

THIAGO SILVA MIRANDA

**UMA ARQUITETURA PARA CONTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA
VOLUNTÁRIA EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS:
UM ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA**

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
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M672a
2010

Miranda, Thiago Silva, 1982-

Uma arquitetura para contribuição geográfica voluntária em infraestruturas de dados espaciais: um estudo de caso do município de Viçosa / Thiago Silva Miranda. – Viçosa, MG, 2010.

xi, 62f. : il. ; 29cm.

Orientador: Jugurta Lisboa Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 58-62.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Banco de dados.
 3. Arquitetura orientada a serviços (Computador).
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

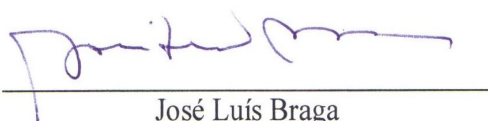
CDD 22.ed. 003.3

THIAGO SILVA MIRANDA

**UMA ARQUITETURA PARA CONTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA
VOLUNTÁRIA EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS:
UM ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA**

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*.

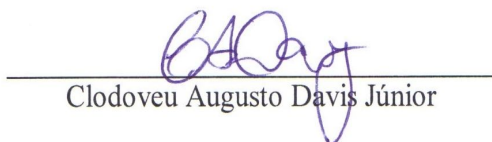
APROVADA: 06 de dezembro de 2010



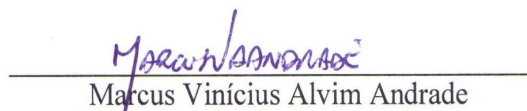
José Luís Braga
(Co-orientador)



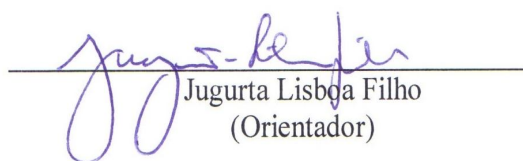
Elpídio Inácio Fernandes Filho



Clodoveu Augusto Davis Júnior



Marcus Vinícius Alvim Andrade



Jugurta Lisboa Filho
(Orientador)

Aos meus pais,
que souberam entender que o conhecimento
é um precioso bem a ser construído.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, saúde e determinação para realizar este trabalho e, também, por colocar as pessoas certas em meu caminho, que sempre me auxiliaram, não só neste trabalho como em toda a vida.

Aos meus pais, Geraldo e Maria Auxiliadora, por todo amor, apoio e solidariedade, durante esta jornada e por sempre acreditarem em mim.

Com carinho muito especial à Fabiane, pelo amor, pela paciência, pela dedicação, pela compreensão e pelo incentivo constante, contribuindo com esta conquista.

Ao professor e orientador Jugurta Lisboa Filho, pelo companheirismo, pelo diálogo, pela credibilidade, pelos desafios e por ser exemplo de pessoa e profissional.

Aos meus coorientadores, professor José Luis Braga e professora Karla Borges, pelos conselhos e pelas contribuições na identificação e correção de falhas, durante o desenvolvimento deste trabalho.

A todos do corpo docente do Departamento de Informática da UFV e ao Altino Souza Filho, secretário da Pós-Graduação, pela pronta ajuda perante as burocracias do mestrado.

Aos colegas de estudo que me incentivaram e ajudaram durante o mestrado, em especial ao Cristóferon Bueno, Arthur Vinícius e Tiago Furtado. Ao Wagner de Souza, aluno do Curso de Ciência da Computação da UFV, pela parceria e pelas contribuições no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos Odilon Corrêa, Michelle Teixeira, Henrique Faria e Bruno Satler, pela contribuição, pelo incentivo e por serem multiplicadores de conhecimento no desenvolvimento deste trabalho. A toda equipe Cientec, em especial ao Alessandro de Freitas e Paulo Márcio, pelo apoio e pela flexibilidade no horário de trabalho, para que eu pudesse fazer as disciplinas e me dedicar aos estudos.

Aos colaboradores da iPlanus Engenharia e Sistemas, Anderson Donizete e Marcos Vinícius, e ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa (SAAE), idealizadores do projeto Viçosa Digital, pela contribuição e pelo enriquecimento desta pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), edital CNPq/MCT/CT-Info, pelo financiamento parcial do projeto.

BIOGRAFIA

THIAGO SILVA MIRANDA, filho de Geraldo de Assis Miranda e Maria Auxiliadora Martins da Silva Miranda, nasceu em 13 de março de 1982, em Coronel Fabriciano, Minas Gerais.

No ano de 2001, após concluir o ensino médio no Colégio Técnico de Coronel Fabriciano, ingressou no curso de graduação em Sistemas de Informação, no Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, concluindo-o no ano de 2005.

No período de dezembro de 2003 a março de 2006, trabalhou como programador no Centro Universitário do Leste de Minas Gerais.

Em 2008, iniciou o mestrado em Ciência da Computação, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), defendendo a dissertação em dezembro de 2010.

Desde junho de 2009, é gerente de projetos na Cientec (Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas).

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| LISTA DE TABELAS | vii |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| LISTA DE ABREVIATURAS | ix |
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. O problema e sua importância..... | 2 |
| 1.2. Objetivos | 3 |
| 1.3. Organização da dissertação | 3 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 5 |
| 2.1. Infraestrutura de dados espaciais | 5 |
| 2.2. Informação geográfica voluntária..... | 8 |
| 2.3. A web geoespacial | 12 |
| 2.4. Trabalhos correlatos..... | 16 |
| 3. UM ESTILO DE ARQUITETURA PARA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS | 20 |
| 3.1. Estilos de arquitetura..... | 21 |
| 3.2. Componentes da arquitetura..... | 22 |
| 4. UMA ARQUITETURA PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA EM INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS | 27 |
| 4.1. Visão geral..... | 27 |
| 4.2. Os componentes da arquitetura..... | 29 |
| 4.3. Módulo de colaboração | 31 |
| 4.4. Módulo de administração | 32 |
| 4.5. Estrutura da arquitetura..... | 33 |
| 4.6. Protótipo e seus aspectos de implementação..... | 35 |
| 4.6.1. Fluxo do mecanismo de colaboração..... | 36 |
| 4.6.2. Estrutura do repositório..... | 38 |
| 4.6.3. Funcionalidades do protótipo | 38 |
| 5. ESTUDO DE CASO | 43 |
| 5.1. Viçosa Digital: base de dados e informações municipais | 43 |
| 5.2. Infraestrutura de dados espaciais do Viçosa Digital | 44 |

| | |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 5.2.1. Artefatos computacionais..... | 45 |
| 5.2.2. Geoportal..... | 47 |
| 5.2.3. Evolução dos dados da IDE..... | 49 |
| 5.3. Testes do protótipo colaborativo | 49 |
| 5.3.1. Criação da base colaborativa..... | 50 |
| 5.3.2. Teste I: registrando uma contribuição..... | 52 |
| 5.3.3. Teste II: gerenciando uma contribuição..... | 53 |
| 5.3.4. Teste III: interagindo com uma contribuição | 54 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 56 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 2.1: Diferenças entre as características VGI e IDE, com base nos componentes de IDE..... | 11 |
| Tabela 2.2: Diferenças entre GeoWeb 1.0 e GeoWeb 2.0..... | 14 |
| Tabela 2.3: Principais ferramentas que representam a evolução da Web | 14 |
| Tabela 5.1: Relação entre os componentes da IDE Viçosa e seus artefatos computacionais..... | 47 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1: Próxima geração de IDE resultante da VGI..... | 11 |
| Figura 2.2: Evolução da Web. | 16 |
| Figura 2.3: Interface do <i>OpenStreetMap</i> em modo de edição dos pontos de interesse do usuário. | 17 |
| Figura 2.4: Interface principal do <i>WikiCrimes</i> , exibindo uma ocorrência registrada..... | 18 |
| Figura 3.1: Os relacionamentos hierárquicos entre os tipos de componentes da arquitetura de IDE..... | 23 |
| Figura 4.1: Casos de uso do sistema de contribuição geográfica voluntária..... | 28 |
| Figura 4.2: Diagrama de sequência do caso de uso Gerenciar Colaboração..... | 29 |
| Figura 4.3: Diagrama de sequência do caso de uso Cadastrar Colaboração. | 29 |
| Figura 4.4: Diagrama de componentes da arquitetura colaborativa..... | 30 |
| Figura 4.5: Diagrama de classes do módulo Colaboração..... | 31 |
| Figura 4.6: Diagrama de atividades do método RegistrarBaseColaborativa..... | 32 |
| Figura 4.7: Diagrama de classes do módulo Administração..... | 32 |
| Figura 4.8: Diagrama de atividades dos métodos ConsultarBaseColaborativa e ProcessarBaseColaborativa..... | 33 |
| Figura 4.9: Estrutura da arquitetura colaborativa..... | 34 |
| Figura 4.10: Integração entre os componentes da arquitetura colaborativa e a IDE..... | 35 |
| Figura 4.11: Fluxo do mecanismo de colaboração..... | 36 |
| Figura 4.12: Esquema conceitual do repositório colaborativo | 38 |
| Figura 4.13: Interface do módulo colaboração do protótipo. | 39 |
| Figura 4.14: Interface do formulário Identificação de uma contribuição..... | 40 |
| Figura 4.15: Interface do formulário Multimídia de uma contribuição..... | 41 |
| Figura 4.16: Interface do formulário Comentários de uma contribuição. | 41 |
| Figura 4.17: Interface do módulo Administração do protótipo..... | 42 |
| Figura 5.1: IDE Colaborativa do projeto Viçosa Digital. | 45 |
| Figura 5.2: Geoportal do projeto Viçosa Digital..... | 49 |
| Figura 5.3: Objeto da classe Colaboracao. | 51 |
| Figura 5.4: Conteúdo do arquivo KML..... | 51 |
| Figura 5.5: Teste I: registrando uma contribuição..... | 52 |
| Figura 5.6: Teste II: gerenciando uma contribuição..... | 54 |
| Figura 5.7: Teste III: interagindo com uma contribuição. | 55 |

LISTA DE ABREVIATURAS

ADEVI - Agência de Desenvolvimento de Viçosa
CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia
CGSDM - Content Standards for Digital Geospatial Metadata
C&C - Componente-e-Conector
FGDC - Federal Geographic Data Committee
GPS - Global Positioning System
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA - Instituto de Cartografia Aeronáutica
IDE - Infraestruturas de Dados Espaciais
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSPIRE - Infrastructure for Spatial Information in Europe
KML - Keyhole Markup Language
MGB - Metadados Geoespaciais do Brasil
OGC - Open Geospatial Consortium
SAAE - Serviço Autônomo de Águas e Esgotos
SGBDR - Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional
SIG - Sistemas de Informação Geográfica
SOA - Service Oriented Architectures
UNIFOR - Universidade de Fortaleza
VGI - Volunteered Geographic Information
XML - eXtensible Markup Language
W3C - World Wide Web Consortium
WMS - Web Map Service

RESUMO

MIRANDA, Thiago Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2010.

Uma arquitetura para contribuição geográfica voluntária em infraestruturas de dados espaciais: um estudo de caso do município de Viçosa. Orientador: Jugurta Lisboa Filho. Coorientadores: José Luís Braga e Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges.

Para uma gestão municipal eficaz, a administração pública precisa conhecer a realidade local e a sua infraestrutura. Para isso, a informação geográfica e o uso de geotecnologias são fundamentais, pois apoiam as várias ações realizadas no município. Neste contexto, as Infraestruturas de Dados Espaciais favorecem a criação, distribuição, interoperabilidade e gestão da informação espacial, permitindo maior conhecimento sobre o território. Contudo, o processo de aquisição e atualização dos dados geográficos tem passado por mudanças nos últimos anos, em razão do elevado custo na execução dessas atividades por parte das agências de mapeamento. Tem se estabelecido, então, o fenômeno da Informação Geográfica Voluntária, que corresponde à informação geográfica gerada pelo usuário e que combina elementos da Web 2.0, Inteligência Coletiva e Neogeografia. Pesquisas baseadas no fenômeno da Informação Geográfica Voluntária e que demonstram a possibilidade de obtenção de novos dados geográficos por meio da participação voluntária, foram analisadas. Entretanto, não foram encontrados trabalhos, que abordam a contribuição geográfica voluntária, que influenciam o processo de expansão dos dados de uma infraestrutura espacial independente do domínio. O objetivo desta dissertação é prover mecanismo colaborativo que receba informação geográfica, por meio da participação voluntária. Esse mecanismo compreende um sistema, que recebe colaboração voluntária sobre os dados de uma infraestrutura espacial, apoiado por recursos e princípios da Web 2.0. Para comprovar a viabilidade do sistema proposto, foram realizadas algumas simulações, por meio de um estudo de caso, no contexto de uma Infraestrutura de Dados Espaciais, voltada para o município de Viçosa, MG. Essas simulações geraram resultados e demonstraram a eficiência do sistema proposto em receber as contribuições dos usuários.

ABSTRACT

MIRANDA, Thiago Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2010.
An architecture for voluntary geographical contribution in spatial data infrastructures: a case study of Viçosa. Adviser: Jugurta Lisboa Filho. Co-advisers: José Luís Braga and Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges.

For an effective municipal government the public administration needs to know the local situation and infrastructure. For this, the geographic information and use of geotechnologies are fundamental, because they support the various actions undertaken in the city. In this context, Spatial Data Infrastructures further the creation, distribution, interoperability and management of spatial information, allowing a better knowledge of the territory. However, the process of acquisition and update of spatial data has undergone changes in recent years due to the high cost in carrying out these activities by mapping agencies. It has been established then, the phenomenon of Volunteer Geographic Information, which corresponds to geographic information generated by the user and which combines elements of Web 2.0, Collective Intelligence and Neogeography. Research based on the phenomenon of Volunteer Geographic Information and which demonstrating the possibility of obtaining new spatial data through the voluntary participation were analyzed. However, no studies were found that approach the contribution that voluntary geographic influence the expansion process of spatial data infrastructure of a domain independent. The objective of this dissertation is to provide a collaborative mechanism that receives geographical information through voluntary participation. This mechanism comprises a system that receives data on the voluntary cooperation of a spatial infrastructure supported by resources and Web 2.0 principles. To prove the feasibility of the proposed system, some simulations were carried out through a case study in the context of a Spatial Data Infrastructure at Viçosa City, Minas Gerais State. These simulations generated results and demonstrate the effectiveness of the proposed system to receive contributions from users.

1. INTRODUÇÃO

Uma administração municipal realiza, de maneira contínua, a manutenção, a gestão e o planejamento e toma decisões políticas que afetam diretamente a vida do cidadão e os recursos financeiros destinados à cidade (CARRERA; FERREIRA JR., 2007). Dessa maneira, para uma gestão eficaz, o poder público precisa conhecer a realidade do município e isto inclui, por exemplo, a infraestrutura da cidade, o cadastro das áreas construídas, as redes de transporte, água e esgoto, os serviços públicos, os pontos turísticos, o uso do solo, as áreas de preservação, entre outros.

De acordo com Pierozzi et al. (2006 *apud* BINELI et al., 2007), a gestão territorial de um município, como parte do seu planejamento estratégico, alcança satisfatoriamente os resultados pretendidos, quando utiliza-se de geotecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), pois apoiam as várias ações do município relativas a educação, saúde, zoneamentos, planos diretores, análise de riscos, áreas de criminalidade, entre outras. Para realizar todas essas tarefas, Afonso (2009) afirma que a informação geográfica é crucial, uma vez que auxilia na identificação das necessidades, na intervenção apropriada, no monitoramento dos resultados e na avaliação dos impactos.

Segundo Goodchild (2007a), no passado, a produção de informação geográfica nos países desenvolvidos era de responsabilidade exclusiva das agências nacionais de cartografia. Porém, por causa do elevado custo na execução das atividades de produção e da distribuição dessas informações, os governos se tornaram menos dispostos a custear os serviços realizados por essas agências tais como compilar e divulgar resultados em mapas impressos e, recentemente, como conjunto de dados digitais.

A solução adotada, em muitos países, para reduzir esse alto custo na produção da informação geográfica, passa pelas Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE), pois, além de envolver parcerias entre diferentes níveis do governo e o setor privado (GOODCHILD, 2007a), possuem o foco voltado para criação, distribuição, interoperabilidade e gestão da informação espacial (DAVIS JR. et al., 2009).

As IDEs são mecanismos com base na Internet para a produção coordenada, descoberta e uso de informações geoespaciais em ambiente digital. Entretanto, segundo Davis Jr. et al. (2009), por mais que as IDEs atuais representem avanço significativo, com relação aos tempos de intercâmbio *offline* de dados geográficos, existe ainda uma

demanda por mais interação, suporte à cooperação e criação de comunidades, motivando cada vez mais a participação das pessoas.

Uma solução para suprir essa necessidade e cooperar com a modernização das atuais infraestruturas está na obtenção da informação geográfica, por meio da contribuição voluntária, uma vez que o processo de formação e distribuição dos dados geográficos tem sido executado de maneira lenta e o tamanho das agências de mapeamento vem se reduzindo gradualmente (McDOUGALL, 2009).

1.1. O problema e sua importância

Há duas décadas, muito avanço aconteceu na exploração de novas tecnologias de apoio à disseminação de informações geográficas, principalmente com a popularização da Internet e o advento da Web como *Data Warehouses*, bibliotecas de dados espaciais, geoportais, entre outras (GOODCHILD, 2007b). Essas tecnologias possibilitam o registro das informações geográficas, em forma digital, tornando-as disponíveis para uso em diversas instâncias do governo, do setor privado e da academia (PEREIRA et al., 2002).

A sociedade necessita cada vez mais de informação geográfica como auxílio ao planejamento e à tomada de decisão para o desenvolvimento ambiental, econômico e social. A existência e a divulgação dessas informações permitem melhor conhecimento do território, apoiando a preservação, a valorização, o desenvolvimento e a participação dos cidadãos (SILVA; RIBEIRO, 2009).

Nesse contexto, a implantação das Infraestruturas de Dados Espaciais se justifica, pois favorece o compartilhamento de dados geográficos com toda a sociedade, garante aos cidadãos o acesso à informação geográfica pública existente de maneira fácil e eficaz, e colabora com a reutilização do conteúdo geográfico frente aos investimentos já aplicados na produção desses dados em outros projetos.

Para Goodchild (2008a), o processo de aquisição e atualização dos dados geográficos realizado pelas tradicionais agências de mapeamento é caro, pois necessita de recursos financeiros elevados e profissionais especializados na produção de mapas e dados espaciais; assim como, a situação é semelhante, quando se trata da manutenção e evolução da base geográfica no cenário municipal.

Toda administração pública municipal necessita ter acesso a informações qualificadas sobre o território dela, para que os processos de concepção, planejamento, implementação e gestão de projetos locais e regionais se desenvolvam com qualidade e

eficiência. Porém, o elevado custo na produção desses dados e a restrição orçamentária enfrentada pelas prefeituras dificultam o estabelecimento e a evolução adequada da base geográfica do município (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2005).

Para minimizar esses problemas no cenário municipal, buscou-se alternativa para o desenvolvimento e a manutenção do acervo geográfico que, apoiado nos aspectos da participação voluntária, caracteriza o que Goodchild (2008a) define como Informação Geográfica Voluntária. Nesse contexto, surge a seguinte questão: como a contribuição voluntária pode colaborar na expansão das fontes de dados geográficos em uma Infraestrutura de Dados Espaciais Municipal?

Como resultado, espera-se que o conjunto de dados geográficos disponível em uma IDE Municipal seja acessível e atualizado voluntariamente, por meio da participação dos cidadãos, permitindo à comunidade contribuir com informações sobre a infraestrutura da cidade, a segurança, as instituições municipais, os serviços públicos entre outras.

1.2. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é propor uma estrutura de colaboração geográfica voluntária, integrada a uma arquitetura de Infraestrutura de Dados Espaciais, orientada a serviços, que influenciem o processo de expansão das fontes de dados geográficos em IDEs Municipais. Para isso, a pesquisa tem como objetivos específicos:

- Investigar arquiteturas de IDE orientadas a serviços Web.
- Inquirir recursos da Web para suporte à informação geográfica voluntária.
- Determinar uma estrutura para armazenar a base colaborativa do conhecimento em estudo.
- Especificar e desenvolver um sistema para receber e gerenciar as contribuições geográficas voluntárias sobre uma base de IDE.
- Verificar a viabilidade do sistema proposto, por meio de um estudo de caso, no contexto de uma IDE Municipal.

