



ECOSSISTEMA PARA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS HÍBRIDA, COPRODUZIDA, COLABORATIVA, CONVERGENTE E COMPARTILHÁVEL

Rogério Luís Ribeiro Borba

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e
Computação, COPPE, da Universidade Federal
do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Doutor em
Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientador: Jano Moreira de Souza

Rio de Janeiro
Março de 2017

**ECOSSISTEMA PARA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS HÍBRIDA,
COPRODUZIDA, COLABORATIVA, CONVERGENTE E COMPARTILHÁVEL**

Rogério Luís Ribeiro Borba

**TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.**

Examinada por:

Prof. Jano Moreira de Souza, Ph.D.

Prof. Claudio Esperança, Ph.D.

Profa. Julia Celia Mercedes Strauch, D.Sc.

Prof. Clodoveu Augusto Davis Junior, D.Sc.

Prof. José Alberto Quintanilha, D.Sc.

Profa. Claudia Robbi Sluter, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2017

Borba, Rogério Luís Ribeiro

Ecossistema para infraestrutura de dados espaciais híbrida, coproduzida, colaborativa, convergente e compartilhável / Rogério Luís Ribeiro Borba – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

XXV, 317 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jano Moreira de Souza

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 286-309.

1. Infraestrutura de dados espaciais.
 2. Computação social.
 3. Openness.
 4. REST.
- I. Souza, Jano Moreira de.
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE,
Programa de Engenharia de Sistemas e Computação.
III. Título.

A minha esposa Jaqueline, meus filhos Luís Felipe e Lara e meus pais Silvia e Antonio.

Agradecimentos

A Deus por permitir chegar até aqui.

A minha esposa e meus filhos pelo amor, apoio, carinho, motivação e compreensão durante todos estes anos. Aos meus pais pelo apoio carinho e motivação.

Ao meu irmão Marcos e cunhada Adriana pela motivação.

Aos amigos de trabalho no IBGE, Rafael Lopes, Sonia Bastos, Katia Góes, Valéria Oliveira, Nívia Maria, Alexandre José, Graciosa Moreira, Ana Cristina, Viviane Diniz, Jamil Coimbra, Moema Augusto, Eduardo Porto, Marcia Mathias, Sheila Andriotti, Beatriz Souza, Marcel, Gerson e muitos outros companheiros do IBGE e nossos estagiários que certamente contribuíram comigo nesta longa jornada.

A professora Silvana Camboim. Aos amigos da UERJ.

Ao professor David Coleman e pessoal da UNB no Canadá.

Aos professores Claudia Robbi, Claudio Esperança, Clodoveu Davis, José Alberto Quintanilha e Julia Strauch que de maneira generosa deram o seu tempo e aceitaram fazer parte desta banca.

Aos professores do PESC. Aos amigos do PESC e do grupo de multidões de BD, por estes anos de bom convívio e amizade.

Em especial ao Aluizio Filho que esteve ao meu lado durante estes dois últimos anos.

Em especial aos colegas Gilda Esteves, Daniel Schneider, Marcio Antélio, Carlos Barbosa, Alexandre Uchoa, Luiz Oliveira, Vanessa Epelbaum e Claudia Suze.

A todos os Funcionários do PESC, em especial à Patrícia Leal, Ana Paula Rabello, Solange Santos, Maria Mercedes, Ricardo Silva, Cláudia Prata, Gutierrez da Costa, Maria de Lourdes da Conceição e Rosa pelo apoio, convívio e ajuda durante estes anos.

Em especial a professora Julia Strauch pelos incentivos, por tantas conversas importantes, pelo convívio, pela amizade, pelas orientações, pela enorme ajuda e acompanhamento muito próximo durante todos estes anos.

