atributos de uma IDE podem ser sumarizados por dados, pessoas, tecnologia, instituições e padrões (WARNEST, 2005). Segundo Warnest (2005), os dados espaciais oferecem informações para dar suporte às decisões de países e jurisdições, para apoiarem suas funções e processos de negócios mais importantes. Alguns desses dados podem ser: de controle geodésico; de cadastro; de limites administrativos; de nomes geográficos e de localidades; de endereços; de transporte; de elevação; de hidrologia e de orthoimagens. As pessoas que utilizam esses dados podem ser provedores de conteúdo, administradores e, segundo Ryttersgaard (2001), grandes corporações, pequenos negócios ou indivíduos.

Entre as tecnologias envolvidas em uma IDE, estão presentes as redes de distribuição, que são servidores em que os usuários compartilham, adquirem, armazenam, integram e aprimoram informações geoespaciais.

Entre os padrões envolvidos em uma IDE, é importante citar o *Open*

Geoespacial Consortium (OGC), um consórcio internacional com mais de quatrocentos associados, entre eles empresas, governos, agências e universidades, que participam do processo de desenvolvimento de um consenso público para padrões de interface (OGC, 2011). Os padrões desenvolvidos pelo consórcio proveem regras e orientações, a fim de se obter a interoperabilidade entre os sistemas geoespaciais. Segundo Casanova et al. (2005), os serviços especificados pela OGC são:

- *Web Map Service (WMS)*: provê a produção de mapas *online*, visualizados diretamente na *Web* ou em aplicativos gráficos genéricos;
- *Web Feature Service (WFS)*: provê uma interface para inserção, seleção, atualização e remoção de feições geográficas (objetos vetoriais);
- *Web Coverage Service (WCS)*: permite o acesso a feições, da mesma maneira como no *Web Feature Service*. Entretanto, não retorna imagens das feições, mas, sim, detalhes semânticos sobre elas;
- *Web Gazetteer Service (WGS)*: estende o *Web Feature Service* com recursos para a implementação de interfaces para *gazetteers* (SOUZA et al., 2005);
- *OpenGIS Catalog Service* ou *Catalogue Service for the Web (OCS, CSW)*: suporta a publicação e pesquisa digital de coleções dos metadados de serviços e dos próprios dados. O serviço de catálogo utiliza uma das várias linguagens de consulta para encontrar e devolver resultados, usando modelos de conteúdo e codificação conhecidos;
- *Web Terrain Service*: similar ao *Web Map Service*, mas destinado à visualização tridimensional de superfícies. Ambos podem produzir apresentações em formatos de imagem ou no formato SVG (*Scalable Vector Graphics*), que é vetorial.

O catálogo de metadados é uma das partes mais importantes de uma IDE, pois fornece informações sobre o conteúdo, a qualidade, a condição e outras características relevantes do dado (NOGUERAS-ISO et al., 2005). O conceito de metadados é familiar à maioria das pessoas que manipulam informações geográficas. A legenda de um mapa, por exemplo, é puramente metadado. A maior parte dos arquivos geoespaciais digitais atualmente tem algum metadado associado. Metadados oferecem descrição do conteúdo, qualidade, condição, autoria e quaisquer outras características dos dados e, caso os metadados sigam uma padronização, eles fornecem uma representação da informação, que facilita a pesquisa, a recuperação e

a reutilização dos dados. Alguns padrões de metadados utilizados em IDE são:

- *Dublin:Core*: padrão de metadados de propósito geral, proposto pela *Dublin:Core Metadata Initiative*, criado em 1995, que fornece um conjunto de elementos que descrevem informações independentes do domínio, ou seja, seus elementos são utilizados para descrever quaisquer tipos de dados, sejam eles em formato de texto, numérico, mídia ou geográfico (NOGUERAS-ISO et al., 2005);
- Padrão ISO 19115: publicado em 2003 para a padronização de metadados sobre dados e serviços geográficos, dá suporte à identificação, extensão, qualidade, referência espacial, esquema espacial e temporal e ao meio de distribuição dos dados geográficos, atendendo às diversas necessidades que um usuário precisa verificar ao procurar alguma base de dados;
- CSDGM: desenvolvido pelo *Federal Geographic Data Committee* (FGDC), dos Estados Unidos, foi aprovado em 1994 e entrou em vigência em 1995. Especifica conteúdo de dados geográficos, estabelece o nome dos elementos de dados e grupos de elementos de dados a serem usados para intercâmbio de dados (WEBER et al., 1999);
- Perfil MGB, Metadados Geoespaciais do Brasil (MGB): trabalho elaborado pelos comitês especializados da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) e o Comitê de Estruturação de Metadados Geoespaciais (CEMG), aprovado em 2008 e posto em vigência em 2009, para promover a documentação, integração e disponibilização de dados geoespaciais.

2.2 Arquitetura de software

Há diversas definições para arquitetura de *software*. A escolhida para esta pesquisa é a proposta por Garlan e Perry (1995), que define a arquitetura de *software* como sendo uma estrutura dos componentes de um sistema, suas relações e princípios e as diretrizes que regem sua concepção e evolução ao longo do tempo. A arquitetura de *software* é composta por elementos, conexões, relações, configurações; restrições e semântica, que, juntos, formam uma visão de consenso da arquitetura de *software*.

A visão arquitetural, segundo Clements et al. (2002), é o conceito mais relevante associado com a documentação de uma arquitetura de *software*, pois, para representar uma arquitetura é preciso contemplar diferentes visões, fornecendo, cada

uma, suas particularidades. As visões relevantes variam de acordo com os objetivos de quem cria a arquitetura, podendo ser: - ponto de partida para a compreensão de um sistema; - especificações para geração automática de código; - e modelo para o planejamento de um projeto, dentre outros. Com isso, os atributos de qualidade que são os alvos da maior preocupação do arquiteto de *software* e, no desenvolvimento do sistema, afetam a escolha de quais visões representar. Nas subseções seguintes, são apresentadas informações mais detalhadas sobre as visões arquiteturais.

2.2.1. **Visões arquiteturais**

Segundo Béjar et al. (2009), a visão arquitetural é tipicamente uma representação gráfica de alguns elementos e de seus relacionamentos, presentes no sistema. Por exemplo, em uma visão arquitetural de um sistema *Web*, os serviços *Web* seriam representados por caixas e a troca de informação (solicitações e respostas) entre esses serviços por flechas. A visão arquitetural é um dos conceitos mais importantes da documentação da arquitetura de *software*, pois a arquitetura é uma parte complexa, que não pode ser descrita em apenas uma forma unidimensional simples. Várias visões arquiteturais juntas formam a documentação da arquitetura de um *software* (CLEMENTS et al., 2002). Múltiplas visões são necessárias para enfatizar e compreender diferentes aspectos da arquitetura (PERRY e WOLF, 1992). Os aspectos da arquitetura são necessários para se atingirem diferentes resultados e usos, e representam diferentes elementos e relações do sistema. Segundo Clements et al. (2002), a documentação de uma visão deve contemplar:

- apresentação principal (normalmente gráfica), que retrata os principais elementos e as relações dos elementos;
- um catálogo de elementos que explica e define os elementos mostrados na visão e apresenta suas propriedades;
- especificação dos elementos, interfaces dos elementos e seu comportamento;
- guia que explica quaisquer mecanismos internos disponíveis para a adaptação da arquitetura;
- lógica e informação do *design*.

A documentação da visão pode ser separada em diferentes tipos. Os tipos mais comuns de visão são o de módulos, que representam uma decomposição, camadas e modelos de dados; o de componentes e conectores, que pode ser utilizado para todos os tipos; os de alocação, desenvolvimento, implementação e instalação; outros,

de fundamentos e restrições. Todas as visões representam uma estrutura.

2.2.2. **Visão componentes e conectores**

As visões descrevem um sistema de uma dada perspectiva e apresentam os tipos de elementos permitidos e seus relacionamentos (BÉJAR et al., 2009). A visão de componentes e conectores (C&C) apresenta os elementos, processos, objetos, clientes e servidores como componentes, e as chamadas e respostas entre estes componentes são os conectores (CLEMENTS et al., 2002).

A visão C&C apresenta diversos estilos. Para definir a escolha do estilo a utilizar, deve-se levar em conta a natureza das estruturas do sistema e a utilização pretendida para a representação. Desses estilos, alguns são mais frequentemente utilizados, como o cliente-servidor, o orientado a serviços e o híbrido. Diversas arquiteturas de IDEs foram construídas com base nesses estilos, que serão detalhados nas próximas subseções.

2.2.3. **Estilo cliente-servidor**

O estilo cliente-servidor tem sua definição amplamente conhecida, sendo o cliente o componente que faz a requisição de um serviço, por meio de um conector e, o servidor, um componente que oferece um conjunto de serviços e aguarda as requisições desses serviços. Cabe ao servidor aceitar ou rejeitar a execução da requisição e enviar uma resposta para o cliente (MURAKAMI, 2007). Esta estrutura está representada na Figura 2.

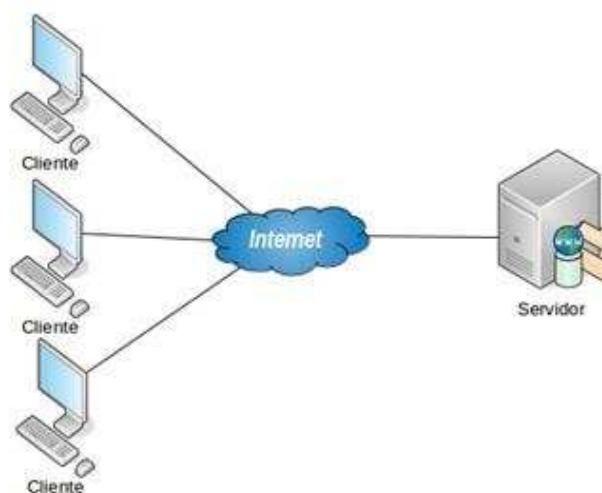


Figura 2-1: Estilo cliente-servidor

2.2.4. **Estilo orientado a serviços**

O orientado a serviços (*Service-Oriented Architecture - SOA*) é um estilo de arquitetura de *software* baseado nos conceitos principais de aplicações, serviços, repositório de serviços e barramento de serviço (KRAFZIG et al., 2005). As funcionalidades das aplicações são disponibilizadas como serviços aos consumidores e permitem flexibilidade, interoperabilidade e independência tecnológica. Utilizam o paradigma pedido e resposta para estabelecer a comunicação entre os sistemas clientes e os sistemas que implementam os serviços. Com a ampliação dos sistemas *Web*, a utilização de serviços tornou-se popular, com isso o estilo SOA passou a ser frequentemente utilizado nos dias de hoje. O SOA reduz custos, aumenta o rendimento, permite a entrega rápida de dados e a rápida integração entre as organizações (MACKENZIE et al., 2006). Na Figura 2-2, é possível visualizar a estrutura desse estilo, representado genericamente.

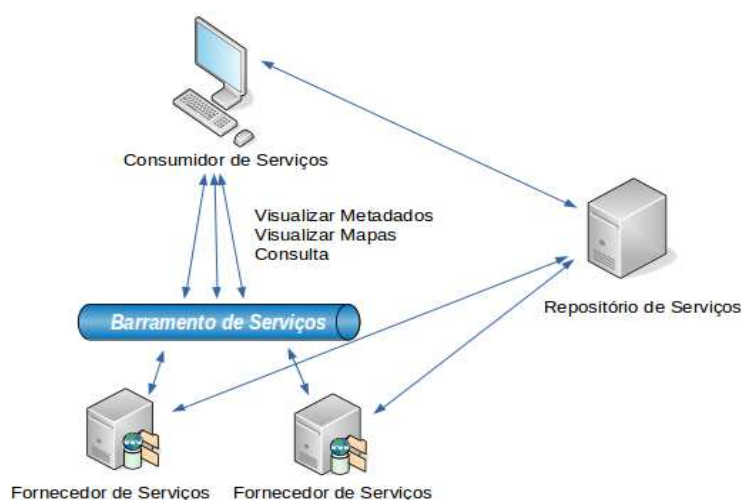


Figura 2-2: Estilo orientado a serviços

2.2.5. **Estilo híbrido**

Anteriormente, foram apresentadas as definições dos estilos cliente-servidor e orientado a serviços. O estilo híbrido utiliza os fundamentos dos dois estilos de arquitetura de *software*, juntos (NOGUERAS-ISO et al., 2005). Nele, o cliente faz requisições diretas ao servidor e também consome serviços dos fornecedores. Na Figura 2-3, é possível observar a representação da arquitetura SOA + Cliente servidor.

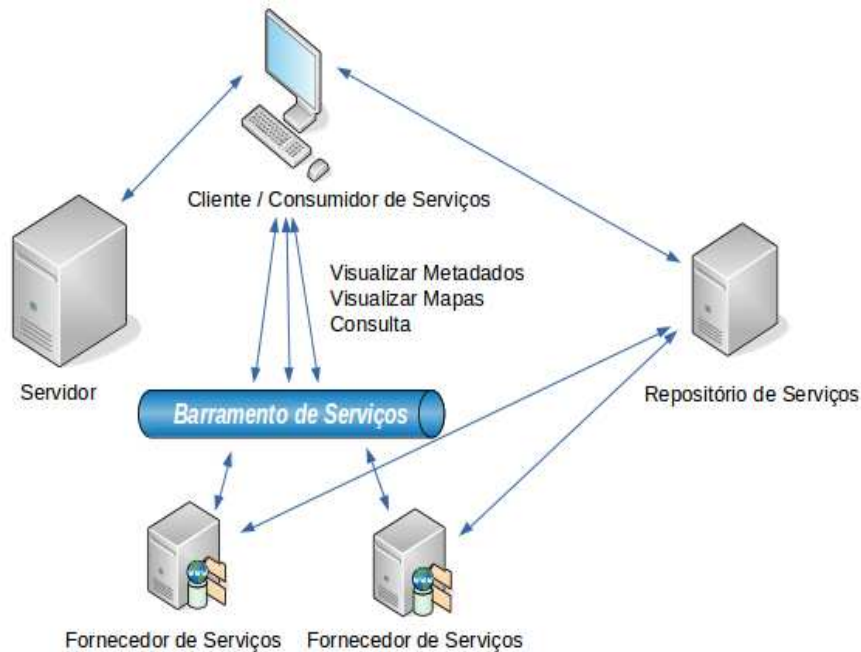


Figura 2-3: Estilo híbrido

2.3 Arquitetura de sistemas para IDE

Como citado anteriormente por Garlan e Perry (1995), na definição de arquitetura de sistemas, uma arquitetura é a estrutura de componentes, suas relações, princípios e diretrizes que regem sua concepção e evolução. Desta mesma forma, uma arquitetura para IDE também envolve componentes, voltados, porém, para a informação geográfica. Granell et al. (2007) citam quatro principais componentes para uma IDE:

- editor de metadados associado com um serviço de catálogo;
- armazenamento de dados espaciais;
- aplicativos para busca e acesso dos usuários aos dados espaciais;
- serviços de geoprocessamento que auxiliam usuários a encontrarem e transformarem dados espaciais para uso em aplicativos.