1.3. Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

- Capítulo 1. Expõe o problema, a importância dele e os objetivos do trabalho.
- Capítulo 2. Descreve o referencial teórico, resultado da pesquisa bibliográfica sobre

as áreas e tecnologias relacionadas ao trabalho.

- Capítulo 3. Exibe uma arquitetura orientada a serviços para IDE.
- Capítulo 4. Oferece uma proposta de arquitetura para um sistema de contribuição geográfica voluntária relacionado à IDE, apresentada no Capítulo 3, e descreve os aspectos de implementação de um protótipo relacionados ao sistema proposto.
- Capítulo 5. Fornece um estudo de caso realizado com dados reais, relacionados ao município de Viçosa, MG.
- Capítulo 6. Apresenta as conclusões e possíveis avanços desta dissertação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre IDEs, destacando o contexto em que essas surgem, os aspectos que as caracterizam e a atual demanda que direciona a evolução delas (Seção 2.1). Em seguida, são descritos conceitos utilizados ao longo dessa dissertação. Esta pesquisa fundamenta-se em duas áreas: informação geográfica voluntária (Seção 2.2) e Web geoespacial (Seção 2.3). Os trabalhos relacionados e apresentados na Seção 2.4 descrevem outras pesquisas científicas que influenciaram e contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1. Infraestrutura de dados espaciais

Dados geográficos estão disponíveis na maioria das organizações públicas e privadas, em diferentes níveis: local, regional, nacional ou global. Para que haja uma troca de dados geoespaciais entre essas organizações, é necessária uma estrutura técnica e organizacional adequada. Diante desse cenário, surgem as Infraestruturas de Dados Espaciais – IDE (VOGELE et al., 2004).

As IDEs são importantes porque melhoram a gestão da informação espacial em determinado domínio. Além disso, essas proporcionam o compartilhamento de dados, o que é extremamente útil, pois permite que os usuários economizem recursos, tempo e esforços, na tentativa de adquirir novos conjuntos de dados, evitando a duplicação de despesas associadas à geração e manutenção dessas, bem como a integração delas a outros conjuntos (RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001).

Para Nebert (2004), uma IDE corresponde a um conjunto de políticas, tecnologias, normas, padrões e recursos humanos necessários para a coleta, a gestão, o acesso, a distribuição e a utilização eficaz dos dados espaciais. Além disso, uma infraestrutura deve ser mais que um simples banco de dados ou conjunto de dados, deve ser um local onde os dados geográficos possuam documentação (metadados) suficiente, um meio de recuperá-los, visualizá-los e analisá-los (catálogos e mapeamento Web), e algum método que forneça acesso a esses.

Segundo Rajabifard (2002), os mecanismos que facilitam o uso e o intercâmbio de dados espaciais são as principais justificativas para o desenvolvimento de uma IDE, já que a informação espacial pode ajudar os governos a tomarem decisões.

De fato, a idéia principal das IDEs é oferecer serviços de acesso à informação geográfica, com base em grandes catálogos de acervos de dados, tornando indiferentes aos olhos do cliente da IDE o local, o meio e a estrutura física de armazenamento. Com isso, o usuário pode consultar um serviço para determinar se os dados que procuram estão disponíveis, consultar outro para avaliar detalhes sobre a fonte e, caso as características dos dados atendam à necessidade, acionar um terceiro serviço para recuperá-los (DAVIS JR. et al., 2005).

Entre os componentes que compõem uma IDE, citados por Nebert (2004), o catálogo de metadados é considerado por Maguire e Longley (2005) um componente-chave, pois pode ser consultado para pesquisa de dados e recursos, utilizando atributos temáticos, temporais e espaciais.

Diversos padrões de metadados foram desenvolvidos para normatizar a correta descrição do dado espacial, a fim de viabilizar seu compartilhamento. Entre alguns padrões de metadados geográficos estabelecidos e amplamente utilizados estão o *Content Standards for Digital Geospatial Metadata* (CGSDM) do *Federal Geographic Data Committee* (FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE – FGDC, 1998) e a norma ISO/TC 211:19115 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO, 2003a).

No Brasil, a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR)¹, que tem como missão coordenar e orientar a elaboração e implementação da Política Cartográfica Nacional, estabeleceu e homologou, em novembro de 2009, o Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB²). A especificação dessa foi baseada na norma ISO 19115:2003 e contou com a participação de representantes que constituem o Sistema Nacional Cartográfico, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA), entre outros.

Dentre as iniciativas de IDE existentes, cita-se a *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (INSPIRE)³, uma associação que visa promover a disponibilização de informação de natureza espacial, utilizável na formulação, implementação e avaliação das políticas da União Européia.

¹ CONCAR - <http://www.concar.ibge.gov.br>.

² Perfil MGB - http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/Perfil_MGB_Final_v1_homologado.pdf.

³ INSPIRE - <http://www.ec-gis.org/inspire>.

No cenário nacional, foi instituída, em novembro de 2008, por meio do Decreto n.º 6.666, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE)⁴, que tem como propósito catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições do governo brasileiro, produtoras e mantenedoras desse tipo de dado, de maneira que possam ser facilmente localizados, explorados e acessados para os mais diversos usos, por qualquer cliente que tenha acesso à Internet.

Diante do avanço, nos últimos anos, dos sistemas de informação, com base na Web, as IDEs evoluíram e a implementação delas tem sido realizada com clara preferência pelo uso de arquiteturas orientadas por serviços (*service-oriented architectures*, SOA) (PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003; BERNARD; CRAGLIA, 2005).

Para Bernard e Craglia (2005), o suporte dessas infraestruturas para atender aos diversos serviços *web* geográficos, deve-se também ao fato que o avanço das pesquisas na área de SIG está direcionando a evolução das IDEs para que essas sejam interoperáveis e distribuídas. Porém, os autores argumentam que essa evolução as torna mais complexas e que, para resolver essa situação, mecanismos adequados deverão ser criados para descrevê-las em nível de arquitetura.

Na literatura, existem alguns modelos arquitetônicos de IDE, como ISO 19119 (ISO, 2003b), *The Open Geospatial Consortium* (WHITESIDE, 2005), *The Canadian Geospatial Data Infrastructure Architecture* (GEOCONNECTIONS, 2005), *The USA Federal Geographic Data Committee Geospatial* (EVANS, 2003) e *European Union Directive for the establishment of a European SDI* (INFRASTRUCTURE FOR SPATIAL INFORMATION IN THE EUROPEAN COMMUNITY – INSPIRE, 2010). Porém, esses modelos de arquitetura não seguem qualquer tipo de estrutura comum ou padrão, tornando difícil o conhecimento dos componentes e das relações desses modelos.

Diante dessa dificuldade, Béjar et al. (2009a) propôs um estilo (padrão) de arquitetura para Infraestrutura de Dados Espaciais, em que oferece um vocabulário compartilhado para ajudar arquitetos de sistemas a criarem essas infraestruturas, facilitando o intercâmbio de conhecimento sobre elas. O objetivo desse padrão é captar, unificar e sistematizar o conhecimento sobre os modelos arquitetônicos de IDE

⁴ INDE - <http://www.inde.gov.br>.

existentes, explicitando os elementos que não foram considerados nesses modelos (restrições) ou considerados apenas implicitamente (repositório de dados).

Para estabelecer o estilo deles de arquitetura de IDE, Béjar et al. (2009a) referenciaram a pesquisa no trabalho de Clements et al. (2003), que definiu uma metodologia para documentação de uma arquitetura de um sistema de *software* chamada *Views and Beyond*. Nessa metodologia, Béjar et al. (2009a) utilizaram o tipo de visão de arquitetura chamado *Component-and-Connector* e especializaram os estilos de arquitetura *Shared-Data* e *Client-Server*, por considerá-los mais apropriados a uma arquitetura de IDE. Uma descrição mais detalhada sobre essa arquitetura com os elementos, as relações e a representação gráfica é descrita na seção 3.2. Essa arquitetura será utilizada como base no desenvolvimento da IDE do estudo de caso deste trabalho e complementada com dois componentes para atender a proposta desta dissertação.

Além de formar um ambiente computacional diversificado, em que haja administração, compartilhamento e contribuição tanto com a informação quanto com conhecimento geográfico, uma IDE deve também permitir que os interessados colaborem uns com os outros e interajam com a tecnologia, para melhor atingir seus objetivos (RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001).

Desse modo, Davis Jr. et al. (2009) afirmam que o tipo de compartilhamento que motiva a criação de IDE pode ser estendido para promover a criação de “comunidades de prática”, onde diversos atores (cientistas, formuladores de políticas e cidadãos) possam participar, interagir, colaborar e contribuir para a solução de problemas reais.

De acordo com Budhathoki et al. (2008), está surgindo gradualmente uma nova geração de IDEs que, além de manter os princípios das gerações anteriores, amplia o papel dos usuários de dados espaciais. Isso significa que, tecnologicamente, as ferramentas disponíveis já facilitam ao usuário voluntário criar e submeter seus dados espaciais, por meio de uma interface de mapa em um Geoportal. Esse cenário é chamado de Informação Geográfica Voluntária e está descrito com mais detalhes na seção 2.2.

2.2. Informação geográfica voluntária

De acordo com Castelein et al. (2010), tradicionalmente os dados geográficos são capturados por especialistas bem treinados, que fazem uso de tecnologias e métodos adequados para a coleta de dados sobre os fenômenos sociais e ambientais presentes na

superfície da Terra como fotogrametria, sensoriamento remoto, redes de sensores, levantamentos topográficos, entre outros.

Porém, o mundo da informação geográfica está passando por uma transformação baseada em um mundo digital conectado, em que se encontram dados organizados e criados pelo cidadão em uma escala geográfica cada vez mais fina, afirmam Hudson-Smith et al. (2009). Nesse sentido, Craglia et al. (2008) declaram que os desenvolvimentos recentes, como plataforma Web 2.0, *Global Positioning System* (GPS) habilitado em telefones celulares e tecnologia de sensores, tornam a captura dos dados geográficos não apenas de domínio exclusivo dos profissionais capacitados, mas abrem novas possibilidades para o envolvimento dos cidadãos. Além disso, segundo Goodchild (2007b), todo ser humano é capaz de capturar informações geográficas sobre os fenômenos sociais e ambientais e a Internet fornece meios para que as observações geradas sejam enviadas e compartilhadas com outros usuários. Por sua vez, Craglia et al. (2008) vão além e destacam que os cidadãos são considerados como sensores, uma vez que fornecem informação geográfica de maneira voluntária, por meio dos diversos recursos e serviços da Web.

Para McDougall (2009), o voluntariado da informação geográfica tem sido facilitado em duas frentes principais, sendo, a primeira, pelos portais geográficos como Google *Earth*, que tornaram a geografia e a informação espacial acessíveis às pessoas, em que imagens digitais capturadas por um conjunto de satélites sensores e apresentados em vários geoportais têm permitido aos cidadãos identificar locais e objetos do mundo real com relativa facilidade; e, a segunda, que corresponde às fontes de localização geográfica que se voluntariaram, por meio das coordenadas geradas pelos receptores GPS, presentes em uma variedade de aparelhos eletrônicos de entretenimento e equipamentos de comunicação.

O processo de aquisição, geração, impressão e disseminação da informação geográfica é caro, afirma Goodchild (2008a). Como exemplo, o autor cita o Instituto de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (*U.S. Geological Survey*), que investe aproximadamente 100 mil dólares para produzir um mapa topográfico, e editores que consomem um valor similar para gerar e imprimir tal informação em livros que orientam turistas e viajantes, conhecidos como *guidebooks*. Além disso, um mapeamento pode envolver lançamentos de satélites ou locação de aeronaves; uso de máquinas fotogramétricas, que custam cerca de 250 mil dólares; e contratação ou pagamento de profissionais altamente treinados para operar esses equipamentos.

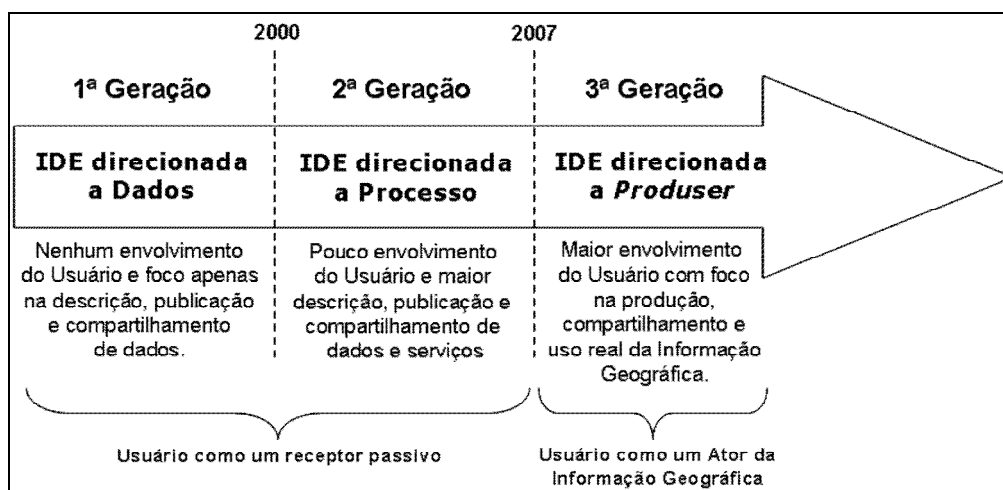
Nesse cenário, caracterizado pelo alto investimento das agências de mapeamento, no processo de produção e atualização dos dados espaciais, surgiu o termo “Informação Geográfica Voluntária” (do inglês *Volunteered Geographic Information*, VGI), que foi estabelecido por Goodchild (2007b) para descrever a informação geográfica gerada pelo usuário, que combina elementos da Web 2.0, Inteligência Coletiva e Neogeografia e que satisfaz as necessidades da indústria, do governo e das comunidades de redes sociais. Coleman et al. (2009), inclusive, destacam que, a fim de melhorar os processos de atualização de dados geoespaciais e a própria detecção de mudanças, tais agências devem melhor explorar o potencial que existe por meio da participação voluntária, uma vez que pode complementar as atividades e práticas atuais.

Embora a informação voluntária tenha ampliado e melhorado os dados geográficos, Flanagan e Metzger (2008) alertam quanto à sua qualidade e confiabilidade, uma vez que, em sua maioria, os dados são fornecidos conforme a percepção de usuários não geógrafos. Desse modo, é necessário algum processo de avaliação dos dados fornecidos voluntariamente, seja por meio de validação realizada por profissionais capacitados seja pelos próprios usuários voluntários pertencentes à rede, entre outros processos.

Avanços em posicionamento geoespacial, mapeamento da Web, comunicações celulares e tecnologias de colaboração com base em *Wiki* ultrapassaram a visão original dos arquitetos de IDE ao redor do mundo, uma vez que permitem, tanto a profissionais experientes quanto a entusiastas, criar e compartilhar informação geoespacial sobre um determinado tema (GOODCHILD, 2007b; CRAGLIA et al., 2008).

Nesse sentido, alguns autores têm explorado a convergência que existe entre VGI e IDE. Craglia (2007) argumenta que com a convergência entre IDE e VGI as infraestruturas terão um público mais amplo, sendo necessária a inclusão de mais dados em tempo real, além de um processo diferente para a validação da qualidade desses dados. Goodchild (2007c) alega que a VGI se encaixa no modelo de uma IDE porque facilita o intercâmbio de informação geográfica entre os indivíduos presentes em uma comunidade. Para Budhathoki (2008), IDE e VGI são fenômenos complementares; porém, para que essas infraestruturas se adaptem à VGI é necessário mudar a visão tradicional que se tem sobre os usuários dela, já que ocorre conflito quando relacionados às atividades de VGI, ou seja, os papéis dos usuários passam de simples receptores para produtores de informação geográfica e, com isso, esses podem escolher receber, adequar, utilizar, compartilhar e, ou, produzir tal informação, de maneira independente

ou em colaboração com outros. A Figura 2.1, proposta por Budhathoki (2008), ilustra a próxima geração de IDE resultante da VGI.



Fonte: Budhathoki (2008, p. 158).

Figura 2.1: Próxima geração de IDE resultante da VGI.

Em seu trabalho, Castelein et al. (2010) caracterizam o fenômeno VGI e exploram a relação dessa com uma IDE. Segundo o autor, a principal característica da VGI é que se baseia em comunidades de usuários para o estabelecimento das políticas e diretrizes, enquanto numa IDE, essas são definidas por geo-profissionais pertencentes a uma organização. Quanto ao acesso, as redes VGI são consideradas bidirecionais, facilitando a publicação e utilização dos dados pelos usuários da rede. Já em uma IDE, é principalmente focado no uso e acesso aos dados. Em VGI, os padrões são aplicados para harmonizar o conteúdo de dados na comunidade, enquanto na IDE os padrões são aplicados por metadados, dados e serviços, e esses são necessários para garantir a interoperabilidade em uma rede distribuída. Por fim, os tipos de usuários existentes na VGI são, em sua maioria, não profissionais, mas, em uma IDE, a base de usuários é principalmente limitada aos geo-profissionais. A Tabela 2.1 apresenta as diferentes características existentes entre VGI e IDE.

Tabela 2.1: Diferenças entre as características VGI e IDE, com base nos componentes de IDE

| Componente da IDE | Diferenças | |
|-------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| | VGI | IDE |
| Política | Comunidade de usuários registrados | Organizações formais |
| Acesso à rede | Bidirecional | Focado em uma direção |
| Padrões | Dados | Serviços, dados e metadados |
| Dados | Um tema ou foco específico | Ampla escopo de dados |
| Pessoas | Ampla base de usuários não profissionais | Base de dados limitada a usuários profissionais |

Fonte: Castelein et al. (2010, p. 8).

A informação geográfica voluntária representa um novo e crescente recurso que pode atender a diversas necessidades. Sua capacidade de atualização quase em tempo real tem sido utilizada em ambientes de gestão de desastres e emergência para divulgar as condições e situação do terreno. Além disso, a VGI tem indicado ser valiosa quando as fontes tradicionais de informação espacial não existem ou não estão acessíveis ao público, argumenta McDougall (2009).

De acordo com Goodchild (2007c), as pessoas são motivadas a utilizar VGI porque, por meio dela, pode-se aprender muito sobre os lugares, adquirindo informações necessárias para realizar alguma visita turística, ou por ser a fonte de informação mais barata, ou, ainda, por ser a única fonte de informação, quando se trata especialmente de áreas em que o acesso à informação geográfica é considerado como questão de segurança nacional.

Assim, o valor mais importante da VGI pode estar sobre atividades locais em várias regiões geográficas, que passam despercebidos pela mídia do mundo, ou sobre a vida em um nível local (GOODCHILD, 2007c). O autor finaliza destacando que é nessas áreas que a VGI pode oferecer o mais interessante, duradouro e convincente valor para os geógrafos.

2.3. A web geoespacial

Segundo Haklay et al. (2008), tem aumentado, nos últimos 15 anos, o uso da internet para fornecer mapas e informações geográficas. Entretanto, houve nesse período mudança no número de usuários e na natureza das aplicações, que agora são chamados de Internet Geográfica, GeoWeb ou Web Geoespacial.

De modo geral, as definições para GeoWeb enfatizam o poder da localização geográfica como recurso-chave para integração de conhecimentos e para fornecer o contexto. Esses significados têm sido por muito tempo argumentos de forte motivação para os SIG; porém, ganharam novo impulso em razão do crescimento da Web e também pelo fácil acesso aos mecanismos que permitem adicionar informações sobre a localização dos dados (GOODCHILD, 2008b).

Por causa do rápido desenvolvimento da GeoWeb nos últimos anos, é comum se deparar com a utilização de dados e aplicações geográficas na internet. Isso abriu espaço para as novas maneiras de usar a geografia tanto em tradicionais domínios de aplicação profissional SIG quanto nas novas áreas de uso da Web como *Mashups*, Neogeografia e Informação Geográfica Voluntária (MAGUIRE, 2007).

Para Turner (2010), neogeografia significa “nova geografia” e consiste de um conjunto de técnicas e ferramentas fora do âmbito do SIG tradicional, em que as pessoas utilizam os recursos da Web 2.0 para criar e sobrepor seus próprios dados de localização, por meio de sistemas que representam o mundo real, por exemplo *Google Maps*. Segundo Hudson-Smith et al. (2009), o fenômeno da neogeografia destaca a importância da geografia dentro das tecnologias da Web 2.0.

