

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
CAMPUS TIMÓTEO**

Matheus Correia Cardoso

**AVALIAÇÃO DE ARQUITETURAS E FERRAMENTAS  
COMPUTACIONAIS UTILIZADAS NA IMPLEMENTAÇÃO DE  
INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS**

**Timóteo**

**2018**

**Matheus Correia Cardoso**

**AVALIAÇÃO DE ARQUITETURAS E FERRAMENTAS  
COMPUTACIONAIS UTILIZADAS NA IMPLEMENTAÇÃO DE  
INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS**

Monografia apresentada à Coordenação de Engenharia de Computação do Campus Timóteo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Odilon Corrêa da Silva

Timóteo

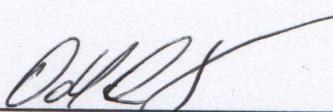
2018

Matheus Correia Cardoso

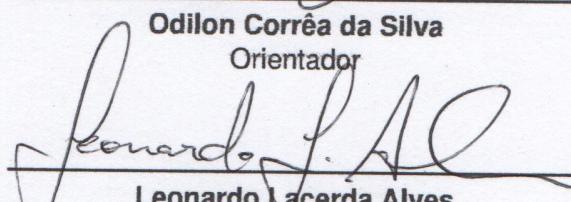
**AVALIAÇÃO DE ARQUITETURAS E FERRAMENTAS  
COMPUTACIONAIS UTILIZADAS NA IMPLEMENTAÇÃO DE  
INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS**

Monografia apresentada à Coordenação de Engenharia de Computação do Campus Timóteo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

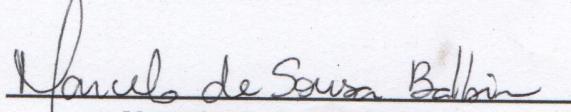
Trabalho aprovado. Timóteo, 31 de Outubro de 2018:

  
Odilon Corrêa da Silva

Orientador

  
Leonardo Lacerda Alves

Professor Convidado

  
Marcelo de Sousa Balbino

Professor Convidado

Timóteo

2018

Dedico esse trabalho à minha família  
por todo apoio e incentivo que foram  
essenciais para este momento  
se concretizar.

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais Francisco e Lucir, que sempre me apoiaram e me fizeram entender que na vida temos que lutar muito para conquistar nossos objetivos. Ao meu irmão Wheyclafe pelo apoio e por estar junto no dia a dia. Minha esposa Amanda que com muita paciência e incentivo me ajudou a chegar neste momento tão aguardado. Aos meus amigos que sempre caminharam junto comigo, os vários colegas que fiz durante a graduação que também almejavam a formação e os amigos de trabalho que contribuíram imensamente.

Agradeço ao Marcone e Fabiane pela oportunidade de ingressar no mercado de trabalho e por todo o suporte dado para concluir minha formação. Ao Breno por compartilhar de seus conhecimentos. E aos demais colegas da Futurotec por sempre incentivar e apoiar para o cumprimento deste objetivo pessoal.

Agradeço ao CEFET-MG, a todos os professores que de alguma forma conseguiram transmitir algo valioso que levarei para toda a vida, o conhecimento.

Agradeço também a equipe administrativa e os demais funcionários por proporcionarem um ambiente agradável e aconchegante para o meu crescimento pessoal e intelectual.

Agradeço em especial ao professor Odilon Corrêa da Silva que foi de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho, contribuindo não só com seus inestimáveis conhecimentos mas também com todo incentivo necessário para alcançar o objetivo final.

*'O saber deve ser como um rio, cujas águas doces, grossas,  
copiosas, transbordem do indivíduo, e se espraiem,  
estancando a sede dos outros.  
Sem um fim social, o saber será a maior das futilidades.'*

*Gilberto Freyre*

# Resumo

Compartilhar informação geográfica é uma atividade essencial. Estudos nesta área vem sendo realizados desde o surgimento dos sistemas de informação geográficas (SIG), em grande parte devido ao custo de levantamento e manutenção da informação.

É comprovado que uso de informações geográficas auxilia na tomada de decisões com respeito a uma gestão, seja ela pública ou privada, para direcionamento de recursos, exploração de áreas não populadas, distribuição demográfica.

Inicialmente, o compartilhamento dependia da criação e adoção de padrões para transferência de dados. Na prática os esforços foram direcionados para a criação de GeoPortais para centralizar as informações.

O foco atual em Infraestruturas de Dados Espaciais muda essa situação, definindo sistemas baseados em uma arquitetura orientada a serviços, permitindo a criação de ambientes compartilhados, distribuídos e interoperáveis através de serviços Web.

Este trabalho explora arquiteturas e ferramentas computacionais utilizadas para implementar uma Infraestrutura de Dados Espaciais, e avalia a conformidade entre as ferramentas e componentes da arquitetura utilizada.

**Palavras-chave:** SDI, SGBD, SDI Local, Infraestrutura de Dados Espaciais.

# Abstract

Sharing geographical information is an essential activity. Studies in this area have been carried out since the arrival of geographic information systems (GIS), largely due to the cost of surveying and maintaining the information.

It is proven that the use of geographic information assists decision making with respect to a management, be it public or private, for resource allocation, exploitation of non-populated areas, demographic distribution.

Initially, sharing depended on the creation and adoption of standards for data transfer. In practice the efforts were directed towards the creation of GeoPortals to centralize the information.

The current focus on Spatial Data Infrastructures changes this by defining systems based on a service-oriented architecture, allowing the creation of shared, distributed and interoperable environments through Web services.

This work explores architectures and computational tools used to implement a Spatial Data Infrastructure, and evaluates the conformity between the tools and the components of the architecture used.

**Keywords:** SDI, SGBD, SDI Local, Spatial Data Infrastructure.

# Listas de ilustrações

Figura 1 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (CÂMARA, 1995) . . . . .	16
Figura 2 – Evolução das SDI - Adaptado de DANKO, David (2006) . . . . .	17
Figura 3 – Hierarquia das SDI . . . . .	19
Figura 4 – Relacionamentos entre os componentes de uma SDI - Adaptado de Miranda (2010) . . . . .	21
Figura 5 – Relacionamentos entre os componentes de uma SDI - Adaptado de Miranda (2010) . . . . .	23
Figura 6 – Relacionamentos entre os componentes de uma SDI - Adaptado de Miranda (2010) . . . . .	25
Figura 7 – Medição de altitudes em Belo Horizonte (Fonte: <a href="https://prefeitura.pbh.gov.br">https://prefeitura.pbh.gov.br</a> )	26
Figura 8 – Geoportais e SDI para uso urbano (Davis Jr.; ALVES, 2008). . . . .	27
Figura 9 – Arquitetura Proposta para SDI - Belo Horizonte. (Fonte: Prodabel, 2008) . . .	28
Figura 10 – Geoportais e SDI para uso urbano (Fonte: (Davis Jr.; ALVES, 2008)) . . . . .	32
Figura 11 – Diagrama de componentes do GeoNode (Fonte: (SILVA; JÚNIOR, 2017)) . .	33
Figura 12 – Mapa mental das fontes de pesquisa (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) .	34
Figura 13 – Cadastro de camada no GeoNode (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . .	36
Figura 14 – Configuração de permissões de acesso as informações (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . . .	37
Figura 15 – Upload concluído (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . . .	38
Figura 16 – Tabela de dados geográficos no PostGIS (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)	38
Figura 17 – Informações da camada criada (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . .	39
Figura 18 – Informações da camada criada (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . .	39
Figura 19 – Visualizar informações (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . . .	40
Figura 20 – Visualizar informações sobre os picos em Minas Gerais (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . . .	41
Figura 21 – Visualizar informações sobre os rios em Minas Gerais (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . . .	41
Figura 22 – Download de metadados (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . . .	42
Figura 23 – Download de dados em formato de imagens (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . . . . .	43
Figura 24 – Download de dados em formato bruto (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) .	43
Figura 25 – Consulta de dados via requisição (Fonte: Elaborado pelo próprio autor) . .	44

# **Lista de tabelas**

Tabela 1 – Quadro resumo das ferramentas . . . . .	30
Tabela 2 – Tabela de associação entre componentes da SDI e ferramentas computacionais . . . . .	31

# **Lista de abreviaturas e siglas**

SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SDI	Spatial Data Infrastructure
TI	Tecnologia da Informação
VGI	Volunteered Geographic Information
SGBD-OR	Sistemas de gerenciamento de banco de dados objeto-relacionais
BDG	Banco de dados geográficos
OGC	Open Geospatial Consortium
ISO	International Organization for Standardization
CSW	Catalog Service for the Web
IEDE	Infraestrutura estadual de dados espaciais

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>12</b>
1.1	O problema e sua importância . . . . .	13
1.2	Objetivos . . . . .	14
1.2.1	Objetivo Geral . . . . .	14
1.2.2	Objetivos específicos . . . . .	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .</b>	<b>15</b>
2.1	Sistemas de informação geográfica . . . . .	15
2.2	Infraestrutura de dados espaciais . . . . .	16
2.3	Arquitetura . . . . .	20
2.4	Componentes da arquitetura . . . . .	21
<b>3</b>	<b>ESTADO DA ARTE . . . . .</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO . . . . .</b>	<b>29</b>
4.1	Ferramentas computacionais . . . . .	29
4.2	Componentes da SDI X Ferramentas computacionais . . . . .	31
4.3	Funcionalidades . . . . .	31
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO . . . . .</b>	<b>36</b>
6.1	Cadastro . . . . .	36
6.2	Edição . . . . .	38
6.3	Visualizar . . . . .	40
6.4	Download . . . . .	42
6.5	Obtendo dados por uma chamada . . . . .	43
6.6	Controle de acesso . . . . .	44
6.7	Avaliação . . . . .	44
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>7.1</b>	<b>Trabalhos futuros . . . . .</b>	<b>45</b>
7.1.1	Teste de desempenho da SDI . . . . .	45
7.1.2	Teste de usabilidade das ferramentas . . . . .	45
7.1.3	Avaliação de conformidade entre as ferramentas computacionais e as especificações feitas pelo OGC . . . . .	46
7.1.4	Aplicação do modelo aqui apresentado em um cenário real . . . . .	46
<b>7.2</b>	<b>Considerações finais . . . . .</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>47</b>

# 1 Introdução

O cenário mundial da informação e comunicação tem passado por grandes transformações nos últimos anos, isto se deve aos avanços tecnológicos que tem proporcionado diversos meios para disseminação das informações (ROSA, 2013).

Uma administração municipal realiza continuamente a gestão, manutenção, planejamento e realiza a tomada de decisões políticas que afetam direta ou indiretamente a vida dos cidadãos e os recursos financeiros destinados à cidade (CARRERA FABIO, 2007). Assim, é preciso que o poder público conheça a realidade do município e isto inclui os aspectos e características, tais como: infraestrutura da cidade, áreas construídas, redes de transporte e saneamento básico (água e esgoto), serviços públicos, pontos turísticos, áreas de preservação ambiental, rede credenciada de saúde.

A gestão territorial de um município como parte do planejamento estratégico e distribuição dos postos de saúde, centros educacionais, zoneamentos, planos diretores, capacitação, análise de riscos, zonas com maior índice de criminalidade, poluição e outros, podem apresentar melhores resultados com a utilização de informação geográfica nas tomadas de decisões pela gestão do município (ROBERTO et al., 2007).

Nos últimos anos surgiu um conceito, cidades inteligentes (do inglês *smart cities*), onde tudo é sensível ao ambiente e produz, consome e distribui um grande volume de informações em tempo real. O objetivo deste processamento inteligente é direcionar as tomadas de decisões de governos, empresas e cidadãos com o intuito de tornar as atividades urbanas mais eficientes e sustentáveis. A cidade passa a ser um organismo informacional que reage e atualiza todos sobre suas condições a qualquer hora (LEMOS, 2013).

A produção de informações geográficas nos países desenvolvidos era de exclusiva responsabilidade das agências nacionais de cartografia. Este processo acabou gerando uma grande dificuldade para os governos, uma vez que todo o trabalho ficava centralizado, e consequentemente diminuiu muito o interesse em custear os serviços realizados por essas agências para confecção e divulgação dos resultados em mapas impressos e posteriormente em conjuntos digitais de dados (GOODCHILD, 2007a).

A solução para descentralizar a produção dos dados geográficos envolve as *Infraestruturas de Dados Espaciais* - IDE (do inglês *Spatial Data Infrastructure* - SDI). Segundo Goodchild (2007a) além de promover a parceria entre diferentes níveis do governo e o setor privado, as SDI direcionam o foco para a confecção, distribuição, gestão e interoperabilidade da informação espacial (Davis Jr, C.; Fonseca, F.T.; Câmara, 2008).

As SDI são recursos baseados na web para produção, descoberta e utilização de geoinformações em ambiente digital (Davis Jr, C.; Fonseca, F.T.; Câmara, 2008). Além disso, uma SDI deve ser mais que um simples conjunto de dados. Os dados geográficos devem possuir documentação suficiente, um meio de utilização e algum método para fornecer acesso a estas

funcionalidades (INFRASTRUCTURES, 2004).

Com o avanço da internet nos últimos anos, as SDI tem evoluído com a estratégia de que sejam interoperáveis e distribuídas. Por isto a implementação delas tem sido realizada com nítida preferência pelo uso de arquiteturas orientadas a serviços (BERNARD; CRAGLIA, 2005).

Existem modelos arquitetônicos de SDI como *The Canadian Geospatial Data Infrastructure Architecture* (GEOCONNECTIONS, 2005), *European Union Directive for the establishment of a European SDI* (DIRECTIVE, 2007), *ISO 19119* (PERCIVALL et al., 2002), *The Open Geospatial Consortium* (BOTTS et al., 2008). Mas estes modelos não seguem qualquer tipo de padrão, tornando difícil a identificação dos componentes e das relações desses modelos.

## 1.1 O problema e sua importância

Toda administração pública necessita ter acesso a informações de qualidade sobre o seu território. Isto favorece o desenvolvimento e a qualidade dos processos de concepção, planejamento e implementação de projetos locais e regionais (Oliveira, Pedro Felipe A. e Oliveira, 2005).

No Brasil, em novembro de 2008, foi instituída por meio do Decreto nº 6.666 a *Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais* - INDE, com o propósito de catalogar e harmonizar os dados geoespaciais já existentes nas instituições do governo e facilitar a utilização por meio da internet (Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, 2010).

Mesmo demonstrando um avanço significativo no intercâmbio de dados geográficos, existe ainda uma necessidade de mais interação, cooperação e formação de comunidades, motivando cada vez mais a participação de pessoas na utilização das SDI (Davis Jr, C.; Fonseca, F.T.; Câmara, 2008).

Neste contexto, a implementação de uma SDI se torna viável pois favorece plenamente o compartilhamento de dados geográficos com a sociedade e garante aos cidadãos acesso a informação geográfica de maneira eficaz, coordenada e funcional. Mas a falta de padronização acaba sendo um problema, visto que os componentes de uma SDI não são facilmente identificados nos modelos arquitetônicos (MIRANDA, 2010).