Esses componentes se relacionam e constroem uma estrutura, corroborando o que dizem Garlan e Perry (1995), em sua definição de arquitetura de sistemas. Na Figura 2-4, é possível observar os relacionamentos entre componentes, propostos por Béjar et al. (2009), em sua visão arquitetural híbrida. A representação por componentes foi escolhida, pois, segundo Béjar et al. (2009), ela exibe os papéis relevantes em uma IDE e procura exibir a estrutura principal dos componentes. Como proposto por Granell et al. (2007), e representado visualmente por Béjar et al. (2009), todos os componentes que foram relacionados na pesquisa realizada por Granell et

al. (2007) estão presentes na representação visual proposta por Béjar et al. (2009).

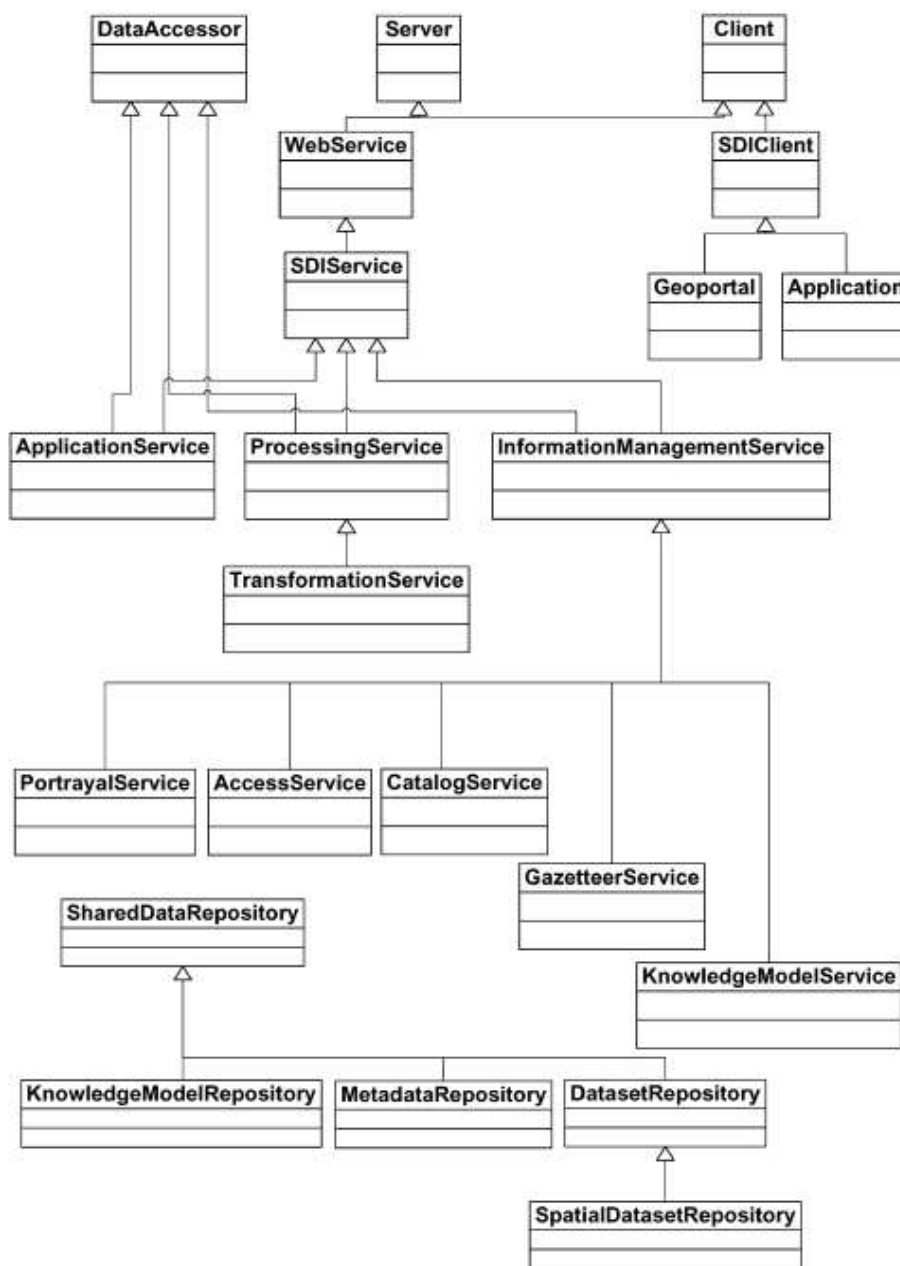


Figura 2-4: Relações hierárquicas entre os componentes da IDE
 Fonte: (BÉJAR et al., 2009)

Segundo a visão da estrutura de componentes e suas relações, proposta por Béjar et al. (2009), nem todos os componentes necessitam estar presentes em todas as IDEs, mas dos componentes levantados por Granell et al. (2007), todos estão presentes na representação. Os editores de metadados e serviços estão representados por meio dos componentes de *Catalog Service* e *SDI Service*. O armazenamento dos dados espaciais é composto de todos os componentes de *Repository*. As aplicações para busca e acesso dos usuários aos dados espaciais

podem ser representadas pelos componentes de *Application*, *Geoportal*, *Portrayal Service*, *Access Service*, *Information Management Service*. Os serviços de geoprocessamento podem ser representados pelos componentes de *Processing Service*, *Transformation Service*, *Gazetter Service*, *Knowledge Model Service*.

Além da visão arquitetural de componentes proposta anteriormente, existem diversas iniciativas de arquiteturas de IDEs, como, por exemplo, a arquitetura da IDE Canadense, que é atualmente um dos principais projetos globais; a da Europa onde existe a INSPIRE, que descreve os detalhes dos componentes que as IDEs dos estados membros da União Europeia devem apresentar (BERNARD et al., 2005); a do Comitê Federal de Dados Geográficos (FGDC) dos Estados Unidos, que coordena o desenvolvimento de suas IDEs nacionais (FGDC, 2014). Atualmente, as IDEs têm sido implementadas, preferencialmente, com uso de uma arquitetura voltada para serviços (BERNARD e CRAGLIA, 2005). A Figura 2-5 ilustra a arquitetura de uma IDE orientada a serviços.

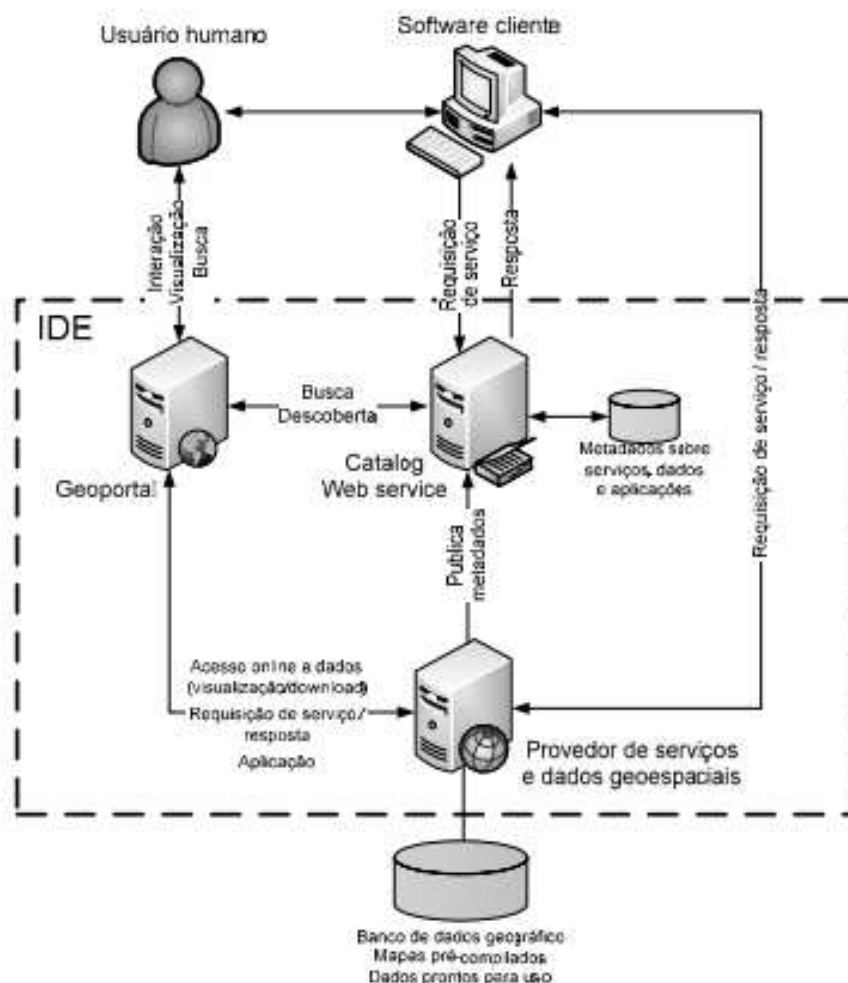


Figura 2-5: Arquitetura da IDE orientada a serviços. Fonte: (DAVIS JR et al., 2009)

2.4 Software livre

Ao contrário dos softwares proprietários que são registrados por uma única empresa, possui seu código fonte fechado e o direito de propriedade intelectual sobre o produto, existem os softwares livres (GUESSER, 2005). Para serem considerados livres, os softwares devem permitir sua execução para qualquer propósito, ser modificado e adaptado às necessidades dos utilizadores, ter sua redistribuição gratuita ou mediante pagamento e permitir a redistribuição de versões modificadas (SABINO e Kon, 2009). O termo livre não pode ser confundido com gratuito. Segundo Stallman (1999), software livre não está relacionado ao preço e sim com a liberdade, logo não há problema em vendê-lo.

Cabe aos detentores dos direitos do software os termos em que seu trabalho será distribuído, suas atribuições, garantias e escopo (COLAZO, 2009). Para assegurar os princípios dos softwares livres foram criados alguns tipos de licença (ENGELFRIET, 2010), sendo as relacionadas com este trabalho listadas a seguir.

2.4.1. Licença Pública Geral

A *General Public License* (GPL) desenvolvida pela Free Software Foundation (FSF) em 1989, requer que todo o conteúdo do software e seus derivados sejam distribuídos sobre sua licença, recomendada para projetos que buscam seu crescimento através de contribuições de terceiros e possui compatibilidade com outras licenças (SABINO e Kon, 2009).

2.4.2. Licença Pública Geral Menor

A *Library or Lesser General Public License* (LGPL) foi escrita em 1991 pela FSF. Semelhante à GPL, mas com o propósito de permitir que apenas parte de um software seja livre, geralmente sua *Application Programming Interface* (API) e bibliotecas, ao contrário da GPL que exige todo o conteúdo e demais divisões sejam livres (LAURENT, 2004).

2.4.3. Distribuição de Software Berkeley

Uma das primeiras e mais utilizadas licenças de software livre, a *Berkeley Software Distribution* (BSD) foi criada pela Universidade da Califórnia que a utilizou para licenciar seu sistema operacional derivado do UNIX. Ela possui um texto simples na descrição dos seus termos e permite que outras pessoas usem, modifiquem e distribuam o software (SABINO e Kon, 2009).

3 AVALIAÇÃO DE SOFTWARES LIVRES PARA IMPLANTAÇÃO DE IDEs

Uma IDE é composta de diferentes sistemas para fornecer a estrutura adequada aos utilizadores. Existem, hoje, diversas opções de sistemas. Segundo Schilberg (2009), há mais de 300 sistemas de *software* livre para se trabalhar com informações geográficas. Esses sistemas estão listados em um *Web site* chamado *FreeGIS.org*, que permite aos usuários filtrarem informações por especialidades. Por haver muitas opções de sistemas, a escolha dos melhores para compor uma IDE é uma tarefa complexa. Uma forma de encontrar os sistemas a serem utilizados na composição da IDE consiste na utilização de critérios para filtrar a lista existente e, com isso, delimitar o número de sistemas. Outra forma de encontrar os possíveis sistemas a serem analisados foi pesquisar nas IDEs existentes e anotar todos os sistemas utilizados por elas. Uma lista com mais de 50 IDEs foi gerada e pode ser vista no Apêndice 2 deste trabalho. Nos tópicos a seguir, estão descritas as informações pertinentes sobre os sistemas, separados por especialidades, e os critérios usados para filtrar os candidatos.

3.1 Avaliação de visualizadores de mapas *Web*







Ao se analisar a lista de Schilberg (2009), foi possível escolher uma categoria para filtrar os sistemas visualizadores de mapas *Web*. Foi escolhida a categoria de *WebGIS* e, após especificação da especialidade, foi preciso identificar quais sistemas apresentam atualizações constantes e que estão ativos, ou seja, que não foram descontinuados. Outro fator para escolha dos sistemas foi localizar seus possíveis usos, para saber onde e por quem estão sendo utilizados. Nessa busca, o *GeoNodo*¹ foi encontrado em diversas IDEs latinoamericanas e, por isso, foi relacionado nesta pesquisa. Muitos dos sistemas contemplados na lista não apresentam atualizações nos últimos anos, razão pela qual foram descartados mais de 90% da lista apresentada. Muitos não eram atualizados há pelo menos dez anos. Com isso, um número reduzido de sistemas atendia ao critério de atualização.

Após a combinação dos sistemas que atendiam aos critérios, junto com aqueles utilizados em outras IDEs e com o sistema encontrado nas buscas, foram selecionados seis sistemas, que, então, foram analisados com base em critérios

¹ GeoNodo - <http://www.geonodo.cl/>

levantados na pesquisa realizada por Santana (2009) e, também, outros critérios pertinentes ao assunto foram utilizados. Os sistemas analisados estão presentes na lista apresentada na Quadro 3-1.