Outro conceito que está no centro da Web 2.0 é o *Mashup*, que consiste em um *site* ou aplicação Web que utiliza conteúdo de mais de uma fonte para criar um novo serviço completo. A convergência desse para a Web Geoespacial é conhecida como *Web Map Mashup* e corresponde a mapas com base na Web que unem dados criados pelos usuários às informações coletadas de diversas fontes *online* (BATTY et al., 2010).

O termo “Geoespacial” é antigo, segundo Haklay et al. (2008), porém tem conseguido cada vez mais popularidade, tanto que muitos tecnólogos da Web 2.0 estão percebendo a importância da geografia e da localização como um meio para indexar e acessar a informação por meio da internet. De fato, a GeoWeb pode ser vista como um grande globo digital, no qual estão inseridas informações, ou seja, um mundo virtual semelhante ao real, porém com maior quantidade de informações onde o usuário pode navegar.

O desenvolvimento da Web Geoespacial está muito ligado ao avanço geral da própria Web. Tim O’Reilly popularizou a natureza evolutiva da Web com a introdução do termo “Web 2.0” e a ideia central é que ela seja cada vez mais interativa, integrada e conseqüentemente mais útil, evoluindo de uma rede de aplicações um-para-muitos, um *site* e muitos usuários, para uma rede de aplicações muitos-para-muitos, muitos *sites* conectados e acessados por muitos usuários (O’REILLY, 2010).

Para Maguire (2007), a GeoWeb 2.0 une conteúdo geográfico às idéias de Tim O’Reilly para a Web em geral, sendo então considerada uma geração para publicação, descoberta e uso das informações geográficas. Para o autor, a GeoWeb é formada por diversos sistemas conectados por um interesse comum e dependente da geografia. A Tabela 2.2 lista algumas das principais diferenças entre a GeoWeb 1.0 e GeoWeb 2.0.

Tabela 2.2: Diferenças entre GeoWeb 1.0 e GeoWeb 2.0

| GeoWeb 1.0 | GeoWeb 2.0 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <i>Sites</i> com mapas 2D estáticos | Mapas 2D dinâmicos (ex.: <i>Google Earth</i> , <i>ArcGIS Explorer</i>) |
| Transferências de arquivos (FTP) | <i>Web services</i> de uso direto |
| <i>Clearinghouse</i> | Portais de catálogo (ex.: <i>geodata.gov</i>) |
| <i>Sites</i> individuais | <i>Web service mashups</i> |
| Protocolos proprietários (ex.: AXL) | Padrão de protocolos (ex.: W3C SOAP/XML, OGC) |

Fonte: Maguire (2007, p. 1).

De fato, independentemente do termo utilizado para designar a internet geográfica, está em plena evolução uma mudança na forma como se interagir e buscar informação na rede, uma vez que a componente geográfica dos dados, presente nos diversos recursos existentes na web, está impulsionando a evolução da Internet, tornando-a uma rede semântica, em que os dados estarão relacionados com a posição geoespacial.

A primeira geração da Web denominada Web 1.0 se caracterizou pela preocupação de torná-la acessível e comercializável; as áreas de interesse centravam-se no acesso à Internet, *web browsers*, protocolo HTTP, metalinguagens como o HTML, criação de *sites*, entre outros. Posteriormente, Web 2.0 é considerada a segunda geração de serviços, com base na Internet, que destaca a colaboração *online* e a troca de informações entre usuários (SABINO, 2010).

A Web 2.0 tem uma nova concepção se comparada à versão anterior, pois, além de ser descentralizada, torna o usuário mais ativo e participante da criação, seleção e troca de conteúdo, por meio de plataformas abertas. A Tabela 2.3 apresenta algumas das principais ferramentas que representam a evolução da Web 1.0 para Web 2.0.

Tabela 2.3: Principais ferramentas que representam a evolução da Web

| Web 1.0 | Web 2.0 |
|---------------------------------------|------------------------------|
| <i>Britannica online</i> | Wikipédia |
| <i>Sites</i> pessoais | <i>Blogging</i> |
| Sistemas de gerenciamento de conteúdo | <i>Wikis</i> |
| Publicação | Participação |
| Diretórios (taxonomia) | <i>Tagging</i> (folksonomia) |

Fonte: O'Reilly (2010, p. 2).

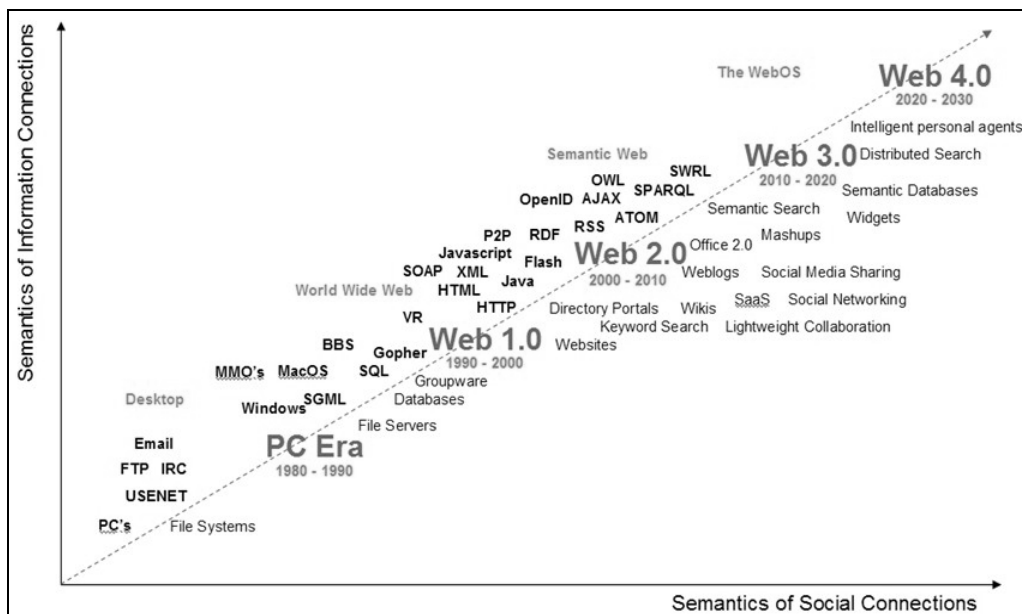
A Web 2.0 está disponível sobre uma arquitetura de participação e, nesse contexto, Barsky e Purdon (2006) destacam que, ao utilizar os seus recursos, estão sendo fornecidos serviços e não produtos, incentivando o usuário a contribuir, criando

uma inteligência coletiva, tornando mais fácil a reutilização de conteúdos, focando na satisfação do usuário e finalmente criando um sentimento de pertencer a uma comunidade, bem como uma sensação de poder e propriedade.

Assim como ocorre com outros conceitos, a Web 2.0 não possui fronteira que a demarca claramente, pois ao redor do seu núcleo gravitam princípios e práticas que aproximam diversos *sites* que os seguem. Assim, um dos seus princípios fundamentais é a “Web como uma plataforma”; os *softwares* são vistos como serviços. Diante desse paradigma, surgiu então o termo *Web Services*, que corresponde a sistemas de *software* projetados para suportar interoperabilidade entre máquinas que estão conectadas em rede, podendo ser acessados pela Web e executados remotamente no computador que hospeda o serviço, conforme afirma O’Reilly (2010).

Um grande potencial é apontado entre a combinação da Web 2.0 e Web 3.0 no sentido de oferecer o que há de mais moderno na arquitetura de ambientes colaborativos. Conhecida como Web Semântica, a associação entre essas duas gerações ocorre porque ambas têm o intuito de adicionar maior significado aos recursos informacionais disponibilizados na Web, a fim de solucionar problemas de busca, de localização, de recuperação e de acesso por meio da combinação de técnicas de inteligência artificial para a realização de tarefas complexas de entendimento semântico dos dados. Desse modo, a idéia de Web 3.0 incorpora o uso de agentes inteligentes para a realização de tarefas de busca, de recuperação e de associação entre informações, segundo Blattmann et al. (2007 *apud* SANTOS; ALVES, 2009).

A Figura 2.2 ilustra a evolução da Web ao longo dos anos e permite melhor entendimento das diferenças e relações entre suas versões.



Fonte: Méndez Rodríguez (apud SANTOS; ALVES, 2009).

Figura 2.2: Evolução da Web.

De fato, a Web 2.0 é um espaço que permite ao usuário acessar, organizar, gerenciar e disseminar informação e conhecimento. Nessa plataforma, o usuário não é mais visto apenas como agente passivo, mas também como produtor e desenvolvedor de conteúdo. Portanto, a evolução pela qual a Web vem passando está caracterizada pelo uso de tecnologias cada vez mais especializadas e ambientes informacionais dinâmicos, interativos e colaborativos.

2.4. Trabalhos correlatos

Nesta seção, são apresentados alguns trabalhos que influenciaram na definição de um ambiente geográfico colaborativo, que conta com a participação voluntária no processo de expansão da base de dados geográficos de uma IDE. Os trabalhos descritos a seguir são discutidos sob o ponto de vista da contribuição de cada um para o desenvolvimento desta dissertação.

O *OpenStreetMap*⁵ (do português, “Mapa Aberto de Ruas”) é uma aplicação *web mapping* livre que permite a qualquer pessoa visualizar, editar e usar dados geográficos de maneira colaborativa de qualquer lugar do mundo. Nesse projeto, os mapas ficam disponibilizados gratuitamente e são criados usando dados de receptores GPS portáteis, dados cedidos por companhias comerciais, fotografias aéreas, entre outras fontes. Criado em 2004, o *OpenStreetMap*, segundo seus idealizadores, foi

⁵ OpenStreetMap - <http://www.openstreetmap.org>.

desenvolvido porque a maioria dos mapas possuía custos, restrições legais ou técnicas e isso impedia utilização desses de maneira criativa e produtiva. A Figura 2.3 ilustra a interface do sistema com um mapa, em modo de edição, onde o usuário registra alguns dos seus pontos de interesse, como Cinemas, Farmácias, Hotéis, Pontos de Táxi, entre outros.

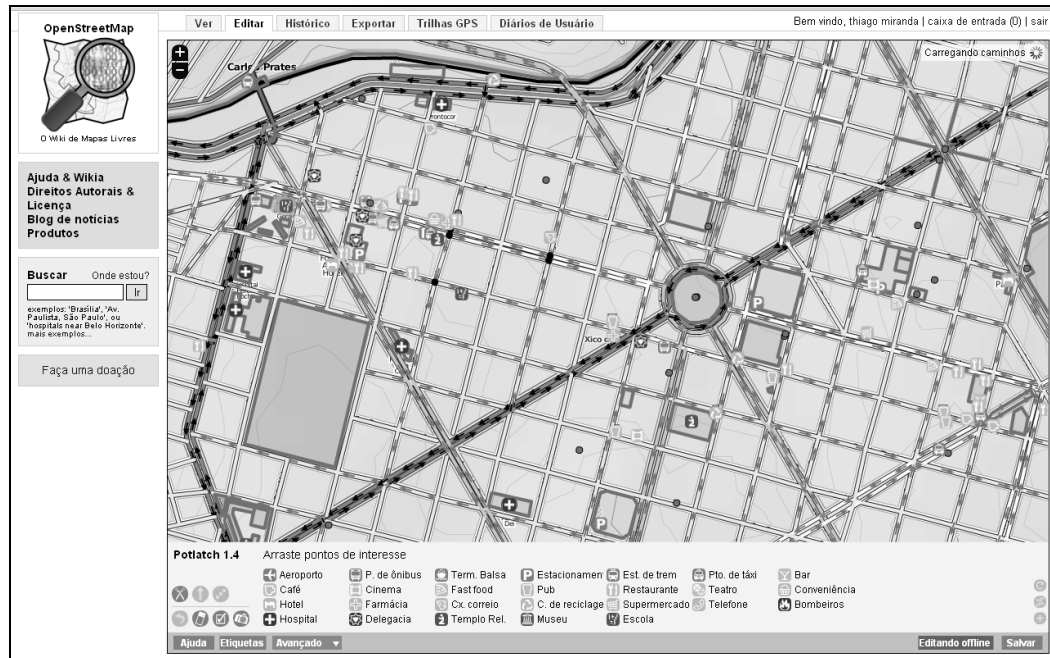


Figura 2.3: Interface do *OpenStreetMap* em modo de edição dos pontos de interesse do usuário.

O projeto *Wikimapia*⁶ é outro exemplo de sistema que recebe informações geográficas, por meio da participação voluntária dos cidadãos. Intitulado “Vamos descrever o mundo todo!”, esse sistema é um mapa interativo editável, cujo objetivo é criar e manter um mapa livre, completo e *multilíngüe* do mundo inteiro. Aplicado na forma de localização de lugares, esse projeto permite aos cidadãos fornecer descrições dos seus locais de interesse junto com as coordenadas geográficas, além de permitir adicionar estradas e rios e editar as informações já existentes no mapa. Lançado em 2006, o *Wikimapia* possui atualmente cerca de 13 milhões de locais criados e mais de 340 mil usuários registrados.

No Brasil, existem também projetos relacionados aos temas abordados, como é o caso do *WikiCrimes*⁷, ilustrado pela Figura 2.4 (FURTADO et al., 2010).

⁶ Wikimapia - <http://wikimapia.org/>

⁷ WikiCrimes - <http://www.wikicrimes.org/>

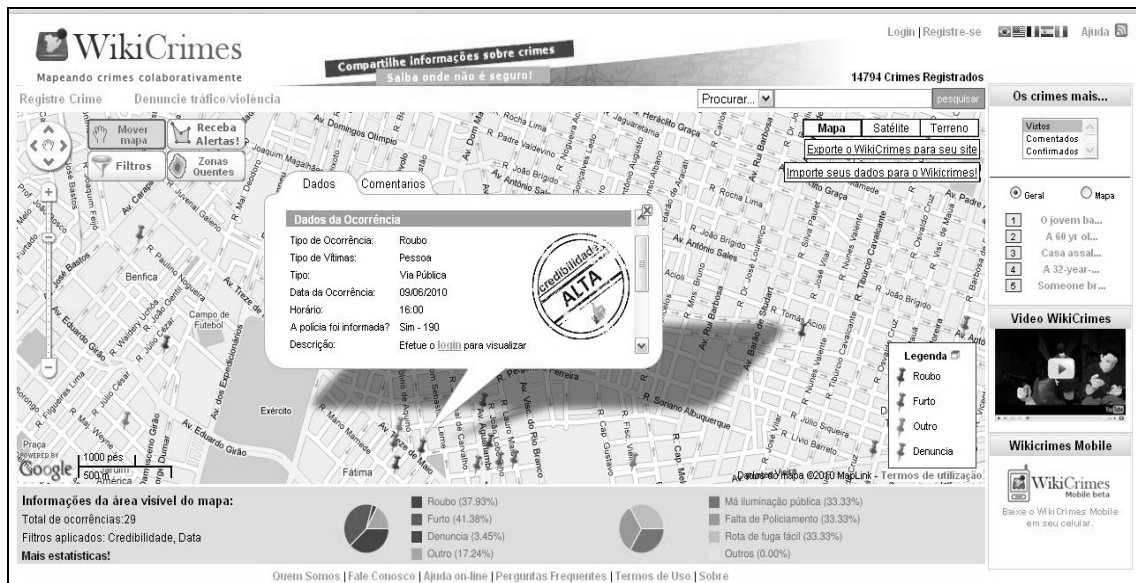


Figura 2.4: Interface principal do WikiCrimes, exibindo uma ocorrência registrada.

Idealizado por pesquisadores da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), o WikiCrimes corresponde a um sistema colaborativo na Web, que permite o acesso e registro de ocorrências criminais em um mapa digitalizado. O princípio desse é que o mapeamento criminal de uma cidade seja realizado colaborativamente com a participação dos cidadãos, com acesso às informações sobre crimes no mapa. O WikiCrimes é um projeto de cidadania e não substitui os órgãos policiais, mas os auxiliam quanto ao combate de crimes identificados pela comunidade no mapa, uma vez que o fato de registrar uma ocorrência no sistema não exige o cidadão de fazê-lo também nos órgãos de segurança competentes. O projeto utiliza recursos da Web, como o *Google Maps*, e sua filosofia é baseada na enciclopédia Wikipédia⁸.

Outro exemplo no cenário nacional é a iniciativa da agência de jornalismo “O Globo”, que diante de um desastre natural disponibilizou na Web um *geobrowser* colaborativo, intitulado “Chuvvas no Rio”⁹, cujo objetivo era identificar e coletar, por meio da participação voluntária dos cidadãos, informações e dados referentes aos lugares de destruição, alagamento e deslizamentos de terras causados pelas fortes chuvas que deixaram a cidade do Rio de Janeiro em estado de emergência, em abril de 2010. Por meio desse sistema, as pessoas adicionavam, em um mapa, pontos e locais devastados pelas chuvas, acrescentando informações em formato textual sobre o estado delas, além de poderem postar imagens e vídeos que ilustrassem a situação. Todas as informações contribuídas no sistema passavam por uma avaliação para confirmar a

⁸ Wikipédia – <http://pt.wikipedia.org>.

⁹ Chuvvas no Rio - <http://oglobo.globo.com/rio/info/chuva>.

veracidade e, em seguida, eram disponibilizadas para acesso livre na aplicação e comunicada à Defesa Civil.

Outro exemplo é Globo Amazônia¹⁰, um portal sobre problemas ambientais, que mostra, em uma de suas seções, um mapa com a localização de queimadas e de pontos de desmatamento, usando dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sobre imagens do *Google Maps*. Esse portal permite que as pessoas se manifestem, postando protestos associados a localizações. Esse envolvimento do cidadão em questões ambientais é observado pelos mais de 53 milhões de manifestações registradas desde a criação do portal, em setembro de 2008.

No contexto de IDEs, foi desenvolvido um *framework* para coleta de contribuições voluntárias sobre informação geográfica na Web, integrado a uma infraestrutura (SILVA; DAVIS JR., 2008). Por meio deste *framework*, uma pessoa ou organização pode publicar na Web um conjunto de dados geográficos e abrir a outros usuários a possibilidade de contribuição com novos dados, propostas de correção ou de atualização. Os autores destacam o problema de confiabilidade dos dados espaciais *online*, acrescidos pelas pessoas em aplicações colaborativas, e a necessidade de filtrar as contribuições legítimas, separando-as do conteúdo falso ou mal-intencionado.

Considerando os trabalhos e as soluções descritas anteriormente, esta pesquisa se difere por propor uma arquitetura para sistemas de contribuição geográfica voluntária, em uma infraestrutura de dados espaciais independente do domínio. Essa característica permite que os dados geográficos de uma IDE possam evoluir e ser expandidos, por meio da participação voluntária das pessoas. Essa arquitetura colaborativa, descrita em detalhes no Capítulo 4, acopla-se a um modelo de arquitetura de IDE descrito no Capítulo 3, a fim de fornecer os serviços geoespaciais.

¹⁰ Globo Amazônia - <http://www.globoamazonia.com>.

3. UM ESTILO DE ARQUITETURA PARA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS

Este capítulo descreve um padrão de arquitetura para infraestrutura de dados espaciais, proposto por Béjar et al. (2009a), que fornece um vocabulário compartilhado para ajudar arquitetos de sistema a projetarem essas infraestruturas, facilitando o intercâmbio de conhecimento sobre elas.

O desenvolvimento desse padrão seguiu a metodologia de arquitetura de *software* chamada *Views and Beyond*, definida por Clements et al. (2003). Segundo Béjar et al. (2009a), a justificativa para a escolha dessa metodologia deve-se ao fato de essa ser flexível, ou seja, os Tipos de Visão e Estilos que ela oferece são extensíveis e, além disso, fornece também as orientações necessárias para ampliá-la.

A *Views and Beyond* propõe documentar a arquitetura de um sistema de *software* em diferentes visões; uma delas é tipicamente representação gráfica de alguns dos elementos e das relações presentes no sistema. Por exemplo, uma visão de determinado sistema de informação na Web pode ser um diagrama exibindo seus serviços Web como caixas e relacionamentos (requisição e respostas) entre os serviços como setas.

Conforme o objetivo do sistema, diferentes visões podem existir sobre esse e, por isso, Clements et al. (2003) não recomendam definir um conjunto fixo de visões sobre um sistema. Contudo, fornecem um conjunto de tipos de visão (*Viewtypes*). Um *Viewtype* corresponde à definição dos tipos de elementos e relacionamentos que podem ser usados para descrever um sistema em determinada perspectiva como, por exemplo, em sistemas de informação na Web um Tipo de Visão pode indicar que apenas serviços Web (caixas) e serviço *chaining* (setas entre as caixas) podem ser incluídos e, nenhum mais, como bancos de dados, aplicações ou outros componentes do sistema.