Em especial ao meu orientador Jano Moreira de Souza, pela orientação, pela oportunidade, pelo convívio, pela disponibilidade, pelo grande apoio, pela confiança, por sempre motivar e procurar dar o melhor ambiente acadêmico possível.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

ECOSSISTEMA PARA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS HÍBRIDA, COPRODUZIDA, COLABORATIVA, CONVERGENTE E COMPARTILHÁVEL

Rogério Luís Ribeiro Borba

Março/2017

Orientador: Jano Moreira de Souza

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Este trabalho traz uma proposta inovadora e contribuições ao tratar as Infraestrutura de Dados Espaciais (IDEs) como um ecossistema que é formado por componentes que são próprios e alguns até exclusivos, outros comuns e finalmente aqueles fora dos limites do ecossistema, mas que poderiam estar integrados e assim trazendo benefícios para o ambiente interno e externo. Trata-se de um ecossistema, denominado ecossistema IDEH-Co⁴, que baseado na revisão da literatura, aborda novos arranjos sócios-técnicos e comportamentais, os avanços tecnológicos e movimentos de abertura. O ecossistema considera princípios modernos, reutilização, colaboração e coprodução no seu ambiente interno, já o ambiente externo de maneira compartilhável, interoperável e convergente ao considerar diferentes possibilidades de obtenção da informação.

Em sua concepção foram consideradas as especificidades do País, ao propor um conjunto de serviços na nuvem, visando também o combate à exclusão digital na esfera governamental e da sociedade. Esta proposta aborda também serviços implementados como microserviços, lotados em *containers*, que se comunicam via REST até o nível 3 no modelo de maturidade de Richardson, como uma alternativa e complementação da arquitetura orientada a serviços. A arquitetura foi testada em algumas aplicações, com dados oficiais, que estão na INDE, e com dados mistos, isto é, dados oficiais e não oficiais.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

ECOSYSTEM FOR HYBRID SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE,
COPRODUCED, COLLABORATIVE, CONVERGENT AND SHARED

Rogério Luís Ribeiro Borba

March/2017

Advisor: Jano Moreira de Souza

Department: Computer and Systems Engineering

This work brings an innovative proposal and contributions in dealing with Spatial Data Infrastructure (IDEs) as an ecosystem which is comprised of components that are from the environment itself and some even exclusive, others common and finally of those outside the limits of the ecosystem, but which could be integrated and thus bring benefits to the internal and external environment. It is an ecosystem, called the IDEH-Co⁴ ecosystem, which, based on the literature review, approaches new socio-technical and behavioral arrangements, technological advances and opening movements. The ecosystem considers, in its internal environment, modern principles, reuse, collaboration and co-production, and the external environment is considered in a shared, interoperable and convergent way considering different possibilities of obtaining the information.

In its conception, the specificities of the country were considered, when proposing a set of services in the cloud, also aiming at combating digital exclusion in the governmental sphere and in society. This proposal also addresses services implemented as microservices, embedded in containers, which communicate via REST up to level 3 in the Richardson maturity model, as an alternative and complementation of the service-oriented architecture. The architecture was tested in some applications, with official data, which are in the INDE, and with mixed data, that is, official and unofficial data.

Sumário

Capítulo 1: Introdução	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Motivação	2
1.3. O problema endereçado na pesquisa.....	4
1.4. Objetivos da pesquisa	6
1.5. Perguntas de pesquisa	6
1.6. Abordagem e escopo do trabalho.....	7
1.7. Organização da Tese	8
Capítulo 2: Informação Geoespacial e Infraestrutura de Dados Espaciais	10
2.1. Informação geoespacial	10
2.2. Infraestrutura de dados espaciais (IDEs)	12
2.2.1. Definição de Infraestrutura de Dados Espaciais	13
2.2.2. Conceitos e propósitos	16
2.2.3. Componentes de uma IDE	18
2.2.4. Desenvolvimento de uma IDE	21
2.2.5. Natureza e relacionamentos	26
2.2.6. Evolução das Infraestruturas de Dados Espaciais.....	29
2.3. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil (INDE-BRA).....	39
2.3.1. Plano de ação da INDE.....	41
2.3.2. Políticas relevantes que diretamente ou indiretamente fomentam a INDE	43
2.3.3. Desafios de um sistema federado em um país de dimensões continentais	45
2.3.4. Características da INDE brasileira.....	48
2.3.5. Normas, padrões e tecnologia da INDE	53
2.4 Considerações sobre IDEs	53
Capítulo 3: Computação social e sistemas colaborativos no contexto de IDEs	56
3.1. Computação social e colaboração.....	56
3.2 Convergência das mídias sociais com IDEs	59
3.2.1. Identificação do usuário e de seu perfil	60
3.2.2. Disseminação e publicidade	61
3.2.3. Funcionalidades sociais para apoiar o desenvolvimento e disseminação de IDEs	63