Quadro 3-1: Sistemas de exibição de mapas

Nome	Logo
<i>Deegree2</i>	
<i>Mapbender3³</i>	
<i>GeoMoose⁴</i>	
<i>GeoNodo</i>	
<i>I3geo⁵</i>	
<i>GeoMajas⁶</i>	

Esses sistemas foram analisados com base em 9 requisitos de avaliação. A análise completa e detalhada de sistemas de visualização de mapas *Web* foi publicada na Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI) (FONSECA et al., 2016) e está disponível no apêndice A desta dissertação. A conclusão da comparação dos sistemas escolhidos e estudados foi de que *Mapbender3*, *i3geo* e *GeoMajas* apresentam graus de maturidade relativamente próximos e são os que apresentam os melhores benefícios para visualização e processamento de mapas *Web*. Esta conclusão considerou os sistemas descritos

² Deegree - <http://www.deegree.org/>

³ Mapbender3 - <http://mapbender3.org/>

⁴ GeoMoose - <http://www.geomoose.org/>

⁵ I3geo - <http://www.i3geo.com.br/i3geo/init/index.php>

⁶ GeoMajas - <http://www.geomajas.org/>

anteriormente, porém existem outros, que não foram contemplados nesta pesquisa, e que poderiam apresentar outros resultados, como é o caso do *MapGuide*⁷, *QGIS Server*⁸, *Map Fish*⁹, dentre outros. A lista proposta por Schilberg (2009) não apresentou esses sistemas, ou eles estavam sem atualizações, ou não foram encontradas IDEs, na busca realizada, que faziam uso deles no momento do início desta pesquisa.

3.2 Avaliação de catálogos de Metadados

Da lista, poucos foram os sistemas encontrados para catálogo de metadados. Por isso, foi realizada uma procura, nas IDEs existentes, de quais softwares eram utilizados para essa finalidade. Foram consultadas mais de 50 IDEs e, a partir dessa consulta, foram anotados quais sistemas elas utilizavam. A grande maioria das IDEs usa o sistema de catálogo de metadados chamado *Geonetwork*¹⁰, um exemplo é a IDE-SP, que utiliza o software em sua versão 3.0. Muitas das IDEs analisadas desenvolveram seu próprio catálogo, sem utilizar um sistema de código-fonte aberto e livre. Outro sistema utilizado pelas IDEs é o *Pyctsw*¹¹, que armazena os metadados e possibilita o uso por meio de serviços *Web*. Outro sistema encontrado foi o *GeoNode*¹², que é bem completo e conta com as partes de catálogo de metadados, de visualização de mapas e de processamento. O *GeoNode* estava, há muitos anos, na sua versão 2.3, que permitia instalação apenas em máquinas *Linux Ubuntu* com a versão 12.04, o que dificulta o processo de instalação, uma vez que o *Linux* já está na versão 15.04. No dia 19 de novembro de 2015, foi lançada a nova versão do sistema 2.4, que permite, assim, a instalação em máquinas com *Ubuntu* na versão 14.04, a mais utilizada pelo ambiente *Ubuntu*, pois é a mais estável no momento desta dissertação.

O *GeoNode* é um sistema de gerenciamento de conteúdo geoespacial, uma plataforma para o gerenciamento e publicação de dados geoespaciais, desenvolvido com uso de um framework *Web* baseado em *Django*. Utiliza em sua base de serviços *Web* dois sistemas: o *Geoserver*, para prover os serviços de mapas *Web*, e o *Pyctsw*, para prover os serviços de metadados. O sistema gerenciador de banco de dados

⁷ MapGuide - <https://mapguide.osgeo.org/>

⁸ QGIS Server - <http://docs.qgis.org/>

⁹ Map Fish - <http://www.mapfish.org/>

¹⁰ Geonetwork - <http://geonetwork-opensource.org/>

¹¹ Pyctsw - <http://pyctsw.org/>

¹² GeoNode - <http://geonode.org/>

compatível com o GeoNodo é o *PostgreSQL*. O GeoNodo é baseado no padrão *Web 2.0* e permite a utilização dos padrões de metadados ISO, FGDC e *Dublin:Core* (PICKLE, 2010).

O *Geonetwork* é um sistema de código-fonte aberto e livre, feito em Java, desenvolvido desde 2001 pela *Food e Agriculture Organisation (FAO)*, das Nações Unidas. Está na sua versão 3.04, continua recebendo atualizações e seu código-fonte está disponível no *site GitHub*, o que possibilita a qualquer pessoa participar do desenvolvimento de novas funcionalidades e das correções de problemas. Muitas das IDEs encontradas utilizam o sistema *Geonetwork* para compor seu catálogo de metadados: o Ministério de Meio Ambiente (MMA), o IDE-SP, o portal GeoMinas, etc., esse sistema apresenta diferentes versões. Até a versão 2.3, o sistema utilizava um *layout* incompatível com a *Web 2.0*. A partir da versão 2.3 foi adicionada essa compatibilidade. A partir da versão 3.0, todo o *layout* foi modificado, com o uso de HTML5. Graças a isso, foi possível identificar facilmente as versões que os sistemas utilizam. A grande maioria utiliza o sistema na versão entre 2.3 e 2.10.

3.3 Avaliação de serviços Web geográficos

Na lista de Schilberg (2009), foram aplicados os mesmos critérios de seleção utilizados para encontrar sistemas de visualização e processamento *Web GIS*. Desta forma, poucos sistemas foram encontrados para configuração de WMS e dois sistemas atendiam os critérios, *Geoserver*¹³ e *MapServer*¹⁴. Foram realizados os devidos acessos às páginas de demonstração de cada sistema para um primeiro contato e análise dos recursos existentes. Após o primeiro contato, os sistemas foram baixados de suas respectivas páginas e implantados nos servidores *Linux Ubuntu*, com a versão 14.10, utilizando-se 8 GB de memória RAM para testes.

Neste primeiro contato, foram identificadas as particularidades de cada sistema e foram cadastrados serviços *Web* em cada um deles. Na primeira análise dos sistemas, foi possível observar detalhes sobre a facilidade da criação dos serviços *Web*. O sistema *MapServer* utiliza a configuração do serviço *Web* em arquivo, com propriedades pré-definidas e uma abordagem complexa para criação dos serviços, o que dificulta a identificação de erros e a implementação dos serviços *Web*; o *GeoServer* permite a configuração em etapas e visualmente, o que proporciona ao

¹³ Geoserver - <http://geoserver.org/>

¹⁴ Mapserver - <http://www.mapserver.org/>

usuário acompanhar o processo de cada etapa, visualizar erros, informações obrigatórias de preenchimento, resultado do cadastro das informações e utilização de diversos formatos de arquivos.

Os sistemas de servidores de mapas *Web* variam, quanto aos recursos apresentados, nas linguagens de programação. O *MapServer* é mais maduro, o início do seu desenvolvimento foi em 1996, enquanto o *GeoServer* foi em 2003. Porém, seus graus de maturidade são próximos, diferenciando-se em alguns pontos. O *GeoServer* apresentou informações para o usuário, facilidade de uso, documentação completa, instalação simplificada, edição simples dos dados e maior variedade de serviços *Web* disponíveis, enquanto o *MapServer* foi mais difícil na instalação e configuração, mas apresentou a melhor performance para trabalhar com WMS.

3.4 Avaliação de sistemas Desktop GIS

Utilizando novamente a lista de Schilberg (2009), foram realizadas buscas por sistemas *Desktop GIS* e mais de 12 foram encontrados. Por ser um volume grande, não haveria tempo suficiente para testar todos os sistemas e apontar suas particularidades. Por isso, outras referências foram encontradas a respeito dos *Desktop GIS*. Sherman (2008) relaciona em seu livro sistemas *Desktop GIS* de *software* livre e detalha várias informações sobre os sistemas, seus prós e contras, sua forma de instalação, de utilização, etc. Os sistemas citados por Sherman (2008) também estão presentes na lista de Schilberg (2009). Por essa razão, estas duas fontes de informação foram utilizadas para delinear a escolha dos sistemas *Desktop GIS*. Três foram contemplados: *GRASS*¹⁵; *QUANTUM GIS (QGIS)*¹⁶ e *GVSIG*¹⁷.

O *QGIS* é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)*. Funciona em *Linux*, *Unix*, *Mac OSX*, *Windows* e *Android* e suporta inúmeros formatos de vetores, *rasters*, bases de dados e funcionalidades. Utilizado para visualizar, gerir, editar, analisar dados e criar mapas para impressão (SUTTON, 2009) teve o início do seu desenvolvimento em 2002 e, em 2007, o projeto foi incubado oficialmente pelo *OSGeo*.

O sistema *Desktop Geographich Resources Analysis Support System (GRASS)* que foi iniciado em 1985, é, atualmente, um projeto de *software* livre disponível para

¹⁵ GRASS - <https://grass.osgeo.org/>

¹⁶ QGIS - <http://www.qgis.org/en/site/>

¹⁷ GVSIG - <http://www.gvsig.com/pt>

qualquer pessoa que queira contribuir com seu desenvolvimento (CARRERA-HERNANDEZ e GASKIN, 2006). Atualmente, está na versão 7.0.4, lançada em maio de 2016.

O *GvSig* surgiu em 2002. Após realização de uma pesquisa com mais de 200 usuários, foi verificado que, para 90% dos usuários, um *Desktop GIS* completo não era necessário. Os pesquisadores constataram que precisavam apenas de acesso aos dados espaciais, realizar consultas simples, sobrepor camadas e uma exibição básica dos dados (ANGUIX e DIAZ, 2008). Como apontado por Anguix e Diaz (2008), não existe sistema *Desktop GIS* livre equivalente aos sistemas comerciais ESRI e *Autodesk*; porém, os *softwares* livres disponíveis podem ser utilizados com sucesso. Muitos dos recursos disponíveis nos *softwares* proprietários são subutilizados. Os sistemas *Desktop GIS* livres apresentam as ferramentas necessárias para acessar dados espaciais, realizar consultas, sobrepor camadas para verificar consistências, processar e visualizar informações. Dos sistemas encontrados na pesquisa, foi constatado que *QGIS* e *GvSig* apresentam um vasto material, oferecem tutoriais, vídeoaulas e o sistema propriamente dito, em Português.

3.5 Avaliação de sistemas gerenciadores de bancos de dados geográficos

Segundo Piórkowski (2011), os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) relacionais que apresentam extensões para trabalhar com dados geográficos são o Oracle, que utiliza o *Oracle Spatial*¹⁸; o *IBM DB2*, que utiliza *Spatial Extender*¹⁹; o *MS SQL 2008 (MSSQL)*, que usa *Spatial Storage*²⁰; o *SQLite*, que utiliza *Spatialite*²¹; o *MySQL*, que utiliza *MySQL Spatial*²², e o *PostgreSQL* que utiliza a extensão *PostGIS*²³. Desses, SGBD, Oracle, MSSQL e IBM DB2 são comerciais, apresentam versões básicas gratuitas, mas fogem ao escopo desta pesquisa.

Uma análise feita por Bostongis (2008), com uso do SGBDs *Oracle Spatial*, *do MS SQL 2008*, *do MySQL* e *do PostGIS*, descreve as principais características de cada SGBD e suas principais vantagens. Os autores apresentam duas tabelas com as funcionalidades de cada SGBD analisado. Na primeira, são apresentadas as visões

¹⁸ Oracle Spatial - <http://www.oracle.com/br/products/database/options/spatial/index.html>

¹⁹ Spatial Extender - <http://www-03.ibm.com/software/products/en/db2spaext>

²⁰ MSSQL Spatial Storage - <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb933790.aspx>

²¹ Spatialite - <http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/>

²² Mysql Spatial - <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/spatial-extensions.html>

²³ PostGis - <http://postgis.net/>

gerais de cada SGBD. Na segunda tabela, são apresentadas as funcionalidades de dados espaciais de cada sistema analisado. Ao final da análise, são feitas considerações sobre cada SGBD e sobre quais devem ser os critérios para escolha do SGBD para uma IDE. O SGBD com as melhores características, funcionalidades e *software* livre é o PostGIS.

Santos et al. (2015) comparam três sistemas de bancos de dados espaciais, voltados para uso *mobile*, o PostgreSQL, com a extensão *PostGIS*; o MongoDB e o Neo4j. Os autores analisaram, com uso de um *benchmark*, o desempenho de uso dos SGBDs sobre uma variedade de consultas espaciais comuns em aplicações. De acordo com os resultados da avaliação, o SGBD com melhor desempenho foi o *PostgreSQL*, com a extensão *PostGIS*. Os autores concluem que o PostgreSQL é um produto mais maduro e oferece ferramentas de escalabilidade e partição de tabelas.

Avaliar os SGBD espaciais envolve maior complexidade, pois seus atributos não são apenas números e palavras (Santos et al., 2015). A avaliação desses sistemas foi feita com base na literatura. Foram buscados trabalhos de outros pesquisadores para auxiliarem na escolha do SGBD geográfico a ser utilizado. Desta forma, foi possível observar que o SGBD gratuito atualmente mais recomendado para gerenciar informações espaciais é o *PostgreSQL*, com a extensão *PostGIS*.

3.6 Avaliação de sistemas para o Geoportal

Uma busca por IDEs foi realizada, a fim de descobrir quais sistemas elas utilizam. Para o componente de Geoportal não foi encontrado um sistema em comum, específico para esse propósito. Foi observada a utilização de sistemas com outras especificidades, utilizados como Geoportal e, também, muitas IDEs apresentaram seu próprio Geoportal, customizado e feito com exclusividade. Por estes motivos não foram contemplados o estudo e a análise de sistemas de Geoportal, nesta pesquisa. Porém, para compor uma IDE é certo que deve haver um sistema com esta funcionalidade, a fim de se construir um ponto de entrada para o conteúdo geoespacial (HÜBNER, 2008). Outro componente deve assumir esta tarefa ou um Geoportal deve ser construído especificamente.

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTILO ARQUITETURAL, A ARQUITETURA E AS AVALIAÇÕES DOS SISTEMAS

Após o estudo bibliográfico das arquiteturas de *software*, arquiteturas de *softwares* para IDEs e avaliação dos sistemas de *software* livres para implantação de IDEs foi possível especificar as visões arquiteturais de uma IDE, o estilo arquitetural e a composição de sistemas utilizados nessa arquitetura.

Conforme estudo realizado sobre as arquiteturas de *software*, apresentado na seção 2.2, foram identificados alguns estilos arquiteturais existentes. O estilo arquitetural sugerido por este trabalho para compor a arquitetura de uma IDE é o híbrido, escolhido porque, além de permitir a utilização do estilo orientado a serviços, também permite a utilização do cliente-servidor. Os dados espaciais, os metadados e mapas *Web*, devem ser inseridos nos servidores e compartilhados por serviços *Web*.

Os sistemas avaliados no capítulo 3 foram separados por especialidades, pois apresentam funções diferentes dentro de uma IDE. Dentro dessas especialidades foi possível notar que muitos sistemas apresentam graus de maturidade similares. Na Tabela 4-1 estão listados os sistemas, separados por especialidades, que apresentaram os melhores resultados, conforme as avaliações realizadas.