Assim, surge algumas questões:

Qual modelo de arquitetura ou padrões utilizar para o desenvolvimento da SDI?

Os modelos e ferramentas disponíveis, favorecem a implementação de SDI urbanas?

Neste sentido, propõe-se a realização da presente pesquisa como proposta de trabalho baseada em uma análise computacional para realizar um levantamento de arquiteturas e ferramentas computacionais para implementação de uma SDI urbana orientada a serviços.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a conformidade entre ferramentas computacionais e arquiteturas de SDI. Para tanto foram utilizados um modelo proposto na literatura e recursos computacionais na especificação e implementação de um protótipo de uma SDI.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Com a intenção de formular respostas para atingir o objetivo geral, este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar modelos de arquiteturas de SDI;
- Identificar os principais componentes dos modelos encontrados;
- Fazer um levantamento e avaliação das principais ferramentas computacionais disponíveis;
- Avaliar a conformidade entre as ferramentas e o modelo de arquitetura da SDI;
- Implementar um protótipo de uma SDI urbana para avaliar a conformidade com o modelo.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Sistemas de informação geográfica

O termo *Sistema de informação geográfica* - SIG está relacionado a sistemas que atuam no tratamento computacional de informações geográficas. Estes podem ser utilizados em diversas áreas como agricultura, cartografia, cadastramento urbano, etc. Os SIG podem ser utilizados como ferramentas para produção de mapas, suporte para análise espacial de fenômenos ou como um banco de dados geográfico com funcionalidades de armazenamento e recuperação de informações geoespaciais (CÂMARA, 1995).

Bancos de dados se tornaram o componente central dos sistemas de informação. Isto se deu principalmente pela necessidade de armazenar e manipular dados o que levou ao desenvolvimento dos *Sistemas de gerenciamento de banco de dados objeto-relacionais* - SGBD-OR. O desenvolvimento e gerenciamento dos SIG vem seguindo a mesma filosofia tornando os *Bancos de Dados Geográficos* - BDG o componente central da arquitetura. (CASANOVA et al., 2005)

Estas visões do SIG refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. Algumas definições para os SIG são:

“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (ARONOFF, 1989)

“Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (COWEN, 2003)

“Um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais” (SMITH et al., 1987)

Estas definições de SIG refletem as diversas possibilidades de utilização para estas tecnologias. A partir destes conceitos é possível identificar as principais características de um SIG.

- Integrar informações espaciais provenientes de dados cartográficos, cadastro urbano e rural, imagens de satélite em uma única base de dados.
- Oferecer mecanismos para manipular, consultar, recuperar e reproduzir o conteúdo da base de dados geocodificados.

Em uma visão macro, pode-se identificar que um SIG é composto por:

- Interface com o usuário;
- Entrada, manipulação e integração de dados;
- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e reprodução;
- Armazenamento e recuperação de dados em um BDG.

A figura 1 demonstra o relacionamento das componentes identificadas. É importante lembrar que cada sistema, em função de seus objetivos, necessidades e particularidades, implementa estes componentes de maneiras distintas (CÂMARA, 1995).

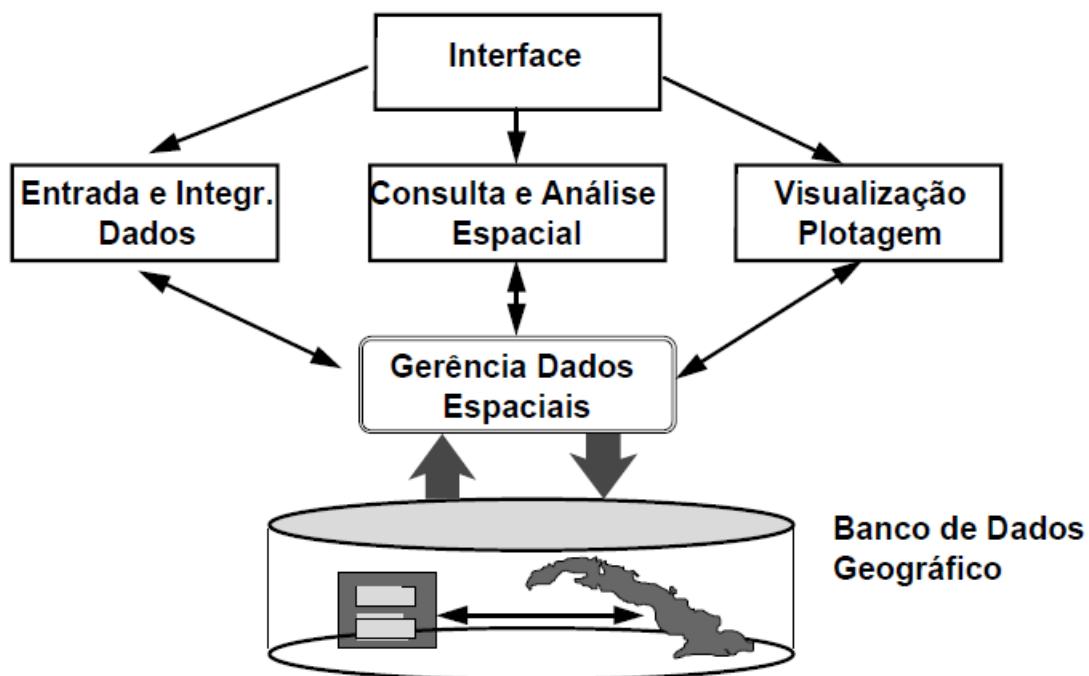


Figura 1 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (CÂMARA, 1995)

## 2.2 Infraestrutura de dados espaciais

Há muito tempo a observação e representação da superfície terrestre tem sido um fator relevante no desenvolvimento e organização das sociedades. Saber como estão distribuídos os recursos naturais, infraestrutura e a própria população, são informações básicas para tomadas de decisões quanto aos procedimentos a serem adotados para o desenvolvimento regional (ROSA, 2013).

A disseminação de grandes volumes de informações espaciais vem se tornando cada vez mais importante. Os SIG deixaram de ser apenas ferramentas ligadas a projetos para se tornarem gerenciadores de recursos informacionais (Davis Jr.; ALVES, 2008).

Segundo Davis Jr. e Alves (2008), a criação de bancos de dados para SIG, possui um grau elevado de complexidade. Muitas vezes organizações com interesses nas mesmas áreas, que poderiam ser parceiras para compartilhar dados básicos, não cooperavam entre si devido às diferentes estratégias e realidades vividas. Também a conversão de dados tornou um fator necessário na época pelo fato de que os provedores não acompanharam o progresso de seus clientes na utilização de novos SIG.

Naturalmente a redundância na conversão de alguns dados mostrou-se incompatível com o orçamento de muitos projetos e isto resultou em acordos de cooperação que promoveram o desenvolvimento de comunidades de usuários que começaram a interagir para atingir objetivos comuns, evitando assim a redundância de esforços(Davis Jr.; ALVES, 2008).

Apesar dos esforços para o compartilhamento dos dados convertidos, fez-se necessário a criação de padrões de compartilhamento, uma vez que diversos SIGs diferentes eram utilizados. Embora os problemas de formatação dos dados tenha sido parcialmente solucionado, havia um problema com a sincronização dos dados, visto que o compartilhamento dos dados poderia ocorrer em épocas diferentes.

Surgiram então os GeoPortais e as Clearinghouses, que são instrumentos computacionais baseados na internet, cujo objetivo é facilitar o acesso aos dados espaciais por meio da criação de um sítio onde pode ser encontrado dados de diferentes fontes porém centralizados. E também disponibiliza de serviços complementares tais como, busca, manipulação, transferência e visualização de dados espaciais.

A expressão Infraestrutura de Dados Espaciais foi usada inicialmente para descrever o fornecimento de acesso padronizado à informação geográfica (MAGUIRE; LONGLEY, 2005). Muitas Clearinghouses evoluíram para o que MASSER (1999) chamou de primeira geração de SDI nacionais. A figura 2 demonstra a evolução das SDI.

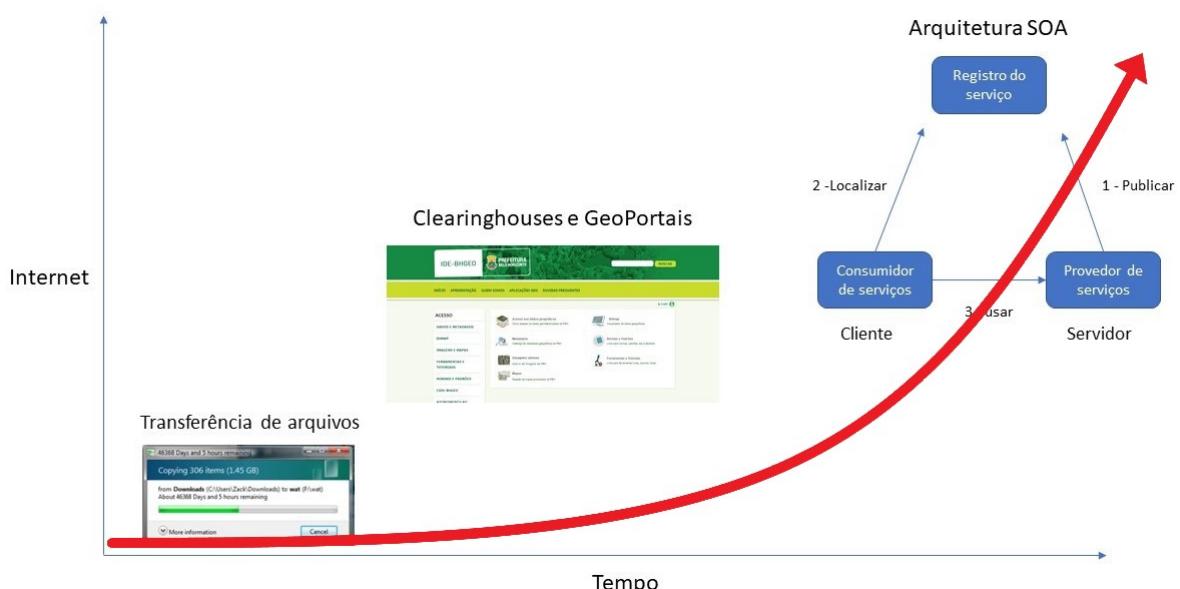


Figura 2 – Evolução das SDI - Adaptado de DANKO, David (2006)

Mas as SDI tem um grande potencial para se tornarem elementos fundamentais para compreensão do espaço, fornecendo dados e informações espaciais juntamente com metadados sobre origem, qualidade e descrições semânticas (Davis Jr, C.; Fonseca, F.T.; Câmara, 2008).

Na literatura disponibilizada por vários órgãos competentes tais como encontramos várias definições para uma SDI. Por exemplo o FGDC inicialmente definiu sua “Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais” (NSDI) como um conjunto de políticas, padrões e procedimentos onde organizações interagem para promover uma utilização e produção mais eficiente de dados geoespaciais (FGDC, 1994).

Groot (2010) define uma SDI sendo o conjunto de bases de dados espaciais em rede e metodologias de manuseio e análise de informação, recursos humanos, instituições, organizações e recursos tecnológicos e econômicos, mecanismos que facilitam a troca, o acesso e o uso responsável de dados espaciais a um custo razoável para aplicações de objetivos específicos.

De acordo com o Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2010) desde a década de 1990 as SDI são consideradas essenciais para uma boa governança. O atendimento às demandas de gestão do conhecimento, gestão territorial e ambiental, gestão de programas sociais e investimentos utilizam cada vez mais informações geográficas para tomadas de decisões.

Uma SDI deve ir muito além de um conjunto de dados ou base de dados. Devem-se ser adicionados além de dados geográficos e atributos, metadados, catálogos e ainda os meios de acesso às informações (NAKAMURA, 2010).

Teixeira et al. (2013) afirma que uma SDI agiliza em tomada de decisões, facilita na produção de dados espaciais e reduz custos na confecção de dados geográficos. Além da produção padronizada de dados, com uma SDI é possível tornar dados de diferentes épocas eficientes e passíveis de comparações e adaptações a pesquisas futuras.

As SDI estão divididas em alguns níveis hierárquicos como podemos observar na figura 3.

**GSDI** - Infraestrutura de dados a nível global

**RSDI** - Infraestrutura de dados a nível regional

**NSDI** - Infraestrutura de dados a nível nacional

**SSDI** - Infraestrutura de dados a nível estadual

**LSDI** - Infraestrutura de dados a nível local

**Corporate SDI** - Infraestrutura de dados a nível corporativo

Em geral os estudos são mais direcionados para SDI a nível nacional, e geralmente com um número limitado de assuntos e um elevado custo orçamentário. Mas a riqueza de

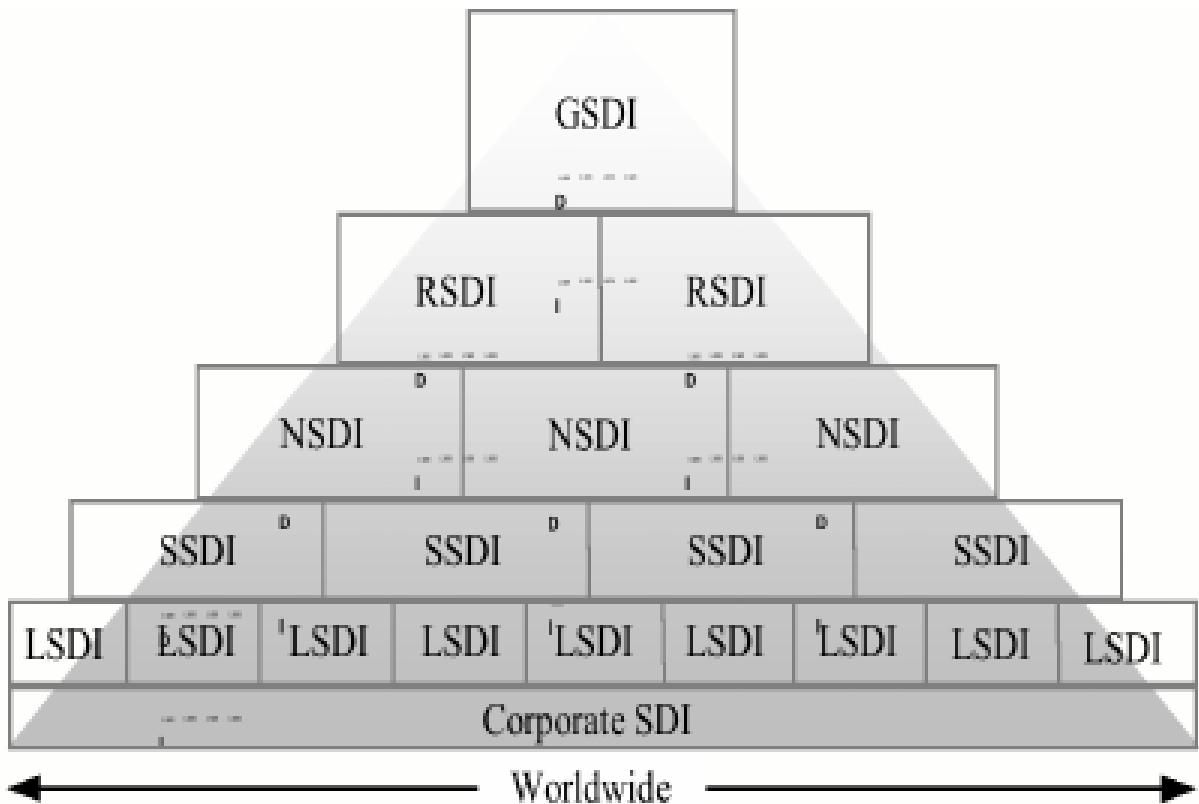


Figura 3 – Hierarquia das SDI

aplicações locais e a vasta gama de interesses de seus usuários reflete outras necessidades para uma SDI (Davis Jr.; ALVES, 2008).