3.2.4. Coleta de informação através de mídias sociais	65
3.3. Convergência de <i>Crowdsourcing</i> , Informação Geográfica Voluntariada (VGI) e Sistemas Colaborativos no contexto da GeoWeb.....	66
3.3.1. Geospatial Web (GeoWeb)	67
3.3.2. Crowdsourcing.....	69
3.3.3. VGI/ <i>Crowdsourced geospatial information</i> e Sistemas Colaborativos....	73
3.3.4. Convergindo plataformas colaborativas com IDEs	78
3.3.5. Dimensões de <i>Crowdsourcing</i> e VGI	80
3.4. Questão da interação e qualidade no mapeamento colaborativo.	82
3.5 Discussão	88
3.6 Considerações	89
Capítulo 4: Ecossistema para Infraestrutura de Dados Espaciais Híbrida Coproduzida, Colaborativa, Convergente e Compartilhável (IDEH-Co⁴)	92
4.1. Escopo da proposta IDEH-Co ⁴	93
4.2. Princípios para uma IDE Moderna de 3 ^a geração+ proposto para a IDEH-Co ⁴ .	95
4.2.1. Iniciativas abertas e transparentes	96
4.1.2. Cultura participativa	101
4.1.3. Injeção Inversa Espacial (IIE) ou Injeção Inversa de Dados (IID).....	102
4.3. Esfera governamental brasileira no movimento <i>openness</i>	105
4.3.1. A cultura do compartilhamento – contexto IDEs	107
4.3.2. Software livre na esfera pública e o ambiente IDEH-Co ⁴	110
4.4. Nuvem de governo.....	112
4.4.1. Computação na Nuvem (<i>Cloud computing</i>)	112
4.4.2. Porque nuvem de governo?	115
4.5. <i>Frameworks</i> de sustentação	118
4.6. Modelo de IDE estendido para IDE de 3 ^a Geração+: IDEH-Co ⁴	124
4.7. Modelo para sustentação do IDEH-Co ⁴	126
4.7.1. Modelo de negócio para o ecossistema da IDEH-Co ⁴	127
4.7.2. Modelo de financiamento	130
4.8. Considerações	134
Capítulo 5: Repensando serviços e tecnologias no âmbito do <i>framework</i> tecnológico para IDEs.....	136
5.1. Conceitos da arquitetura da <i>World Wide Web</i> (WWW ou <i>Web</i>)	136
5.1.2. <i>Uniform Resource Locator</i> (URL).....	139

5.1.2. Recurso	139
5.1.3. <i>HyperText Transfer Protocol (HTTP)</i>	140
5.1.4. Mensagens HTTP: Requisição e Resposta	142
5.1.5. Computação orientada a serviços (SOC)	143
5.1.6. Arquitetura Orientada a Serviço (SOA).....	143
5.1.7. <i>Web Service</i>	144
5.2. <i>Open Geospatial Consortium (OGC)</i>	147
5.2.1. OGC <i>Web Services (OWS) e Web Services</i>	151
5.2.2. Uma análise dos serviços do OGC	152
5.2.3. Questões no OWS.....	158
5.3. <i>REpresentational State Transfer (REST)</i>	159
5.3.1. <i>Web APIs e REST</i>	165
5.3.2. O Modelo de Maturidade de Richardson (MMR)	167
5.3.3. Hipermídias e o MMR	173
5.3.4. Análise e discussão da semântica nos níveis do MMR	175
5.3.5. W3C <i>Service</i> e REST.....	177
5.3.6. OWS e REST	178
5.4. <i>Web dos Dados e Dados Ligados integrando ao REST</i>	180
5.4.1. <i>Web dos dados</i>	180
5.4.2. <i>Dados Ligados (Linked Data)</i>	180
5.5. <i>JavaScript Object Notation - Linked Data (JSON-LD)</i>	182
5.5.1. <i>JSON</i>	182
5.5.2. <i>JSON-LD</i>	183
5.6. <i>Hypermedia-Driven API (Hydra)</i>	184
5.7. Vocabulários Universais (Esquemas globais).....	186
5.8. Considerações finais	188
Capítulo 6: Arquitetura híbrida para o ecossistema IDEH-CO4: integrando informações de ambos os lados	190
6.1. Arquitetura proposta para a comunicação de serviços.....	190
6.2. Arquitetura híbrida de serviços para IDEs.....	192
6.3. Serviços em REST do ecossistema IDEH-Co ⁴ – Hipermídia <i>Web API</i>	193
6.3.1. Uso de REST no nível 3 do MMR em conjunto com vocabulários universais	195