Além disso, Clements et al. (2003) fornecem também um conjunto de estilos (*Styles*). Um *Style* é uma especialização de um tipo de visão, o qual especifica que apenas determinados elementos, com relações e restrições de uso, são permitidos em um tipo de visão. Por exemplo, um *style* para um sistema de informação na Web, com base em padrões, pode especificar que apenas alguns tipos de serviços Web (definidos por um órgão normatizador) podem ser incluídos.

A metodologia *Views and Beyond* possui três tipos de visão: Módulo; Alocação; e Componente-e-Conector (C&C). De modo geral, um tipo de visão C&C consiste em: tipos de componentes e conectores permitidos; restrições para as relações permitidas (que conectores podem ser relacionados a quais componentes); propriedades dos componentes e conectores (um nome e um tipo); e restrições topológicas (um conector não deve ser ligado a outro conector). As visões do tipo de visão C&C incluem elementos presentes em tempo de execução, como clientes ou servidores, que são componentes; e caminhos para as interações desses elementos, como fluxos de informação, os quais são capturados como conectores.

Clements et al. (2003) propuseram alguns estilos de arquitetura para o tipo de visão C&C. Por sua vez, Béjar et al. (2009a) selecionaram dois desses estilos para especificar a arquitetura de IDE deles. Na Seção 3.1 são descritos esses estilos.

3.1. Estilos de arquitetura

Esta seção apresenta os estilos de arquitetura selecionados por Béjar et al. (2009a) para especificar a arquitetura de IDE, são eles: *Shared-Data* e *Client-Server*. Esses dois estilos são especializações do tipo de visão C&C que foram propostos por Clements et al. (2003). Segundo Béjar et al. (2009a), a escolha desses estilos deve-se ao fato desses atenderem a sua proposta de especificar um estilo híbrido de arquitetura de IDE, uma vez que esse estilo combina os citados anteriormente. Por definição, um estilo de arquitetura é considerado híbrido quando há combinação de dois ou mais estilos existentes (CLEMENTS et al., 2003).

O objetivo desse estilo híbrido de arquitetura de IDE, proposto por Béjar et al. (2009b), é captar, unificar e sistematizar o conhecimento sobre alguns modelos arquitetônicos de IDE existentes (ISO, 2003b; WHITESIDE, 2005; GEOCONNECTIONS, 2005; EVANS, 2003; INSPIRE, 2010), explicitando os elementos que não foram considerados nesses modelos (restrições) ou considerados apenas implicitamente (repositório de dados). Desse modo, o estilo de arquitetura de IDE feito por Béjar et al. (2009b) fornece:

- Uma ferramenta e um vocabulário compartilhado para ajudar os arquitetos de sistemas a projetar essas infraestruturas, tornando claros os elementos que um arquiteto de sistema deve considerar quando se pensa em projetá-las.
- Um método para documentar os fatos relevantes que estão presentes na maioria das propostas de arquitetura de IDE.

No entanto, esse estilo não necessariamente fornece:

- Um método para documentar completamente a arquitetura de IDE, uma vez que várias visões, seguindo diferentes tipos de visão e estilos, seriam necessárias para atender esse objetivo.
- Uma arquitetura fechada e fixa para todas as IDEs, mas permite destacar os elementos importantes comuns ou em falta, dando-lhes uma estrutura.

Os estilos de arquitetura descritos nesta seção referem-se ao tipo de visão Componente-e-Conector. Esses estilos são descritos a seguir:

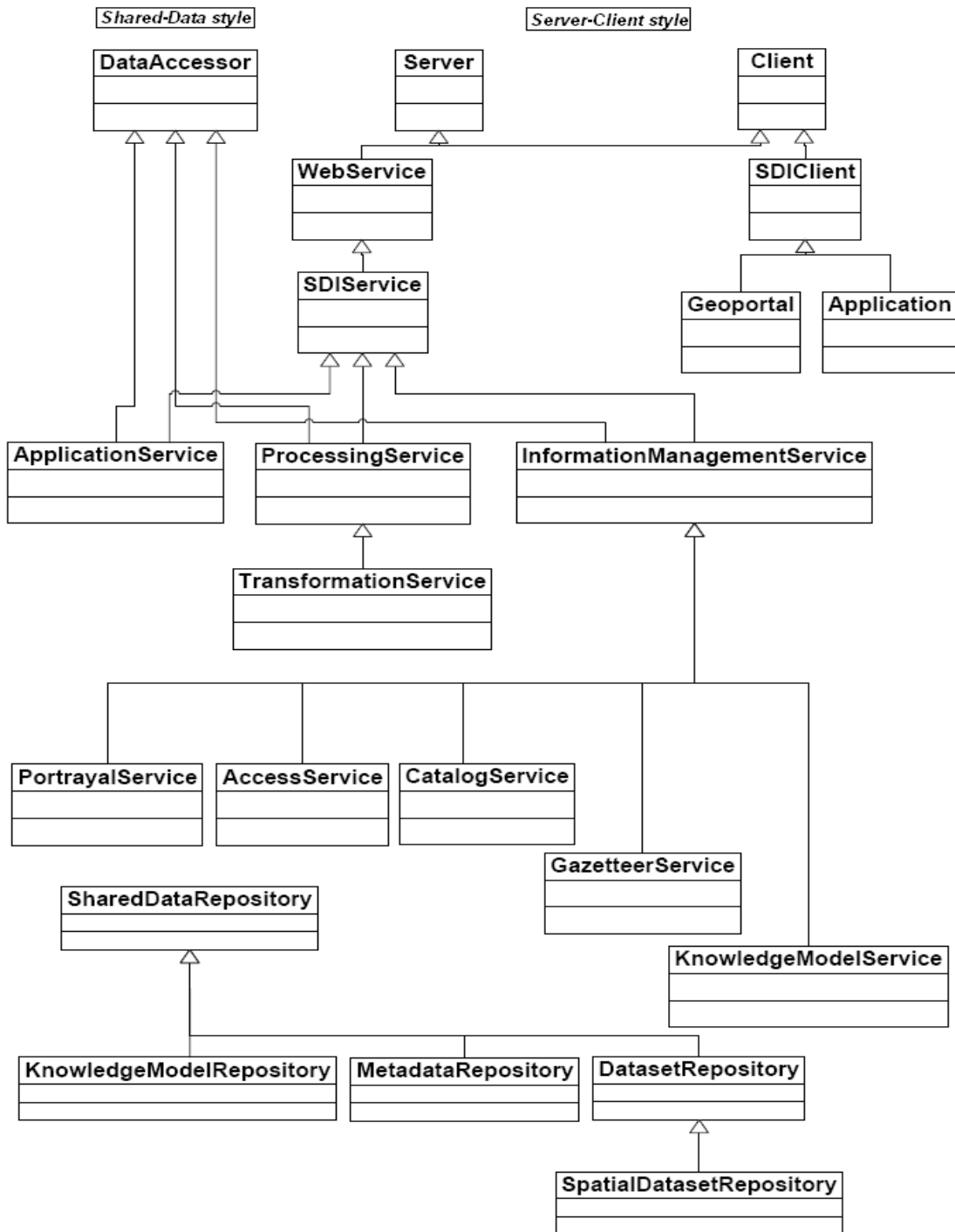
- *Shared-Data* – destaca as interações influenciadas pelo intercâmbio de dados persistentes. Esse estilo é importante para as IDEs porque os metadados e os conjuntos de dados geográficos são dados relevantes e pertinentes, compartilhados por diferentes tipos de serviços. Ele é composto por dois tipos de componentes: *Shared-data repositories* e *Data accessors*. Os tipos de conectores possíveis são Leitura de Dados e Escrita de Dados. O *Data accessors* está ligado ao *Shared-data repositories*, por meio desses conectores.
- *Client-Server* – corresponde às interações entre os componentes, a partir de clientes para os servidores. Esse estilo é importante para as IDEs porque essas, em geral, seguem a arquitetura orientada a serviços (SOA), em que os serviços atuam como servidores para outros serviços ou aplicações (clientes). O *Client-Server* é composto por dois tipos de componentes: Clientes (requisitam serviços) e Servidores (fornecem serviços). O tipo de conector é requisição/resposta, os Clientes estão ligados aos Servidores.

3.2. Componentes da arquitetura

Essa seção apresenta os tipos de componentes, os tipos de conectores, as propriedades e as restrições dos elementos presentes no estilo de arquitetura de IDE, proposto por Béjar et al. (2009a). Os nomes para cada tipo de componente foram definidos, primeiramente, a partir de uma seleção com base na bibliografia, já que havia entre as obras elevado grau de consenso. Quando não foi possível defini-los pela literatura, os nomes foram determinados com base na característica principal de cada componente. Segundo Béjar et al. (2009a), o objetivo foi captar a estrutura principal de uma IDE, não aprofundando muito na hierarquia dos componentes.

A Figura 3.1 apresenta um diagrama de classes em UML (*Unified Modeling Language*), que ilustra os relacionamentos hierárquicos entre os diferentes tipos de

componentes e entre os estilos *Client-Server* e *Shared-Data*, em que as classes representam os tipos de componentes.



Fonte: Béjar et al. (2009a, p. 6).

Figura 3.1: Os relacionamentos hierárquicos entre os tipos de componentes da arquitetura de IDE

Os tipos de componentes existentes na arquitetura e as definições desses estão descritos abaixo (BÉJAR et al., 2009b):

1. *Web Service*¹¹ – corresponde a todo tipo de serviço Web.

a) *SDI Service* – todo serviço Web em uma IDE é uma especialização de um serviço de IDE (*SDI Service*). Esse nome foi escolhido para evitar que outros nomes pudessem ser criados, tornando o entendimento muito restrito; por exemplo, se os chamassem de serviços de informação geográfica ou geoserviços, esses poderiam implicar que são para acesso a dados geográficos, porém, para alguns serviços, não é esse o objetivo.

– *Application Service* – serviços usados para apoiar as aplicações Clientes, por exemplo Controle de Acesso de Usuários.

– *Processing Service* – são serviços desenvolvidos para processar dados espaciais como o *Web Processing Service* (WPS). Esses dados podem ser fornecidos quando as operações dos serviços são executadas:

- *Transformation Service* – serviços que permitem que dados espaciais sejam transformados, com o foco em garantir a interoperabilidade, por exemplo o *Web Transformation Service* (WTS).

– *Information Management Service* – serviços que armazenam e fornecem acesso a dados e metadados:

- *Portrayal Service* – serviços que suportam a visualização de dados espaciais como o *Web Map Service* (WMS).

- *Access Service* – serviços que permitem fazer o download ou acessar um conjunto de dados espaciais ou parte deles, por exemplo *Web Feature Service* (WFS).

- *Catalog Service* – serviços que permitem descobrir e explorar dados espaciais, serviços etc., por meio dos metadados que os descrevem como o *Catalog Service Web* (CSW).

- *Gazetter Service* – serviços que oferecem funcionalidades de geocodificação, que relacionam toponímias e a localização espacial.

- *Knowledge Model Service* – serviços que oferecem descoberta e acesso para modelos de conhecimento compartilhado, a fim de facilitar a interoperabilidade semântica entre diferentes serviços, aplicativos etc.

2. *SDI Client* – sistemas que permitem o acesso de usuários humanos aos serviços em uma IDE:

¹¹ Web Services Architecture - <http://www.w3.org/TR/ws-arch>.

- a) *Application – software* de computador que permite aos usuários executar um conjunto de tarefas. A maioria desses softwares usa serviços da IDE, por exemplo aplicações SIG, *web mapping*, entre outros.
- b) *Geoportal* – correspondem a *sites* focados, principalmente em conteúdo geográfico, serviços geográficos e ferramentas para a descoberta desses *sites*. Embora possa ser identificado como uma aplicação, o Geoportal foi definido como componente separado, em razão da relevância dele na bibliografia.

3. *Shared Data Repository* – corresponde aos tipos de repositórios de dados compartilhados, existentes em uma IDE:

- a) *Knowledge Model Repository* – um repositório que contém modelos de conhecimento, os quais correspondem a modelos de dados, esquemas, ontologias, tesouros ou qualquer outro conceito explícito de um conhecimento em um domínio.
- b) *Metadata Repository* – um repositório que possui metadados, ou seja, uma descrição textual normatizada sobre outros recursos da IDE como conjunto de dados, serviços etc.
- c) *Dataset Repository* – um repositório que contém conjuntos de dados identificáveis:
 - *Spatial Dataset Repository* – um repositório que contém conjuntos de dados espaciais, que são definidos como coleções identificáveis de dados geográficos, ou seja, dados com uma referência direta ou indireta a uma localização específica.

Os tipos de conectores incluídos no estilo de arquitetura de IDE, definidos por Béjar et al. (2009b), são:

- Do estilo *Client-Server*:
 - *Request/Reply* – conector responsável por tratar as informações invocadas por um cliente a um servidor, bem como as respostas do servidor a esse cliente. Nesse estilo de IDE, os clientes (aplicativos) ou serviços podem fazer requisição para os serviços existentes na IDE (*SDI Service*), recebendo, em seguida, uma resposta.
- Do estilo *Shared-Data*:
 - *Data Reading* – os *Data accessors* leem os dados dos respectivos repositórios. Nesse estilo de IDE, os diferentes tipos de serviços existentes na infraestrutura podem ler dados (*Information Management Service*).
 - *Data Writing* – os *Data accessors* gravam dados em seus respectivos repositórios. Nesse estilo de IDE, os diferentes tipos de serviços de uma infraestrutura podem ler dados (*Access Service*).

Entre as diversas propriedades sugeridas por Clements et al. (2003) aos estilos *Client-Server* e *Shared-Data*, algumas são utilizadas nos modelos arquitetônicos de IDE, citados na Seção 3.1. Béjar et al. (2009b) definiram algumas dessas propriedades:

- *Name* – o nome dos componentes e conectores, sugerindo sua funcionalidade ou a natureza de suas interações.
- *Type* – o tipo de componentes e conectores que pertencem.
- *Types of data stored* – para repositórios de dados compartilhados (*Shared Data Repositories*).

As restrições em um estilo arquitetural são as regras que especificam como os elementos (componentes e conectores), definidos para o estilo, podem ser usados e as interações válidas entre eles; bem como determinam como os componentes se relacionam entre si por meio dos conectores. A seguir, são descritas as configurações de conexão permitidas (restrições topológicas), definidas para os estilos *Client-Server* e *Shared-Data*, ilustrado na Figura 3.1:

- Do estilo *Client-Server*:
 - Cliente requisita ao Servidor.
 - Servidor responde ao Cliente.
- Do estilo *Shared-Data*:
 - *Data accessor* lê dados do Repositório de Dados Compartilhados (*Shared-Data Repository*).
 - *Data accessor* escreve dados no Repositório de Dados Compartilhados (*Shared-Data Repository*).

A arquitetura de IDE proposta por Béjar et al. (2009a) se mostra relevante quanto ao projeto e à documentação das atuais IDEs, pois reúne os componentes presentes nessas infraestruturas e também especificados por órgãos como OGC e ISO. Contudo, a fim de adequá-la ao fenômeno da informação geográfica voluntária, está descrito no próximo Capítulo uma arquitetura colaborativa que se integra à IDE, adaptando-a para fornecer esse tipo de serviço.

4. UMA ARQUITETURA PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA EM INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS

Este capítulo apresenta uma proposta de uma arquitetura colaborativa para prover informação geográfica voluntária sobre uma IDE. A seção 4.1 apresenta uma visão geral sobre a arquitetura e o sistema. As seções 4.2, 4.3 e 4.4 descrevem os componentes; a seção 4.5 expõe a arquitetura colaborativa e integração dessa com a IDE; e a seção 4.6 fornece, em maiores detalhes, o repositório e as funcionalidades do protótipo.

4.1. Visão geral

O objetivo da arquitetura é prover um ambiente colaborativo na Web que apresente e receba informações associadas a uma localização, por meio da interação e participação voluntária dos cidadãos. Com isso, diante das dificuldades em se manter atualizado o conteúdo geográfico de uma IDE, espera-se não apenas minimizar parte desses problemas, como também expandir esse acervo com a ação colaborativa.

O desenvolvimento dessa arquitetura é voltado para as necessidades da IDE de um projeto no contexto municipal. Entretanto, esse desenvolvimento tem sido realizado de maneira que ela possa ser aplicada em outras IDEs. A aplicabilidade é diversificada e pode ser utilizada para alcançar diferentes objetivos em diversos cenários, aos quais podem se beneficiar da VGI, como:

- Prestar ajuda social por meio do mapeamento dos focos de doenças, locais de abrigos, escolas etc.
- Realizar denúncias ou expor problemas de uma comunidade.
- Identificar serviços de utilidade pública como polícia, correios, transporte etc.
- Registrar relatos de erros sobre a qualidade dos dados, entre outros.

Um conjunto de princípios advindos da Web caracteriza os sistemas dessa arquitetura proposta como: conteúdo gerado pelo usuário, fácil publicação de conteúdo, compartilhamento de informação, validação, interação e colaboração. Esses conceitos, presentes em ambientes como *wikis*, *blogs*, redes sociais, entre outros, são utilizados

porque essa arquitetura fornece a capacidade de expansão dos dados de uma IDE, por meio da participação pública na Internet.

Desse modo, os sistemas dessa arquitetura fornecem serviços para receber a contribuição geográfica voluntária em IDE. Para descrever esses serviços são utilizados diagramas UML como os de caso de uso, de sequência, de classes, de atividades e componentes (BOOCH et al., 2005). A Figura 4.1 apresenta os casos de uso do sistema em notação UML. Os serviços disponíveis ao usuário referem-se a criar e gerenciar uma base de dados.

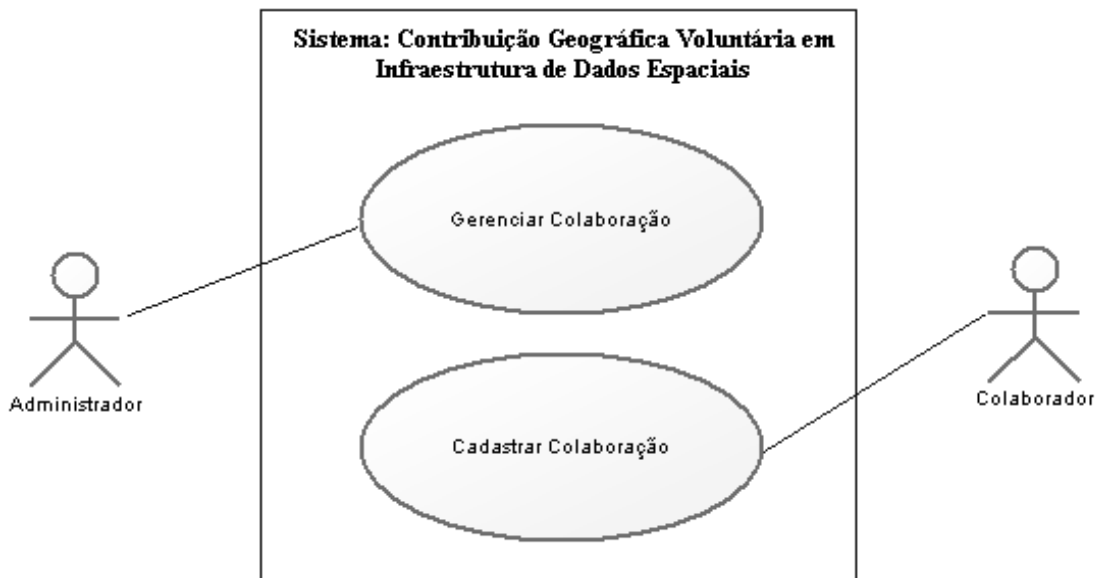


Figura 4.1: Casos de uso do sistema de contribuição geográfica voluntária

O caso de uso Gerenciar Colaboração deve ser capaz de consultar as contribuições pendentes na base colaborativa, homologar o conteúdo das contribuições, solicitar o complemento das informações colaboradas e publicar o conteúdo registrado. O diagrama de sequência deste caso de uso está representado na Figura 4.2.