Tabela 4-1: Melhores sistemas por especialidade

Sistemas	Especialidade
<i>Mapbender3, i3geo e GeoMajas</i>	Visualização de mapas <i>Web</i>
<i>GeoNetwork e GeoNode</i>	Catálogo de metadados
<i>Geoserver e Mapserver</i>	Serviços <i>Web</i>
<i>Quantum GIS e GV Sig</i>	Desktop GIS
<i>PostGIS</i>	SGBD geográfico
Nenhum diretamente relacionado	GeoPortal

Béjar et al. (2009) propõem uma visão arquitetural baseada em componentes para IDE que apresenta os componentes necessários para compor sua estrutura, mas que, ao mesmo tempo, não sejam todos obrigatórios. Com base nessa visão, no estilo da arquitetura definida e nos resultados apresentados das avaliações dos sistemas, foi possível especificar uma visão arquitetural genérica para ser utilizada por implantadores de IDE. Para especificar essa visão, utilizou-se a notação UML de

componentes, que é útil para identificar elementos com os mesmos comportamentos, interfaces, subestruturas, relações com elementos de implementação e apresentar, para os implantadores, como o sistema funciona, especificando sua estrutura e comportamento. A Figura 4-1 ilustra os componentes da visão arquitetural e suas ligações.

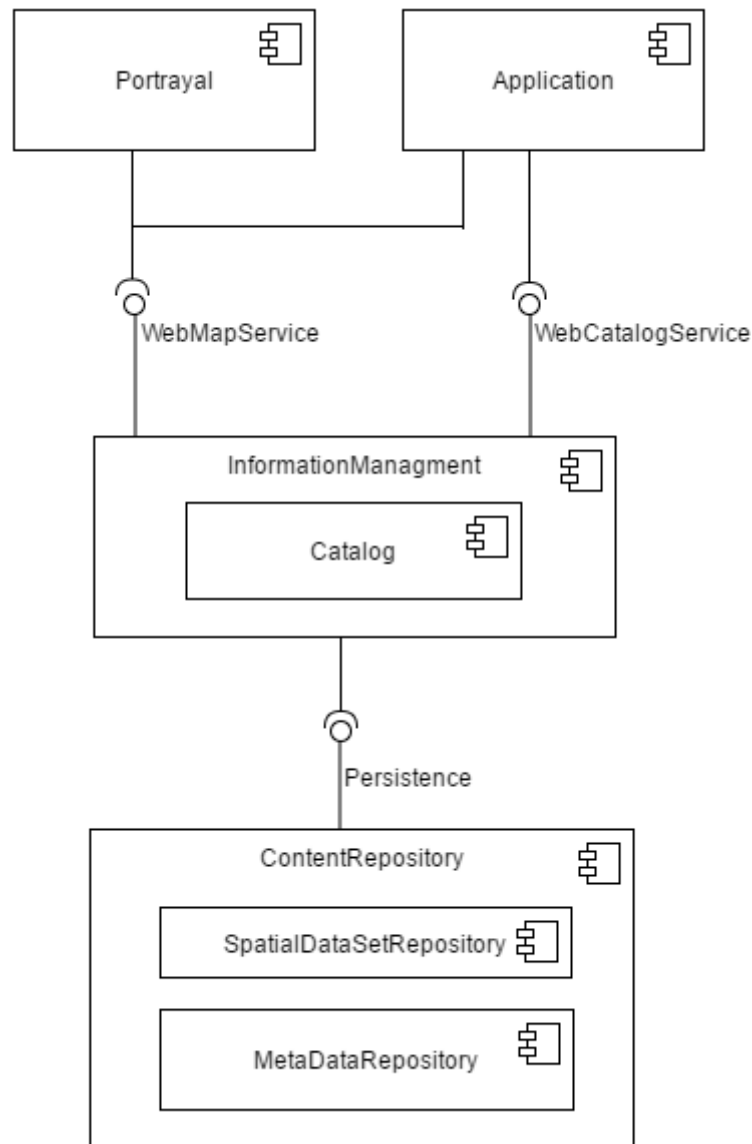


Figura 4-1: Visão arquitetural
Fonte: do Autor

Os componentes são especificados como segue:

- ***SpatialDataSetRepository***: armazena os dados espaciais;
- ***MetaDataRepository***: armazena as informações sobre os dados espaciais;
- ***ContentRepository***: armazena dados em geral;

- **InformationManagement:** camada que promove o acesso às informações, seja por meio de serviços *Web* seja por requisições e respostas, e conecta o que o usuário solicita ao resultado final;
- **Catalog:** permite a descoberta, criação, manipulação e visualização de metadados;
- **WebCatalogService:** leva as informações sobre um dado geográfico;
- **WebMapService:** apresenta mapas *Web*;
- **Application:** usado pelo cliente de uma IDE;
- **Portrayal:** visualização e processamento de mapas *Web*.

Após a visão arquitetural genérica, uma nova visão arquitetural de componentes foi especificada. Essa nova visão, ilustrada pela Figura 4-2, especifica os componentes da visão genérica em componentes de sistema, separados por especialidades.

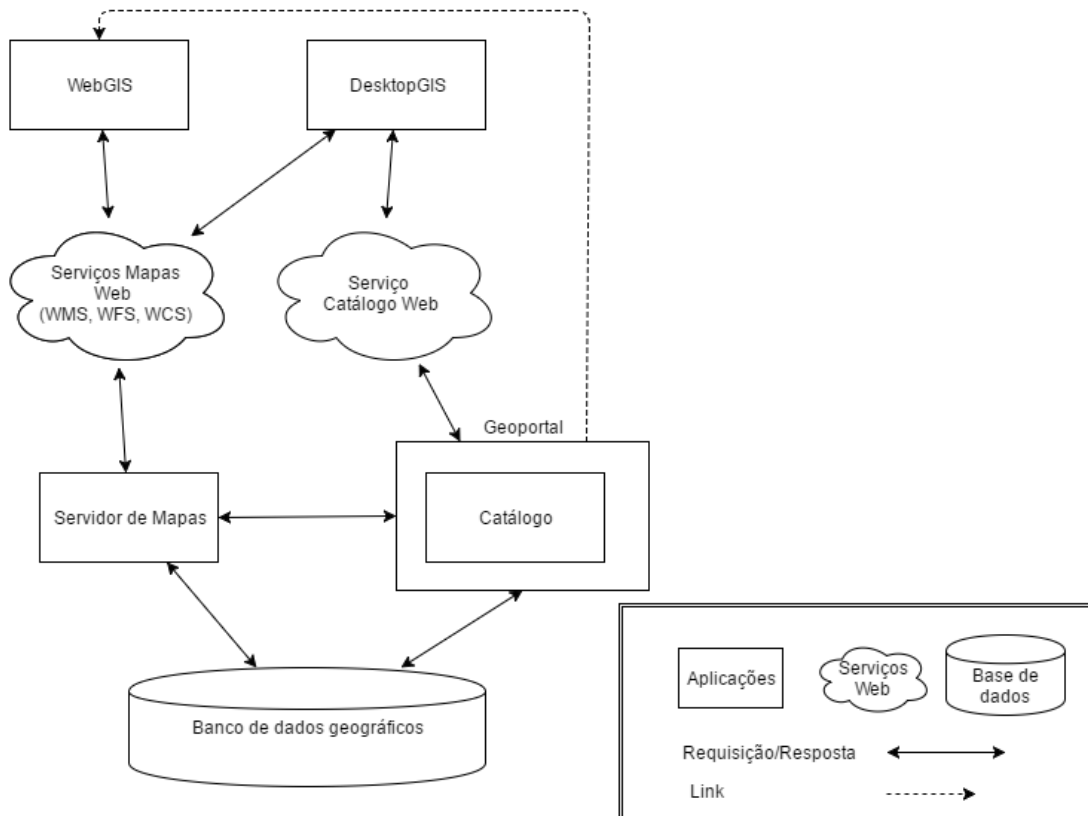


Figura 4-2: Visão arquitetural de componentes
Fonte: do Autor

Para complementar as visões arquiteturais e relacioná-las com as avaliações dos sistemas de *software* livre, uma nova visão foi especificada (Figura 4.3), com os

sistemas propriamente ditos, os quais representam determinado componente da arquitetura. Alguns componentes apresentam mais de uma opção de sistemas, pelo fato dos graus de maturidade dos sistemas serem próximos e, dessa forma, qualquer um deles atender ao que é esperado pelo componente.

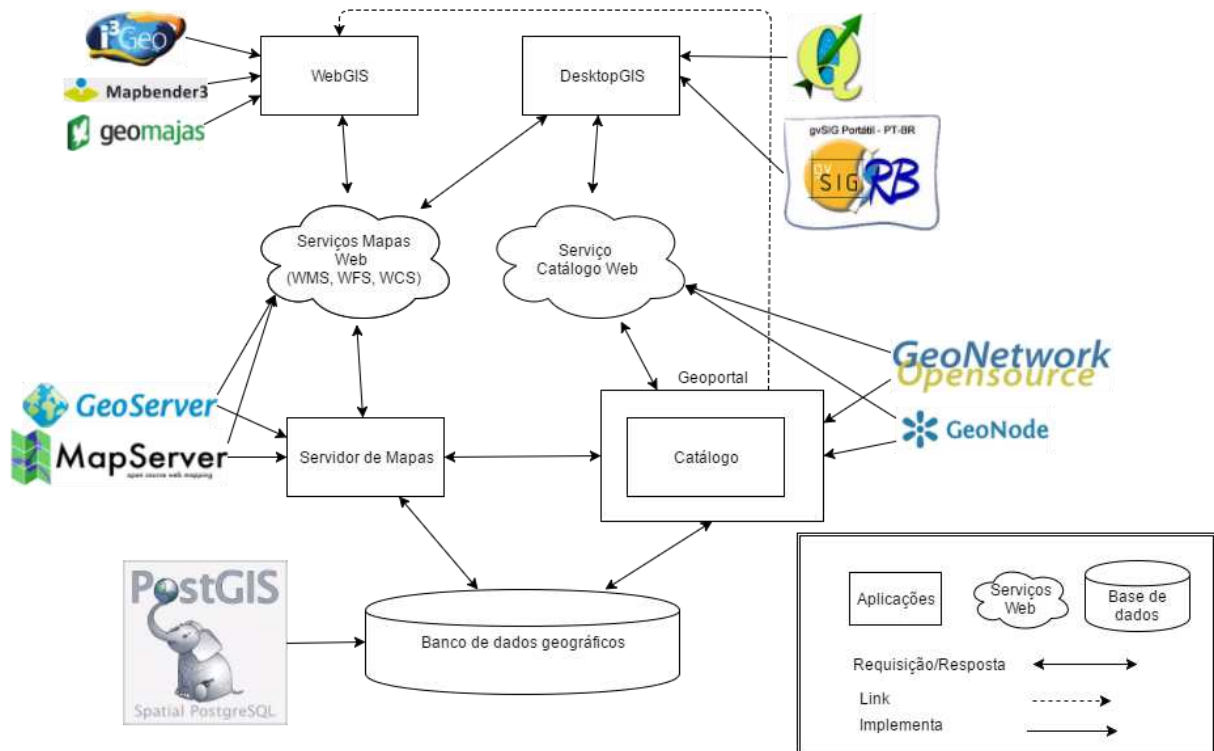


Figura 4-3: Visão arquitetural dos sistemas
Fonte: do Autor

Para avaliar a especificação da visão arquitetural, utilizaram-se dois casos de estudo. No primeiro caso, o autor, implantou e configurou uma IDE para o projeto TERRANTAR, com uso, como base, da visão genérica especificada, a de componentes e a de sistemas. No segundo caso, a configuração sugerida nesta seção foi comparada com a implantação realizada no âmbito do projeto IDE-CEMIG, descrito no capítulo 6.

5 CASOS DE ESTUDO

5.1 Projeto IDE-TERRANTAR

O projeto IDE-TERRANTAR faz parte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT - Criosfera). Reúne pesquisadores de todo o país para estudos do continente Antártico. Estudam as mudanças climáticas, as características dos solos de regiões frias, as emissões de carbono dos solos e os efeitos da poluição causada pelo homem.

Diversos materiais a respeito do continente Antártico são elaborados por diferentes colaboradores, razão pela qual precisam de acesso de qualquer lugar do país para visualizar e processar suas informações por meio da *Web*.

Para melhor utilização e enriquecimento dessa pesquisa, foram implantados os sistemas para compor a IDE do projeto TERRANTAR, com uso das informações adquiridas nos trabalhos relatados nos capítulos anteriores. Os sistemas utilizados na implantação receberam mais de 170 conjuntos de dados reais, utilizados pelo projeto.

5.1.1. **Componentes de software para a arquitetura da IDE**

A arquitetura do projeto IDE-TERRANTAR está definida em termos de componentes necessários (Figura 5-1). Foram escolhidas três aplicações, uma base de dados e a comunicação tanto por serviços *Web*, como por cliente-servidor. O Geoportal engloba a aplicação de catálogo, pois, neste caso, o catálogo assume a representação do componente de Geoportal, realizando tanto a função de catálogo de metadados, como a função de um centro de integração das informações geoespaciais. Os usuários do projeto fazem uso de um sistema pago, não necessitando de um *DesktopGIS* gratuito, razão pela qual ele não foi incluído na arquitetura da Figura 5-1, mas o que é utilizado faz a comunicação com os serviços *Web* providos pela IDE.

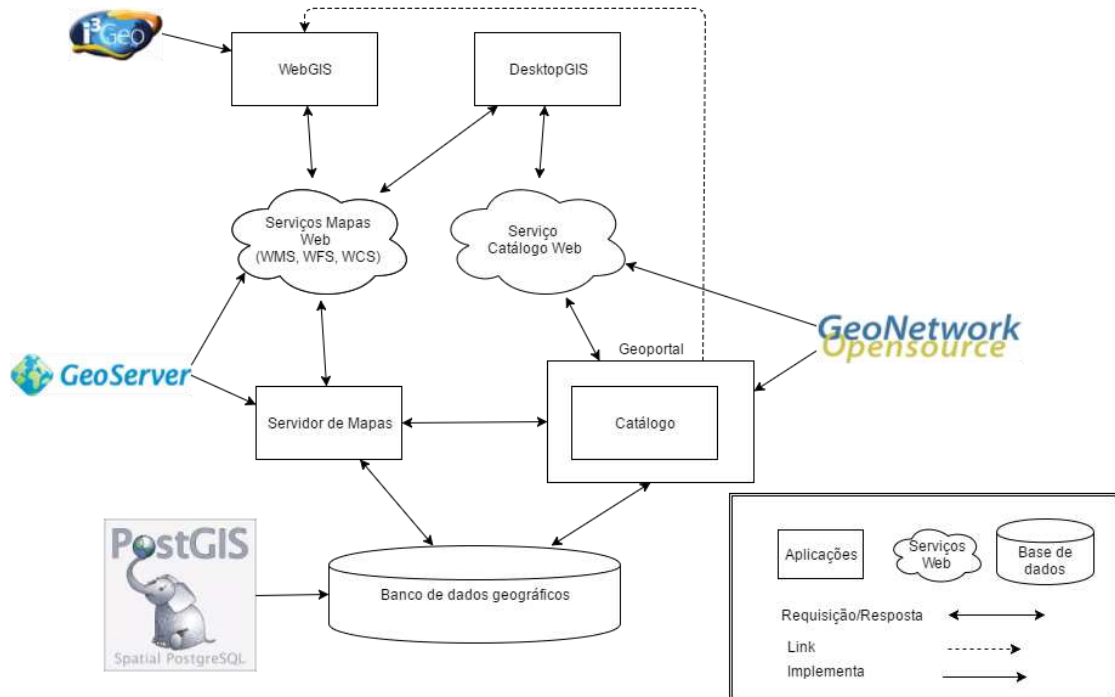


Figura 5-1: Arquitetura de sistemas do projeto IDE-TERRANTAR
 Fonte: do Autor

Os conectores descrevem a forma de comunicação entre os sistemas. Na requisição e resposta, todo sistema solicita alguma informação para o outro e este devolve a resposta. No conector de gravação, o sistema envia informações para o servidor e não espera resposta. O *link* é um conector apenas de referência, não existe nenhuma troca de informações entre os sistemas, há apenas um apontamento de um para o outro.