6.3.2. Orientação a recurso: modelo conceitual de recursos para o ecossistema IDEH-Co ⁴	198
6.3.3. Padronização de elementos nas mensagens trocadas entre clientes e servidores	200
6.3.4. Convencionando e concretizando o modelo conceitual de recursos: o caso <i>Raster</i>	204
6.3.5. Padronizando as mensagens para <i>Raster – EntryPoint</i>	205
6.3.6. Padronização das Mensagens para <i>TiffResource</i>	208
6.3.7. Convencionando e concretizando o modelo conceitual de recursos: o caso Vetor	213
6.3.8. Padronização da mensagem de requisição/resposta <i>EntryPointResource - Vetor</i>	214
6.3.9. Padronização da mensagem de requisição/resposta - <i>FeatureCollectionResource</i>	217
6.3.10. Padronização da mensagem de requisição/resposta - <i>FeatureResource</i>	222
6.3.11. Caso de insucesso na troca de mensagens	226
6.3.12. Metodologia para nomeação de URIs e documentação	226
6.4. Web dos Dados e desreferenciamento	228
6.5. Avaliação e resultados	229
6.5.1. Materiais utilizados.....	229
6.5.2. Disponibilização, requisição e discussão sobre arquivos <i>Raster</i> : o caso <i>Tiff</i>	231
6.5.3. Disponibilização, requisição e discussão sobre produtos em vetor	236
6.5.4 Integração com serviços do OGC	244
6.5.5. Funcionalidades espaciais mais acessíveis	245
6.6. Discussão	250
6.6.1. Método <i>OPTIONS</i>	251
6.6.2. Método <i>PATCH</i>	251
6.6.3. Estabilidade e Versionamento de Web APIs	251
6.6.4. Relaxamento da restrição Cliente/Servidor do REST	251
6.6.5. REST não é uma solução para tudo	252
6.7. Considerações finais	253
Capítulo 7: Arquitetura de serviços fins proposta para a IDEH-Co ⁴	255
7.1. Ecossistema IDEH-Co ⁴ e relacionamentos com IDEs e nós	255

7.2. Serviços Fins.....	256
7.3. Relação de dependência e utilização dos serviços fins	260
7.4. Endereçando os serviços do IDEH-Co ⁴	260
7.4.1. <i>Containers</i> e microserviços	260
7.4.2. Serviços e protótipos.....	262
7.5. Discussão	273
7.6. Considerações Finais	275
Capítulo 8: Conclusão, considerações finais e trabalhos futuros	277
8.1 Revisitando as questões de pesquisa.....	278
8.2. Contribuições e ou inovações deste trabalho	280
8.3. Limitações.....	281
8.4. Trabalhos futuros	282
8.5. Reflexões finais.....	283
Referências Bibliográficas.....	286
Apêndice A: Sistemas e Plataformas de <i>Crowdsourcing</i>	310
Apêndice B: Classificação de Sistemas Colaborativos para informação geográfica ...	312