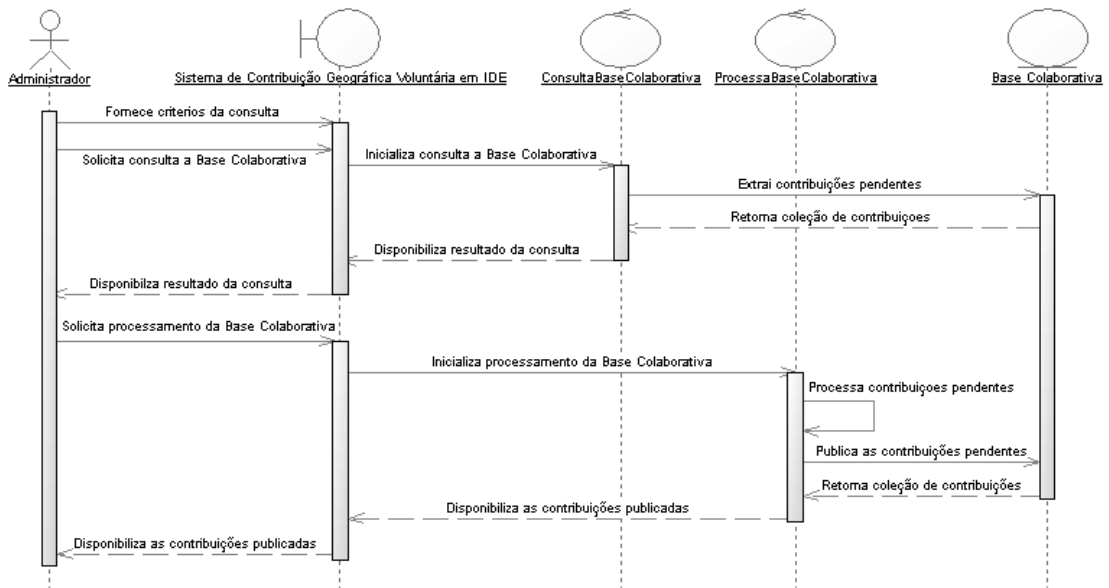


Figura 4.2: Diagrama de sequência do caso de uso Gerenciar Colaboração

O caso de uso Cadastrar Colaboração deve ser capaz de registrar as contribuições, complementar o conteúdo das contribuições existentes, fornecer comentários e avaliar as contribuições publicadas. O diagrama de sequência desse caso de uso está ilustrado na Figura 4.3.

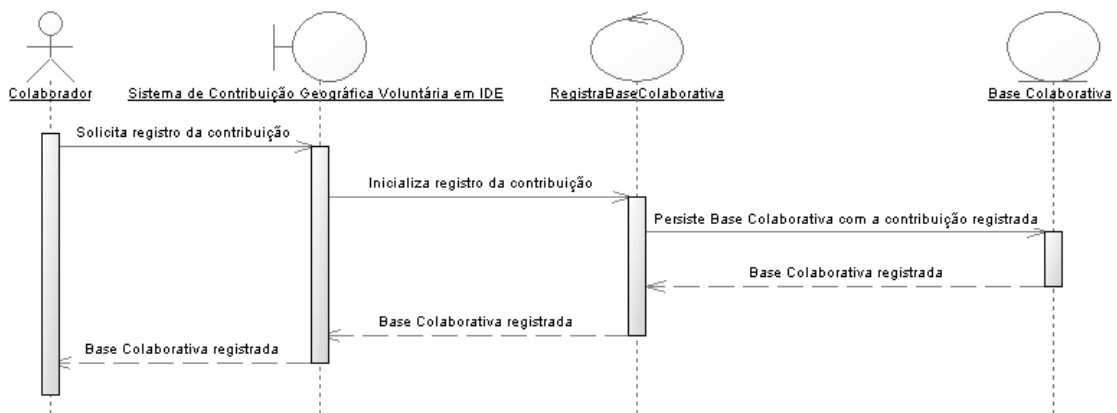


Figura 4.3: Diagrama de sequência do caso de uso Cadastrar Colaboração.

4.2. Os componentes da arquitetura

Esta seção descreve os componentes do sistema de contribuição geográfica voluntária em IDE. Esse sistema é composto por dois módulos que disponibilizam as funcionalidades deles, por meio de duas aplicações, uma para administração das informações colaboradas e outra para receber a contribuição voluntária gerada pelos usuários. Além disso, a arquitetura do sistema possui um módulo que controla a persistência das informações e um repositório para os dados colaborativos. A Figura 4.4 ilustra o diagrama de componentes e os relacionamentos desses.

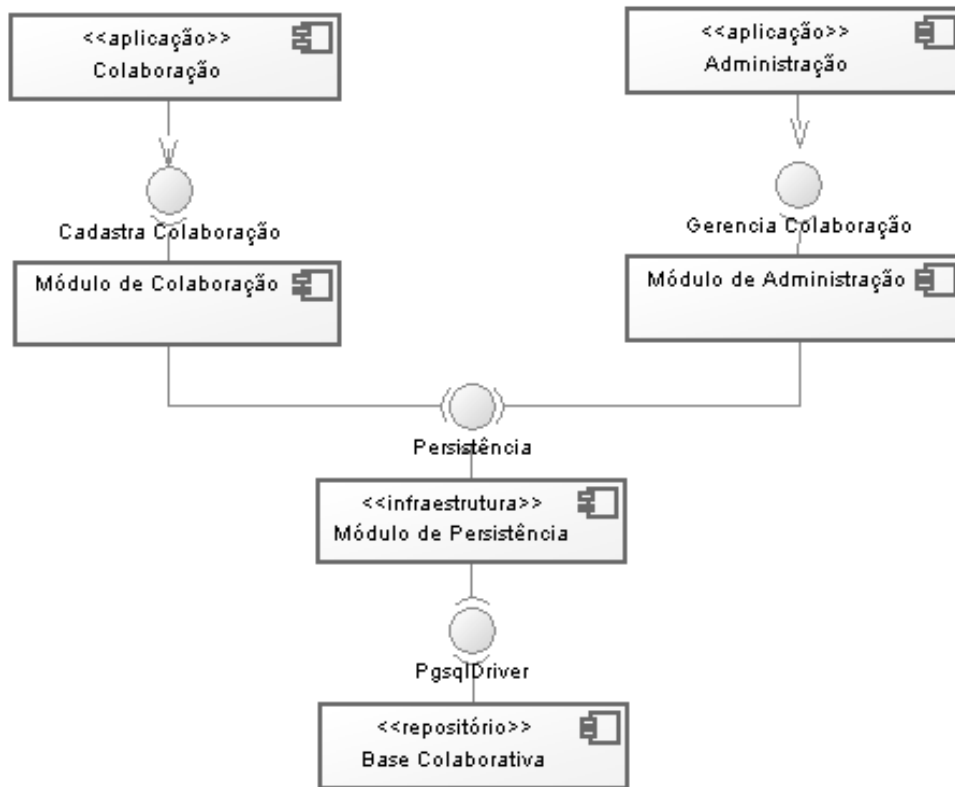


Figura 4.4: Diagrama de componentes da arquitetura colaborativa.

Os componentes do diagrama estão descritos abaixo:

- Base colaborativa: repositório que armazena o conteúdo de dados gerados no ambiente colaborativo, seja pela comunidade de usuários colaboradores, seja pelos usuários administradores.
- Módulo de persistência: responsável por controlar a persistência e a recuperação de dados no repositório.
- Módulo de colaboração: responsável por implementar uma interface com a aplicação de colaboração e gerenciar o processo de contribuição produzido pela comunidade colaborativa.
- Módulo de administração: responsável por implementar uma interface com a aplicação de administração e gerenciar o processo de validação e avaliação dos dados realizados pelos usuários administradores.
- Aplicação de colaboração: responsável por interpretar as funcionalidades do módulo de colaboração para que o usuário consiga entender e interagir com o sistema. Essa aplicação apresenta as informações geográficas e permite que o usuário navegue, adicione e interaja com conteúdo existente no ambiente.

- Aplicação de administração: responsável por interpretar as funcionalidades do módulo de administração para que usuário consiga entender e interagir com o sistema. Essa aplicação apresenta as informações geradas pelos colaboradores e permite ao administrador homologar e publicar as contribuições registradas no sistema.

Para evidenciar as principais funcionalidades presentes nos módulos que compõem a arquitetura proposta, as Seções 4.3 e 4.4 apresentam essas funções em maiores detalhes.

4.3. Módulo de colaboração

O diagrama de classes do Módulo de Colaboração é ilustrado na Figura 4.5. A classe de interface `RegistraBaseColaborativa` define as funcionalidades desse módulo, enquanto a classe `Colaboracao` define os tipos de atributos dessa classe. A estrutura das contribuições obtidas e persistidas, na base colaborativa, é definida pela classe `Colaboracao`. O processo de registro na base colaborativa é de responsabilidade da classe `RegistraBaseColaborativa`.

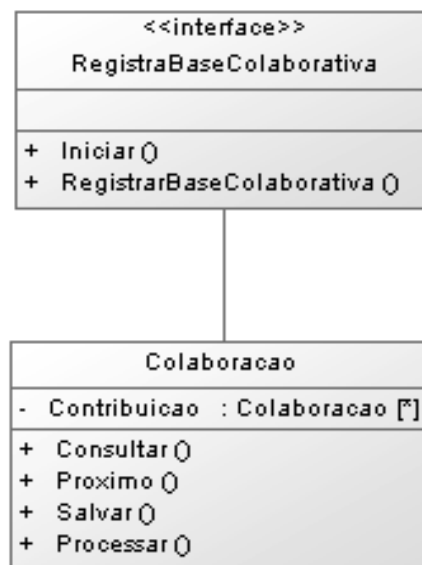


Figura 4.5: Diagrama de classes do módulo Colaboração.

Conforme apresentado no diagrama de classes, o usuário pode registrar contribuições na base colaborativa. Para registrar uma contribuição, o objeto instanciado da classe que implementa a interface `RegistraBaseColaborativa` invoca o método `Iniciar()`, para atualizar o atributo `Contribuicao`, com coleções recuperadas da base

colaborativa. Em seguida, o método RegistrarBaseColaborativa() é invocado e o processo de registro é executado. O Fluxo dessa atividade é ilustrado na Figura 4.6.

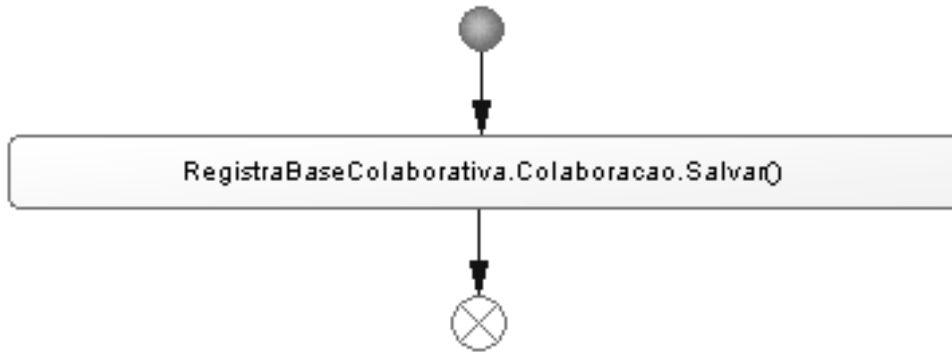


Figura 4.6: Diagrama de atividades do método RegistrarBaseColaborativa.

4.4. Módulo de administração

O diagrama de classes do Módulo de Administração é ilustrado na Figura 4.7. As classes de interface ConsultaBaseColaborativa e ProcessaBaseColaborativa definem as funcionalidades desse módulo, enquanto a classe Colaboracao define os tipos de atributos dessa classe. A estrutura das contribuições obtidas e persistidas na base colaborativa é definida pela Colaboracao. O processo de consulta à base colaborativa é de responsabilidade da ConsultaBaseColaborativa, enquanto o processamento das contribuições é garantido pela ProcessaBaseColaborativa.

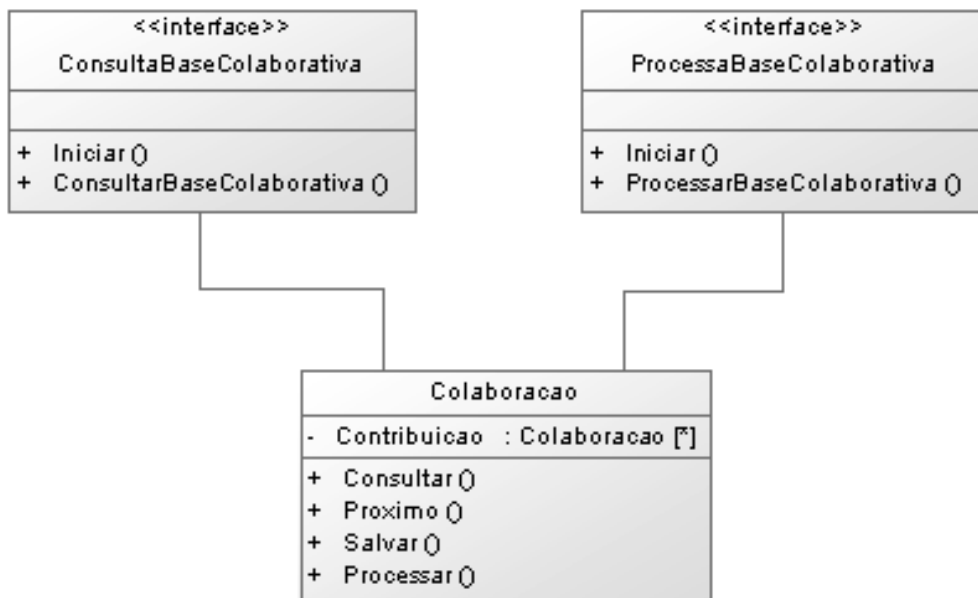


Figura 4.7: Diagrama de classes do módulo Administração.

Nesse módulo, o usuário administrador pode consultar e processar dados na base colaborativa. Para solicitar uma consulta, o objeto instanciado da classe que

implementa a interface `ConsultaBaseColaborativa` invoca o método `Iniciar()` para atualizar o atributo `Contribuicao`, com coleções recuperadas da base colaborativa. Em seguida, o método `ConsultarBaseColaborativa()` é invocado e o processo de consulta é executado. Além disso, para processar contribuições na base colaborativa, o objeto instanciado da classe que implementa a interface `ProcessaBaseColaborativa()` invoca o método `Iniciar()`, atualiza o atributo `Contribuicao`, com coleções recuperadas da base colaborativa, e, logo depois, o método `ProcessarBaseColaborativa()` é invocado e as contribuições atualizadas são processadas. O Fluxo dessas atividades é apresentado na Figura 4.8.

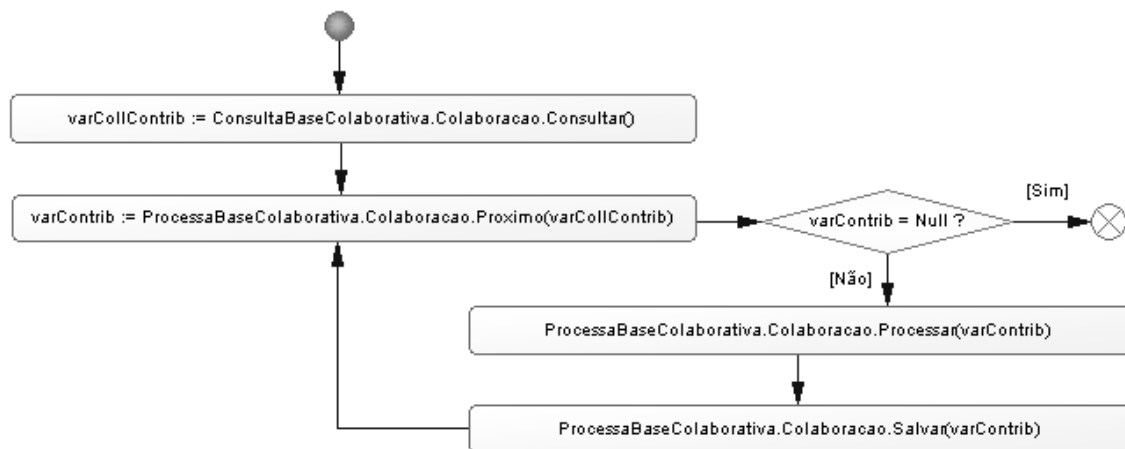


Figura 4.8: Diagrama de atividades dos métodos `ConsultarBaseColaborativa` e `ProcessarBaseColaborativa`.

4.5. Estrutura da arquitetura

Esta seção apresenta a estrutura da arquitetura proposta para o sistema de contribuição geográfica voluntária em IDE. A estrutura é composta por três camadas: Dados, Negócios e Apresentação. Essa divisão visa garantir o desenvolvimento modularizado do sistema, facilitando a manutenção; a extensibilidade, por meio de novas funcionalidades; e a reusabilidade das funções em outros módulos desse mesmo sistema.

A Figura 4.9 ilustra a estrutura da arquitetura proposta. A Camada de Dados é composta pelo repositório de dados colaborativo produzido pela comunidade voluntária e a Camada de Negócio, composta pelos Módulos de Colaboração e Administração, que implementam as Classes de Negócio, além dos *Web Services*, que permitem a interação das aplicações Clientes com o sistema. As Classes de Negócio contêm as funcionalidades do sistema. Já a Camada de Apresentação interpreta as funcionalidades

das Classes de Negócios e *Web Services* para uma interface mais amigável ao usuário, de modo que esse consiga utilizar e interagir com o sistema.



Figura 4.9: Estrutura da arquitetura colaborativa.

Além disso, a arquitetura colaborativa é integrada à arquitetura de IDE proposta por Béjar et al. (2009), com o objetivo de tornar a IDE adequada para prover e receber informação geográfica voluntária sobre os dados dela. Para isso, dois novos componentes da arquitetura colaborativa são acoplados à IDE. A Figura 4.10 ilustra a ligação entre essas arquiteturas. Os relacionamentos direcionados da arquitetura colaborativa para a arquitetura de IDE correspondem aos novos componentes inseridos na infraestrutura. Já o relacionamento direcionado da arquitetura de IDE para a arquitetura colaborativa indica os serviços previstos que podem ser consumidos pela arquitetura colaborativa. Esses componentes são descritos abaixo:

- *Application VGI*: corresponde ao sistema colaborativo que permite registrar, gerenciar e comunicar as contribuições geográficas voluntárias produzidas no sistema. Esse componente utiliza o serviço de mapa *PortrayalService (InformationManagementService)* disponível na IDE.
- *Collaborative Repository*: corresponde ao repositório dos dados voluntários produzidos no sistema colaborativo, que armazena o objeto geográfico e as coordenadas dele, além das informações descritivas fornecidas ao objeto de interesse.

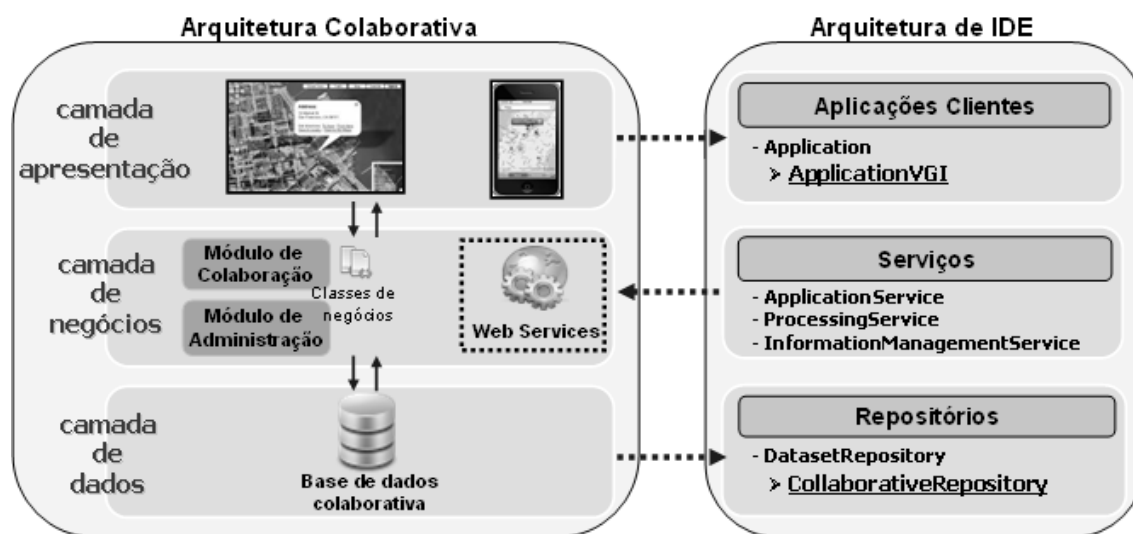


Figura 4.10: Integração entre os componentes da arquitetura colaborativa e a IDE.