Segundo Warnest (2005) uma característica fortemente consolidada internacionalmente é que uma SDI deve estar fundamentada em alguns pilares:

**Pessoas** - Partes envolvidas ou que tem interesse na utilização dos dados disponibilizados pela SDI (WARNEST, 2005).

**Dados** - Componente central de uma SDI. Vários conjuntos de dados geoespaciais classificados em três categorias: Referência, temáticos e valor agregado (Rajabifard, A.; Williamson, 2001).

**Tecnologia** - Meios necessários para utilização eficiente da SDI. Meios físicos, infraestrutura e mecanismos informatizados que permitam buscar, consultar, acessar e prover os dados geoespaciais.c

**Institucional** - Parte que comprehende as questões políticas e legislativas da implantação e manutenção de uma SDI (WARNEST, 2005).

Este pilar também é responsável por monitorar e garantir que os dados sejam adquiridos, mantidos e fornecidos dentro do padrão proposto e definido na formulação da SDI (TEIXEIRA et al., 2013).

**Normas e padrões** - Permite o compartilhamento, integração e distribuição dos dados espaciais. Garante a interoperabilidade das aplicações permitindo o intercambio das informações espaciais. (Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, 2010)

**Metadados** - Os metadados são descrições sobre os dados como por exemplo quem criou, qual organização, data de produção. Os metadados possibilitam um eficiente uso dos dados. Ajuda na tomada de decisões quanto a localização e utilização dos dados por parte dos usuários (FGDC, 2000).

Uma das principais diferenças entre uma SDI e um SIG está nos serviços para disponibilização dos dados. Esta é uma camada importante para garantir a interoperabilidade e comunicação de diferentes serviços da SDI (Davis Jr.; ALVES, 2008).

O *Open Geospatial Consortium* - OGC é uma organização internacional de padrões de consenso. Diversas organizações comerciais, governamentais e instituições de pesquisa de diferentes países colaboram em um processo de desenvolvimento de padrões para informações geográficas (OGC, 2018).

As especificações mais importantes da OGC são:

**WMS** - Serviço que possibilita e padroniza a maneira como os clientes solicitam mapas pela Web.

**WFS** - Serviço que possibilita realizar operações como INSERT, UPDATE, DELETE, QUERY e DISCOVERY de recursos geográficos.

**WCS** - Ao contrário do WMS que retorna dados estáticos como imagens e mapas renderizados, o WCS fornece acesso a informações geoespaciais intactas.

**CAT** - Serviço para suportar catálogos online de informações geoespaciais acessíveis aos usuários.

**GML** - Linguagem baseada em XML para descrever informações geoespaciais.

A *International Organization for Standardization* - ISO e também a *International Hydrographic Organization* - IHO tem trabalhado em conjunto com o OGC para promover a padronização e amadurecer cada vez mais o desenvolvimento das SDI possibilitando a implementação e utilização garantindo interoperabilidade e melhorando a experiência e comunicação entre os usuários (ISO, 2015).

## 2.3 Arquitetura

Béjar et al. (2009) propôs uma arquitetura padrão para uma SDI. O objetivo é absorver, unificar e sistematizar o conhecimento sobre os modelos arquitetônicos de SDI, descrevendo as restrições que não foram consideradas nestes modelos. O desenvolvimento deste padrão seguiu a metodologia de arquitetura de software chamada *Views and Beyond*. Segundo o autor

a justificativa para a escolha desta metodologia é o fato de esta ser flexível, não só permitindo como também fornecendo as orientações necessárias para ampliar o modelo.

Neste sentido Miranda (2010) propõem uma arquitetura colaborativa para prover informações geográficas voluntária sobre uma SDI. O objetivo da arquitetura é proporcionar um ambiente colaborativo na Web, que receba e apresente informações associadas a uma localização por meio da participação voluntária dos cidadãos. Utilizaremos esta arquitetura para o desenvolvimento deste trabalho.

## 2.4 Componentes da arquitetura

As figuras a seguir representam as componentes existentes na arquitetura. Agora vamos às definições de cada componente de acordo com Béjar, Muro-Medrano e Nogueras-Iso (2009).

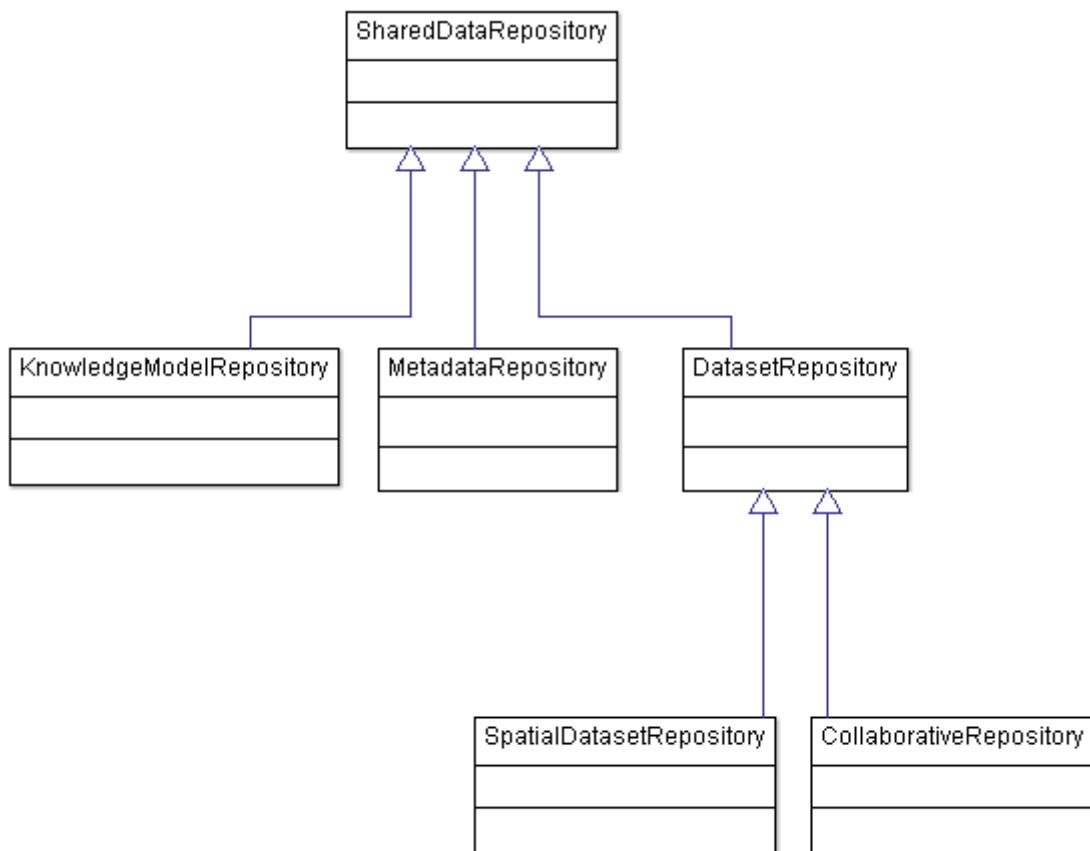


Figura 4 – Relacionamentos entre os componentes de uma SDI - Adaptado de Miranda (2010)

**Shared Data Repository** - Tipos de repositórios de dados compartilhados em uma SDI - Figura 4.

- A) *Knowledge Model Repository* - Repositório que contém modelos de dados, esquemas ou qualquer outro conhecimento em um domínio.

- B) *Metadata Repository* - Repositório de metadados que descrevem de maneira textual outros recursos da SDI como por exemplo conjunto de dados, serviços, etc.
- C) *Dataset Repository* - Repositório de dados identificáveis.
  - C.1) *Spatial Dataset Repository* - Repositório de dados espaciais, definidos como coleções de dados geográficos.
  - C.2) *Collaborative Repository* - Repositório de dados espaciais, definidos como coleções de dados geográficos voluntários produzidos no sistema colaborativo(MIRANDA, 2010).

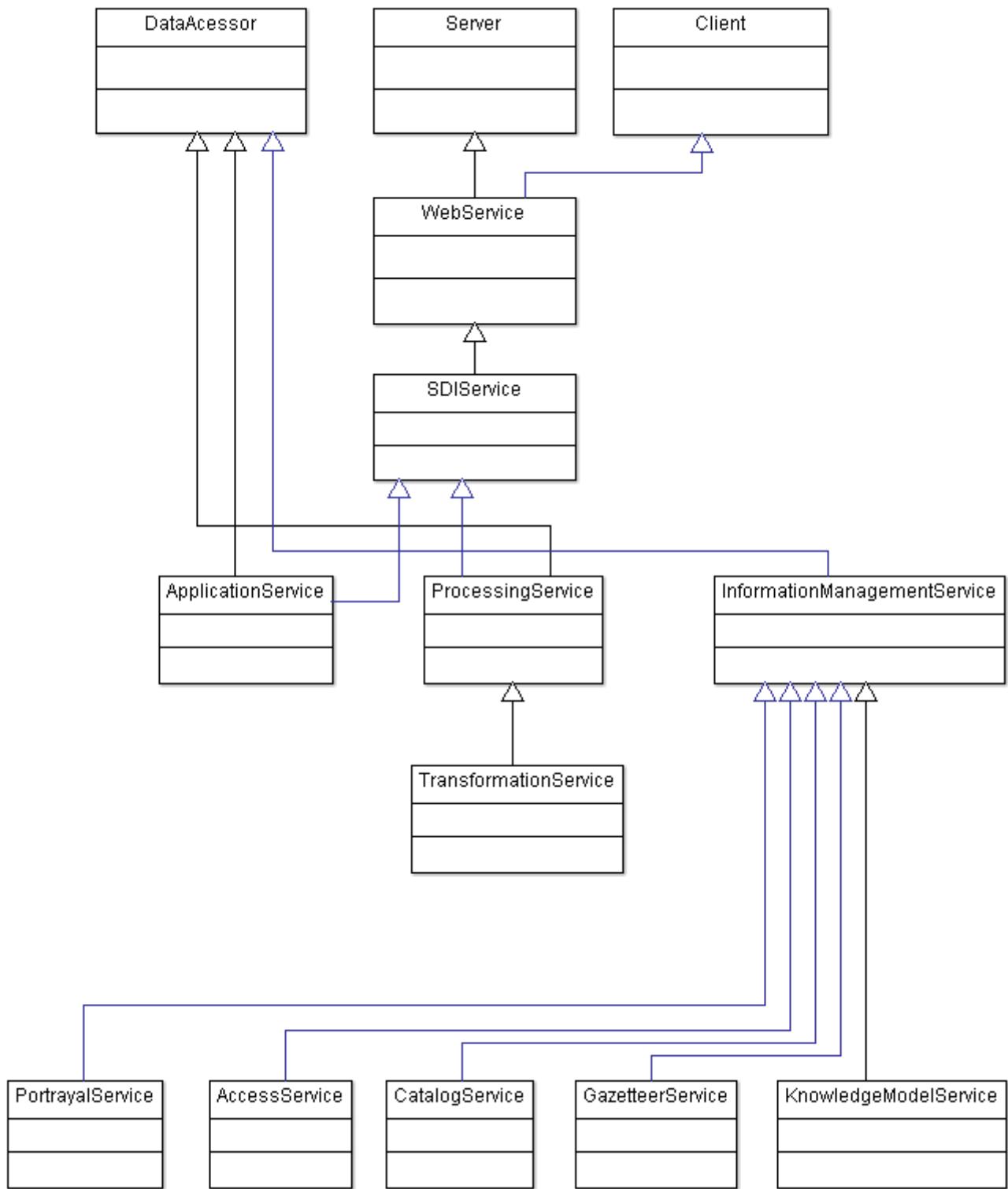


Figura 5 – Relacionamentos entre os componentes de uma SDI - Adaptado de Miranda (2010)

**WebService** - Todo tipo de serviço Web - Figura 5.

A) *SDI Service* - Todo serviço Web em uma SDI é uma especialização de um SDI

Service.

A.1) *Application Service* - Serviços que apoiam aplicações Clientes como por exemplo o Controle de Acesso de Usuários.

A.2) *Processing Service* - Serviços como o *Web Processing Service* - WPS desenvolvidos para processar dados espaciais. Estes dados podem ser obtidos por meio de operações dos serviços como o *Web Transformation Service* - WTS, que permite a transformação dos dados espaciais com o foco de garantir interoperabilidade.

A.3) *Information Management Service* - Serviços que armazenam e fornecem acesso a dados e metadados.

A.3.1) *Portrayal Service* - Serviços como o *Web Map Service* - WMS que permite a visualização de dados espaciais.

A.3.2) *Access Service* - Serviços como o *Web Feature Service* - WFS que permite obter ou acessar um conjunto de dados espaciais.

A.3.3) *Catalog Service* - Serviços como o *Catalog Service Web* - CSW que permite descobrir e explorar informações por meio dos metadados que os descrevem.

A.3.4) *Gazetter Service* - Serviços de geocodificação.

A.3.5) *Knowledge Model Service* - Serviços que oferecem acesso e descoberta para modelos de conhecimento compartilhado, a fim de facilitar a interoperabilidade entre diferentes aplicações.