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Ciclo de DS empregado nessa pesquisa.....	9
Figura 2.1 - Componentes de uma IDE.....	19
Figura 2.2 - <i>Framework</i> básico de avaliação de desenvolvimento de uma IDE em relação aos elementos chaves.....	23
Figura 2.3 - Visão <i>top down</i> de uma IDE. Adaptado de (RAJABIFARD <i>et al.</i> , 2000).	27
Figura 2.4 - Níveis hierarquicamente inferiores mais privilegiados no novo paradigma.....	28
Figura 2.5 - Visão de IDEs em rede, onde cada nó é uma IDE.....	29
Figura 2.6 - Evolução das IDEs.....	29
Figura 2.7 - Comparação entre as principais características das gerações de IDEs.	38
Figura 2.8 - Papéis das instituições públicas na INDE.....	40
Figura 2.9 - Comparação de áreas e heterogeneidade das unidades da federação brasileira.....	45
Figura 2.10 - Mapeamento Nacional Sistemático Terrestre Básico na escala 1:25.000.	46
Figura 2.11 - Relações de interdependências entre os níveis de governos federal, estadual e municipal.....	47
Figura 2.12 - Proporção de municípios por tamanho da população.....	48
Figura 2.13 - Especialistas e sociedade quanto à consciência de IDEs.....	50
Figura 2.14 – Elite de profissionais e sociedade quanto à consciência de IDEs e das habilidades técnicas. Adaptado da Figura 2.13.	51
Figura 3.1 - Diferentes perfis para um usuário entrar e ser conhecido pelo ambiente. ..	60
Figura 3.2 - Redes sociais no suporte na identificação, necessidades, relacionamentos detalhes e perfil de usuários.	61
Figura 3.3 - Relacionamento de via dupla.....	62
Figura 3.4 - Exemplos de funcionalidades sociais.	63
Figura 3.5 - Diagrama de comunicação das atividades em UML.	64
Figura 3.6 - Diagrama de classe de atividades.	64
Figura 3.7- APIs para acessar conteúdo de mídias sociais e aplicações.....	66
Figura 3.8 - Processo de Realização de Tarefa de <i>Crowdsourcing</i>	70
Figura 3.9 - Etapas do processo e forma canônica de sistemas de <i>Crowdsourcing</i>	72
Figura 3.10 - Sistemas colaborativos distribuídos isolados e por vezes não interoperáveis com outros sistemas.	75

Figura 3.11 - Categorias básicas de Sistemas Colaborativos.Qadro 3.3 - Descrição das categorias básicas de Sistemas Colaborativos para informação geográfica.	76
Figura 3.12 - Resumo da classificação dos Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas analisadas.	78
Figura 3.13 - Convergência de uso das diversas plataformas.....	80
Figura 3.14 - Dimensões de <i>Crowdsourcing /VGI</i>	80
Figura 3.15 - Dimensões em detalhes - com as correspondentes referências bibliográficas apresentadas na Tabela 3.1	81
Figura 3.16. Comparação de mapeamento de estradas oficiais (IPP) e não oficiais (OSM).....	87
Figura 3.17 - Possíveis papéis exercidos pela multidão no processo de mapeamento oficial.....	88
Figura 3.18 - Convergências das múltiplas fontes de informação.....	91
Figura 4.1 - INDA e definição do escopo do ecossistema IDEH-Co ⁴	95
Figura 4.2 - Desenvolvimento de políticas de Governo aberto no Mundo.	99
Figura 4.3 - Exemplo de projetos colaborativos de software livre embutidos em containers.....	100
Figura 4.4 - Exemplo de projetos colaborativos de software livre no <i>GitHub</i>	100
Figura 4.5 - Redes sociais e Governo aberto no suporte na identificação, necessidades, relacionamentos detalhes e perfil de usuários.	104
Figura 4.6 - Abstração de nuvem de governo.....	115
Figura 4.7 - Relacionamento entre os <i>frameworks</i> - diagrama de pacote UML.....	119
Figura 4.8 - Frameworks apresentados no portal da INDE.	121
Figura 4.9 - Diagrama de Classe em UML para IDEH-Co ⁴ - Modelo conceitual inspirado em HJELMAGER <i>et al.</i> (2008).....	124
Figura 4.10 - Elementos formadores do ecossistema.	126
Figura 4.11 - Modelo de negócio.	127
Figura 4.11 - Modelo de financiamento em alguns países desenvolvidos.	133
Figura.4.13 - Modelo de financiamento para países emergentes.	133
Figura 5.1 - Micro visão da arquitetura da <i>Web</i> . Adaptado de FIELDING (2007)....	137
Figura 5.2 - Abstração da <i>Web</i>	138
Figura 5.3 - Uso de um URL com suas características.....	139
Figura 5.4 - Representação de mensagem de Requisição e outra de Resposta em HTTP.	142