4.6. Protótipo e seus aspectos de implementação

Um protótipo foi implementado para verificar a funcionalidade da arquitetura colaborativa estabelecida. Desse modo, alguns recursos da estrutura dessa arquitetura foram utilizados para prover um ambiente capaz de receber a contribuição geográfica voluntária sobre os dados de uma IDE, em nível local.

Por se tratar de um ambiente Web, as soluções adotadas para o desenvolvimento do protótipo possuem características *opensource*, *freeware* e multiplataforma. As funcionalidades foram implementadas, utilizando as linguagens de programação PHP¹², AJAX¹³ e jQuery¹⁴, enquanto a linguagem de estilo CSS¹⁵ foi utilizada nos aspectos de interface (*design*) do protótipo. Além disso, a publicação do protótipo para acesso via Web é garantido pelo servidor Web Apache¹⁶ e a visualização do mapa geográfico dinâmico é realizado pelo OpenLayers¹⁷. Por fim, o repositório de dados colaborativo utiliza o PostgreSQL¹⁸ como o Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR).

O visualizador de dados espaciais é um recurso fundamental no protótipo, uma vez que as funcionalidades de cadastro e gerência das contribuições são executadas com

¹² PHP - <http://www.php.net>.

¹³ AJAX - <http://www.w3schools.com/ajax>.

¹⁴ jQuery - <http://jquery.com>.

¹⁵ CSS - <http://www.w3schools.com/css>.

¹⁶ Apache - <http://www.apache.org>.

¹⁷ OpenLayers - <http://openlayers.org>.

¹⁸ PostgreSQL - <http://www.postgresql.org>.

base em um referencial geográfico. Assim, o visualizador nesse protótipo é oferecido pelo servidor de mapas MapServer¹⁹, por meio de um serviço de mapas WMS (*Web Map Service*). Esse serviço permite o acesso a um conjunto de dados geográficos disponíveis em uma IDE, por meio de uma especificação XML (*eXtensible Markup Language*). A utilização desse tipo de serviço comprova o aspecto da interoperabilidade presente na estrutura da arquitetura proposta na Seção 4.5.

Outra possibilidade permitida por essa estrutura colaborativa é a utilização dos dados de uma infraestrutura espacial fornecida por outras organizações, que pode ser realizado por meio das APIs de serviços dessa estrutura, como *Google Maps*, *Yahoo Maps*, *Microsoft Bing Maps*, entre outros.

4.6.1. Fluxo do mecanismo de colaboração

O conjunto de funções disponibilizadas pelo protótipo caracteriza o mecanismo de colaboração em torno do sistema de contribuição geográfica voluntária em uma IDE. Essas atividades são executadas seguindo uma ordem. Para facilitar o entendimento do mecanismo, foi elaborado um diagrama para elucidar o fluxo das atividades executadas do início ao fim da colaboração, além de explicitar os perfis assumidos pelas pessoas envolvidas no mecanismo. A Figura 4.11 apresenta o fluxo.

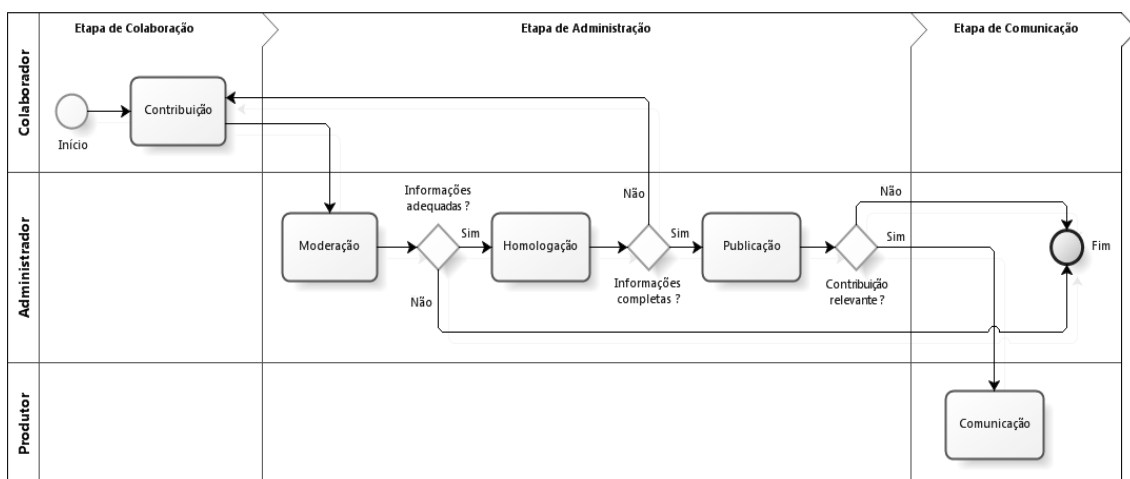


Figura 4.11: Fluxo do mecanismo de colaboração.

Um aspecto importante a ser destacado sobre o funcionamento desse mecanismo é a participação das pessoas, uma vez que essas estão relacionadas diretamente ao nível de responsabilidade e conhecimento necessário para a execução de determinada atividade. Os papéis que compõem esse mecanismo são:

¹⁹ MapServer - <http://mapserver.org/>

- Colaborador: corresponde ao usuário que alimenta o sistema, por meio do registro das contribuições. Seu nível de atuação limita-se ao cadastro ou complemento das informações de uma contribuição.
- Administrador: é o usuário que realiza a gerência sobre as contribuições registradas no sistema. Seu nível de atuação exige conhecimento mais apurado sobre as informações geográficas do domínio que administra.
- Produtor: corresponde ao usuário produtor do dado geográfico. Esse usuário recebe uma comunicação, por parte da administração do sistema colaborativo, sobre a identificação de uma nova contribuição relevante (ex.: novo ponto de interesse, logradouro incorreto etc.).

O fluxo das atividades realizadas no mecanismo de colaboração está dividido em três etapas: Colaboração, Administração e Comunicação. Cada uma dessas etapas possui uma ou mais atividades específicas e são da responsabilidade de um dos papéis. Essas atividades estão descritas abaixo:

- Contribuição: corresponde à informação geográfica voluntária criada ou complementada no sistema.
- Moderação: é a primeira fase de avaliação do Administrador sobre a nova contribuição cadastrada no sistema. Nessa atividade é avaliado se o conteúdo das informações fornecidas é inadequado ou impróprio.
- Homologação: equivale à segunda fase de avaliação do Administrador sobre a contribuição cadastrada no sistema, porém agora é avaliado se o conteúdo das informações é suficiente para caracterizá-la. Inclusive pode ser solicitado ao Colaborador o complemento das informações da contribuição cadastrada.
- Publicação: corresponde à atividade de publicar no sistema a nova contribuição aceita para que essa possa ser visualizada pela comunidade.
- Comunicação: é a atividade de informar ao Produtor do dado geográfico sobre a nova contribuição relevante fornecida pela comunidade.

Por último, outro aspecto importante sobre a participação voluntária é o retorno que o ambiente fornece ao Colaborador. Quando o usuário registra uma contribuição ou precisa complementá-la, o sistema realiza uma comunicação por email. Além disso, o colaborador também é notificado quando a sua contribuição é avaliada. Essas notificações garantem à comunidade que as contribuições foram recebidas, avaliadas e são acompanhadas, além de reconhecer o esforço voluntário.

4.6.2. Estrutura do repositório

Para armazenar os dados produzidos no sistema proposto, foi especificado um esquema conceitual para o repositório colaborativo. A representação do banco de dados por meio de um esquema conceitual busca facilitar a compreensão da semântica dos dados em um domínio, além de não tratar especificamente dos detalhes de implementação em um SGBDR. Desse modo, ele pode ser mapeado para outro modelo lógico de banco de dados e, conseqüentemente, implementado em um SGBDR de interesse.

A estrutura conceitual do repositório foi definida levando em consideração as necessidades de armazenamento e baseada no conjunto de informações necessárias para atender as funcionalidades propostas ao sistema. Na Seção 4.6.3 estão descritas as funcionalidades do protótipo. A Figura 4.12 apresenta o esquema conceitual do repositório em um diagrama de classes UML. A função de cada objeto presente no esquema conceitual está descrita abaixo:

- Colaboração: armazena o conteúdo da colaboração produzida pela comunidade sobre um tema de interesse. Além da descrição, possui classificação, avaliação e situação quanto à disponibilidade. O complemento das informações de uma colaboração está caracterizado pelo objeto Associação.
- Comentário: armazena o conteúdo gerado pela comunidade, relacionado às colaborações de interesse, por exemplo mais informações, críticas e opiniões sobre a contribuição.



Figura 4.12: Esquema conceitual do repositório colaborativo

4.6.3. Funcionalidades do protótipo

Nesta seção estão descritas as funções implementadas no protótipo, as quais correspondem às especificações apresentadas anteriormente neste capítulo. O protótipo possui duas interfaces, uma para a administração dos dados e outra para o registro das contribuições. Essa separação tem o objetivo de caracterizar os distintos ambientes quanto às funções do sistema e os respectivos perfis de usuário desse sistema. Além

disso, o protótipo é composto por duas funções que são implementadas pelos módulos ilustrados na Figura 4.9. A interface correspondente à função de colaboração é apresentada pela Figura 4.13.

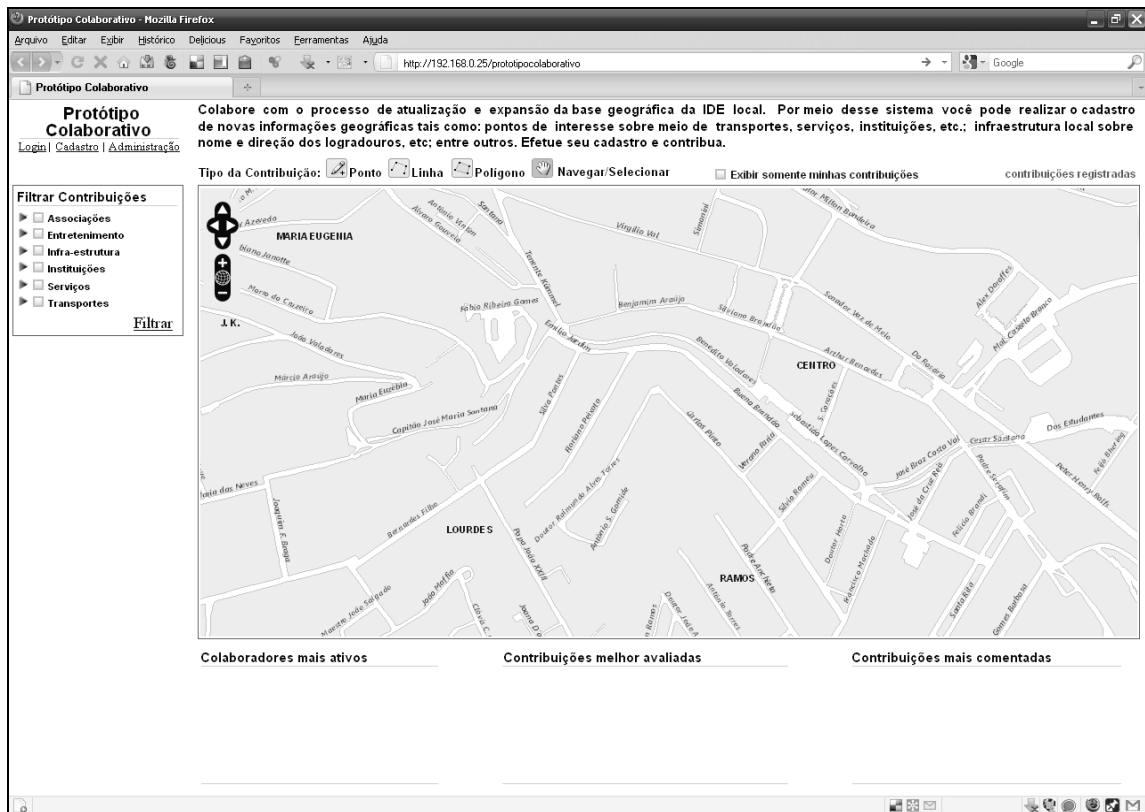


Figura 4.13: Interface do módulo colaboração do protótipo.

O Colaborador efetua o registro das suas contribuições sobre um visualizador de dados espaciais, ou seja, toda contribuição está associada a uma localização. Para registrar sua contribuição, o usuário primeiro posiciona o mapa no local desejado. Logo depois, seleciona o objeto geográfico que representa sua contribuição e então desenha o elemento no mapa. Em seguida, um formulário é exibido automaticamente sobre a marcação realizada no mapa e, assim, o Colaborador preenche as informações solicitadas, facilitando a identificação e o entendimento sobre a sua contribuição. Após essa etapa, a contribuição passa por uma avaliação e, caso necessário, o Administrador pode solicitar, ao usuário que colaborou, o complemento das informações existentes. Além disso, por se tratar de um ambiente interativo, a interface de colaboração tem como objetivo listar alguns indicadores gerados pela participação da comunidade em torno do processo de colaboração. É importante destacar que esses indicadores promovem a melhoria do conteúdo existente no sistema, já que a própria comunidade

realiza uma autoavaliação sobre as informações negativas existentes no sistema. Entre os indicadores existentes estão:

- Colaboradores mais ativos: representa os usuários com o maior número de contribuições aceitas.
- Contribuições mais bem avaliadas: corresponde às contribuições com conteúdo considerado interessante ou importante pela comunidade e, portanto, merece destaque, por exemplo uma contribuição sobre um logradouro com alteração recente no sentido de direção.
- Contribuições mais comentadas: são contribuições em que o conteúdo possui características semelhantes ao item anterior. Também permite a comunidade se expressar de maneira formal sobre tal contribuição, elogiando, criticando e até mesmo sugerindo mais detalhes sobre os dados de uma contribuição.

Para registrar uma contribuição no sistema colaborativo, o usuário deve preencher um conjunto de campos descritivos dispostos em três formulários. Cada formulário está relacionado a um determinado tema, sendo: Identificação, Multimídia e Comentários. Além de organizar as informações a serem registradas, essa divisão busca orientar o usuário quanto à ordem de preenchimento da contribuição dele, uma vez que os dois últimos formulários dependem do primeiro. A Figura 4.14 ilustra a interface do formulário “Identificação”.

The image shows a dialog box titled "Dados da contribuição...". It has three tabs: "Identificação" (selected), "Multimídia", and "Comentários". Under the "Identificação" tab, there are the following fields:

- Classificação:** A dropdown menu with "Categoria" selected, and a second dropdown menu with "Subcategoria" selected.
- Título/Assunto:** A text input field.
- Descrição:** A large text area with a vertical scrollbar on the right side.

At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Salvar" and "Cancelar". Below the dialog box, there is a five-star rating indicator consisting of five small star icons.

Figura 4.14: Interface do formulário Identificação de uma contribuição.

O formulário Identificação contém as informações que identificam a contribuição como classificação, assunto e descrição. Já o formulário Multimídia (Figura 4.15) contém informações de características ilustrativas sobre a contribuição como imagem e vídeo.

The image shows a software dialog box titled "Dados da contribuição...". It has three tabs: "Identificação", "Multimídia" (which is selected), and "Comentários". Under the "Multimídia" tab, there is a section for "Uri do Vídeo:" with an empty text input field. Below that is a section for "Imagem: (tam. máx 500kb)" with another empty text input field and two buttons: "Selecionar" and "Adicionar". A large, empty rectangular area is positioned below the image input field. At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Salvar" and "Cancelar". Below the dialog box, there are five small star icons.

Figura 4.15: Interface do formulário Multimídia de uma contribuição.

Por último, o formulário Comentários corresponde a um ambiente em que os usuários descrevem suas opiniões sobre determinada contribuição. O objetivo é compartilhar informação e conhecimento mediante as relações entre os usuários do sistema. A Figura 4.16 ilustra a interface do formulário Comentários.

The image shows the same "Dados da contribuição..." dialog box, but with the "Comentários" tab selected. The "Comentário:" section contains a large text area with a vertical scrollbar on the right side. Below this is a section titled "Comentários realizados:" which contains two "Escrito por/em:" labels, each followed by a text input field and a vertical scrollbar on the right. At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Salvar" and "Cancelar". Below the dialog box, there are five small star icons.

Figura 4.16: Interface do formulário Comentários de uma contribuição.

A interface correspondente à função de administração é apresentada pela Figura 4.17, onde o Administrador pode efetuar consultas sobre as contribuições pendentes registradas no sistema, a fim de realizar a avaliação do conteúdo e processar a publicação. O Administrador avalia uma contribuição e verifica se o conteúdo é suficiente para a identificação no sistema. Caso entenda que não, ele pode solicitar ao Colaborador o complemento das informações, tornando-as assim mais relevante e compreendida pelos usuários. Além disso, o procedimento de avaliação busca proteger o sistema quanto às descrições ofensivas, não corretas e de conteúdo duvidoso. Desse modo, executado essas ações, o Administrador define a situação da contribuição, disponibilizando-a ou não aos usuários do sistema. Nesse momento, está realizada a atividade de Publicação ilustrada na Figura 4.11. Por último, a contribuição aceita é então comunicada ao Produtor de dados da IDE, para que essa nova informação geográfica registrada pela comunidade possa ser integrada à base geográfica da infraestrutura.

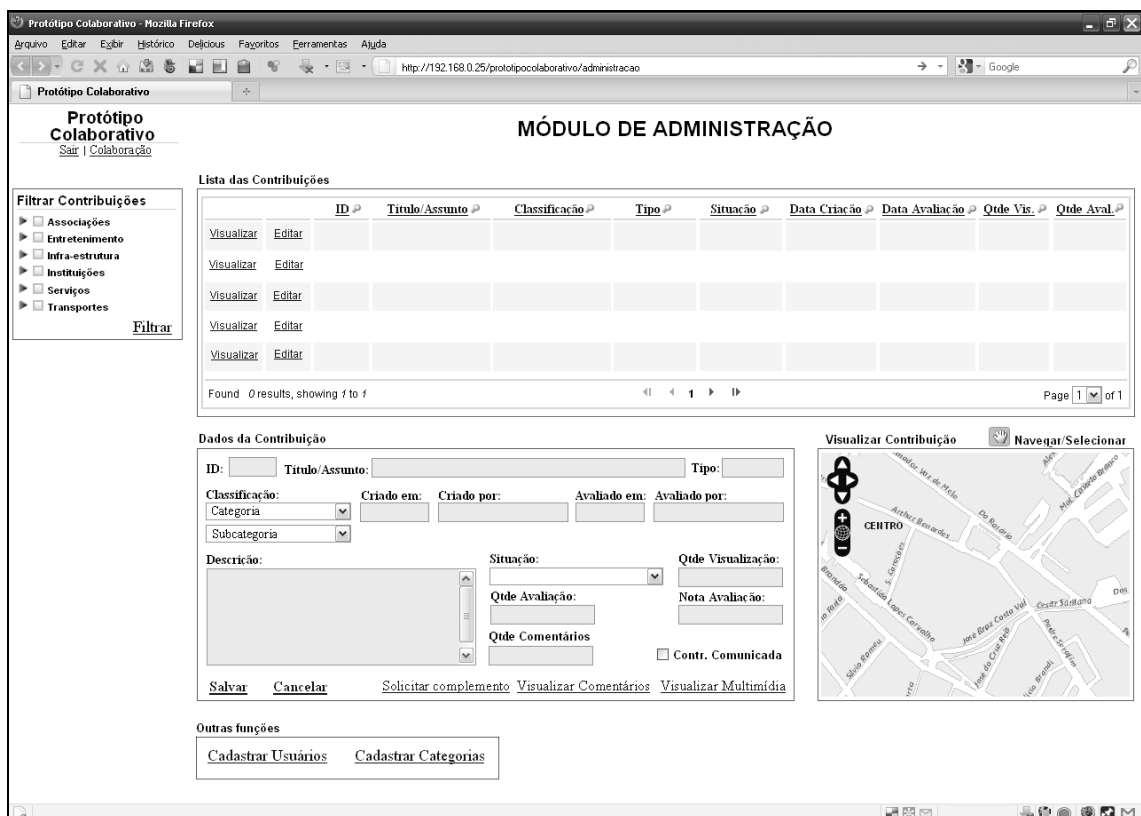


Figura 4.17: Interface do módulo Administração do protótipo.

5. ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o projeto Viçosa Digital (Seção 5.1), que faz parte do estudo de caso desta dissertação; em seguida, é descrito o desenvolvimento de uma IDE Colaborativa, seus artefatos computacionais e um Geoportal sobre esse projeto (Seção 5.2); e, por último, a disponibilização da base de dados local e a evolução colaborativa dessa base são apresentadas na Seção 5.3, juntamente com os testes realizados sobre o protótipo desenvolvido no contexto da IDE do estudo de caso.