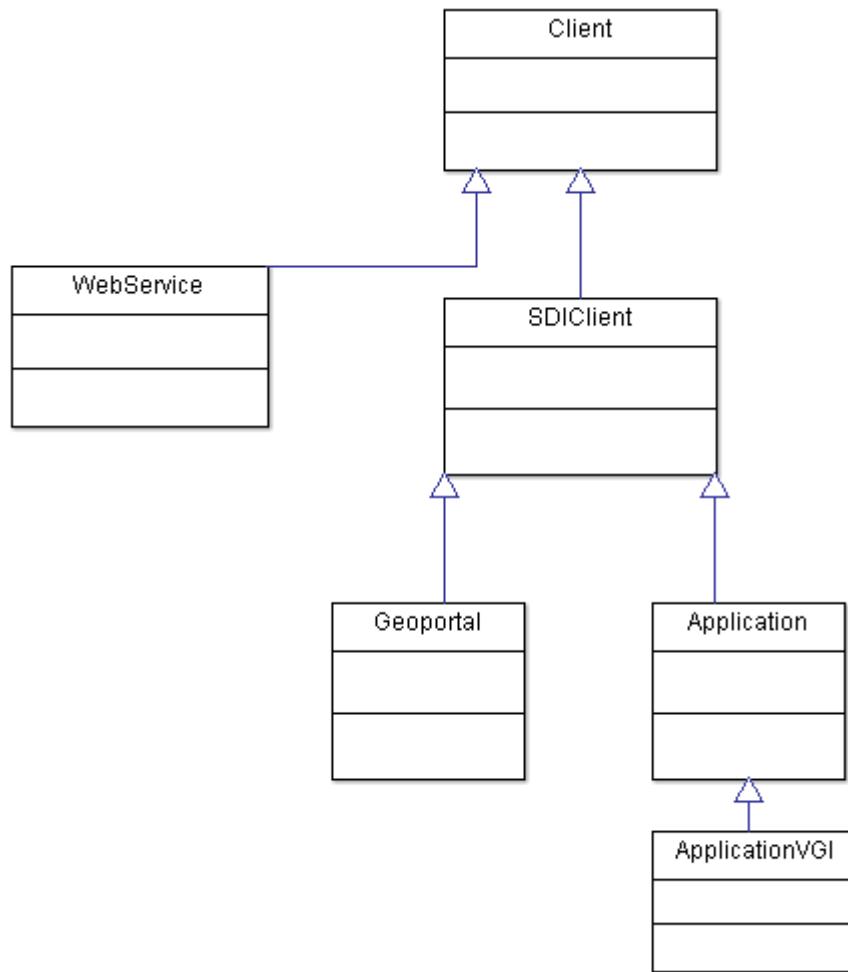


Figura 6 – Relacionamentos entre os componentes de uma SDI - Adaptado de Miranda (2010)

**SDI Client** - Sistemas que permitem acesso aos serviços de uma SDI por usuários humanos  
 - Figura 6.

- A) *Application* - Sistemas que permitem a execução de um conjunto de tarefas pelo usuário. A maioria destes sistemas utiliza os serviços da SDI como por exemplo um SIG.
  - A.1) *Application VGI* - Sistema colaborativo que permite gerenciar as contribuições geográficas voluntárias produzidas (MIRANDA, 2010).
- B) *Geoportal* - Sistemas, sites, serviços focados principalmente em conteúdo geográfico. Embora possa ser associado a *Application*, foi definido como componente separado em razão de sua relevância na bibliografia.

### 3 Estado da arte

Informações geográficas são utilizadas desde o inicio da história humana para tomada de decisões. Alguns exemplos são: decidir um caminho a seguir, localização por meio de mapas, marcações de território.

Em nossos dias não é diferente. Com o avanço da tecnologia e popularização da internet as informações geográficas tem sido cada vez mais utilizadas. Por se tratar de uma área ainda pouco explorada, surge a cada dia mais pesquisas e publicação de novos trabalhos. Na literatura, existem vários trabalhos e alguns são descritos a seguir.

Oliveira, Pedro Felipe A. e Oliveira (2005) destaca os bons resultados que a prefeitura de Belo Horizonte obteve após a utilização de SIG. A Figura 7 demonstra as altitudes nas regiões de BH, o que permitiu à prefeitura identificar as áreas mais propícias a ter alagamentos. O mapa foi obtido através de um SIG que facilitou o acesso à informação geográfica disponível. Mas os resultados da pesquisa ficaram restritos à prefeitura de BH, visto que não foi utilizado nenhum meio de compartilhamento dos dados com outras instituições, que poderia diminuir a redundância na produção de informações geográficas para este fim em BH. Dadas as limitações Rajabifard, A.; Williamson (2001) analisa a natureza e o conceito de uma SDI, que pode auxiliar desde administrações globais a organizacionais, sem ter a especificidade de um SIG o que a torna reutilizável em outras regiões.

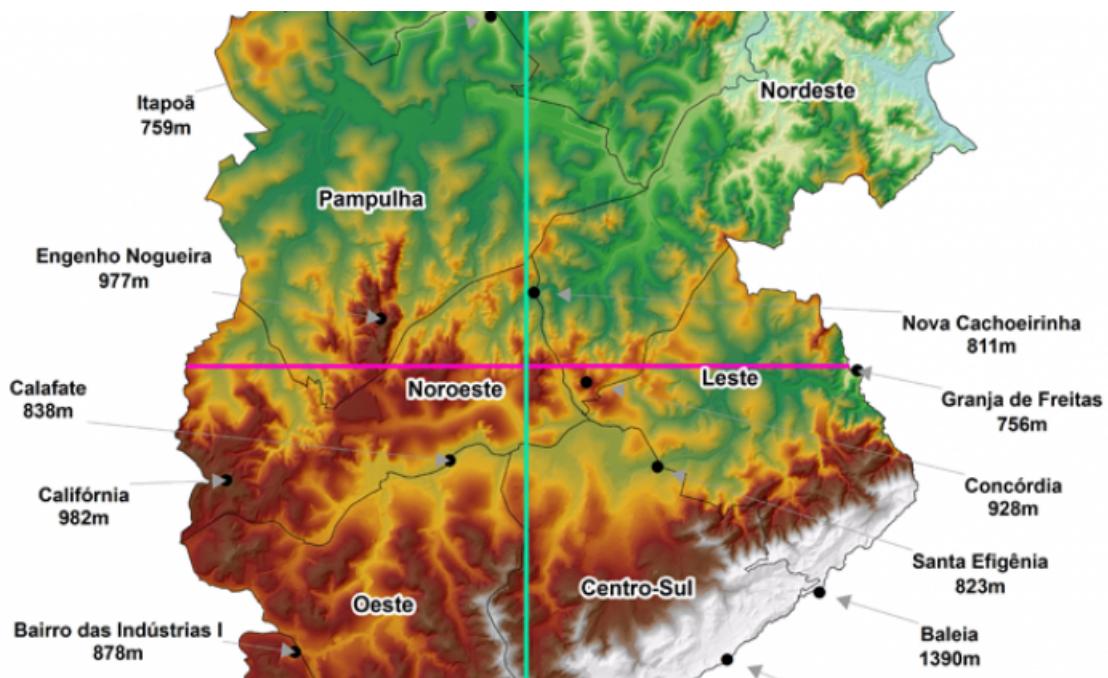


Figura 7 – Medição de altitudes em Belo Horizonte (Fonte: <https://prefeitura.pbh.gov.br>)

Davis Jr. e Alves (2008) propuseram uma arquitetura para uma SDI baseada em ser-

viços conforme a figura 8 demonstra. A proposta de uma SDI se difere completamente do modelo de um SIG, o foco passa a ser o meio de disponibilizar os dados e não mais os dados em si. O uso de serviços web para garantir acesso aos dados é a principal diferença.

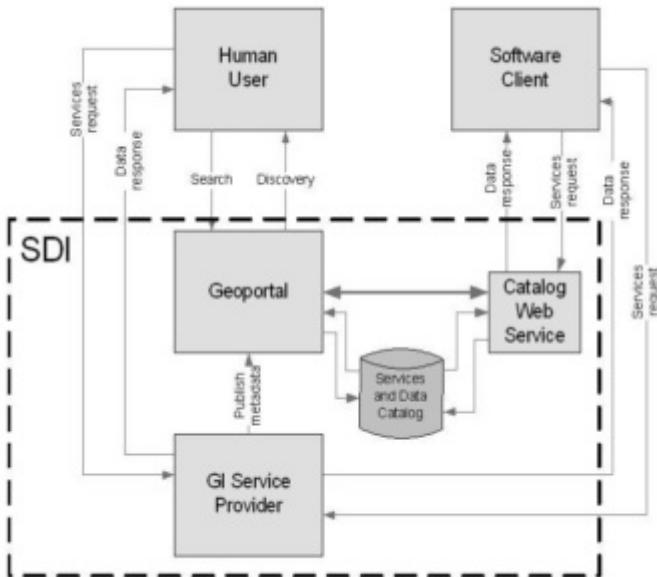


Figura 8 – Geoportais e SDI para uso urbano (Davis Jr.; ALVES, 2008).

Apesar de explorar o conceito de SDI, definindo serviços básicos e propor uma arquitetura, o autor não deixa claro a maneira de implementar uma SDI baseada na arquitetura proposta nem os tipos de ferramentas que compõe as camadas da arquitetura.

Filho et al. (2013) destaca a iniciativa da criação de uma SDI para o GeoMINAS, que visa disponibilizar coleções de dados geoespaciais disponíveis no antigo site do GeoMINAS agora catalogados e documentados por metadados. Este trabalho segue as diretrizes propostas pela INDE para padronização dos dados. O autor menciona algumas ferramentas mas não deixa claro qual modelo ou arquitetura foi utilizado para a criação da SDI.

Oliveira, Junior e Oliveira (2008) destaca que com o passar dos anos a *Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte - Prodabel*, além de lidar com um grande numero de camadas de informação na sua área de atuação, lidera também um convênio de cooperação técnica entre diversos órgãos públicos municipais, estaduais e federais.

Assim se fez necessário implementar um modelo de SDI, destacado na figura 9, que visa atender a realidade da evolução observada em geoprocessamento, proporcionar o intercambio de dados com outros órgãos e a publicação dos dados em ambiente web. Apesar de ser claramente uma arquitetura baseada em serviços, para não comprometer o funcionamento atual dos SIG utilizados pela Prodabel que são cliente/servidor, foi feita uma modificação para que eles accessem diretamente a camada de *Modelo*.

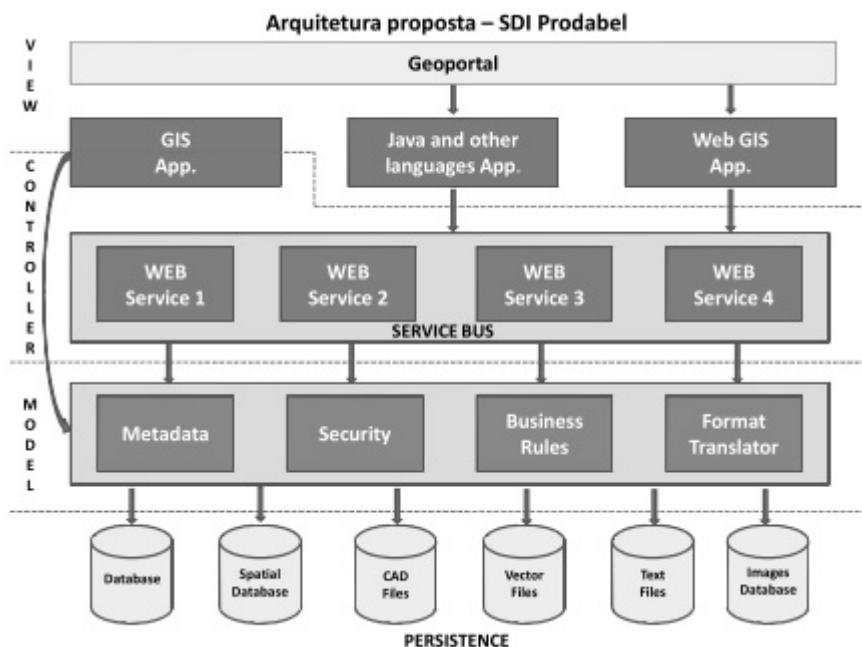


Figura 9 – Arquitetura Proposta para SDI - Belo Horizonte. (Fonte: Prodabel, 2008)

Jr, Fonseca e Câmara (2009) propõe a utilização de um modelo de SDI que permita também a *Volunteered Geographic Information* - VGI. Embora mencione muitos conceitos fundamentados em uma arquitetura, o autor não menciona a implementação da SDI nem os aparatos computacionais básicos para o desenvolvimento da iniciativa.

Assim como Jr, Fonseca e Câmara (2009), Miranda (2010) propõe a utilização de VGI. Os benefícios citados pelo autor são a redução nos custos, melhoria na obtenção de informações visto que os postos de entrada de dados no sistema podem vir de um cidadão comum. O autor propõe um novo modelo de arquitetura para uma SDI. Embora o autor mencione ferramentas e uma arquitetura, ele não deixa claro a relação das ferramentas computacionais e o modelo utilizado.

Dado o levantamento fica evidente que as pesquisas relacionadas às informações geográficas estão ganhando força com a evolução da tecnologia. Ainda assim há uma dificuldade na escolha de uma arquitetura e implementação de uma SDI visto que a maioria das pesquisas explora muitos conceitos mas não comprova o funcionamento por meio de uma implementação.

# 4 Especificação

O desenvolvimento de uma SDI possui conceitos e aplicações muito amplos e muitas vezes depende de um grupo organizacional para torná-lo possível. A metodologia aplicada nesta pesquisa tem o objetivo de apresentar os processos para a criação de uma SDI urbana orientada a serviços.

## 4.1 Ferramentas computacionais

O Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2010) preparou um documento com as diretrivas para criação de uma SDI em nosso país. A instituição recomenda a utilização de algumas ferramentas computacionais. O levantamento realizado para esta pesquisa, das ferramentas computacionais, se baseia nas sugestões dadas pelo comitê, mas não se limita a elas. As ferramentas encontradas foram:

**PostgreSQL (Fonte: PostGIS (2018))** - Apesar de ser um SGBD-OR possui uma extensão, o PostGIS, que fornece suporte a utilização de dados geodésicos e geométricos. Também permite o uso de funções, operadores e índices que tornam o PostgreSQL um *Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Espacial* - SGBD-G robusto.

PostGIS é um *software* de código aberto e segue o guia *Recursos Simples para Especificação SQL* definido pelo OGC e obteve certificação compatível com o perfil *Tipos e Funções* (HERRING, 2010).

Existem outras extensões interessantes para o PostGIS:

**pgRouting** - Oferece suporte a roteamento geoespacial.

**ogrfdw** - Permite a leitura de outras fontes de dados e tradução de dados vetoriais para o tipo de geometria do PostGIS.

**pgpointcloud** - Permite armazenamento e conversão de dados de uma nuvem de pontos para o tipo de geometria do PostGIS.

**MySQL (Fonte: MySQL (2018))** - MySQL, talvez o mais conhecido entre os SGBD, é um *software* de código aberto que também permite a utilização de informações geográficas assim como o PostGIS. Tem uma boa base de documentação mas não há informações sobre conformidade com as especificações dos órgãos regulamentadores.

**GeoNetwork (Fonte: GeoNetwork (2018))** - GeoNetwork é um ambiente padronizado e descentralizado para gestão de informação espacial. Isto facilita o acesso ao acervo de dados assim como à organização destes dados por meio dos metadados.

A ferramenta possui um controle de acesso personalizado para os usuários. Oferece suporte a padrões de metadados como o ISO19115. É compatível com diversos SGBD

incluindo PostgreSQL e MySQL além de contar com uma interface multilíngue para proporcionar uma experiência positiva para os usuários.

O GeoNetwork é um *software* de código aberto e tem suporte ao *Catalog Service for the Web - CSW* definido pelo OGC.

**PyCSW (Fonte: PyCSW (2018))** - PyCSW é uma implementação do serviço CSW - OGC feita em código aberto. Assim como o GeoNetwork, permite a publicação, descoberta e utilização de metadados geoespaciais e catálogo de dados baseados em padrões definidos pelas agências regulamentadoras.