Figura 5.5. Pilha de tecnologia <i>Web Service</i> . Adaptado de (SAHIN e GUMUSAY, 2008).....	145
Figura 5.6 - Formato de uma mensagem em SOAP.....	146
Figura 5.7 - Representação de um documento WSDL	146
Figura 5.8 - Arquitetura básica de um <i>Web service</i>	147
Figura 5.9 - Visão simplificada do modelo conceitual SFA do OGC. Adaptado de SFA parte 1	150
Figura 5.10 – Requisição <i>getMap</i> do serviço WMS.....	154
Figura 5.11 – Requisição <i>getFeature</i> com filtro do serviço WFS.....	154
Figura 5.12 – Requisição da operação <i>Execute</i> , para criar um <i>buffer</i> , do serviço WPS.	
.....	155
Figura 5.13 – Dificuldade da leitura dos parâmetros de um serviço OGC.....	156
Figura 5.14 - Busca de metadados no catálogo de metadados da INDE-BR pelo ID..	156
Figura 5.15 - Busca de metadados no catálogo de metadados da INDE-EUA pelo ID.	
.....	157
Figura 5.16 - Relacionamento entre IRI e Recurso.	161
Figura 5.17 - Relacionamento entre Recurso e Representação.	161
Figura 5.18 - Sistemas em camadas.....	162
Figura 5.19. Ilustração do mecanismo de <i>cache</i>	163
Figura 5.20 - Ciclo de requisição e resposta através de uma <i>Web API</i>	166
Figura 5.21 - Modelo de Maturidade de Richardson.....	168
Figura 5.22 - Todas as requisições para um único método (POST) e um único <i>Endpoint</i> .	
.....	169
Figura 5.23 - Manipulação de recursos via método <i>POST</i>	170
Figura 5.24 - Exclusão de recurso via método <i>POST</i>	170
Figura 5.25 - REST no nível 2: os métodos são usados de maneira correta.	172
Figura 5.26 - Conjunto de recursos (serviços) disponibilizados na forma chave e valor em JSON de maneira padronizada.....	172
Figura 5.27 - API disponibilizando um conjunto de dados brutos sem metadados e outro conjunto enriquecido usando o padrão JSON-LD.....	174
Figura 5.28 - Comparação da tendência entre SOA e REST.....	178
Figura 5.29 – Dois JSON. Todo JSON segue o formato par de chave e valor.....	183
Figura 5.30 - Exemplo de um JSON-LD.....	184

Figura 5.31 - Exemplos de JSON-LD e <i>Hydra</i> . Adaptado de: (“HYDRA CORE VOCABULARY”, 2015)	186
Figura 5.32 - Significado da propriedade <i>name</i> no <i>Schema.org</i>	187
Figura 5.33 - Modelo arquitetural de comunicação clássico de serviços para IDEs... ...	189
Figura 6.1 - Arquitetura de comunicação de serviços evolutiva e genérica para IDEs considerando a arquitetura OWS.....	191
Figura 6.2 - Arquitetura híbrida de serviços para IDEs.....	192
Figura 6.3 - Nós em uma IDE: cada nó disponibiliza sua própria API sem padrões e convenções.....	194
Figura 6.4 - Diferentes APIs e diferentes implementações em clientes.	194
Figura 6.5 - Informação sem contexto e com contexto.	196
Figura 6.6 - Vocabulários universais compartilháveis entre diferentes aplicações.....	196
Figura 6.7 - Proposta de inclusão de vocabulário universal para interfaces universais em vetor.....	197
Figura 6.8 - Modelo conceitual para o trato de recursos em Infraestrutura de dados. .	198
Figura 6.9 - Ciclo de requisição e resposta do protocolo HTTP.	200
Figura 6.10 - Diagrama de caso de uso para manipulação do recurso de entrada nos métodos <i>GET</i> , <i>POST</i> e <i>OPTIONS</i>	201
Figura 6.11 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para <i>GET</i> . .	202
Figura 6.12 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para <i>HEAD</i>	203
Figura 6.13 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para <i>OPTIONS</i>	204
Figura 6.14 - Classe <i>TiffResource</i> que especializa <i>RasterResource</i> e tem forte relação como <i>Tiff</i>	204
Figura 6.15 - Diagrama de caso de uso para manipulação do recurso de entrada - <i>Raster</i>	205
Figura 6.16 - Padronização da mensagem de resposta do método <i>GET</i> para <i>EntryPointResource-Raster</i>	206
Figura 6.17 - Padronização da mensagem de resposta do método HEAD para <i>EntryPointResource - Raster</i>	206
Figura 6.18 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>OPTIONS</i> no <i>EntryPointResource - Raster</i>	207