5.1. Viçosa Digital: base de dados e informações municipais

Viçosa é um município do Estado de Minas Gerais com população estimada em 74.171 habitantes, conforme último levantamento realizado, em 1.º de julho de 2009, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)²⁰. Está localizada na região da Zona da Mata mineira, integra a bacia do Rio Doce e está a 230 km da capital, Belo Horizonte.

O Viçosa Digital é um projeto viabilizado pela parceria entre o setor público municipal, representado pelo Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE)²¹ e o setor privado, representado pela empresa iPlanus Engenharia e Sistemas²², além do apoio institucional da Agência de Desenvolvimento de Viçosa (ADEVI). A característica principal desse projeto é viabilizar uma base de dados de informações municipais unificada, compartilhada, atualizada e participativa.

Esse projeto municipal atende a uma das reivindicações da comunidade de Viçosa quanto ao acesso a uma base de dados e informações qualificadas sobre o território onde o município se situa, para que os processos de concepção, planejamento, implementação e gestão de projetos locais e regionais se desenvolvam com qualidade e eficiência.

O objetivo, portanto, é construir e compartilhar bases de dados e informações municipais georeferenciadas. O portfólio do projeto consiste em um conjunto de mídias digitais (DVD's), publicados periodicamente e distribuídos junto à comunidade, divididos em três temáticas:

²⁰ IBGE - http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/POP_2009_TCU.pdf.

²¹ SAAE - <http://www.saaevicosa.com.br>.

²² iPlanus Engenharia e Sistemas - <http://www.iplanus.com.br>.

- Base cartográfica: dados sobre os aspectos físico-territoriais como ruas, edificações, rios, entre outros.
- Socioeconomia: informações sobre distribuição populacional, condições de vida, emprego e renda, entre outras.
- Meio-ambiente: informações sobre as áreas verdes e de preservação, clima, qualidade da água, solo e ar etc.

Todo o conteúdo do projeto Viçosa Digital está registrado e armazenado em diversos formatos, como dados geográficos vetoriais e matriciais, teses, artigos, fotos, planilhas etc. As coleções de dados, que estão sendo catalogadas e disponibilizadas, referem-se às temáticas: Base Cartográfica e Socioeconomia.

Para garantir a distribuição dos dados geoespaciais produzidos, é necessário aderir a um conjunto de normas e padrões que vise garantir a interoperabilidade entre diversos sistemas e facilitar o compartilhamento dos dados às diferentes instituições e organizações. Desse modo, a primeira etapa desse estudo de caso foi definir o padrão de metadados geográficos a ser utilizado, sendo escolhido o Perfil MGB (Metadados Geoespaciais do Brasil), que, além de ser com base na norma ISO 19115:2003, integra-se à INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais).

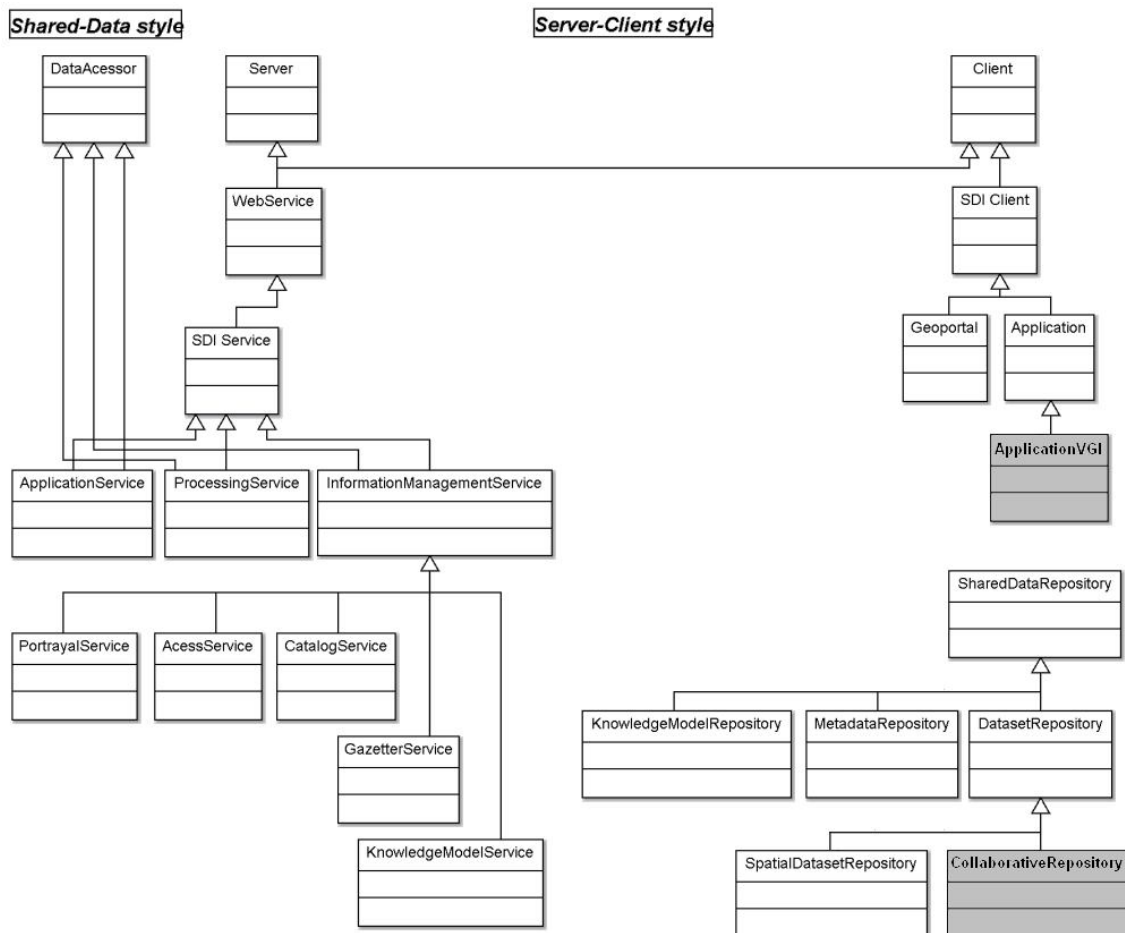
A segunda etapa consistiu na definição e escolha de um conjunto de ferramentas *opensource*, com suporte à catalogação e consulta dos metadados geográficos; visualização *online* dos dados, por meio de uma interface interativa (*web mapping*); disponibilização dos dados, por meio de *Web Services* geoespaciais normatizados pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), garantindo, assim interoperabilidade; e, por último, a construção de um Geoportal para reunir todos esses recursos em um ambiente onde a comunidade possa conhecer e acessar o conteúdo da IDE do projeto Viçosa Digital. A seção 5.2 apresenta a IDE Viçosa Digital, os artefatos computacionais dela e o Geoportal desenvolvido.

5.2. Infraestrutura de dados espaciais do Viçosa Digital

A IDE Viçosa Digital foi estabelecida com o propósito de apoiar o compartilhamento de dados geoespaciais produzidos no município de Viçosa. Com isso, foi necessário estabelecer uma estrutura para que o conteúdo desse esteja disponível e acessível. A interoperabilidade é destaque na proposta dessa IDE, uma vez que a compatibilidade tecnológica é preocupação quando se trata do intercâmbio de dados geográficos. As iniciativas propostas pelo OGC, para viabilizar a

interoperabilidade do conteúdo geoespacial, por meio de Web Serviços, simplificam a interação entre diferentes fontes de dados. Desse modo, os padrões e as especificações dessas iniciativas foram adotados para atender essa funcionalidade.

A Figura 5.1 ilustra a estrutura da IDE do projeto Viçosa Digital, enriquecida com o sistema de colaboração geográfica e repositório, proposto na arquitetura do Capítulo 4.



Fonte: Adaptada de Bejár et al. (2009b).

Figura 5.1: IDE Colaborativa do projeto Viçosa Digital.

5.2.1. Artefatos computacionais

Para disponibilizar o acesso ao conteúdo geoespacial produzido no município, um estudo de viabilidade técnica foi direcionado aos padrões, aos métodos e às tecnologias existentes que pudessem fundamentar o desenvolvimento desse estudo. Com isso, o estudo esteve focado na busca e definição de ferramentas computacionais para facilitar e otimizar o desenvolvimento da IDE. Além disso, por se tratar de um projeto na esfera municipal, todas as ferramentas propostas se enquadram na categoria de *software* livre.

As ferramentas computacionais (*opensource*) selecionadas para a implementação da IDE são: I3Geo²³, MapServer²⁴, PostgreSQL e Geonetwork²⁵. Esses artefatos computacionais são descritos a seguir:

Geonetwork é um ambiente padronizado e descentralizado para a gestão de informação espacial, por meio da Web, que visa facilitar o acesso dos usuários ao acervo de dados geográficos; assim como, à organização desses dados por intermédio de metadados. Dentre seus principais recursos e características, destacam-se:

- Controle de acesso personalizado.
- Suporte aos padrões de metadados ISO 19115, FGDC e Dublin Core.
- Coleta programada e sincronização de metadados entre catálogos distribuídos.
- Catalogação e acesso a diversos tipos de dados e documentos.
- Permissão para armazenamento de metadados em diversos SGBDRs: PostgreSQL, MySQL, Oracle e SQLServer.
- Interface com suporte multilíngue.

PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto relacional, com suporte para os tipos de dados geodésicos e geométricos, por meio da sua extensão espacial nomeada PostGIS. Dentre seus principais recursos e características, destacam-se:

- Suporte para índices espaciais GiST e R-Tree.
- Funções para análise básica e processamento de objetos geométricos.

MapServer é uma plataforma para publicação de dados espaciais e aplicações de mapas interativos para a Web. Dentre os principais recursos e características dessa plataforma, destacam-se:

- Interoperabilidade com diversos ambientes por meio das especificações OpenGIS: WFS, WMS, WCS, WMC, SLD e GML.
- Múltiplos formatos de entrada matriciais e vetoriais: ShapeFiles, PostGIS, Oracle Spatial, TIFF/GeoTIFF, JPEG, PNG, SVG.
- Geração de mapas em diversos formatos de saída: PNG, JPEG, PDF, SVG, SWF.
- Uso das linguagens de script populares: PHP, Python, Perl, Ruby, Java, e C#.

I3Geo é um *software* para Web desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente, com base, principalmente, no *MapServer*, com foco na disponibilização de

²³ I3Geo - <http://softwarepublico.gov.br>.

²⁴ MapServer - <http://mapserver.org>.

²⁵ Geonetwork - <http://geonetwork-opensource.org>.

dados geográficos e ferramentas para navegação, geração de análises, compartilhamento e criação de mapas sob demanda. Dentre os principais recursos e características desse *software*, destacam-se:

- Interface genérica e customizável para acesso aos dados geográficos.
- Gerador de serviços OGC: WMS, WFS.
- Integração com APIs do Google Maps, Earth e OpenLayers.

Diante dos artefatos computacionais descritos anteriormente e os componentes existentes na IDE Colaborativa Viçosa Digital (Figura 5.1), a Tabela 5.1 apresenta a relação entre cada componente da IDE com o respectivo artefato computacional que o fornece, mostrando a viabilidade da IDE Colaborativa ao atender tanto os aspectos de acesso e compartilhamento de dados e metadados quanto os aspectos da contribuição geográfica voluntária.

Tabela 5.1: Relação entre os componentes da IDE Viçosa e seus artefatos computacionais

| Componente da IDE | Artefato computacional |
|---------------------------|------------------------|
| Geoportal | Website |
| Application | I3Geo, Openlayers |
| ApplicationVGI | Sistema Colaborativo |
| Portrayal Service | |
| Access Service | MapServer |
| Catalog Service | Geonetwork |
| Metadata Repository | |
| Dataset Repository | |
| SpatialDataset Repository | PostgreSQL |
| Collaborative Repository | |

5.2.2. Geoportal

O Geoportal Viçosa Digital (Figura 5.2) foi criado com o objetivo de centralizar e disponibilizar à comunidade em geral toda informação geográfica existente sobre o município de Viçosa, por meio de acesso a um amplo acervo de dados em diversos formatos como ESRI (Shapefile), Google Earth (KML), Corel Draw (CDR), AutoCad (DWG), Adobe Reader (PDF), Documentos (Doc), Planilhas (XLS), entre outros. O conteúdo atualmente disponível corresponde às temáticas Base-cartográfica e socioeconomia, descritas na Seção 5.1.

Considerado como um componente-chave em uma IDE, um Geoportal, além de organizar e disponibilizar o conteúdo e os serviços geoespaciais, fornece mecanismos para busca, acesso, colaboração e visualização *online* dos dados geográficos; bem como a descrição desses dados por meio dos metadados (MAGUIRE; LONGLEY, 2005). O Geoportal está estruturado da seguinte maneira:

- Seção Geoportal: corresponde a uma interface que descreve informações sobre a proposta do geoportal, assim como a importância, o conteúdo e os parceiros envolvidos no projeto e o desenvolvimento dele.
- Seção Catálogo de Metadados: é uma interface que descreve o conceito de metadados, a importância desses e sobre como acessá-los, por meio da ferramenta de catálogo *Geonetwork*.
- Seção *Download* de Dados: equivale a uma interface que descreve todo o conteúdo geoespacial presente no geoportal, além de tornar disponível o *download* separadamente.
- Seção Visualização de Mapas: corresponde a uma interface que descreve o conteúdo geoespacial disponível para visualização *online*, além de permitir o acesso, por meio da ferramenta de *web mapping* I3Geo.
- Seção Geoserviços: é uma interface que descreve os tipos de serviços web (OGC) disponíveis no geoportal, além de disponibilizar os links de acesso a cada um deles;
- Seção Contato: corresponde a uma interface que permite a comunidade entrar em contato com os moderadores do geoportal, com o objetivo de receber sugestões, melhorias e críticas sobre o ambiente e conteúdo disponível, a fim de aperfeiçoar o ambiente e torná-lo mais funcional.
- Seção *Links*: é uma interface que permite a comunidade conhecer cada um dos parceiros envolvidos no projeto IDE Viçosa Digital.

É também objetivo do Geoportal integrar-se à INDE. Desse modo, todo o conteúdo disponível está aderente aos padrões dele, incluindo o Perfil MGB, estabelecido e recomendado pela CONCAR como formato-padrão de documentação para todo dado geográfico relacionado ao território nacional.



Figura 5.2: Geoportal do projeto Viçosa Digital

5.2.3. Evolução dos dados da IDE

Uma IDE permite o acesso a fontes de dados, metadados e geoserviços de determinado domínio. Uma maneira de conhecer esses recursos é por meio de um Geoportal, já que esse reúne e possibilita o acesso da comunidade a todos os recursos da infraestrutura. Entre os dados disponibilizados em uma IDE Municipal, estão presentes os da Base Cartográfica. Porém, os aspectos físico-territoriais de um município estão em constante evolução e, com o passar do tempo, esses dados precisam ser atualizados, correspondendo à realidade da comunidade.

Desse modo, um sistema geográfico colaborativo convida e permite que o cidadão atue como um sensor voluntário (GOODCHILD, 2007c), ou seja, por meio do conhecimento dele aliado aos aspectos de colaboração e participação, promovidos pela Web; o cidadão contribui com a melhoria e expansão dos dados geográficos do município, como referências municipais e infraestrutura etc.

Um protótipo colaborativo é descrito na seção seguinte para comprovar a eficiência da arquitetura proposta no Capítulo 4.

5.3. Testes do protótipo colaborativo

Os testes aplicados nesse protótipo correspondem às funcionalidades relativamente simples, porém ilustram a possibilidade de utilizá-las em cenários reais. Para a realização dos testes, foram utilizados os dados geográficos de Viçosa,

atualmente disponíveis no Geoportal do município. Para isso, foi produzido um Mapa com as camadas de Limite Municipal, Quadras, Logradouros e Bairros, disponibilizados pelas instituições parceiras, SAAE e iPlanus. Esse mapa é consumido pelo sistema colaborativo, por meio do serviço de mapa *PortrayalService* presente na IDE Viçosa Digital (apresentado na Seção 5.2), e fornecido por um servidor de mapas (apresentado na Seção 5.2.1). Para a visualização e manipulação dos objetos geográficos no mapa foi utilizado o *OpenLayers*.

Além disso, alinhado ao objetivo deste trabalho em receber informação geográfica voluntária, como forma de expandir os dados de uma IDE, foi importado e disponibilizado no repositório colaborativo um conjunto de dados sobre os aspectos físico-territoriais do município. Alguns desses aspectos possuem informações inconsistentes como nomes de lugares incompletos ou incorretos. Portanto, o objetivo em disponibilizar tais dados é para que a comunidade contribua, via sistema, fornecendo informações complementares e corretas sobre esses dados, de acordo com o conhecimento dela. Porém, a contribuição não se limita somente a isso, ou seja, a comunidade tem a oportunidade também de registrar informações sobre novos pontos de interesse ainda não mapeados no município ou que não existam mais ou sofreram alguma alteração, como seu nome ou sua localização. O processo de importação da base de referências municipais está descrito em mais detalhes na Seção 5.3.1. O trabalho não objetiva avaliar os critérios relacionados à usabilidade das interfaces apresentadas, mas foram considerados os recursos funcionais que permitem compreender o entendimento do contexto a ser colaborado.

5.3.1. Criação da base colaborativa

O SGBDR adotado para a implementação da base colaborativa foi o PostgreSQL. Essa solução de banco foi adotada em razão das características desse *software* livre e também por integrar-se aos artefatos computacionais da IDE do estudo de caso. Além disso, o *PostgreSQL* possui suporte a multiplataformas e diversas linguagens de programação, fácil manipulação, armazenamento e recuperação de dados. Porém, outras opções de banco de dados relacional podem ser adotadas, conforme a necessidade, por exemplo MySQL, Oracle, entre outros.

Como forma de atender ao estudo de caso, algumas informações existentes sobre o município foram importadas para a base colaborativa e disponibilizadas no

protótipo. Essas informações estão armazenadas em arquivos de formato KML²⁶ (*Keyhole Markup Language*), que é um padrão internacional mantido pela OGC e tem estrutura com a especificação XML. Esse processo de importação refere-se ao estudo de caso porque os dados existentes em uma IDE podem estar em diversos formatos como Shape, XML, Planilhas etc. Desse modo, o processo de importação pode ser diferente de acordo com o cenário.

Para extrair essas informações, foi utilizada uma extensão do PHP chamada *SimpleXML*. Essa extensão possui um conjunto de métodos que permite realizar a leitura da estrutura XML contida no KML. O conteúdo extraído refere-se ao elemento *Placemark*, que significa Marcador, o qual possui um conjunto de propriedades que caracterizam a marcação, como nome e descrição, além do elemento geométrico associado a ele.

Uma rotina foi implementada, extraindo as informações das propriedades *name*, *description* e *point* do KML, persistindo-as nos atributos Título, Descrição e ObjGeografico da classe Colaboracao. A Figura 5.3 ilustra as informações persistidas no objeto da classe Colaboracao, que foram extraídas do KML da Figura 5.4. No total, foram importados 50 pontos de interesse previamente mapeados.

| | | 1: Colaboracao | |
|----------------|---|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Linha 49 | ← | - Titulo | : String = CERIMONIAL PARTHENON BUFFET |
| Linhas 51 e 52 | ← | - Descricao | : String = ENDERECO: RUA ANTÔNIO LOPES LELIS NUMERO: 199 BAIRRO: SANTO ANTÔNIO |
| Linha 57 | ← | - ObjGeografico | : Geometry = POINT(-42.865261,-20.748456) |

Figura 5.3: Objeto da classe Colaboracao.

| | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 48 | <Placemark> |
| 49 | <name maxLines="1">CERIMONIAL PARTHENON BUFFET</name> |
| 50 | <Snippet maxLines="1"><![CDATA[ARTE, CULTURA E EVENTOS]]></Snippet> |
| 51 | <description><![CDATA[ENDERECO: RUA ANTÔNIO LOPES LELIS, NUMERO: 199, |
| 52 | BAIRRO: SANTO ANTÔNIO, CONTATO: (31)3891-3891, CIDADE: Viçosa, UF: MG]]></description> |
| 53 | <styleUrl>#000000_0_0</styleUrl> |
| 54 | <Point> |
| 55 | <extrude>0</extrude> |
| 56 | <altitudeMode>relativeToGround</altitudeMode> |
| 57 | <coordinates> -42.865261,-20.748456,0.000000</coordinates> |
| 58 | </Point> |
| 59 | </Placemark> |

Figura 5.4: Conteúdo do arquivo KML.