**OpenLayers (Fonte: OpenLayers (2018))** - OpenLayers é um *software* de código aberto, que atende aos padrões estabelecidos pelo OGC, com o foco na disponibilização de dados geográficos e ferramentas para navegação, manipulação e compartilhamento de mapas sob demanda.

**i3Geo (Fonte: i3Geo (2018))** - i3Geo é um *software* de código aberto, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente. Semelhante ao OpenLayers, atende aos padrões estabelecidos pelo OGC com o foco na disponibilização de dados geográficos e ferramentas para navegação, manipulação e compartilhamento de mapas sob demanda. Possui interface gráfica e customizável para acesso aos dados geográficos, gerador de serviços OGC como WMS e WFS, integração com Google Maps e o próprio OpenLayers.

**MapServer (Fonte: MapServer (2018))** - MapServer é um *software* de código aberto e multiplataforma para publicação de aplicações e dados espaciais. Entre seus principais recursos estão os serviços oferecidos, que atendem às especificações do OGC (WFS, WMS, WCS, WMC, SLD e GML) para garantir a interoperabilidade com outros ambientes. Aceita múltiplos formatos de entrada matricial e vetorial como ShapeFiles, PostGIS, PNG, SVG, e também permite a exportação de dados em formatos de saída como JPEG, PDF, SVG, SWF.

**GeoServer (Fonte: GeoServer (2018))** - GeoServer assim como o MapServer é um servidor de código aberto voltado para o compartilhamento de informações geoespaciais. Está em conformidade com os padrões especificados pelo OGC para serviços como o WFS, WMS, WCS, CSW, WPS.

As ferramentas encontradas são *open source* e atualizadas com frequência.

Tabela 1 – Quadro resumo das ferramentas

Tecnologia	Plataforma	Site oficial	versão
PostgreSQL	FreeBSD Linux macOS Solaris Windows	<a href="https://www.postgresql.org/">https://www.postgresql.org/</a>	10.5
MySQL	FreeBSD Linux Windows macOS	<a href="https://www.mysql.com/">https://www.mysql.com/</a>	8.0
GeoNetwork	FreeBSD Linux Windows macOS	<a href="https://geonetwork-opensource.org/">https://geonetwork-opensource.org/</a>	3.4.3
PyCSW	FreeBSD Linux Windows macOS	<a href="http://pycsw.org/">http://pycsw.org/</a>	2.2.0
i3Geo	FreeBSD Linux Windows macOS	<a href="http://www.i3geo.com.br/">http://www.i3geo.com.br/</a>	8.0
MapServer	Windows Linux MacOSX	<a href="https://mapserver.org/">https://mapserver.org/</a>	7.2.0
GeoServer	Linux Windows MacOSX	<a href="http://geoserver.org/">http://geoserver.org/</a>	2.13.2

## 4.2 Componentes da SDI X Ferramentas computacionais

Uma vez feito o levantamento das ferramentas é preciso identificar a componente da a qual cada uma delas é correspondente.

Tabela 2 – Tabela de associação entre componentes da SDI e ferramentas computacionais

Componente da SDI	Ferramenta computacional
Geoportal	WebSite
Application	i3Geo, OpenLayers
Application VGI	Info Dengue
Portrayal Service	MapServer, GeoServer
Access Service	
Catalog Service	GeoNetwork, PyCSW
Metadata Repository	PostgreSQL, MySQL
DataSet Repository	
SpatialDataSet Repository	
Collaborative Repository	

Com esta definição, é possível iniciar os procedimentos para a implementação da SDI. Foram selecionadas algumas das ferramentas levantadas e o primeiro passo é a instalação das mesmas. O processo de instalação é simples e objetivo porém a configuração das ferramentas para que elas comuniquem entre si é um processo que exige um conhecimento mais aprofundado sobre as ferramentas selecionadas.

Com esta dificuldade o autor optou por pesquisar outras ferramentas que pudessem ser utilizadas. Durante estas pesquisas ficou evidente que esta dificuldade não é incomum. Silva e Júnior (2017) cita estas dificuldades e menciona uma ferramenta que pode auxiliar na implementação de uma SDI, o GeoNode(*Open Source Geospatial Content Management System*).

O GeoNode é um pacote que reúne varias das ferramentas citadas pelo Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2010) e tem a proposta de instalar e configurar as ferramentas de maneira automática, sem a necessidade de um conhecimento aprofundado por parte de quem realiza a instalação.

## 4.3 Funcionalidades

A proposta de uma SDI se diferencia de um SIG por transferir o foco dos dados para os serviços. Assim uma SDI precisa ter um Geoportal onde os metadados serão catalogados. Uma base de dados para armazenamento de informações geográficas. Mecanismos de visualização dos dados armazenados e principalmente serviços para disponibilizar a interação dos usuários com as informações.

A proposta de Davis Jr. e Alves (2008) ilustrada na figura 10 se baseia nos padrões OGC e é amplamente apoiada pelo Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2010).

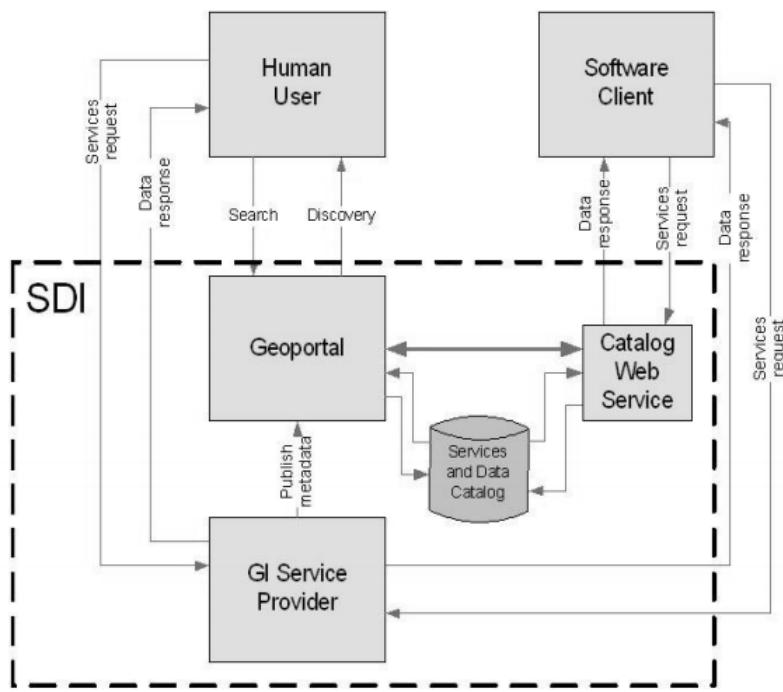


Figura 10 – Geoportais e SDI para uso urbano (Fonte: (Davis Jr.; ALVES, 2008))

Algumas das principais características de uma SDI citadas pelo Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2010) são:

- A) Catálogo de metadados
- B) Banco de dados para armazenamento de dados geográficos
- C) Visualização de dados geográficos
- D) Serviços para disponibilização dos dados
- E) Geoportal para interação dos usuários com a infraestrutura
- F) Controle de acesso à informação

O autor optou pela utilização do GeoNode, uma aplicação baseada na web para desenvolvimento de SIG e implementação de SDI.

Uma vez que o GeoNode reúne diversas das ferramentas levantadas, como por exemplo PostGis e Geoserver, optamos pela escolha do mesmo para implementar o protótipo de nossa SDI. A versão utilizada 2.5.5 é de fácil instalação no Windows por meio de um instalador.

A ferramenta se adapta a arquitetura proposta por Béjar et al. (2009) e apoia o modelo proposto por Davis Jr. e Alves (2008). Utilizando um website e o PyCSW como catálogo de metadados o usuário pode publicar, visualizar e manter os metadados atualizados. Por meio do PostGIS é possível armazenar os dados geográficos e visualiza-los com o auxílio do website e

também de ferramentas como o OpenStreetMaps. E utiliza o GeoServer para fornecer serviços tais como o WFS e WMS para disponibilizar os dados aos usuários e outros sistemas.

Ainda conta com gerenciamento dos dados, controle de acessos e outras ferramentas que possibilitam o funcionamento de uma SDI de maneira organizada e atendendo às especificações. A figura 11 ilustra bem as componentes disponibilizadas pelo GeoNode.

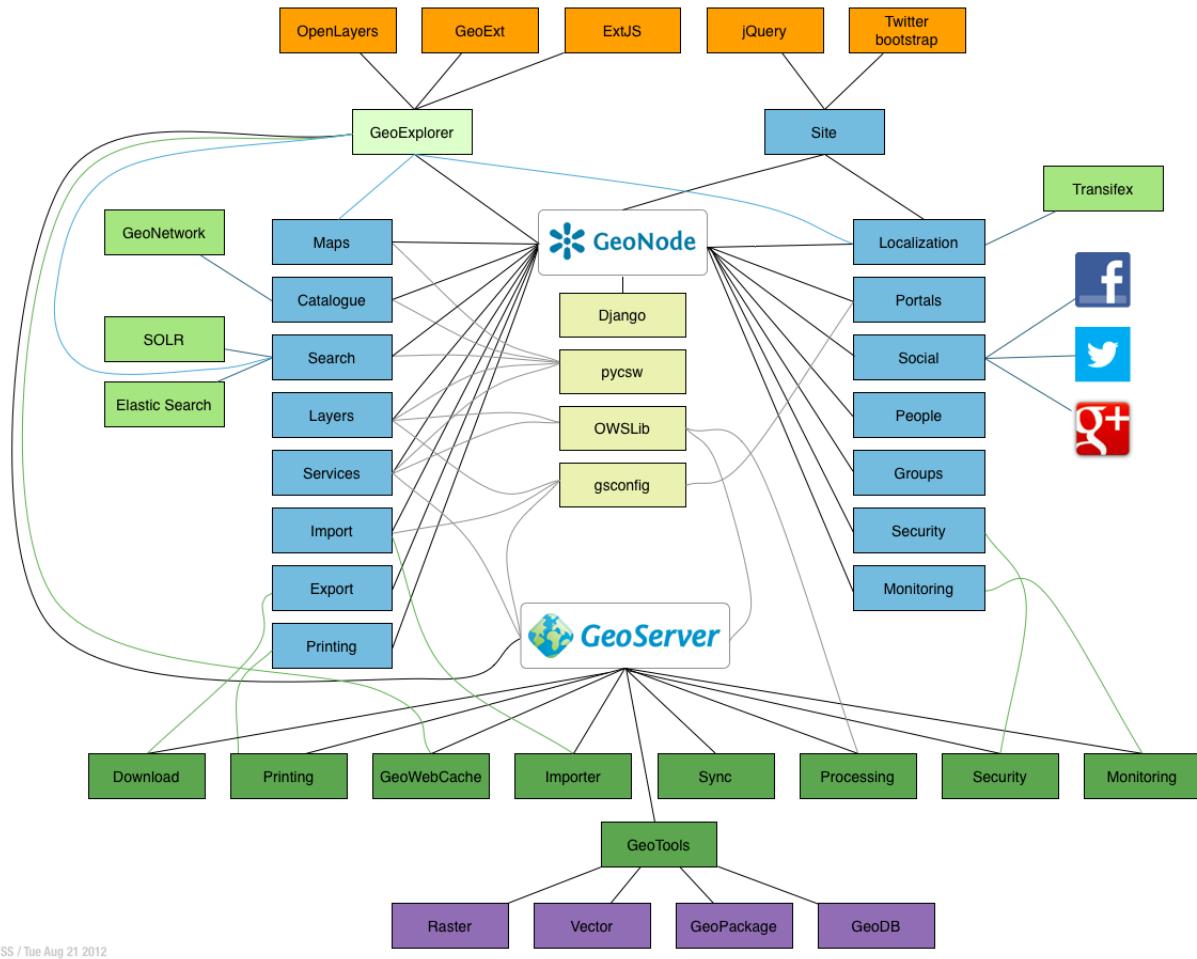


Figura 11 – Diagrama de componentes do GeoNode (Fonte: (SILVA; JÚNIOR, 2017))

## 5 Materiais e métodos

O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa explora as possibilidades do processamento e análise de informações geográficas. Estas informações podem ser utilizadas na tomada de decisões com respeito a diversas áreas como por exemplo saúde pública, segurança, transporte e saneamento básico.

Algumas etapas foram definidas para o desenvolvimento da pesquisa, estas foram:

- 1 - Estudo sobre SIG, SDI, dados geográficos, SGBD
- 2 - Estudo sobre as arquiteturas disponíveis para o desenvolvimento de uma SDI
- 3 - Estudo sobre os padrões de dados utilizados e definidos pelos órgãos regulamentadores
- 4 - Levantamento de ferramentas disponíveis no mercado para utilização e modelagem de uma SDI
- 5 - Avaliação da documentação, comunidade e usabilidade das ferramentas levantadas
- 6 - Avaliação da comunicação entre as ferramentas que compõe uma SDI

O primeiro passo para buscar as informações que serviriam de base para a pesquisa foi pesquisar nas bases do governo. Assim o ponto de partida desta pesquisa foi o documento da INDE. A figura 12 ilustra o que foi extraído deste documento.

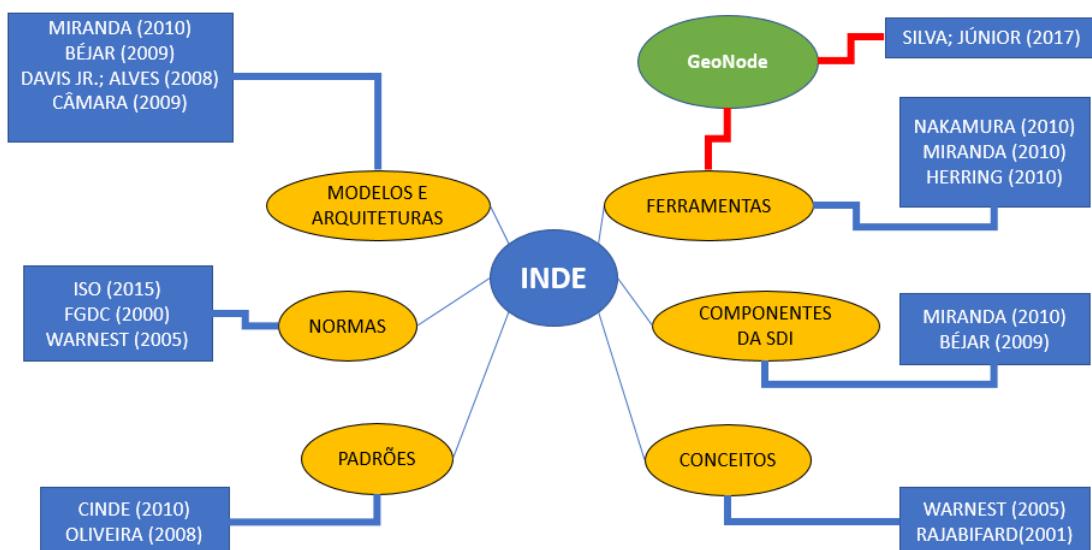


Figura 12 – Mapa mental das fontes de pesquisa (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

Realizamos pesquisas por artigos no portal da CAPES procurando por termos extraídos do documento da INDE como por exemplo: IDE, SDI, SIG, OGC. Com base nos artigos

encontrados, definimos a arquitetura proposta por Béjar et al. (2009) como modelo a ser utilizado.