Na Tabela 5-1, estão listados todos os sistemas utilizados na implantação da IDE do projeto IDE-TERRANTAR. Na primeira coluna, listam-se os componentes da IDE e, na segunda, os sistemas utilizados para implementar o componente.

Tabela 5-1: Tecnologias utilizadas na IDE-TERRANTAR

Componente	Sistema
Catálogo de Metadados	GeoNetWork 2.10.4 – HTML5
Banco de Dados Geográfico	PostgreSQL 9.4 + Extensão PostGIS 2.2.1
Servidor de Mapas	Geoserver 2.8.2
Processamento e visualizador de mapas	I3geo 4.6
GeoPortal	GeoNetWork 2.10.4 – HTML5

Figura 5-2 ilustra o Geoportal do projeto, que permite o acesso às informações espaciais e a exploração dos demais sistemas envolvidos na composição da IDE.

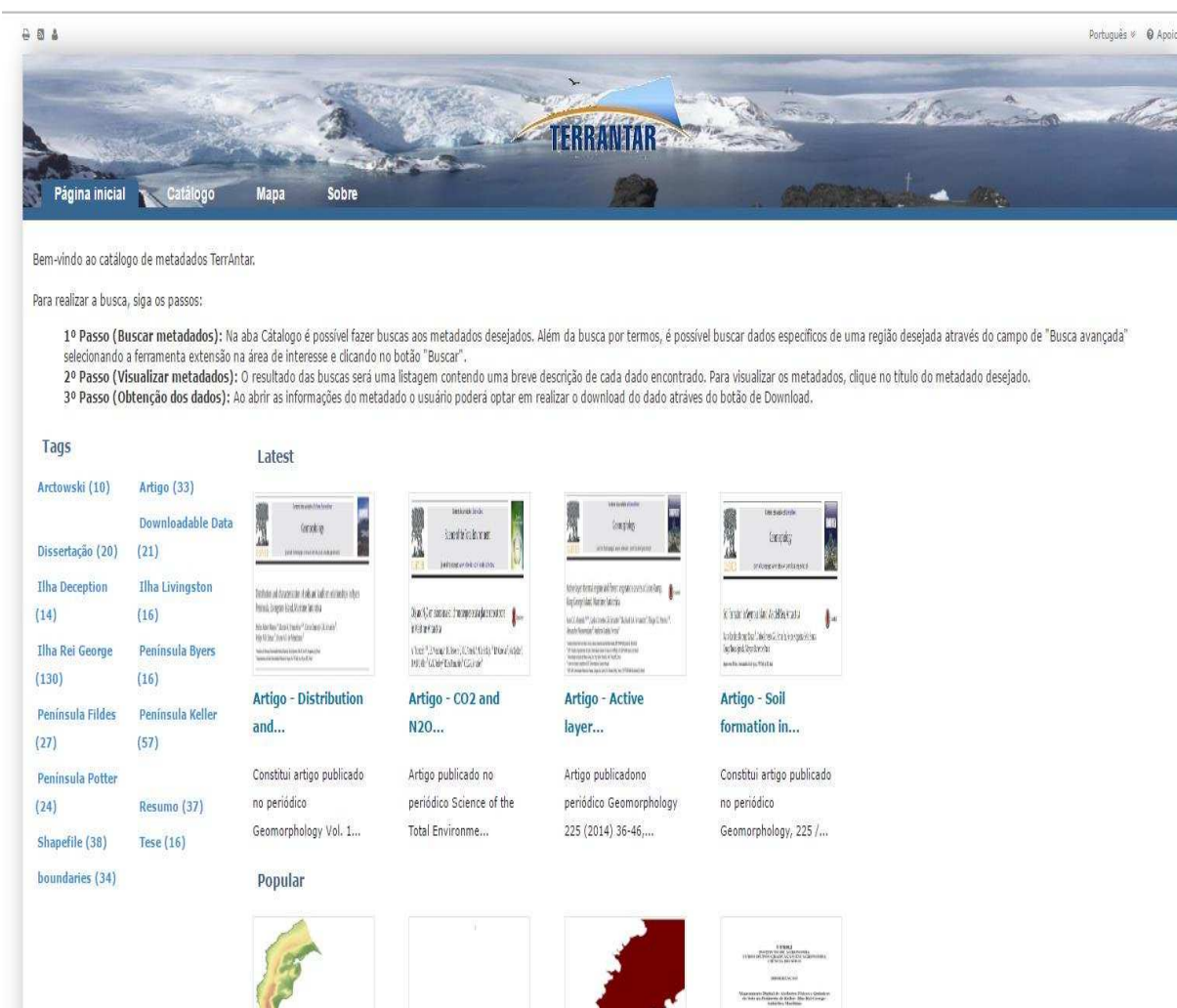


Figura 5-2: Geoportal do projeto IDE-TERRANTAR

5.2 Projeto IDE-CEMIG

A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) financia, em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), o projeto denominado Implantação do Geoportal CEMIG - GIS Corporativo, baseado em Infraestruturas de Dados Espaciais (ALVES et al., 2016). Esse projeto é responsável pelo estudo, desenvolvimento e implantação da IDE-CEMIG, permitindo assim o compartilhando das informações sobre o setor elétrico aos usuários.

Os responsáveis pela implantação da IDE-CEMIG utilizaram como referência de sua implantação os levantamentos realizados por este trabalho. Foi implementada a arquitetura da IDE e a composição de sistemas utilizados pela arquitetura. Esta arquitetura utilizou o estilo arquitetural híbrido, a visão arquitetural genérica, de

sistemas e foram utilizados softwares livres. Após o uso dos levantamentos realizados por este projeto, foi desenvolvido um plano de ação, apresentando os papéis de cada componente da IDE, os processos de instalação e configuração das funções dos sistemas sugeridos, a comunicação entre eles e os requisitos mínimos para sua funcionalidade, visando à obtenção da melhor utilização da IDE.

Alves et al. (2016) apresentam, no planejamento da implantação, quais tecnologias foram utilizadas na IDE-CEMIG. Na Tabela 5.2-1 são apresentados os componentes da IDE e os sistemas utilizados para representar esses componentes.

Tabela 5.2-1: Tecnologias utilizadas na IDE-CEMIG

Fonte: adaptado de (ALVES et al., 2016)

Componente	Sistema
Catálogo de Metadados	GeoNetwork 3.0.3
Banco de Dados Geográfico	PostgreSQL 9.4 + Extensão PostGIS 2.2.1
Servidor de Mapas	Geoserver 2.8.2
GeoPortal	Node.JS + Ruby on Rails

Os autores representaram o fluxo das informações do GeoPortal, apresentando a organização dos sistemas escolhidos e o modo como são utilizados na IDE. Na Figura 5.2-1, é possível observar que a organização dos componentes é similar à aplicada para o projeto IDE-TERRANTAR. O catálogo de metadados comunica-se diretamente com o servidor de mapas; este, por sua vez, realiza as inserções no banco de dados geográficos. O projeto IDE-CEMIG construiu seu próprio GeoPortal, pois como foi relatado nos capítulos anteriores, não foi encontrado um sistema com esta funcionalidade e, desta forma, a informação de que um GeoPortal precisa ser adaptado ou construído, personalizado, corrobora com a informação apresentada por esta pesquisa. Foi desenvolvido um GeoPortal, com uso de várias tecnologias, como *Node.js*, *Ruby 2.2.3* e *Rails Framework 4.2.5*.

A arquitetura genérica sugerida por este trabalho está representada pela IDE-CEMIG, visto que os componentes utilizados por esse projeto estão contidos na arquitetura sugerida. O estilo híbrido sugerido foi implementado, uma vez que existe a comunicação via serviços *Web* e persistência de dados. A comunicação é centralizada por um GeoPortal que conecta o catálogo de metadados e o servidor de mapas *Web*. A IDE disponibiliza conteúdo e serviços espaciais, fornece mecanismos para busca, acesso, colaboração e visualização, em um ambiente estável e organizado.

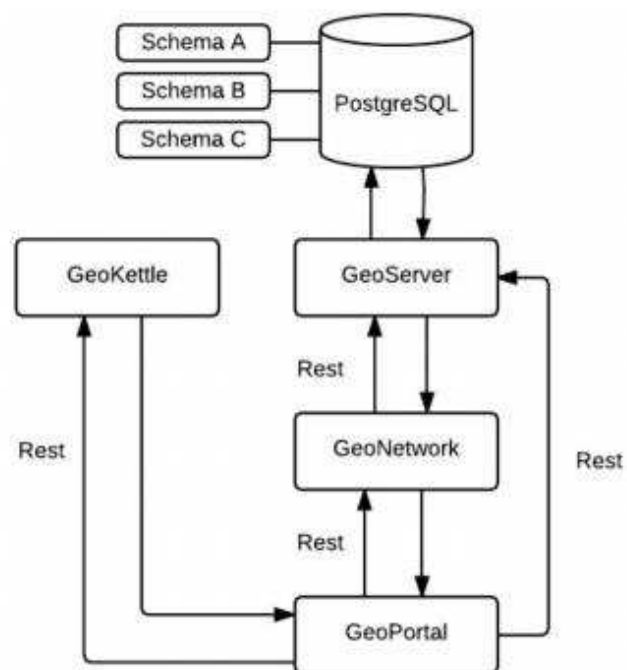


Figura 5.2-1: Fluxo das informações da IDE-CEMIG. Fonte: (ALVES et al., 2016)

6 CONCLUSÕES

Com base nos estudos e pesquisas realizadas, conforme referencial bibliográfico, este trabalho propôs uma visão arquitetural genérica, com uso de *software* livre para a infraestrutura nacional de dados espaciais. Essa arquitetura descreve os componentes necessários para futuras implantações de IDEs e apresenta os sistemas utilizados em sua composição. Foram avaliados os sistemas, implementados no projeto IDE-TERRANTAR, e, ao final, comparados com a IDE-CEMIG, desenvolvida por Alves et al. (2016), o que atende, assim, ao objetivo geral proposto nesta pesquisa.

Os objetivos específicos desta pesquisa foram alcançados, um levantamento das arquiteturas foi realizado, foram feitas análises da lista proposta por Schilberg (2009), revisões de outras pesquisas foram realizadas para enriquecimento e melhor avaliação dos sistemas candidatos e, como observado no Capítulo 4, foram realizadas instalações e configurações de diferentes sistemas para o projeto IDE-TERRANTAR para especificar uma visão arquitetural genérica.

A implantação da IDE do projeto TERRANTAR permitiu a investigação dos sistemas necessários para compor uma IDE, assim como, uma análise completa da arquitetura a ser utilizada. A implementação dessa IDE permitiu a divulgação, exploração, acesso e manipulação dos dados espaciais sobre o continente Antártico, fornecidos por este projeto.

Cabe destacar, como resultados alcançados por este trabalho, a etapa de verificação da visão arquitetural e os sistemas selecionados. Foram comparados com os da IDE-CEMIG, projeto que criou um plano de implantação, com as orientações técnicas e políticas, dos padrões para o setor elétrico e seus atores.

Entre as dificuldades que surgiram no desenvolvimento deste trabalho listam-se a escolha dos sistemas a serem analisados, a definição dos critérios utilizados para selecionar os sistemas para compor a IDE e o estabelecimento de uma arquitetura que possa ser utilizada por responsáveis pela implantação da IDE.

Como sugestões de trabalhos futuros, pode-se utilizar a arquitetura genérica proposta por este trabalho e definir novos sistemas para sua composição. Pode-se também escolher novos sistemas para serem analisados e avaliados, uma vez que os sistemas estão em constante evolução, outros podem apresentar melhores recursos.

Esta pesquisa não contemplou todos os sistemas existentes e novos sistemas podem ser analisados, como é o caso *p.mapper*, *QGIS Server*, que são sistemas de *WebGIS*.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. et al. *Plano de Implantação da Infraestrutura de Dados Espaciais - IDE*. Viçosa: Relatório técnico do PPGCC do Departamento de Informática, 2016. v. 1.0
- ANGUIX, A.; DIAZ, L. gvSIG: A GIS desktop solution for an open SDI. *Journal of Geography and Regional Planning*, v. 1, n. 3, p. 41–48, 2008.
- BÉJAR, R.; LATRE, M. Á.; NOGUERAS-ISO, J.; MURO-MEDRANO, P. R.; ZARAZAGA-SORIA, F. J. An architectural style for spatial data infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 23, n. 3, p. 271–294, 2009.
- BERNARD, L.; CRAGLIA, M. *SDI-from spatial data infrastructure to service driven infrastructure*. In: RESEARCH WORKSHOP ON CROSS-LEARNING BETWEEN SPATIAL DATA INFRASTRUCTURES AND INFORMATION INFRASTRUCTURES, 2., 2005. *Proceedings...* Enschede, Holanda, 2005
- BERNARD, L., CRAGLIA, M., GOULD, M., & KUHN, W. *Towards an SDI Research Agenda*. In: EUROPEAN COMMISSION-GEOGRAPHIC INFORMATION (EC-GI) AND GIS WORKSHOP, 11., 2005, Sardinia. *Proceedings...* Sardinia, EC GI & GIS Workshop, p. 147–151.
- BOSTONGIS. Compare SQL Server 2008 R2, Oracle 11G R2, PostgreSQL/PostGIS 1.5 Spatial Features. Bostongis.com, 2008. Disponível em: <http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content_name=sqlserver2008r2_oracle11gr2_postgis15_compare>. Acesso em: 13 fev. 2016.
- BRASIL, M. DO P. O. E G. *Plano de Ação para implantação da INDE: Infraestrutura nacional de dados espaciais*. [s.l.] Comissão Nacional de Cartografia(CONCAR), 2010.
- CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. *Bancos de Dados Geográficos*. Curitiba: Editora Mundo Geo, 2005. 504p.
- CAMPOS, A. *O que é software livre*. BR-Linux. Florianópolis, Disponível em: <<http://br-linux.org/2008/01/faq-softwarelivre.html>>. Acesso em: 3 jun. 2016.
- CARRERA-HERNANDEZ, J. J.; GASKIN, S. J. The groundwater modeling tool for GRASS (GMTG): open source groundwater flow modeling. *Computers & Geosciences*, v. 32, n. 3, p. 339–351, 2006.
- CLEMENTS, P., BACHMANN, F., BASS, L., et al. *Documenting Software Architectures: Views and Beyond*, New York, Addison-Wesley, 2002.
- CROMPVOETS, J.; BREGT, A. World Status of National Spatial Data Clearinghouses. *Urban and Regional Information Systems Association (URISA) Journal*, v. 15, n. 1, p. 5–8, 2003.