²⁶ KML - <http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/kml>.

5.3.2. Teste I: registrando uma contribuição

O primeiro teste realizado no protótipo simula o registro de uma nova contribuição fornecida no módulo de colaboração. Para realizar essa operação, o Colaborador segue um conjunto de passos, descritos a seguir:

1. Posiciona o mapa sobre o local/região onde deseja realizar sua contribuição.
2. Seleciona o Tipo de Contribuição que se relaciona com contribuição dele, sendo ponto, linha ou polígono, e desenha/marca no local desejado o objeto escolhido.
3. Preenche o formulário Identificação exibido em uma janela *popup*, classificando e descrevendo as informações sobre a contribuição com o máximo de detalhe e clareza.
4. Se desejar, preenche o formulário Multimídia, fornecendo dados que caracterizam mais a contribuição, como figuras e vídeos.

A Figura 5.5 ilustra a interface de contribuição preenchida com os dados dessa contribuição.

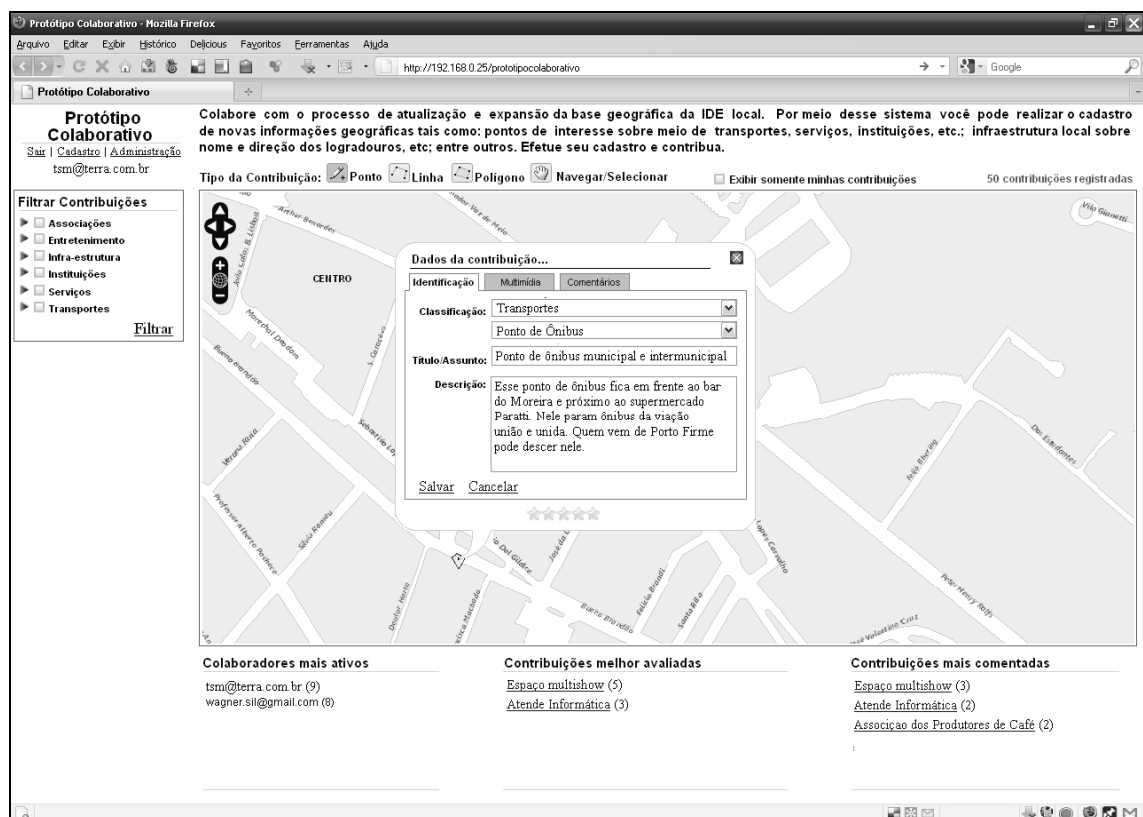


Figura 5.5: Teste I: registrando uma contribuição

Esse protótipo possui um requisito básico e para efetuar uma contribuição é necessário ter um usuário no sistema. Isso se deve à presença dos aspectos de interação e participação voluntária presentes no sistema, o que o caracteriza como uma rede social. Esse requisito tem por objetivos reconhecer o esforço e a participação dos

usuários em compartilhar conhecimento com a comunidade e ajudar na identificação e evolução da base geográfica do estudo de caso em questão. É válido destacar que essa exigência de autenticação não é uma regra na arquitetura proposta no Capítulo 4 e, portanto, pode ser omitida para atender a outros cenários e objetivos.

5.3.3. Teste II: gerenciando uma contribuição

O segundo teste realizado no protótipo simula a administração das contribuições realizadas pela comunidade. Por meio dessa interface, o Administrador pode avaliar os tipos de contribuição e também o conteúdo dela. A Figura 5.6 ilustra a interface de administração com os dados de uma contribuição pendente a ser avaliada. O conjunto de passos realizados pela administração no processo de avaliação e disponibilização dos dados no sistema é listado a seguir:

1. Realiza uma pesquisa sobre as contribuições pendentes na área Lista das Contribuições e seleciona a contribuição que deseja avaliar.
2. Avalia todas as informações da contribuição apresentadas na área Dados da Contribuição, quanto à adequação, ou seja, verifica se não possui termos inadequados ou impróprios. Os dados multimídia fazem parte dessa avaliação.
3. Homologa as informações da contribuição apresentada na área Dados da Contribuição, quanto à completude, ou seja, se a descrição é suficiente para caracterizar a contribuição e sua localização (visualização no Mapa). Se necessário, um complemento das informações pode ser solicitado junto ao Colaborador.
4. Publica a contribuição no ambiente colaborativo, permitindo que essa seja visualizada e acessada pela comunidade. Nesse momento, a Situação da contribuição é considerada Aprovada. Em outro momento, pode ser considerada Reprovada.
5. Efetua uma comunicação com o Produtor de dados espaciais, informando-o sobre a nova contribuição, se a contribuição for considerada relevante, quanto ao aspecto de não constar na base oficial da IDE.



Figura 5.6: Teste II: gerenciando uma contribuição.

Outra funcionalidade que pode ser executada pela administração é o registro de novos usuários administradores e de novas categorias, para a classificação do conteúdo.

5.3.4. Teste III: interagindo com uma contribuição

Este teste buscou simular as interações que ocorrem em torno de uma contribuição. Essas interações são caracterizadas tanto por comentários quanto pela avaliação realizada sobre uma contribuição. Os comentários e as avaliações geradas pelos usuários permitem agregar mais informação sobre uma contribuição e essas informações podem reforçar a veracidade da contribuição ou até mesmo refutá-la. A importância desse recurso não é apenas para garantir o aspecto da interação entre os colaboradores, mas também auxiliar a administração quanto à identificação das contribuições falsas e verdadeiras, já que os comentários e as avaliações dos usuários podem influenciar na rejeição de uma contribuição previamente aceita. Na Figura 5.7 é apresentada uma ação de comentário simulada no protótipo.



Figura 5.7: Teste III: interagindo com uma contribuição.

6. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões desta dissertação, assim como as contribuições como consequências desta pesquisa, ambas alinhadas aos objetivos do trabalho. Além disso, são descritas algumas sugestões de trabalhos futuros, com a finalidade de contribuir com a evolução desta linha de pesquisa.

Com base nos estudos e nas pesquisas realizadas, conforme referencial bibliográfico, este trabalho propôs uma arquitetura para sistemas de informação geográfica voluntária, sobre uma infraestrutura de dados espaciais orientadas a serviços. Essa arquitetura descreve um mecanismo de colaboração voluntária, em que a base de dados espaciais de uma infraestrutura é atualizada e evolui, por meio das contribuições realizadas por sua comunidade de usuários, utilizando serviços disponíveis da própria infraestrutura. Desse modo, o objetivo geral dessa dissertação foi alcançado.

Para se obterem os objetivos específicos do trabalho, a arquitetura colaborativa proposta no Capítulo 4 foi aplicada, por meio de um protótipo, o que possibilitou comprovar a viabilidade do sistema em receber e administrar colaborações voluntárias, com base em um estudo de caso no contexto de uma IDE Municipal. As contribuições ocorreram sobre um mapa geográfico, que utilizou dados reais disponíveis na infraestrutura, além dos serviços de mapa.

No desenvolvimento do protótipo, foram utilizados recursos funcionais simples e conhecidos nos ambientes interativos da Web, com o objetivo de facilitar a utilização do sistema pelos usuários. Além disso, para garantir o armazenamento das contribuições, foi especificado um repositório de dados exclusivo.

Destaca-se, também, como resultado alcançado deste trabalho, a etapa de comunicação com o Produtor de dados espaciais, estimulada pelo fluxo do mecanismo de colaboração estabelecido. Essa comunicação garante a identificação das contribuições candidatas e influencia o processo de expansão da base de dados da IDE.

Entre as dificuldades que se apresentaram no desenvolvimento desta pesquisa estão: o estabelecimento da arquitetura colaborativa, para sistemas de informação geográfica voluntária, capaz de ser aplicado em cenários distintos; a integração do mecanismo colaborativo a uma IDE; e os estudos realizados sobre os recursos da GeoWeb para implementação do protótipo em um cenário real.

Como principais contribuições desta dissertação, podem ser citadas:

- Levantamento sobre os recursos da Web para aplicação da informação geográfica voluntária, conforme a literatura.
- Especificação e implementação de uma IDE que atendesse as necessidades do projeto Viçosa Digital.
- Levantamento das necessidades de uma arquitetura para sistemas de informação geográfica voluntária, sobre os dados de uma IDE.
- Especificação de um sistema composto por um conjunto de operações, uma estrutura de repositório e um mecanismo de colaboração, que permita o registro e a administração das contribuições voluntárias sobre os dados de uma IDE.
- Implementação de um protótipo que comprove a viabilidade do sistema proposto.

Entre os trabalhos futuros, considerados para a extensão desta dissertação, estão:

- Propor um mecanismo que realize uma filtragem sobre o conteúdo das contribuições registradas, identificando, por exemplo, aquelas com termos inadequados ou impróprios.
- Evoluir a arquitetura proposta, a fim de tornar o mecanismo de contribuição geográfica voluntária mais completo, adequado e participativo, junto ao processo de expansão da base de dados de uma IDE.
- Adicionar outra perspectiva de visão do mapa geográfico, utilizando, por exemplo, imagens de satélite.
- Adequar o sistema para ser utilizado por dispositivos móveis, ampliando o alcance de uso para outras comunidades de usuários.
- Especificar e implementar no sistema um mecanismo que comunique ao colaborador, quando a contribuição dele vir a compor efetivamente a base oficial da IDE. Além disso, as informações sobre a contribuição poderiam ser adicionadas aos metadados, permitindo o rastreamento e destacando a colaboração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, C.S.P.V. **Infraestruturas de dados espaciais nos municípios**: contributo para a definição de um modelo de implementação. 2009. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- BARSKY, E.; PURDON, M. Introducing Web 2.0: social networking and social bookmarking for health librarians. **Journal of the Canadian Health Libraries Association**, Toronto, Canadá, v. 27, p. 65-67, 2006.
- BATTY, M.; HUDSON-SMITH, A.; MILTON, R.; CROOKS, A. Map mashups, Web 2.0 and the GIS revolution. **Annals of GIS**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2010.
- BÉJAR, R.; LATRE, M.A.; 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, 2009a.
- BÉJAR, R.; MURO-MEDRANO, P.R.; NOGUERAS-ISO, J. **Contributions to the modelling of spatial data infrastructures and their portrayal services**. 2009b. 215 f. Ph.D. Dissertation (Computer Science and Systems Engineering Department) – Universidad de Zaragoza, Spain.
- BERNARD, L.; CRAGLIA, M. SDI: from spatial data infrastructure to service driven infrastructure. In: RESEARCH WORKSHOP ON CROSS-LEARNING BETWEEN SPATIAL DATA INFRASTRUCTURES (SDI) AND INFORMATION INFRASTRUCTURES, 2., 2005. **Proceedings...** Enschede, Holanda, 2005.
- BINELI, A.R.R.; SAIS, A.C.; GONÇALVES, R.H. Banco de dados geográfico para cidades de pequeno porte: estudo de caso da Cidade de Andradadas, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, abr. 2007.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **Unified modeling language user guide**. 2.ed. [S.l.: s.n.], 2005.
- BUDHATHOKI, N.; BRUCE, B.; NEDOVIC-BUDIC, N. Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructures. **GeoJournal**, v. 72, n. 3-4, p. 149-160, 2008.

- CARRERA, F.; FERREIRA JR., J. The future of spatial data infrastructures: capacity-building for the emergence of municipal SDIs. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 2, p. 54-73, 2007.
- CASTELEIN, W.T.; GRUS, L.; COMPVORTS, J.W.H.; BREGT, A.K. A characterization of Volunteered Geographic Information. In: AGILE INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, 13., 2010, Guimarães. **Proceedings...** Guimarães, Portugal, 2010.
- CLEMENTS, P.; GARLAN, D.; BASS, L.; STAFFORD, J.; NORD, R.; IVERS, J.; LITTLE, R. **Documenting software architectures: views and beyond**. [S.l.]: Addison-Wesley, 2003. (SEI Series in Software Engineering).
- COLEMAN, D.J.; GEORGIADOU, Y.; LABONTE, J. Volunteered geographic information: the nature and motivation of producers. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 4, p. 332-358, 2009.
- CRAGLIA, M. **Volunteered geographic information and spatial data infrastructures: when do parallel lines converge?** 2007. Disponível em: <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Craglia_paper.pdf>.
- CRAGLIA, M.; GOODCHILD, M.F.; ANNONI, A.; CÂMARA, G.; GOULD, M.; KUHN, W.; MARK, D.; MASSER, I.; MAGUIRE, D.; LIANG, S.; PARSONS, E. Next-generation digital earth. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 3, p. 146-167, 2008.
- DAVIS JR., C.A.; SOUZA, L.A.; BORGES, K.A.V. Disseminação de dados geográficos na internet. In: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G.R.D. (Eds.). **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. cap. 10, p. 341-366.
- 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. **Proceedings...** Porto Alegre: SBC, 2009.

- EVANS, J.D. **A geospatial interoperability reference model, 1.1.** FGDC Geospatial applications and interoperability working group, 2003. Disponível em: <<http://www.nonmonotonic.net/ISOTEIA/metadata/girm1.1.pdf>>.
- FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE - FGDC. **Content standard for digital geospatial metadata.** Washington: D.C.: Federal Geographic Data Committee, 1998. 78 p.
- FLANAGIN, A.J.; METZGER, M.J. The credibility of volunteered geographic information. **GeoJournal**, v. 72, n. 3-4, p. 137-148, 2008.
- FURTADO, V.; AYRES, L.; OLIVEIRA, M.; VASCONCELOS, E.; CAMINHA, C.; D'ORLEANS, J.; BELCHIOR, M. Collective intelligence in law enforcement the wikiCrimes system. **Information Sciences**, v. 180, n. 1, p. 4-17, 2010.
- GEOCONNECTIONS. **The canadian geospatial data infrastructure.** Architecture description version 2.0, Canada, 2005. Disponível em: <http://www.geoconnections.org/publications/tvip/arch_E/CGDI_Architecture_final_E.pdf>.
- GOODCHILD, M.F. Citizens as sensors: Web 2.0 and the volunteering of geographic information. **Geofocus**, n. 7, p. 8-10, 2007a.
- GOODCHILD, M.F. Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 2, p. 24-32, 2007b.
- GOODCHILD, M.F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, p. 211-221, 2007c.
- GOODCHILD, M.F. Commentary: whither VGI? **GeoJournal**, v. 72, n. 3-4, p. 239-244, 2008a.
- GOODCHILD, M.F. Spatial accuracy 2.0. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL ACCURACY ASSESSMENT IN NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, 8., 2008, Liverpool. **Proceedings...** Liverpool: World Academic Union, 2008b. v. 1, p. 1-7.
- HAKLAY, M.; SINGLETON, A.D.; PARKER, C. Web mapping 2.0: the neogeography of GeoWeb. **Geography Compass**, v. 3, p. 2011-2039, 2008.

- HUDSON-SMITH, A. et al. NeoGeography and Web 2.0: concepts, tools and applications. **Journal of Location Based Services**, v. 3, p. 118-145, 2009.
- INFRASTRUCTURE FOR SPATIAL INFORMATION IN THE EUROPEAN COMMUNITY - INSPIRE. European parliament and the european council. **Directive of the European Parliament and of the Council establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community**. Disponível em: <<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/06/st03/st03685.en06.pdf>>.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 19115**: geographic information – metadata. Genève, Switzerland, 2003a.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 19119**: geographic information – services, international standard. Genève, Switzerland, 2003b.
- MAGUIRE, D.J. **GeoWeb 2.0 and volunteered GI**. NCGI Workshop on Volunteered Geographic Information, 2007. Disponível em: <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Maguire_paper.pdf>.
- MAGUIRE, D.J.; LONGLEY, P.A. The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. **Computers, Environment and Urban Systems**, n. 29, p. 3-14, 2005.
- McDOUGALL, K. The potential of citizen volunteered spatial information for building SDI. In: GSDI, 11, 2009, Rotterdam. **Proceedings...** Rotterdam, Netherlands, 2009. Disponível em: <<http://www.gsdi.org/gsdiconf/gsdi11/papers/pdf/310.pdf>>.
- NEBERT, D.D. **Developing spatial data infrastructures**: the SDI Cookbook, version 2.0, 2004. (GSDI-Technical Working Group). Disponível em: <www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>.
- O'REILLY, T. **What is Web 2.0**. Design patterns and business models for the next generation of software. Disponível em: <<http://www.oreillynet.com/lpt/a/6228>>. Acesso em: 12 set. 2010.
- OLIVEIRA, P.A.; OLIVEIRA, M.P.G. Usos de um sistema de informação geográfica em cadastro técnico municipal: a experiência de Belo Horizonte. **Informática Pública**, v. 7, n. 2, p. 67-84, 2005.

- PAPAZOGLU, M.P.; GEORGAKOPOULOS, D. Service-oriented computing. **Communications of the ACM**, v. 46, n. 10, p. 25-28, 2003.
- PEREIRA, G.C.; ROCHA, M.C.F.; CARVALHO, S.S. **Infra-estrutura de dados espaciais: o caso baiano**. In: DADOS geográficos: aspectos e perspectivas. Salvador: Quarteto Editora, UFPA, 2002. p. 13-30.
- RAJABIFARD A. **Diffusion of regional spatial data infrastructure**: with particular reference to Asia and the Pacific. 2002. Thesis (Ph.D. of Geomatics) – University of Melbourne, Australia.
- RAJABIFARD, A.; WILLIAMSON, I.P. Spatial data infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions. In: GEOMATICS'80, 2001, Tehran. **Proceedings...** Tehran, Iran, 2001.
- SABINO, J. **Web 3.0 e Web semântica** – Do que se trata? Disponível em: <<http://www.sgmf.pt/Arquivo/Revista/Paginas/Web3.0.aspx>>. Acesso em: 12 set. 2010.
- SANTOS, P.L.V.A.C.; ALVES, R.C.V. Metadados e Web semântica para estruturação da Web 2.0 e Web 3.0. DataGramZero. **Revista de Ciência da Informação**, v. 10, n. 6, 2009.
- SILVA, J.C.T.; DAVIS JR., C.A. Um framework para coleta e filtragem de dados geográficos fornecidos voluntariamente. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS, 10., 2008, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Porto Alegre: SBC, 2008.
- SILVA, R.L.; RIBEIRO, J.A. SigWeb para disponibilização de uma mapoteca de dados geoespaciais vetoriais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., Natal. **Anais...** Natal, 2009. p. 4977-4983.
- TURNER, A. **Introduction to neogeography**. Disponível em: <<http://brainoff.com/iac2009/IntroductionToNeogeography.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2010.
- VOGELE, T.; SPITTEL, R. Enhancing spatial data infrastructures with semantic web technologies. In: AGILE CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, 17., 2004, Heraklion. **Proceedings...** Heraklion, Greece, 2004.
- WHITESIDE, A. **OpenGIS best practices paper**. [S.l.]: Open Geospatial Consortium, 2005.