O levantamento das ferramentas a serem utilizadas partiu das sugestões feitas pelo documento da INDE. Devido às dificuldades encontradas durante a configuração das ferramentas, foram realizadas novas pesquisas por outras ferramentas onde encontramos o GeoNode e optamos por utiliza-lo na implementação da SDI. Silva e Júnior (2017) destaca a facilidade de instalação e configuração do GeoNode e sua estrutura abrange os principais requisitos definidos pela INDE para uma SDI.

Para o desenvolvimento da pesquisa e testes foram utilizados os seguintes recursos:

### **Notebook**

Processador: Intel(R) Core(TM) i7-5500U CPU @ 2.4GHz 2.4GHz

Disco rígido: 120Gb SSD

Memória RAM: 8 Gb

Sistema operacional: Windows 10.1 x64

### **Ferramentas**

1) GeoNode 2.6

1.1) SGBD-G PostgreSQL 8.4.22 + PostGIS 1.5.4

1.2) Python 2.7.10

1.3) GDAL 1.11.3

1.4) GeoServer 2.9

1.5) Django

1.6) GeoExplorer + GeoExt

1.7) PyCSW

1.8) OWSLib

1.9) JQuery + Bootstrap

2) pgAdmin III 1.22.2

# 6 Estudo de caso

As SDI possuem diferentes níveis hierárquicos conforme a figura 3 demonstra. A diferença está no conteúdo dos dados e no tipo de aplicação porém a base ou estrutura da SDI é a mesma. Embora a aplicação deste trabalho tem como foco as SDI urbanas o estudo de caso foi realizado a nível estadual com dados de Minas Gerais devido à facilidade de acesso aos dados. Porém os conceitos aqui aplicados podem ser utilizados também em SDI urbanas.

Minas Gerais é um estado rico em biodiversidade, são muitos os rios, picos e os locais de áreas florestais. Além disso, devido ao grande volume de extração de minério de ferro a malha ferroviária é extensa e abrange grande parte do estado. Neste sentido visando fornecer acesso de qualidade às informações geográficas, montamos um protótipo de uma SDI que pode ser utilizado pelos cidadãos mineiros para se orientar e pesquisar sobre a diversidade geográfica que o estado de Minas Gerais possui.

## 6.1 Cadastro

Para cadastrar uma camada de dados é preciso primeiro efetuar login no GeoNode por meio do Geoportal. O segundo passo é acessar o menu "Data > Camadas" e fazer o upload dos arquivos em formato *shapefile*, estes passos estão ilustrados na figura 13.

Os dados foram fornecidos pela *Infraestruturas Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais - IEDE-MG*

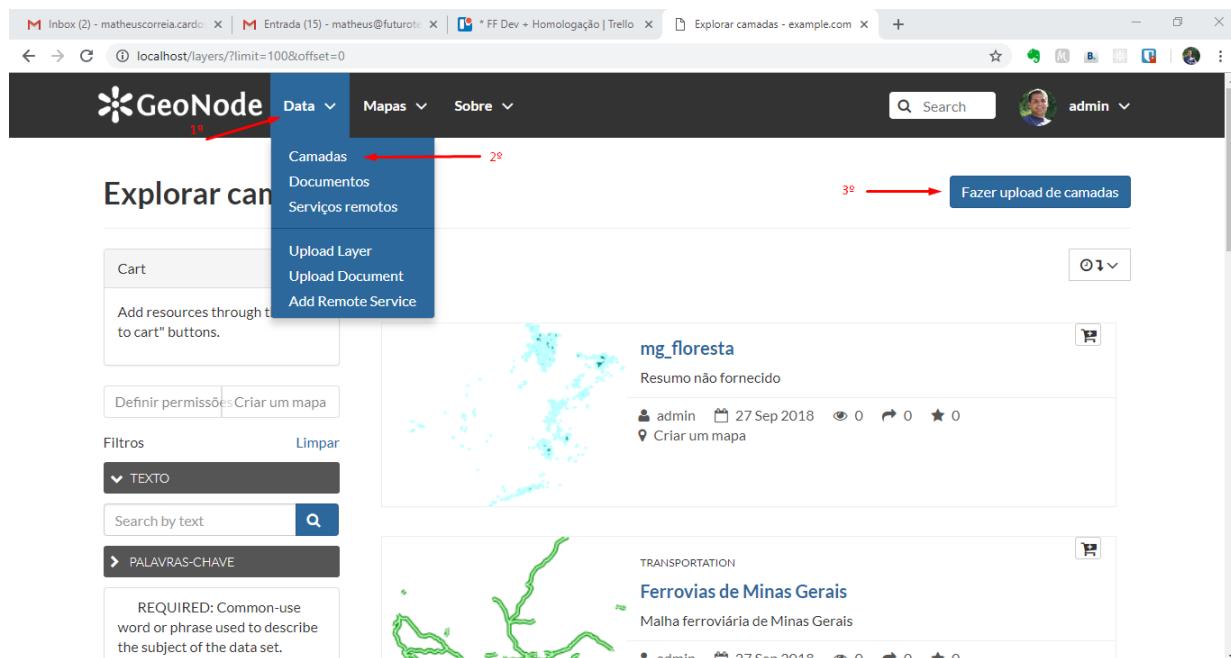


Figura 13 – Cadastro de camada no GeoNode (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

Neste momento é possível configurar as permissões de acesso à informação (figura 14). Ao concluir o upload dos arquivos os metadados são cadastrados no GeoPortal utilizando o PyCSW e os dados geográficos no PostGIS por meio da camada de serviços do GeoServer. Tanto o PyCSW quanto o GeoServer possuem a camada de serviços compatível com o OGC.

Ao concluir a importação, conforme ilustrado na figura 15, é possível gerenciar a camada cadastrada.

## Permissões

The screenshot shows a user interface for managing permissions. At the top, there is a title 'Permissões'. Below it is a section titled 'Quem pode visualizar?' which contains three options: 'Qualquer pessoa' (checked), 'Os seguintes usuários:' with a button 'Escolher usuários...', and 'Os seguintes grupos:' with a button 'Escolher grupos...'. Below this are five more sections in separate boxes: 'Quem pode fazer download?', 'Quem pode alterar os metadados?', 'Quem pode editar os dados para esta camada?', 'Quem pode editar estilos para esta camada?', and 'Quem pode gerenciar? (atualizar, excluir, alterar permissões, publicar/despublicar)'. The last section has underlined text: 'atualizar, excluir, alterar permissões, publicar/despublicar'.

Figura 14 – Configuração de permissões de acesso as informações (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

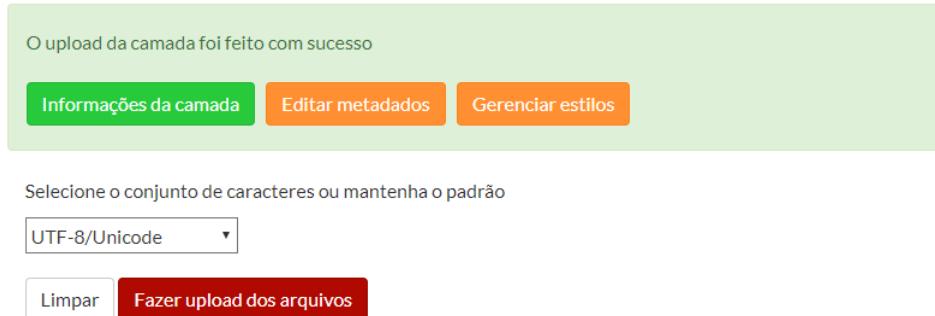


Figura 15 – Upload concluído (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

A partir deste momento é possível editar os metadados, visualizar os dados geográficos.

A figura 16 ilustra o resultado dos dados geográficos na tabela do PostGis obtido pela importação do arquivo.

	fid [PK] serial	the_geom geometry	NAME character varying(80)
1	332020	0106000020E61000001000000103000000100000005000000C88D8E260D1345C0EB24946C161432C073684A7E	Floresta ombrófila sub montana
2	332021	0106000020E61000001000000103000000100000005000000F6C3C10D390E45C0DE76F4C0161332C02504A365	Floresta ombrófila sub montana
3	332022	0106000020E610000010000001030000001000000050000002720CF33BDF44C0D7F9EB81141032C06B04218C	Floresta ombrófila sub montana
4	332023	0106000020E61000001000000103000000100000005000000D13D1A6E9FA44C0C71838AE120F32C09CD491BE	Floresta ombrófila sub montana
5	332024	0106000020E61000001000000103000000100000005000000F72F540342F144C0982ED4680D0D32C0806175C	Floresta ombrófila sub montana
6	332025	0106000020E610000010000001030000001000000050000004EB54D1C0DF044C06BBC5899CC0C32C017641A75	Floresta ombrófila sub montana
7	332026	0106000020E6100000100000010300000010000000500000009CF5109ECD744C00DDEEB50B50732C0E9F2DC62	Floresta ombrófila sub montana
8	332027	0106000020E61000001000000103000000100000005000000B0DAFAFFC9A44C08FDE54FC7CFA31C0BB21745B	Floresta ombrófila sub montana
9	332028	0106000020E61000001000000103000000100000005000000D18D8D8F248744C0F444B3245F631C01C5BA4EB	Floresta ombrófila sub montana
10	332029	0106000020E610000010000001030000001000000050000008F31DE7D63E844C043604DD600EC33C0579F2B63	Floresta ombrófila sub montana
11	332030	0106000020E610000010000001030000001000000050000004BADD3B704CE44C01ED1F53FE5E533C052F07EE	Floresta ombrófila sub montana
12	332031	0106000020E610000010000001030000001000000050000005472E4A7E6C744C022EB6009DE433C0F434ADE	Floresta ombrófila sub montana
13	332032	0106000020E61000001030000001000000050000008C46C5938B944C06F3C48DB85E133C08763A2D0	Floresta ombrófila sub montana
14	332033	0106000020E610000010300000010000000500000011A03D328DB544C076D2EB4BBFE033C0FCAB3869	Floresta ombrófila sub montana
15	332034	0106000020E610000010000001030000001000000050000001471ADB9A8B044C02BDDEE12B6DF33C0B677D0F0	Floresta ombrófila sub montana
16	332035	0106000020E6100000100000010300000010000000500000072921F55C4B44C0B054B54EACDE33C0C4A76A8C	Floresta ombrófila sub montana
17	332036	0106000020E610000010000001030000001000000050000006A8178E44CE745C02D1900C662BF35C0C8A42BF2	Floresta ombrófila sub montana
18	332037	0106000020E61000001000000103000000100000005000000C74871B55ADD45C0AC1770B894BD35C01E6D6C9	Floresta ombrófila sub montana
19	332038	0106000020E610000010000001030000001000000050000008245AF849CB045C0248C082E5AB535C00287F293	Floresta ombrófila sub montana
20	332039	0106000020E610000010000001030000001000000050000006468742FA4AB45C028D0DB5C6DB435C0B388C3E	Floresta ombrófila sub montana
21	332040	0106000020E610000010000001030000001000000050000004E3BA4FBE9A745C07395D63BBB335C08F10280B	Floresta ombrófila sub montana

Figura 16 – Tabela de dados geográficos no PostGIS (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

## 6.2 Edição

Conforme descrito na seção anterior, os metadados são cadastrados a partir do upload de arquivos. No caso do cadastro de uma camada, um arquivo *shapefile* foi importado e os metadados foram criados a partir das informações extraídas do arquivo. Ao acessar a camada o sistema permite fazer alterações nos metadados, estilos, miniatura e nos dados geográficos conforme a figura 17 ilustra.

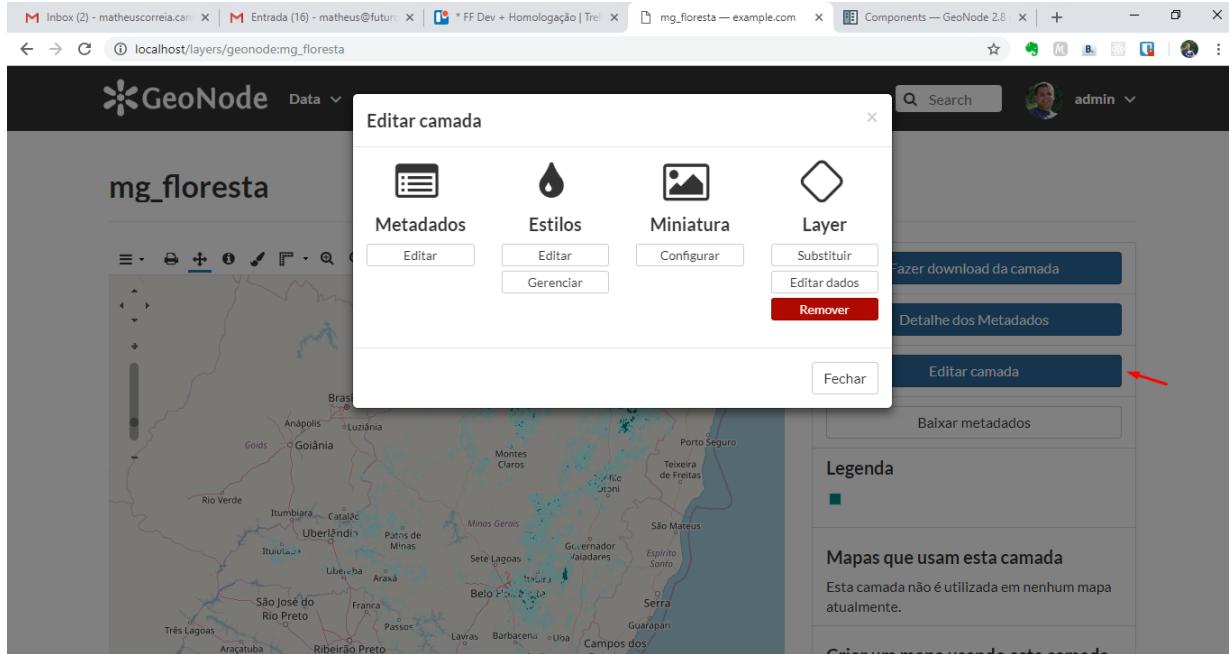


Figura 17 – Informações da camada criada (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

Ao editar os metadados o resultado pode ser observado ao visualizar a camada. A figura 18 ilustra os metadados que foram editados da camada "Florestas em Minas Gerais".

	<a href="#">Informações</a>	<a href="#">Atributos</a>	<a href="#">Compartilhar</a>	<a href="#">Classificações</a>	<a href="#">Comentários</a>
<b>Título</b>	Florestas em Minas Gerais				
<b>Resumo</b>	Esta camada ilustra as florestas em minas gerais conforme dados fornecidos pela IEDE (Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais)				
<b>Publication Data</b>	27 de Setembro de 2018 às 22:30				
<b>Tipo</b>	Vector Data				
<b>Categoria</b>	Biotá <a href="#">i</a>				
<b>Regiões</b>	Brazil				
<b>Proprietário</b>	admin				
<a href="#">Mais informações</a>	-				
<b>Finalidade</b>	Trabalho de conclusão de curso.				
<b>Idioma</b>	Portuguese				
<b>Qualidade dos dados</b>	Dados fornecidos pelo IEDE-MG				
<b>Informações complementares</b>	Este é um teste de Matheus Correia Cardoso				

Figura 18 – Informações da camada criada (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

A ferramenta fornece ainda outras opções para o usuário que pode visualizar os atributos da camada, compartilhar por meio de mídias sociais, classificar a informação e adicionar comentários para que outros usuários tenham acesso a este retorno.