- DANGERMOND, J. GIS: Helping manage our world. *GIS Development*, v. 10, n. 12, 2005.
- DAVIS JR., C.A.; FONSECA, F.T.; CÂMARA, G. Infraestruturas de dados espaciais na integração entre ciência e comunidades para promover a sustentabilidade ambiental. In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS, 1., 2009, Bento Gonçalves. *Anais...* Bento Gonçalves: SBC/UFRGS, 2009. p. 1279-1288
- DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informações geográficas. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: Inpe, 2001.
- ENGELFRIET, Arnoud. *Choosing an open source license*. IEEE software, v. 27, n. 1, p. 48-49, 2010.
- FGDC. *Federal Geographic Data Committee* (Comitê Federal de Dados Geográficos dos Estados Unidos). Homepage: <www.fgdc.gov>, Acesso em: 3 mar. 2016.
- FONSECA, F.; LUCAS, P.; FILHO, J.; ALVES, A. Comparando sistemas WebGIS de exibição e processamento de informação geográfica no contexto da INDE. In: CONFERÊNCIA IBÉRICA DE SISTEMAS E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO (CISTI), 11., 2016, Gran Canária. *Proceedings...* Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2016), Gran Canária, Ilhas Canárias, Espanha, 2016.
- GARLAN, D.; PERRY, D. E. Introduction to the special issue on software architecture. *IEEE Trans. Software Eng.*, v. 21, n. 4, p. 269–274, 1995.
- COLAZO, Jorge; FANG, Yulin. Impact of license choice on open source software development activity. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 60, n. 5, p. 997-1011, 2009.
- GRANELL, C.; GOULD, M.; MANSO, M. A.; BERNABÉ, M. A. Spatial data infrastructures. In: H. Karimi (Ed.). *Handbook of Research on Geoinformatics*, Hershey Pennsylvania: Idea-Group, 2007.
- GUESSER, Adalto Herculano. *Software livre e controvérsias tecnocientíficas: uma análise sociotécnica no Brasil e em Portugal*, Florianópolis, SC: UFSC, 2005. p. 40
- HUBNER, C. E; OLIVEIRA, F. H. Gestão da Geoinformação em Implementações Multiusuários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. COBRAC-2008. Florianópolis: UFSC, 2008. *Anais...* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 1-10p.
- KRAFZIG, D.; BANKE, K.; SLAMA, D. *Enterprise SOA: Service-Oriented Architecture Best Practices*. Prentice Hall PTR, 2005.
- LAURENT, Andrew M. St. *Understanding open source and free software licensing*. O'Reilly Media, Inc., 2004.

- MACKENZIE, C. M.; LASKEY, K.; MCCABE, F.; BROWN, P. F.; et al. *Reference model for service oriented architecture 1.0*. OASIS, v. 12, 2006.
- MURAKAMI, E., SARAIVA A.M.; JUNIOR L.C.M.R., et al. An infrastructure for the development of distributed service-oriented information systems for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.58, p. 37 – 48, 2007.
- NEBERT, D. *Developing spatial data infrastructures: The SDI cookbook*. Versão 2.0, 2001.
- NOGUERAS-ISO, J.; ZARAZAGA-SORIA, F. J.; BÉJAR, R.; ÁLVAREZ, P. J.; MURO-MEDRANO, P. R. OGC Catalog Services: a key element for the development of Spatial Data Infrastructures. *Computers & Geosciences*, v. 31, n. 2, p. 199–209, 2005.
- OGC. *OGC Reference Model*. OGC, Inc., 2011. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/orm>>. Acesso em: 9 set. 2014
- PERRY, D. E.; WOLF, A. L. Foundations for the study of software architecture. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, v. 17, n. 4, p. 40–52, 1992.
- PICKLE, E. GeoNode: Open Source, SDI and Risk Assessment. In: GI FORUM. 2010, Salzburg. *Proceedings...* Geoinformatics Forum, Salzburg, 2010
- PIÓRKOWSKI, A. Mysql spatial and postgis--implementations of spatial data standards. *EJPAU*, v. 14, n. 1, p. 3, 2011.
- RAJABIFARD, A.; BINNS, A.; WILLIAMSON, I. *Development of a virtual Australia utilising an SDI enabled platform*. In: GLOBAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE, 8., 2005, Cairo, Egito. *Proceedings...* Cairo, Egito, FIG Working Week Conference, 2005.
- RAMOS, C. *Visualização cartográfica e cartografia multimídia: Conceitos e tecnologias*. São Paulo, SP: Unesp, 2005. p. 178.
- RYTTERSGAARD, J. *Spatial data infrastructure: Developing trends and challenges*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPATIAL INFORMATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2., 2001, Ethiopia. *Proceedings...* Addis Ababa, Ethiopia, United Nations Economic Commission for Africa, 2001, p. 1-8.
- SABINO, Vanessa; KON, Fabio. *Licenças de Software Livre: História e Características*. São Paulo, SP: USP, 2009.
- SANTOS, P. O.; MORO, M. M.; DAVIS JR, C. A. *Comparative Performance Evaluation of Relational and NoSQL Databases for Spatial and Mobile Applications*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATABASE AND EXPERT SYSTEMS APPLICATIONS, 26., 2015, Valencia, Spain. *Proceedings...* Valencia, Espanha, Springer International Publishing, 2015. p. 186-200.
- SCHILBERG, B. FreeGIS.org. Disponível em: <<http://freegis.org>>. Acesso em: 2 maio. 2015.

- SHERMAN, G. *Desktop GIS: Mapping the Planet with Open Source Tools*. The Pragmatic Programmers, Raleigh, North Carolina, Dallas, Texas, 2008, 358 p.
- SANTANA, S. A. *Modelagem de comunicação em webgis para a difusão de dados geográficos e promoção da análise espacial*. Belo Horizonte: UFMG, 2009. (Dissertação de mestrado apresentada no Programa de Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais).
- SIKDER, I. U.; GANGOPADHYAY, A.; SHAMPUR, N. V. Interoperability in Web-based Geospatial applications. *International Journal of Information Technology and Web Engineering (IJITWE)*, v. 3, n. 3, 2008, p. 66–88.
- STALLMAN, R. (1999). The GNU operating system and the free software movement. In: *OPEN SOURCES: VOICES FROM THE OPEN SOURCE REVOLUTION*, DiBona, C., Ockman, S. and Stone, M. (eds), Sebastopol, CA: O'Reilly, p. 53–70.
- SOUZA, L. A.; DAVIS, C. A.; BORGES, K. A. V; DELBONI, T. M., et al. *The Role of Gazetteers in Geographic Knowledge Discovery on the Web*. In: *LATIN AMERICAN WEB CONGRESS, 3.*, 2005, Buenos Aires, Argentina. *Proceedings...* Buenos Aires, IEEE, 2005, p. 9.
- SUTTON, T. *Qgis Server*, 2009. Disponível em: <<http://docs.qgis.org/2.8/en/docs>>. Acesso em: 3 mar. 2016
- WARNEST, M. *A collaboration model for national spatial data infrastructure in federated countries*. Melbourne: Department of Geomatics, The University of Melbourne, 2005, p. 261. Disponível em: <http://www.csdila.unimelb.edu.au/publication/theses/Warnest_PhD_Thesis.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2016.
- WEBER, E.; ANZOLCH, R.; LISBOA FILHO, J.; COSTA, A.C.; IOCHPE, C. *Qualidade de dados geoespaciais*. Porto Alegre: Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999, p. 37. Relatório de Pesquisa - RHAE / CNPq – RP-293.

Comparando sistemas WebGIS de exibição e processamento de informação geográfica no contexto da INDE²⁴

Comparing Web GIS systems for display and processing geographic information in the context of INDE

Fábio J. B. Fonseca, Lucas V. S. Pereira,
Jugurta Lisboa-Filho
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, MG, Brasil
fabio.fonseca@ufv.br, lucasvsilvap@gmail.com,
jugurta@ufv.br

Alisson R. Alves
Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)
Foz do Iguaçu, PR, Brasil
alisson@pti.org.br

Resumo — A visualização e processamento de informações geográficas é uma parte importante para uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE). Escolher o sistema de software para realizar essa tarefa é trabalhoso e complexo. Para auxiliar os implementadores de IDE a definirem quais sistemas poderão ser utilizados, este artigo faz uma comparação de alguns dos sistemas disponíveis atualmente e utilizados por diversas IDE existentes, a fim de fornecer informações para tomada de decisão na escolha dos sistemas a serem utilizados na IDE. Os sistemas foram avaliados com base na implementação da IDE para o projeto TERRANTAR. Este projeto cujo objetivo é disponibilizar dados geoespaciais sobre o continente Antártico, mais especificamente sobre a área de atuação do governo brasileiro naquele continente. Essa análise foi feita utilizando critérios baseados na modelagem de comunicação utilizando WebGIS para difusão e processamento de dados geoespaciais.

Palavras Chave - WebGIS, Web Map Service, Infraestrutura de Dados Espaciais, INDE.

Abstract — Visualization and processing of geographic information is an important part for a Spatial Data Infrastructure (SDI). Choose the software system to accomplish this task is laborious and complex. To assist SDI implementers to define which systems should be used, this article analyzes some of the currently available systems and used by a variety of existing SDI in order to provide information for decision making in choosing the systems to be used in the SDI. The implementation of the SDI for TERRANTAR project

evaluated the systems. This project aimed at providing geospatial data on the Antarctic continent, more specifically on the Brazilian government's area of operations. Communication modeling using Web GIS for dissemination and processing geospatial data made these analysis criteria.

Keywords - WebGIS, Web Map Service, Spatial Data Infrastructure, INDE.

INTRODUÇÃO

Sistemas de Informação Geográfica (*Geographic Information System*, GIS) são sistemas computacionais que integram hardware, software, dados e procedimentos de trabalho [1]. Com o advento da Internet, novas capacidades foram agregadas aos GIS, tais como a disseminação de geo informações e a utilização de usuários em diferentes localidades [2]. Segundo [3], a Internet rapidamente se tornou o meio preferencial para disseminação de dados geoespaciais. Os custos de acesso cada vez mais baixos motivaram o desenvolvimento de toda uma nova classe de sistemas de informação, com uma arquitetura diferenciada em comparação com a de seus predecessores. Para [4], a expansão da Internet forneceu duas principais capacidades aos usuários de informações geográficas: primeiro, permitiu a interação visual dos dados, por meio da criação de servidores Web para a produção de mapas; segundo, os dados geoespaciais podem ser acessados de forma

²⁴ Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI 2016) - <http://www.aisti.eu/cisti2016/>

ampla, permitindo ao usuário trabalhar de qualquer local.

Um sistema de GIS na Web, ou WebGIS, é um software para consulta visual e para realização de operações de análise e interação com dados e informações geoespaciais na Internet [2]. Segundo [5] WebGIS são sistemas de informações geográficas (GIS) que utilizam tecnologias promovidas pela Web. Permitem a disseminação de dados geoespaciais e também a realização de processamento desses dados de forma fácil e com baixo custo. Muitas organizações estão interessadas em distribuir mapas e ferramentas de processamento, sem restrição de tempo e local para os usuários [6].

Os sistemas WebGIS têm evoluído para a plataforma orientada a serviços [7]. A plataforma orientada a serviços permite a troca de dados, compartilhamento de tarefas e automatização de processos pela Internet [8][9]. Os serviços Web facilitam a interoperabilidade na transmissão de informações, na execução de serviços e na comunicação dos catálogos geográficos, por meio dos padrões descritos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) [10]. A OGC é uma organização que promove os mecanismos de normatização para os serviços de catálogo e oferece uma independência tecnológica que permite apresentar, de diversas maneiras, as informações geográficas na Web [11] [12].

A comparação dos sistemas realizada nesta pesquisa tem por objetivo auxiliar os desenvolvedores de sistemas WebGIS na escolha do software para visualização e processamento de informações geográficas. Outro objetivo deste trabalho é auxiliar os diversos órgãos de empresas públicas ou privadas, que queiram se adequar à ação da concepção da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) do Brasil, na implantação de suas infraestruturas de dados espaciais (IDE), descrevendo as melhores características encontradas nos sistemas. Para isso, foi feita uma análise comparativa entre os sistemas escolhidos, para identificar qual sistema é mais robusto, apresenta melhor as informações, possui as melhores ferramentas, maior capacidade de interoperabilidade e facilidade na instalação e documentação.

O restante do artigo está organizado como segue. A Seção II descreve como os sistemas foram escolhidos, relatando os critérios utilizados e os filtros. A Seção III descreve os sistemas de avaliação utilizados sobre os WebGIS selecionados, quais foram os critérios da análise, configuração dos sistemas e as pessoas envolvidas. A Seção IV descreve a análise dos resultados obtidos com a pesquisa. A Seção V apresenta algumas considerações finais.

ESCOLHA DOS SISTEMAS WEBGIS

[13] apresenta uma lista de software livres voltados para a área de informação espacial com mais

de 350 sistemas listados, com crescente aumento a cada ano. Nesta lista figuram sistemas com diferentes propósitos de utilização, razão pela qual realizou-se uma análise para a definição sobre quais desses sistemas eram Web e tratavam da exibição e processamento de dados geoespaciais. Além da lista que serviu de guia para a escolha dos sistemas escolhidos, foi feita uma busca em 56 IDE disponíveis na Web, para descobrir como estas IDE apresentam suas informações geográficas. Foram analisadas IDE de diversos países como Colômbia, Chile, Suíça, Espanha, entre outros. Com esse levantamento, chegou-se na lista de sistemas que foram comparados nesta pesquisa.