Figura 6.19 - Padronização das mensagens de requisição e resposta do método <i>POST</i> no <i>EntryPointResource - Raster</i>	208
Figura 6.20 - Convenção dos métodos que podem ser executados sobre o recurso <i>TiffResource</i>	209
Figura 6.21 - Padronização da mensagem de resposta do método <i>GET</i> para <i>TiffResource</i>	210
Figura 6.22 - Padronização da mensagem de resposta do método <i>HEAD</i> para <i>TiffResource</i>	210
Figura 6.23 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>OPTIONS</i> para <i>TiffResource</i>	211
Figura 6.24 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>DELETE</i> no tipo <i>TiffResource</i>	212
Figura 6.25 - Padronização do conteúdo da mensagem de requisição e resposta do método <i>PUT</i> no tipo <i>TiffResource</i>	212
Figura 6.26 - Classes e interfaces para tratamento de vetor.....	214
Figura 6.27 - Diagrama de caso de uso para manipulação do recurso de entrada.....	214
Figura 6.28 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para <i>GET</i> para vetor.....	215
Figura 6.29 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para <i>HEAD</i> para vetor.....	216
Figura 6.30 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>OPTIONS</i>	217
Figura 6.31 - Diagrama de caso de uso para manipulação de recurso do tipo <i>FeatureCollectionResource</i>	217
Figura 6.32 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>GET</i> no tipo <i>FeatureCollectionResource</i>	218
Figura 6.33 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>HEAD</i> no tipo <i>FeatureCollectionResource</i>	219
Figura 6.34 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>OPTIONS</i> no tipo <i>FeatureCollectionResource</i>	220
Figura 6.35 - Padronização do conteúdo da mensagem de requisição e resposta do método <i>POST</i> no tipo <i>FeatureCollectionResource</i>	221
Figura.6.36 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>DELETE</i> no tipo <i>FeatureCollectionResource</i>	221

Figura 6.37 - Diagrama de caso de uso para manipulação de recurso do tipo <i>FeatureResource</i>	222
Figura 6.38 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>GET</i> no tipo <i>FeatureResource</i>	223
Figura 6.39 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>HEAD</i> no tipo <i>FeatureResource</i>	223
Figura 6.40 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>OPTIONS</i> no tipo <i>FeatureResource</i>	224
Figura 6.41 - Padronização do conteúdo da mensagem de requisição e resposta do método <i>PUT</i> no tipo <i>FeatureResource</i>	225
Figura 6.42 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método <i>DELETE</i>	225
Figura 6.43 - Criação de modelo e contexto baseado em Dados Ligados.....	228
Figura 6.44 - Requisição <i>GET</i> do URL de entrada.	231
Figura 6.45 - Campo <i>link</i> no <i>Header</i> da mensagem de resposta.	232
Figura 6.46 - Diagrama de objeto em um dado instante com representação de recursos exploráveis a partir do <i>EntryPoint</i>	234
Figura 6.47 - Resposta de uma requisição <i>HEAD</i> de um recurso do tipo <i>Tiff</i>	235
Figura 6.48 - Descoberta dos detalhes de um recurso do tipo <i>Raster</i>	236
Figura 6.49 - <i>Body</i> da resposta da requisição ao <i>EntryPoint</i>	237
Figura 6.50. <i>Header</i> da resposta da requisição do método <i>GET</i>	237
Figura 6.51 - Trechos do contexto do IRI <i>EntryPoint</i>	238
Figura 6.52 - Resposta da Requisição do tipo <i>GET</i> com <i>Body</i> e <i>Header</i>	239
Figura 6.53 - Resposta da requisição <i>OPTIONS</i> para saber como construir uma Unidade Federativa.	240
Figura 6.54 - Resposta da requisição <i>GET</i> da unidade federativa do Paraná.	241
Figura 6.55 - Resposta da requisição <i>GET</i> com solicitação de imagem pelo cliente. Unidade Federativa do Paraná.	241
Figura 6.56 - Resposta da requisição <i>OPTIONS</i>	242
Figura 6.57 - Diferentes estados de um recurso do tipo <i>feature</i> ao permitir a execução de diferentes operações.	243
Figura 6.58 - Simulação de edição entre três municípios em São Paulo.	243
Figura 6.59 - Integração entre recurso no REST e o serviço CSW do OGC.....	244
Figura 6.60 - Integração entre o recurso no REST e o serviço de estilos em REST....	245