## 6.3 Visualizar

O GeoNode permite ao usuário criar mapas a partir das camadas adicionadas. Por meio do *GeoExplorer* ferramenta integrada ao Geoportal, é possível visualizar os dados de maneira interativa. Sendo possível adicionar, editar e consultar informações sobre os dados exibidos no mapa.

A figura 19 ilustra a visualização de um mapa com as camadas criadas a partir dos arquivos importados.

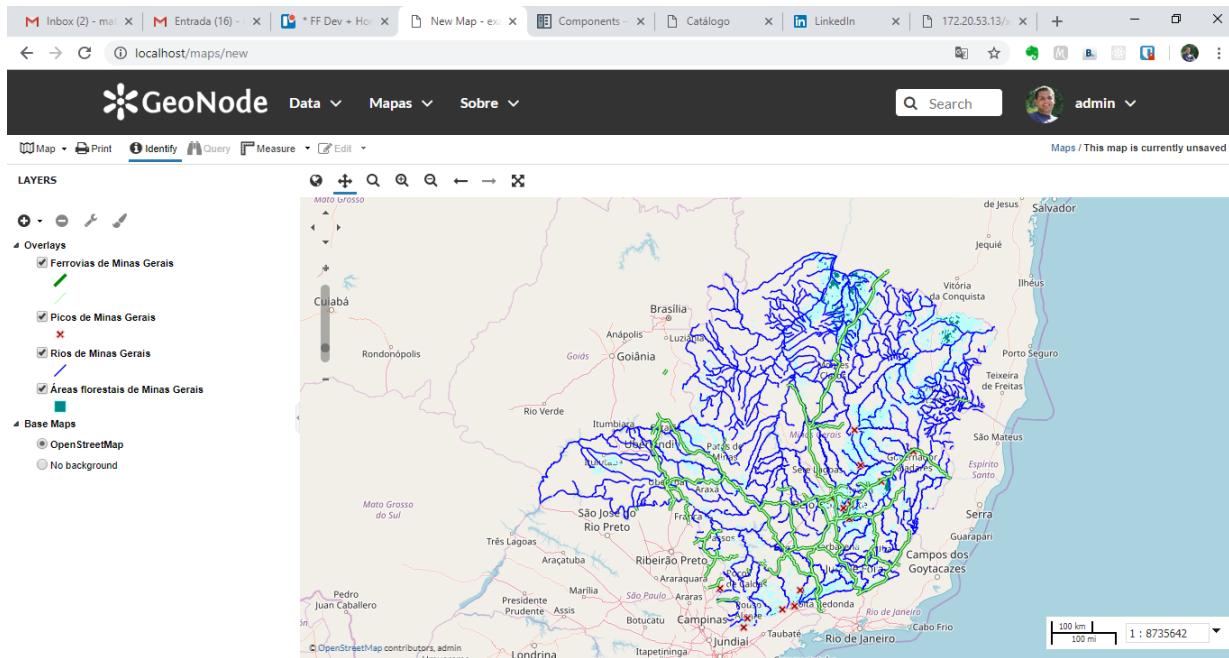


Figura 19 – Visualizar informações (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

É possível obter informações de pontos selecionados no mapa como por exemplo na figura 20 mostra informações sobre o Pico do Ana Moura, e na figura 21 sobre o Rio Piracicaba.

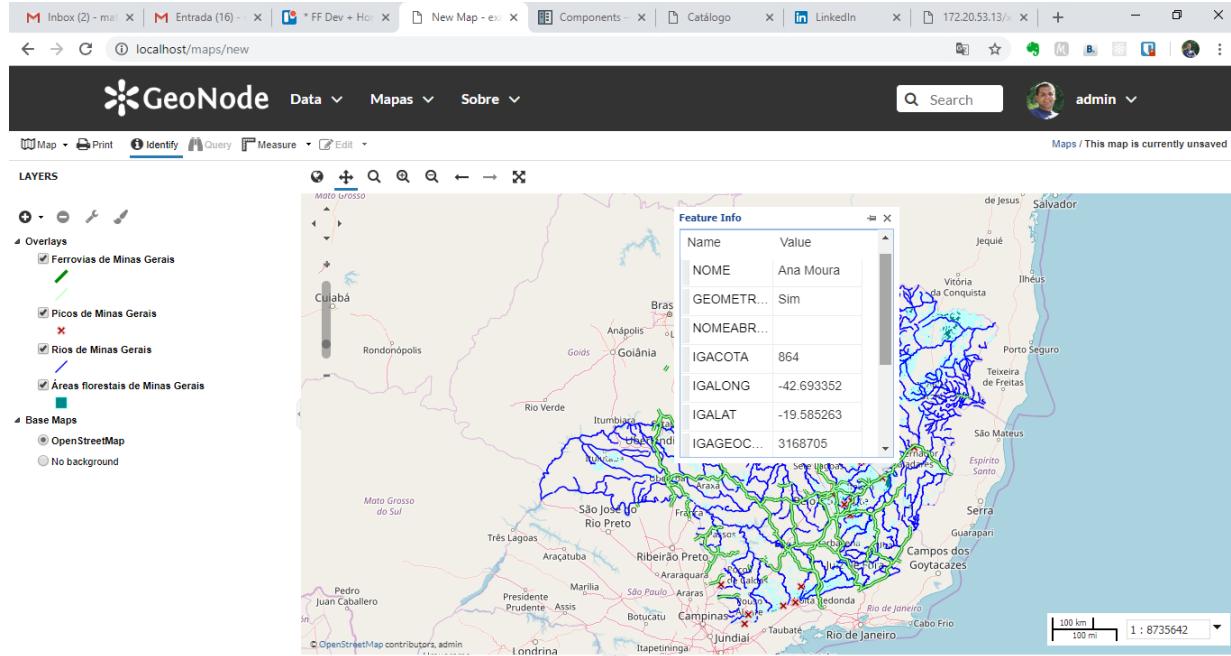


Figura 20 – Visualizar informações sobre os picos em Minas Gerais (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

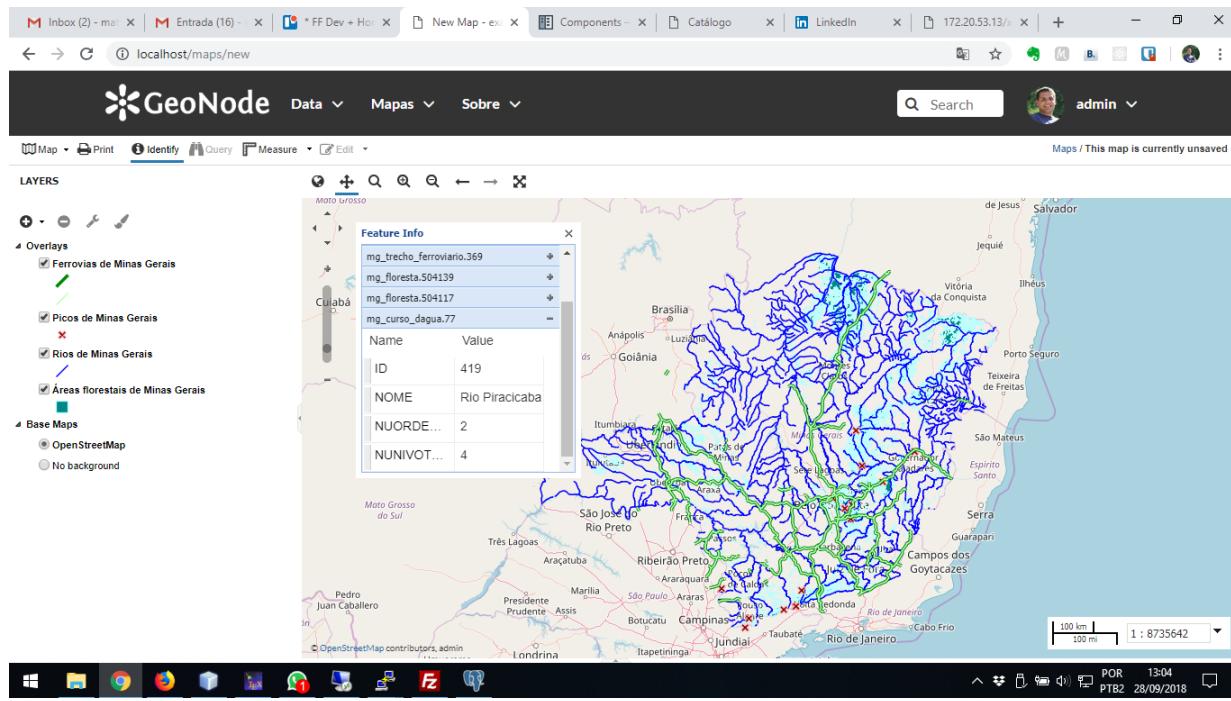


Figura 21 – Visualizar informações sobre os rios em Minas Gerais (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

## 6.4 Download

O Geonode permite que seja feito download dos metadados cadastrados no sistema. Vale ressaltar que a ferramenta permite fazer o download em diversos padrões utilizados mundialmente como o ISO19115. A figura 22 mostra as opções de download dos metadados.

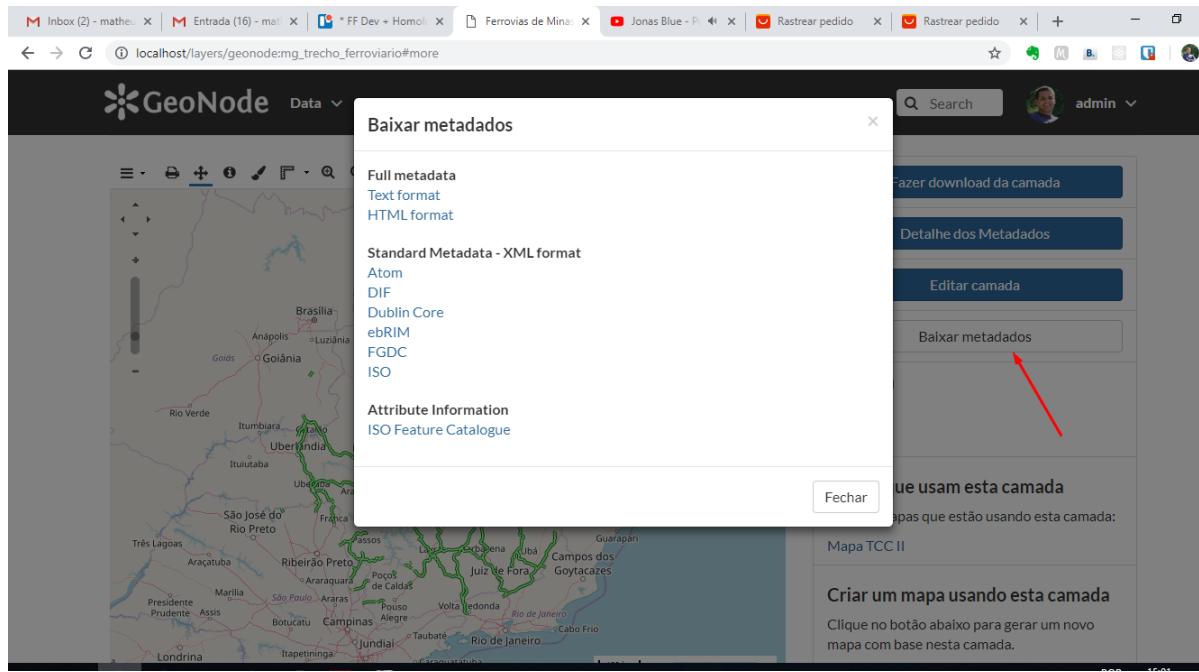


Figura 22 – Download de metadados (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

Permite também fazer o download da camada em diversos formatos suportados pelos serviços do GeoServer. As figuras 23 e 24 ilustram os formatos disponíveis.

## Fazer download da camada

X

[Images](#)    [Data](#)

[JPEG](#)

[PDF](#)

[PNG](#)

[KML](#)

[View in Google Earth](#)

[Tiles](#)

[Fechar](#)

Figura 23 – Download de dados em formato de imagens (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

## Fazer download da camada

X

[Images](#)    [Data](#)

[Shapefile compactado \(zip\)](#)

[GML 2.0](#)

[GML 3.1.1](#)

[CSV](#)

[Excel](#)

[GeoJSON](#)

[Fechar](#)

Figura 24 – Download de dados em formato bruto (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

## 6.5 Obtendo dados por uma chamada

Também é possível obter dados a partir de serviços disponibilizados pelo GeoServer. A figura 25 ilustra uma consulta ao endpoint disponibilizado para obter dados em formato GeoJson. Esta consulta pode ser facilmente utilizada por outros sistemas para obter dados e

processa-los a fim de fornecer informações para os usuários. Como por exemplo localização e roteamento.

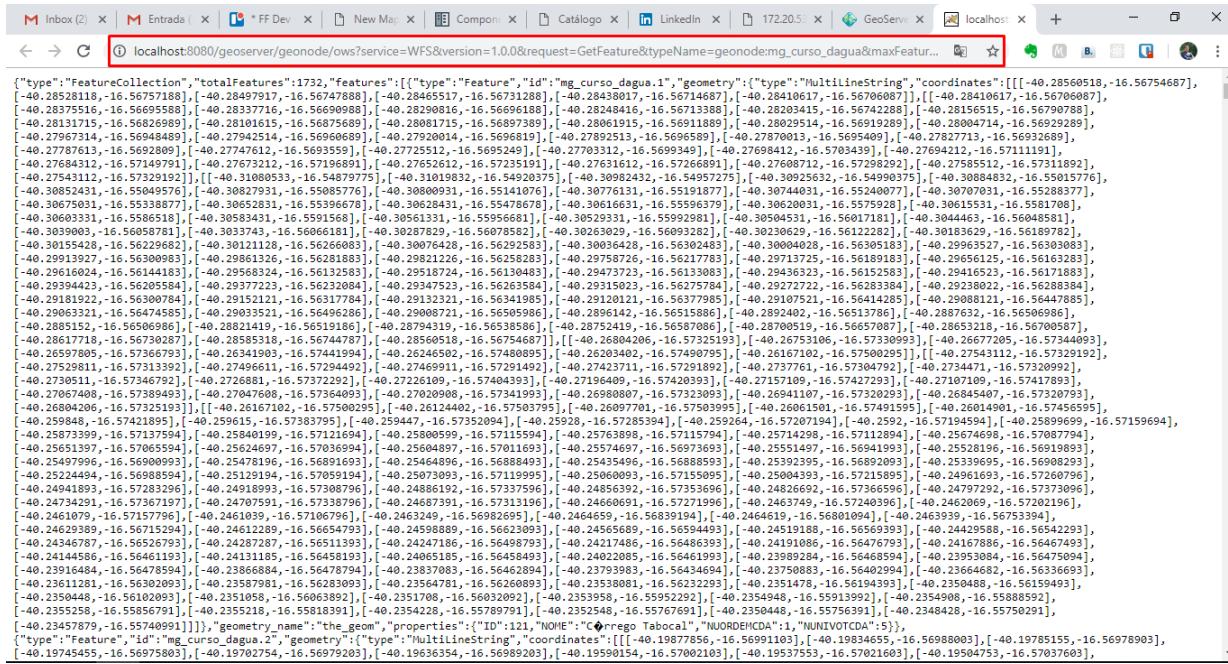


Figura 25 – Consulta de dados via requisição (Fonte: Elaborado pelo próprio autor)

## 6.6 Controle de acesso

A ferramenta permite a criação de grupos de acesso e perfis de usuário para controlar o acesso dos usuários às informações. Este recurso se mostra importante visto que os dados ficarão expostos e nem todos podem modificar ou visualizar dados restritos.