Analisando a lista de [13] foi verificado quais sistemas apresentam atualizações constantes, ou que ainda apresentam novas versões com correções de problemas e defeitos, sistemas que estão ativos, ou seja, que não foram descontinuados. Outro fator da escolha dos sistemas foi localizar possíveis usos dos mesmos, para saber onde e por quem estão sendo utilizados. Muitos dos sistemas listados não apresentam atualizações nos últimos anos, desta forma foram descartados mais de 90% da lista apresentada, muitos sistemas não eram atualizados a pelo menos 10 anos. Dos 35 sistemas restantes, verificou-se os sistemas que possuíam o maior uso nas diversas IDE consultadas. Portanto, analisando os sistemas restantes e as IDE estudadas, chegou-se a um número de 14 sistemas, listados na Tabela I.

Da lista inicial, foram analisados quais sistemas estavam de acordo com os objetivos desta pesquisa. Os sistemas Mapserver, Mapfish, MapProxy, Geoserver e P.Mapper foram descartados, pois são provedores de mapas, sem o recurso de geoprocessamento das informações. UDig e Quantum Gis são sistemas desktop, para visualização e geoprocessamento de informações, mas como o objetivo deste estudo está relacionado com WebGIS, estes dois sistemas foram descartados. Desta forma, 7 sistemas atenderam os objetivos, critérios e filtros desta pesquisa, os quais estão destacados em negrito, na Tabela I.

PRIMEIRA LISTA DE SISTEMAS ESCOLHIDOS

Nome	Site
Geoserver	http://geoserver.org/
Mapserver	http://www.mapserver.org/
MapProxy	http://mapproxy.org/
Deegree	http://www.deegree.org/
UDig	http://udig.refractor.net/
Quantum GIS	http://qgis.org/
P.mapper	http://pmapper.sourceforge.net/
Mapbender3	http://mapbender3.org/
GeoMoose	http://www.geomoose.org/
GeoNodo	http://www.geonodo.cl/
I3geo	http://www.i3geo.com.br/i3geo/init/index.php

Esri	http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline/map/maps-and-map-layers
GeoMajas	http://www.geomajas.org/
Map fish	http://www.mapfish.org/

Sistema de Avaliação

A. Critérios da análise

Segundo [14], três aspectos devem ser levados em consideração sobre a visualização de dados geográficos: primeiro, deve possibilitar a apresentação do dado espacial; segundo, deve possibilitar que o usuário analise os dados, podendo inclusive manipular os mesmos; terceiro, deve permitir que o usuário explore dados ainda desconhecidos e sem informação. [15] descreve um modelo para avaliar os sistemas na difusão de dados geográficos e promoção da análise espacial, contemplando os aspectos levantados por [14] e utilizando uma nova abordagem, com conceitos Web 2.0. A Tabela II exibe os requisitos propostos por [15], para avaliação da funcionalidade de visualização dos dados geográficos em sistemas WebGIS.

REQUISITOS PARA AVALIAÇÃO

Requisito	Descrição do requisito
Rq01	Ferramentas básicas: Zoom, PAN, Fit view e Informação
Rq02	Ferramentas iterativas: Medir trecho, Medir área, Consultar dados, Inserir elementos, Impressão
Rq03	Interface dos sistemas: Ordenamento da layer, Conexão com WMS, Legenda, Customização da interface pelo administrador
Rq04	Customização da interface por parte do usuário
Rq05	Customização da interface por parte do implantador
Rq06	Configuração da apresentação

Outros requisitos foram utilizados para avaliação dos sistemas WebGIS: primeiro, apresentação de ferramentas para aplicação de serviços Web, pois, segundo [16], com o desenvolvimento dos serviços Web geoespaciais, os GIS disponíveis na Web evoluíram para a plataforma orientada a serviços, sendo possível criar uma base sólida e unificada das informações geográficas e apresentar as mesmas informações em sistemas diferentes, utilizando os serviços Web; segundo, existência de documentação, para [17], além de instruir os usuários no que eles precisam, a documentação também faz com que os usuários se tornem melhores conhecedores do sistema; terceiro, facilidade de implantação, pois pessoas de diferentes áreas atuam com WebGIS e podem não ter as mesmas facilidades que pessoas da área de computação, daí a importância de que a implantação seja fácil e transcorra em poucas etapas. Esses três requisitos estão sumarizados na Tabela III.

REQUISITOS EXTRAS PARA AVALIAÇÃO DOS WEBGIS

Requisito	Descrição do requisito
Rq07	Documentação e manuais para o usuário
Rq08	Uso de serviços de mapa Web (WMS)
Rq09	Implantação

B. Configuração dos sistemas

O ambiente de implantação dos sistemas foi definido utilizando dois microcomputadores com as mesmas configurações. Ambos possuem instalados o sistema operacional Linux 14.10, processador Intel Core i5-4460S CPU 2.90 GHz x 4, 8 GB de memória RAM.

Para melhor utilização e para enriquecimento da pesquisa, foram implantados os sistemas, utilizando a base de dados provida do projeto TERRANTAR. O projeto TERRANTAR faz parte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT - Criosfera), que reúne pesquisadores de todo o país para pesquisas sobre o continente Antártico. O projeto estuda as mudanças climáticas, características dos solos de regiões frias, as emissões de carbono dos solos e os efeitos da poluição causada pelo homem. Reúne diversos materiais a respeito do continente Antártico e de diferentes colaboradores, precisando do acesso de qualquer lugar do país para visualizar e processar suas informações por meio da Web. Para a instalação de cada sistema foram levantados os pré-requisitos contidos nas páginas Web de cada sistema para, em seguida, realizar a instalação. Cada sistema possui suas particularidades e, por isso, a descrição da instalação em si não é apresentada neste artigo.

C. Pessoas envolvidas

O projeto TERRANTAR, conta atualmente com três professores do Departamento de Solos, um estudante do curso de Agronomia, coordenando os trabalhos de elaboração do banco de dados e de elaboração dos metadados e dois estagiários do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. Todos os participantes são usuários experientes com aplicações de GIS.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Inicialmente os sistemas foram instalados nos servidores e foram feitas as configurações de cada sistema, visando atender as demandas do projeto TERRANTAR. Na etapa de instalação, ao realizar o download dos sistemas para o servidor, alguns problemas foram encontrados: O GeoNodo é um software de código aberto e livre, mas não foi obtido acesso ao código fonte, desta forma, o GeoNodo não foi instalado nos servidores. Diversas mensagens eletrônicas foram enviadas pelo sistema de contato existente no site <http://www.geonodo.cl/>, não sendo obtida qualquer resposta. O software possui uma página de demonstração do produto e, com isso, as análises das ferramentas puderam ser feitas, mas não foi possível analisa-lo sobre o requisito de implantação e configuração da apresentação.

Outro problema encontrado foi com o sistema Deegree, em cujo site principal existe a informação de que ele oferece componentes para a gestão de dados geoespaciais, incluindo acesso dos dados espaciais, visualização e segurança. Porém, o sistema é limitado na parte de gestão e visualização de dados e não apresentou alguns dos elementos básicos da visualização e das ferramentas interativas.

Segundo a metodologia apresentada por [14], as ferramentas básicas mais utilizadas pelos usuários são os botões *zoom*, *pan*, *fit view* e *informação*. Logo, foi avaliado quais sistemas possuíam estas funcionalidades e quais não, os resultados podem ser vistos na Tabela IV.

RQ01 FERRAMENTAS BÁSICAS

Sistema	Zoom	PAN	Fit view	Informação
GeoMajas	x	x	x	x
Geomoose	x	x	x	x
Esri	x	x		x
Mapbender3	x	x	x	x
I3geo	x	x	x	x
GeoNodo	x	x	x	x
Deegree				

Na Tabela V, são representadas as ferramentas interativas mais utilizadas em sistemas WebGIS, pois auxiliam na realização de tarefas elementares no processamento de informações geográficas.

RQ02 FERRAMENTAS INTERATIVAS

Sistema	Medir trecho	Medir área	Consultar dados	Inserir elementos	Impressão
GeoMajas	x	x			x
Geomoose	x	x		x	x
Esri	x	x	x	x	x
Mapbender3	x	x	x	x	x
I3geo	x	x	x	x	x
GeoNodo	x	x	x		x
Deegree	x	x			x

Alguns detalhes sobre a interface dos sistemas devem ser levados em consideração devido à importância para a apresentação dos dados, como visto na Tabela VI.

RQ03 INTERFACE DOS SISTEMAS

Sistema	Ordenamento da layer	Conexão com WMS	Legenda	Customização da interface pelo administrador
GeoMajas		x	x	x
Geomoose			x	
Esri	x	x	x	x
Mapbender3	x	x	x	x
I3geo	x	limitado	x	x
GeoNodo		x	x	

Deegree			x	
---------	--	--	---	--

Os GIS permitem a customização da interface do usuário e esta funcionalidade não pode faltar nos WebGIS, pois cada usuário pode customizar a visualização das informações e posicionar os elementos de acordo com sua necessidade. Na Tabela VII pode ser observado como os sistemas lidam com essa funcionalidade.

RQ04 CUSTOMIZAÇÃO DA INTERFACE POR PARTE DO USUÁRIO

Sistema	Característica
GeoMajas	Permite alterar o tamanho dos elementos apresentados na página, aumentar o tamanho do mapa e retrain e expandir os elementos laterais.
Geomoose	Permite apenas alterar o tamanho do menu lateral esquerdo, fazendo com o tamanho do mapa aumente.
Esri	Não permite alterar nenhum elemento do mapa.
Mapbender3	Permite alterar as barras laterais de posição e remover itens.
I3geo	Retrai e expande as barras laterais, aumenta e diminui a barra de ferramentas.
GeoNodo	Retrai e expande as barras laterais, aumenta e diminui a barra de ferramentas.
Deegree	Não permite qualquer alteração no mapa apresentado.

A customização da interface por parte do implantador é necessária, pois permite que diferentes organizações utilizem o mesmo sistema, mas com liberdade de customizá-lo de acordo com suas necessidades. Na Tabela VIII são apresentados os níveis de facilidade, dificuldade e quais elementos e componentes são permitidos na customização da interface por parte do implantador.

RQ05 CUSTOMIZAÇÃO DA INTERFACE POR PARTE DO IMPLANTADOR

Sistema	Característica
GeoMajas	Oferece customizações da interface, mas difícil localização para alteração. Não possui nenhum menu para alterar a interface pelo administrador e o código fonte para alterar os elementos não está bem definido, localizando em diferentes partes.
Geomoose	Permite a edição de algumas partes do visualizador, mas nenhuma mudança radical dos elementos. Alteração no logotipo, cores, nome do projeto ou empresa, etc.
Esri	Oferece diversas maneiras para apresentar o mesmo mapa. Permite ao implantador visualizar o mapa em temas diferentes, atualmente estão disponíveis 24 temas. São oferecidas ainda algumas alterações do tema, como por exemplo, mudança da cor dos elementos, alteração do título, imagens do logotipo, etc. Caso sejam necessárias alterações na organização dos elementos, é preciso alterar diretamente no código fonte.

Mapbender3	Oferece temas prontos para o implantador e também permite a criação de um mapa do zero, permitindo escolher a localização de diversos componentes pelo mapa. São mais de dez itens que podem ser escolhidos e personalizados quanto a sua localização. Possui quatro partes visuais disponíveis para escolha dos elementos, rodapé, cabeçalho, barra lateral e conteúdo principal. Além de permitir a alteração nos elementos básico como logotipo, nome do projeto e empresa, cores. Porém o código fonte para alteração destes elementos não é simples de localizar.
I3geo	Existem diferentes modelos já definidos, bastando o implantador alterar o código em um arquivo de configuração. Também existe a possibilidade de alterações na visualização, mudanças que não são tão simples quanto a versão que já está pronta. Nos testes feitos, houve alguns problemas para troca da visualização das barras laterais de posição. Fácil customização dos elementos básicos, tais como logotipo, cores, nomes.
GeoNodo	Não foi obtido acesso ao código fonte e à parte administrativa, portanto as alterações que são permitidas para o implantador não foram contempladas.
Deegree	Possui pouquíssimos elementos visuais e nenhuma customização foi possível.

A configuração dos sistemas é uma etapa trabalhosa, pois envolve vários programas com características particulares, necessitando atenção especial em cada sistema. Na Tabela IX estão listados os desafios encontrados na configuração da apresentação dos dados para os usuários.

RQ06 CONFIGURAÇÃO DA APRESENTAÇÃO

Sistema	Característica
GeoMajas	A Configuração é complexa, o <i>site</i> possui pouquíssima documentação, no que diz respeito à parte de alterar os temas e à visualização dos dados. Configurar um servidor de WMS para a apresentação dos dados é complexo, utiliza várias linhas de código e as alterações são feitas diretamente no arquivo.
Geomoose	Muito difícil criar camadas. Na maioria das vezes, o sistema não carregou o WMS e a parte de Log não apontava onde ocorriam os erros. A personalização do tema não apresenta dificuldades.
Esri	A configuração é feita <i>online</i> . O <i>site</i> é intuitivo e possui boa documentação. Após a configuração, basta salvar o mapa e gerar o código, que é utilizado para ser adicionado no servidor local. Como é um serviço <i>Web</i> , o sistema local acessa os servidores da Esri com base no código e então são feitas as buscas do sistema previamente configurado. Achar o código fonte não é crucial e de difícil localização.
Mapbender3	A configuração do sistema é feita por meio de um painel administrativo bem intuitivo e muito bem documentado. O sistema permite várias adaptações na visualização

	das informações; permite remover e adicionar elementos, possui componentes para adicionar servidores WMS; apresenta dois aplicativos de demonstração previamente instalados, caso não queira configurar um sistema a partir do zero. Ocorreram problemas na configuração, pois, por mais que se tenha colocado os mesmos elementos que os previamente instalados, não foi possível atingir o mesmo resultado. Não é fácil descobrir onde os dados ficam armazenados para realizar alterações. As alterações podem ser feitas no painel administrativo ou podem ser feitas diretamente nos arquivos.
I3geo	Possui boa documentação para configuração, porém vários erros surgiram na alteração da exibição das informações. O sistema é instalado com informações em excesso, apresenta dados de outras bases, que muitas vezes fogem ao escopo do projeto, por isso, foi preciso limpar essas informações prévias para depois inserir as configurações. A maioria das alterações é feita diretamente nos arquivos. O painel administrativo é pouco intuitivo e sem padrão <i>Web 2.0</i> .
GeoNodo	Não avaliado por falta de acesso ao código para implantação.
Deegree	Após a instalação, o <i>Deegree</i> assim como <i>Mapserver</i> e <i>Geoserver</i> poderia ser classificado como um servidor de mapas ou camadas. Seu visualizador é limitado e não possui qualquer recurso de Geoprocessamento, diferentemente do que está escrito no <i>site</i> principal. Não foi possível criar qualquer alteração que fizesse sentido no objetivo desta pesquisa.