## 6.7 Avaliação

No contexto criado, conseguimos verificar o funcionamento da ferramenta mediante as especificações propostas por Béjar et al. (2009). A ferramenta atende aos principais requisitos levantados pelo documento da INDE para uma SDI e possuí facilidade de instalação e configuração. Um destaque negativo é que devido a quantidade de processamento e serviços sendo executados tivemos a impressão de que a ferramenta tem necessidade de uma estação dedicada.

O principal destaque são os serviços. Além de um bom funcionamento e alta disponibilidade inclusive para consultas simultâneas, os serviços são facilmente configurados por meio da plataforma disponibilizada pelo GeoServer. Embora seja especificado pelos desenvolvedores das ferramentas, não foi possível validar a conformidade dos serviços com os padrões especificados pelo OGC.

# 7 Conclusão

A partir do estudo bibliográfico realizado para esta pesquisa, selecionamos a arquitetura proposta por Béjar et al. (2009) e modificada por Miranda (2010). Também foi feito um levantamento das principais ferramentas utilizadas em sistemas de computação geográficos, isto nos permitiu selecionar um conjunto de ferramentas para realizar os testes e atingir o objetivo principal deste trabalho.

Durante o desenvolvimento do trabalho, conseguimos suprir as principais componentes de uma SDI utilizando o GeoNode. Assim os objetivos específicos também foram atingidos. Mas ainda há muito o que evoluir nesta linha de pesquisa. As SDI são recursos que podem auxiliar nas tomadas de decisões que envolvem o bem estar de todo cidadão.

Com o conceito de cidades inteligentes em ascensão, cada vez mais, estes recursos serão explorados e novas pesquisas serão realizadas com o intuito de melhorar os processos e as tecnologias disponíveis. Junto com este conceito surge também o "cidadão inteligente" (*smart citizen*), conceito no qual as pessoas também passam a ser produtoras de informações. Com o conhecimento acessível e mais próximo de suas atividades do dia-a-dia, elas podem não apenas ter uma melhor percepção do meio onde vivem, mas também propor soluções para questões que envolvem suas cidades. (LEMOS, 2013)

Assim fica evidente a necessidade de aprimorar os estudos nesta área promissora. Visto que as SDI urbanas ainda são pouco utilizadas existem diversas aplicações que podem ser exploradas como extensão do presente trabalho em futuras pesquisas. Algumas delas estão descritas na seção abaixo.

## 7.1 Trabalhos futuros

### 7.1.1 Teste de desempenho da SDI

No cenário criado para esta pesquisa a SDI atendeu à demanda de maneira eficaz. Mas visto que o cenário real seria a utilização em massa, por vários usuários e sistemas externos, uma pesquisa para avaliar o desempenho da SDI nessas condições se faz importante. Testes de desempenho, consumo de memória e processamento, velocidade podem apresentar outros défices não encontrados nesta pesquisa e isto pode contribuir para evoluir as ferramentas existentes ou utilizar outras.

### 7.1.2 Teste de usabilidade das ferramentas

Realizar testes com usuários no cadastro, manutenção e visualização das informações geográficas por meio de mapas, verificar se a ferramenta é fácil de usar ou se os usuários têm dificuldade na utilização. Verificar a facilidade de integração com outras ferramentas por meio dos serviços disponibilizados

### 7.1.3 Avaliação de conformidade entre as ferramentas computacionais e as especificações feitas pelo OGC

Uma das principais questões discutidas com respeito às SDI é a conformidade e padronização dos dados. O OGC especifica alguns padrões para os serviços de uma SDI assim como padrões para metadados com o apoio da ISO. Dada a importância relacionada a este tema, é interessante que seja feito uma análise com a proposta de garantir que os padrões especificados pelos órgãos regulamentadores estão sendo atendidos pelas ferramentas que compõe a SDI.

### 7.1.4 Aplicação do modelo aqui apresentado em um cenário real

O modelo aqui apresentado atendeu as necessidades do contexto criado pelo autor. Muitas vezes esta não é a realidade vivenciada pelos municípios, assim aplicar o modelo aqui proposto em um cenário real como por exemplo a prefeitura de Timóteo em Minas Gerais que não tem uma iniciativa nesta área até o presente momento, pode ser benéfico para os cidadãos terem acesso a informação geográfica de qualidade em seu município.

Este pode ser um passo importante para contribuir com o tema de cidadãos inteligentes, utilizando aplicações onde o cidadão possa contribuir fornecendo informações geográficas que podem ser utilizadas pela gestão na tomada de decisões.

## 7.2 Considerações finais

As SDI podem contribuir muito para materializar o conceito de cidades inteligentes. Mas para isto as SDI devem atingir uma maturidade em seus recursos institucionais, financeiros e tecnológicos a fim de atender camadas de usuários não profissionais.

Ainda há um longo caminho a percorrer, assim a medida que a tecnologia evoluí novas necessidades surgem. As SDI podem contribuir para o bem estar da sociedade se utilizadas de maneira objetiva, eficaz e visando o bem da população. Portanto é uma área promissora com muitas oportunidades para tornar o mundo um lugar melhor.

# Referências

- ARONOFF, M. J. *Israeli visions and divisions*. [S.I.]: Transaction Publishers, 1989. Citado na página 15.
- BÉJAR, R. et al. An architectural style for spatial data infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, Taylor & Francis, v. 23, n. 3, p. 271–294, 2009. Citado nas páginas 20, 32, 35, 44 e 45.
- BÉJAR, R.; MURO-MEDRANO, P. R.; NOGUERAS-ISO, J. Contributions to the modelling of spatial data infrastructures and their portrayal services. *PhD Dissertation, Computer Science and Systems Engineering Department, University of Zaragoza, Spain*, 2009. Citado na página 21.
- BERNARD, L.; CRAGLIA, M. Sdi-from spatial data infrastructure to service driven infrastructure. In: CITESEER. *Research Workshop on Cross-Learning Between Spatial Data Infrastructures and Information Infrastructures, Enschede, The Netherlands*. [S.I.], 2005. Citado na página 13.
- BOTTI, M. et al. Ogc® sensor web enablement: Overview and high level architecture. In: *GeoSensor networks*. [S.I.]: Springer, 2008. p. 175–190. Citado na página 13.
- CÂMARA, G. Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos. *São José dos Campos*, v. 264, 1995. Citado nas páginas 8, 15 e 16.
- CARRERA FABIO, J. F. The Future of Spatial Data Infrastructures : Capacity- building for the Emergence of Municipal SDIs. v. 2, p. 49–68, 2007. Citado na página 12.
- CASANOVA, M. A. et al. *Banco de dados geográficos*. [S.I.]: MundoGEO Curitiba, 2005. Citado na página 15.
- Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, C. Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. p. 205, 2010. Disponível em: <<http://www.concar.gov.br/pdf/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Citado nas páginas 13, 18, 20, 29, 31 e 32.
- COWEN, D. J. Gis versus cad versus dbms: what are the differences? In: *Introductory readings in geographic information systems*. [S.I.]: CRC Press, 2003. p. 70–80. Citado na página 15.
- Davis Jr., C. A.; ALVES, L. L. Infra-Estruturas de Dados Espaciais: Potencial para Uso Local. *Revista iP - Informática Pública*, N° 1, p. 14, 2008. Disponível em: <[http://www.ip.pbh.gov.br/ANO8{\\\_}N1{\\\_}PDF/ANO8N1{\\\_}Clo](http://www.ip.pbh.gov.br/ANO8{\_}N1{\_}PDF/ANO8N1{\_}Clo)>. Citado nas páginas 8, 16, 17, 19, 20, 26, 27, 31 e 32.
- Davis Jr, C.; Fonseca, F.T.; Câmara, G. Infraestruturas de Dados Espaciais na Integração entre Ciência e Comunidades para Promover a Sustentabilidade Ambiental. *I Workshop on Global Forest Information Systems: SDI for the Amazon*, p. 1–11, 2008. Citado nas páginas 12, 13 e 18.
- DIRECTIVE, I. Directive 2007/2/ec of the european parliament and of the council of 14 march 2007 establishing an infrastructure for spatial information in the european community (inspire). *Published in the official Journal on the 25th April*, 2007. Citado na página 13.

- FGDC. The 1994 Plan for the National Spatial Data Infrastructure: Building the Foundation of an Information Based Society. 1994. Citado na página 18.
- FGDC. Content Standard for Digital Geospatial Metadata Workbook - (For use with FGDC-STD-001-1998). In: *Federal Geographic Data Committee*. [S.I.: s.n.], 2000. Citado na página 20.
- FILHO, J. L. et al. Uma infraestrutura de dados espaciais para o projeto geominas com metadados definidos no perfil mgb da inde. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 64/5, 2013. Citado na página 27.
- GEOCONNECTIONS. The Canadian Geospatial Data Infrastructure Architecture. 2005. Citado na página 13.
- GEONETWORK. *GeoNetwork*. 2018. Disponível em: <<https://geonetwork-opensource.org/>>. Citado na página 29.
- GEOSERVER. *GeoServer*. 2018. Disponível em: <<http://geoserver.org/>>. Citado na página 30.
- GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoFocus*, n. 7, p. 8–10, 2007a. Citado na página 12.
- GROOT, J. D. M. R. *Geospatial Data Infrastructure: Concepts, Cases, and Good Practice*. [S.I.]: Editora, 2010. Citado na página 18.
- HERRING, J. R. Open Geospatial Consortium Inc . Status : OpenGIS ® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2 : SQL option. *OGC Report*, n. v 1.2.1, p. 111, 2010. Disponível em: <[portal.opengeospatial.org/files/?artifact{\\\_id=25}](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact{\_id=25})>. Citado na página 29.
- I3GEO. *i3Geo*. 2018. Disponível em: <<http://www.i3geo.com.br/i3geo/init/index.php?home=#>>. Citado na página 30.
- INFRASTRUCTURES, D. S. D. the sdi cookbook. *GSDI/Nebert*, 2004. Citado na página 13.
- ISO. Strategic Business Plan Iso / Tc 211. 2015. Disponível em: <[http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO{\\\_}TC{\\\_}211{\\\_}{\\\_}Geographic{\\\_}information{\\\_}Geomatics{\\\_}.pdf?no](http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO{\_}TC{\_}211{\_}{\_}Geographic{\_}information{\_}Geomatics{\_}.pdf?no)>. Citado na página 20.
- JR, C. A. D.; 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*. [S.I.: s.n.], 2009. v. 1, p. 1279–1288. Citado na página 28.
- LEMOS, A. Cidades inteligentes. *GV-executivo*, v. 12, n. 2, p. 46–49, 2013. Citado nas páginas 12 e 45.
- MAGUIRE, D. J.; LONGLEY, P. A. The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 29, n. 1 SPEC.ISS., p. 3–14, 2005. ISSN 01989715. Citado na página 17.
- MAPSERVER. *MapServer*. 2018. Disponível em: <<http://mapserver.org/>>. Citado na página 30.
- MASSER, I. All shapes and sizes: the first generation of national spatial data infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, Taylor e Francis, v. 13, n. 1, p. 67–84, 1999. Citado na página 17.

- MIRANDA, T. S. UMA ARQUITETURA PARA CONTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS :. 2010. Citado nas páginas 8, 13, 21, 22, 23, 25, 28 e 45.
- MYSQL. *MySQL 8.0 Reference Manual*. 2018. Disponível em: <<https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>>. Citado na página 29.
- NAKAMURA, E. T. Infraestrutura de Dados Espaciais em Unidades de Conservação : uma proposta para disseminação da informação geográfica do Parque Estadual de Intervales-SP Infraestrutura de Dados Espaciais em Unidades de Conservação : uma proposta para disseminação da inf. *Dados*, 2010. Citado na página 18.
- OGC. *OGC - Glossary of terms*. 2018. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc/glossary>>. Citado na página 20.
- OLIVEIRA, P. A.; JUNIOR, C. A. D.; OLIVEIRA, P. F. A. Proposição de Infra-Estrutura de Dados Espaciais ( SDI ) Local , Baseada em Arquitetura Orientada por Serviços ( SOA ). p. 31–36, 2008. Citado na página 27.
- Oliveira, Pedro Felipe A. e Oliveira, M. P. G. Usos de um Sistema de Informação Geográfica em Cadastro Técnico Municipal : a experiência de Belo Horizonte. v. 7, n. 2, p. 67–84, 2005. Citado nas páginas 13 e 26.
- OPENLAYERS. *OpenLayers*. 2018. Disponível em: <<https://openlayers.org/>>. Citado na página 30.
- PERCIVALL, G. et al. Iso 19119 and ogc service architecture. Citeseer, 2002. Citado na página 13.
- POSTGIS. *PostGIS - Features*. 2018. Disponível em: <<https://postgis.net/features/>>. Citado na página 29.
- PYCSW. *PyCSW*. 2018. Disponível em: <<http://pycsw.org/>>. Citado na página 30.
- Rajabifard, A.; Williamson, I. P. Spatial data infrastructures : concept , SDI hierarchy and future directions. 2001. Citado nas páginas 19 e 26.
- ROBERTO, A. et al. No Title. n. 2005, p. 5121–5126, 2007. Citado na página 12.
- ROSA, R. Introduçao Ao Geoprocessamento. *Universidade Federal De Uberlândia*, 2013. Citado nas páginas 12 e 16.
- SILVA, R. R.; JÚNIOR, C. A. D. UTILIZAÇÃO DO GEONODE COMO INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS Universidade Federal de Minas Gerais , Brasil. p. 1251–1254, 2017. Citado nas páginas 8, 31, 33 e 35.
- SMITH, T. R. et al. Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. *International Journal of Geographical Information System*, Taylor & Francis, v. 1, n. 1, p. 13–31, 1987. Citado na página 15.
- TEIXEIRA, A. H. d. C. et al. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. *Anais XVI Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE*, v. 2003, n. 1986, p. 6917–6922, 2013. Citado nas páginas 18 e 19.
- WARNEST, M. A COLLABORATION MODEL FOR NATIONAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE IN FEDERATED COUNTRIES. n. February, 2005. Citado na página 19.