Para a realização das etapas anteriores, a documentação foi fundamental para os implantadores. Por isso, os sistemas foram analisados neste requisito para usuários e futuros implantadores dos sistemas. A Tabela X descreve como os sistemas apresentam sua documentação e em quais níveis: manuais de usuário, para desenvolvedores, implantadores, etc.

RQ07 DOCUMENTAÇÃO E MANUAIS PARA O USUÁRIO

Sistema	Característica
GeoMajas	Possui uma página de documentação, existe documentação separada para usuário e desenvolvedor. Conteúdo apenas em inglês. Poucas instruções.
Geomoose	Possui uma documentação completa, ensinando várias etapas da utilização e configuração do sistema. Possui informações para o usuário, implantador e desenvolvedor. Conteúdo apenas em inglês.
Esri	Possui um excelente guia para o usuário e implantador, com vídeos mostrando passo a passo as etapas para configuração de mapas, administração do sistema, publicação de camadas, etc. Conteúdo em português.
Mapbender3	Documentações separadas para usuários, implantadores e desenvolvedores. Conteúdo em inglês e alemão. Possui um guia com imagens para auxiliar os utilizadores. Conteúdo completo da configuração e utilização.
I3geo	Possui conteúdo totalmente em português, por se tratar de um sistema brasileiro.

	Conteúdo completo para auxiliar os usuários e implantadores. Possui a documentação da API para ser utilizada por desenvolvedores.
GeoNodo	Existe um guia para instruir o usuário na utilização dos sistemas, mas não encontramos a documentação para realizar a instalação.
Deegree	Possui uma página online ou a possibilidade de download do arquivo da documentação. Documentação com vários guias para os utilizadores. Conteúdo apenas em inglês.

Como foi mencionado anteriormente, a utilização de serviços Web é importante para evitar a duplicação de dados. O sistema Geoserver foi utilizado para hospedar todos os arquivos, fazendo desta forma apenas um único cadastro de dados. Todos os sistemas analisados fizeram a leitura e interação com o serviço de Mapa Web (WMS). A utilização de serviços Web foi classificada como uma funcionalidade relevante para um sistema de visualização de dados. Na Tabela XI estão as informações sobre cada sistema na utilização de serviços web como o WMS.

RQ08 USO DE SERVIÇOS DE MAPA WEB (WMS)

Sistema	Característica
GeoMajas	A configuração do WMS é complexa, foi preciso criar um arquivo extenso com várias configurações. O sistema não oferece a entrada do WMS pelo usuário.
Geomoose	Difícil configuração do WMS, o sistema não oferece a entrada do WMS pelo usuário.
Esri	O sistema não permite a entrada do WMS pelo usuário, mas a inserção do WMS pelo implantador é extremamente fácil e possui manual para auxílio.
Mapbender3	Oferece a entrada do WMS pelo usuário e a configuração do WMS é extremamente robusta, com várias configurações adicionais e de fácil inserção.
I3geo	Não permite a entrada do WMS pelo usuário, mas oferece uma página de configuração do WMS para o implantador.
GeoNodo	Oferece a entrada do WMS pelo usuário. Não foi obtido acesso à parte administrativa para configurar um WMS pelo implantador.
Deegree	Por ser um servidor de mapa, o próprio mapa exibido é um WMS, mas não há possibilidade de adicionar outro WMS ao mesmo mapa.

A implantação é a primeira etapa de todo o processo. Consiste em baixar o código fonte dos sistemas, realizar a instalação no servidor e configurar os componentes extras necessários a cada sistema. As implantações dos sistemas foram realizadas por dois implantadores, um sênior e um júnior. Cada um executou a instalação de todos os sistemas analisados para que fosse dado um parecer individual de acordo com seu nível de experiência com instalação de sistemas. Na Tabela XII estão os pareceres combinados dos implantadores.

RQ09 IMPLANTAÇÃO

Sistema	Característica
GeoMajas	Por ser Java, a instalação precisou da utilização do <i>Tomcat</i> que algumas pessoas sem conhecimento em Java podem ter dificuldades, mas a instalação é simples, basta seguir os passos indicados pelo site.
Geomoose	Instalação simples para o implantador Sênior, mas trabalhosa para o implantador Júnior, este não conseguiu encontrar os erros da instalação, pois o Geomoose não apresentou os mesmos de forma explícita, dificultando a solução e reparo.
Esri	A instalação é diferente dos outros sistemas, é preciso configurar o mapa online e, com o código gerado, baixar do site e realizar a instalação, que é simples, bastando copiar a pasta com o código fonte para dentro da pasta de configuração do apache. Porém encontrar o código fonte através do site não é simples, pois a informação para esta tarefa fica escondida e foi preciso vários níveis de páginas para ter acesso ao código.
Mapbender3	A instalação do mapbender3 é bem documentada, mas apresenta várias etapas que para alguns pode ser complicada. Existe um assistente para verificar todos os requisitos do sistema, verificar quais estão bem configurados e quais são os problemas encontrados. Esse assistente ajuda a apontar os problemas, mas para uma pessoa leiga em instalação, pode ser trabalhoso sanar todos os erros devido à dificuldade de interpretação dos mesmos e encontrar as possíveis soluções. Para fazer a instalação, é preciso realizar alguns comandos de alteração de acesso das pastas no Linux, tarefa perigosa e que pode danificar todo o sistema, se mal executada.
I3geo	Apresenta boa documentação para instalação, mas assim como para o Mapbender3, foi preciso criar pastas no servidor e alterar permissões de acesso. Possui diversos materiais disponíveis na Web para auxílio da instalação.
GeoNodo	Não avaliado, pois não foi obtido acesso ao código para implantação.
Deegree	Fácil instalação, sem complexidade, porém também necessita de um servidor Java o que pode não ser tão simples para pessoas sem experiência com implantação.

Conclusão

Este artigo comparou sistemas WebGIS para exibição e processamento de informações geográficas no contexto da INDE selecionados da lista de [13]. A partir desta, foram utilizados critérios para filtrar sistemas Web com atualizações recentes e que atendiam aos requisitos de exibir e processar informações geográficas. Sete sistemas foram escolhidos para análise. Todos os sistemas foram implantados para o projeto TERRANTAR, do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT - Criosfera), que, por sua vez, reúne pesquisadores de todo o país para pesquisas na Antártica e necessitavam de um sistema para apresentação, processamento e visualização dos dados geoespaciais que possuem, através da Web.

Os sistemas foram comparados através de nove requisitos, cada sistema foi analisado individualmente e mediante os resultados obtidos, é possível observar que os sistemas Mapbender3, I3geo

e GeoMajas apresentam graus de maturidade relativamente próximos e são superiores aos demais, principalmente no que tange às características de uso de serviços de Mapa Web, instalação e configuração. Porém, os sistemas apresentam particularidades, alguns quanto à instalação, outros quanto à configuração e documentação. Definir o sistema a ser instalado deve levar em consideração o aspecto que melhor atenda as necessidades do implantador, como, por exemplo, ser de fácil instalação, apresentar compatibilidade com serviços Web, ter boa documentação. Esses aspectos devem ser analisados e utilizados na escolha do sistema.

No caso do projeto TERRANTAR, o aspecto mais importante que um sistema deveria apresentar seria a habilidade de utilização de WMS. Além desse aspecto, foi escolhida a documentação como fator essencial para a escolha. Após essas análises, concluímos que os sistemas que melhor representam estes aspectos são Mapbender3 e I3geo. Caso os aspectos mais importantes fossem diferentes dos que escolhemos para definição do sistema a ser utilizado, outro sistema poderia ser escolhido, pois a diferença entre os sistemas foi sensível. Em poucos pontos os resultados das características foram muito melhores em um sistema do que em outro.

Portanto, foram apresentados nove requisitos e avaliados sete sistemas para auxiliar implantadores na escolha do sistema de exibição e processamento de informação geográfica no contexto da INDE. Foram apresentados os aspectos de cada sistema baseados nos requisitos para auxiliar à tomada de decisão. A partir desta análise, cabe ao implantador definir suas prioridades baseados nos requisitos e escolher qual sistema representa os objetivos a serem alcançados pelo projeto.

Agradecimentos

Projeto parcialmente financiado com recursos do CNPq, Fapemig e pela CEMIG-Companhia Energética de Minas Gerais.

Referências Bibliográfica

[1] J. Dangermond, "Gis: Helping manage our world," GIS Development, vol. 10, no. 12, 2005.

[2] C. HUBNER and F. Oliveira, "Gestão da geo informação em implementações multiusuários," no Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC, Florianópolis, 2008.

[3] C. Davis Junior, L. Souza, and K. Borges, "Disseminação de dados geográficos na internet," Bancos de Dados Geográficos. Curitiba: Espaço Geo, pag. 353-378, 2005.

[4] E. M. Gillavry, "Cartographic aspects of webgis software," Department of Cartography Utrecht University, Submitted thesis for degree of Ph. D, 2000.

[5] M. Pascaul, E. Alves, T. de Almeida, G. S. de França, H. Roig, and M. Holanda, "An architecture for geographic information systems on the web webgis," in Proc. Fourth International Conference on Advanced Geo-graphic Information Systems, Applications and Services, GEOProcessing, 2012.

[6] A. Alesheikh, H. Helali, and H. Behroz, "Web gis: technologies and its applications," no Symposium on

geospatial theory, processing and applications, vol. 15, 2002.

[7] Z.-R. Peng and M.-H. Tsou, Internet GIS: distributed geographic information services for the internet and wireless networks. John Wiley & Sons, 2003.

[8] C. A. N. D. C. CONCAR, Plano de Ação para Implantação da INDE. 2010

[9] K. L. Lee, J. A. M. M. David Stotts, and R. L. H. S. G. M. Emrys Treasure, Emrys Treasure, "Integrating gis visualization tools for ecosystem management," no The Sixth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services, 2014.

[10] L. Stoimenov and S. Kajan, "Framework for semantic gis interoperability," FACTA Universitatis, Series Mathematics and Informatics, vol. 17, no. 2002, pag. 107-125, 2002.

[11] J. Noguera-Iso, F. J. Zarazaga-Soria, and P. R. Muro-Medrano, "Geographic information metadata for spatial data infrastructures," Resources, Interoperability and Information Retrieval, 2005.

[12] F. J. Lopez-Pellicer, W. Rentería-Agualimpia, J. Noguera-Iso, F. J. Zarazaga-Soria, and P. R. Muro-Medrano, "Towards an active directory of geospatial web services," no Bridging the Geographic Information Sciences, pag. 63-79, Springer, 2012.

[13] B. Schilberg, "The FreeGis Project provides," 2009.

[14] M. Kraak, "Visualising spatial distributions," Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management. New York, John Wiley and Sons, pag. 157-73, 1999.

[15] S. A. Santana, "Modelagem de comunicação em webgis para difusão de dados geográficos e promoção da análise espacial," Master's thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Feb. 2009.

[16] C. Mayer, B. Stollberg, and A. Zipf, "Providing near real-time traffic information with In:spatial data infrastructures," Advanced Geographic Information Systems & Web Services, 2009. GEOWS'09. International Conference on IEEE, pag. 104-111, IEEE, 2009.

[17] L. A. Gemoets and M. A. Mahmood, "Effect of the quality of user documentation on user satisfaction with information systems," Information & management, vol. 18, no. 1, pag. 47-54, 1990.

APÊNDICE B

Uma busca por IDE existentes foi realizada a fim de descobrir os sistemas utilizados em sua composição. Abaixo estão os nomes e os *links* de acesso a cada IDE encontrada.

Nome da IDE	LINK
Colômbia	
Dados espaciais da Colombia	http://idesc.cali.gov.co:8081/geoserver/ows?service=wms&version=1.3.0&request=GetCapabilities
Visor de ecosistemas continentales y costeros	http://www.icde.org.co/web/guest/aplicaciones_ideam
Serviço GEOLÓGICO Da COLOMBIA	http://www2.sgc.gov.co/Geoportal/Visor-de-mapas.aspx
Visor geográfico del IGAC	http://www.icde.org.co/web/guest/aplicaciones_igac
Áreas de reglamentación especial	http://www.icde.org.co/web/guest/aplicaciones_igac
Educação	http://sigeo.mineducacion.gov.co/proyectoSIG_MEN/
Gacetero de la Ecorregión en el SIR.	http://www.icde.org.co/web/guest/aplicaciones_sir
Chile	
IDE Chile - Visor de Mapas	http://www.ide.cl/
Justiça	http://www.ide.cl/ides-en-chile/ministeriales.html
Ministerio da Agricultura	http://ide.minagri.gob.cl/geonetwork/srv/es/main.home
Sistema de Información Territorial de Maipú	http://portal.maipu.cl/sitma/
Municipalidad de Quillota	http://sig.emprendequillota.cl/
municipio de San Antonio	http://gea-arcgis.sanantonio.cl/index.html
Espaciales Atacama	http://goreatacama.gob.cl/infraestructura-de-datos-espaciales-atacama/
Los lagos	http://geonodo.goreloslagos.cl/geonodo30/index.php?r=site/start&geoprofileId=99
IDE Coquimbo	http://mapascoquimbo.gorecoquimbo.cl/flexviewer/gm/
IDE Araucanía	http://geonodo.gorearaucaia.cl/geonodo30/index.php?r=site/start&geoprofileId=3
IDE O'Higgins	http://sir.dellibertador.gob.cl/sir-ohiggins/moduloCartografico/composer/
IDE Los Ríos	http://www.idelosrios.cl/trewasig_gore/menu.htm
Militar do Chile	http://200.27.184.149/IGM/
Canada	
Natural Resources Canada	https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography/topographic-information/free-data-geogratis/11042
EUA	
NASA	http://sedac.ciesin.org/maps/services
North American Environmental Atlas	http://www.cec.org/atlas/map/
Mexico	
Instituto Nacional de Estadística y Geografía	http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/serviciosweb/infogeografica.aspx
Global	
Find and Analyze GEOspatial	http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home
FIRMS Web Fire Mapper	https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/firemap/
USGS Earth Resources Observation and Science (EROS)	http://earthexplorer.usgs.gov/
Marte	http://jmars.mars.asu.edu/maps/
Espanha	http://www.idee.es/web/guest/introduccion-a-las-ide
Suiça	http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/en/home.html
Polônia	http://geoportal.gov.pl/en/
Brasil	
IDE sus	http://i3geo.saude.gov.br/i3geo/sage/abremapa.php?id=1
IPEA	http://mapas.ipea.gov.br/i3geo/
Instituto Chico Mendes	http://mapas.icmbio.gov.br/i3geo/icmbio/mapa/externo/home.html
SIAGEO - Amazônia	http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/webgis.html
Funai	http://www.funai.gov.br/index.php/i3geo