Figura 6.61 - Consulta 1 e resposta.	245
Figura 6.62 - Resposta da consulta 2.	246
Figura 6.63 - Resposta da consulta 3.	246
Figura 6.64 - Resposta da consulta 4 em WKT.	247
Figura 6.65 - Consulta 5 e resposta.	247
Figura 6.66 - Consulta 6 e resposta.	248
Figura 6.67 - Consulta 7 e resposta.	248
Figura 6.68 - Consulta 8 e resposta.	249
Figura 6.69 - <i>Affordance</i> para visualização de consultas em png.	249
Figura 7.1 - Ecossistema IDEH-Co ⁴ e relacionamentos com IDEs e nós.	256
Figura 7.2 - Serviços fins propostos para o ecossistema do IDEH-Co ⁴	257
Figura 7.3 - Arquitetura de <i>contêineres</i> e microserviços. Adaptado de www.docker.com/what-docker.....	261
Figura 7.4 - Exemplos de imagens usando <i>Docker</i>	262
Figura 7.5 - Área de estudo.	264
Figura 7.6 - Total de Registros coletados sobre postos de combustíveis.	265
Figura 7.7 - Cadastro de termo a ser monitorado.	266
Figura 7.8 - Visualização dos <i>twitters</i> georreferenciados de acordo com o termo de pesquisa.	266
Figura 7.9 - Consumo de <i>EntryPoint</i> de governo para produto vetor.	267
Figura 7.10 - Simulação de edição de um município.	268
Figura 7.11 - Usando o GeoODK para coletar informações sobre marcos geodésicos.	269
Figura 7.12 - Comunidades criadas por interessados.	270
Figura 7.13 - <i>Community</i> executando no <i>smartphone</i>	270
Figura 7.14 - IDEH-Co ⁴ no <i>Facebook</i>	271
Figura 7.15 - Exemplo de atividades registradas.....	272
Figura 7.16 - <i>Buffer</i> de um recurso de tipo aldeia indígena.	273
Figura 7.17 - Todos os recursos do tipo aldeia indígena e um buffer em torno de um recurso número 821.	273

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Referências bibliográficas citadas na Figura 3.15.....	82
Tabela 4.1 - Princípios de governo aberto.....	98

Índice de Quadros

Quadro 2.1- Características das IDEs europeias nos períodos de 2002 a 2005 e de 2005 a 2007.	34
Quadro 2.2 - Objetivos dos estágios de Desenvolvimento da INDE por ciclo (“PLANO DE ACAO INDE”, [s.d.]).....	42
Quadro 3.1 - Plataformas para comunicação social e colaboração.	57
Quadro 3.2 - Descrição do processo de Realização de Tarefa de <i>Crowdsourcing</i>	70
Quadro 3.3 - Descrição das categorias básicas de Sistemas Colaborativos para informação geográfica.	76
Quadro 4.1 - Diferentes dimensões de iniciativas abertas.....	97
Quadro 4.2 - Escala de acesso organizacional da informação.....	108
Quadro 4.3 - Escala de acessibilidade da informação.	109
Quadro 4.4 - Modelo composto da computação na nuvem.	113
Quadro 4.5 - Elementos que apoiam a IDE brasileira.	122
Quadro 4.6 - Comparando VGI com IDE clássica com a proposta do IDEH-Co ⁴ de terceira geração <i>plus</i>	125
Quadro 5.1 - Elementos da <i>Web</i>	138
Quadro 5.2 - Descrição de uma mensagem em HTTP.	142
Quadro 5.3 - Exemplos de serviços do OGC.....	149
Quadro 5.4 - Outros padrões.....	150
Quadro 5.5 - Requisições aos endereços de entrada Endpoint	157
Quadro 5.6 - Endereços de <i>EndPoint</i> . Ponto de entrada sem identificação.	158
Quadro 5.7 - Princípios da <i>Web</i> dos Dados.	180
Quadro 6.1 - Descrição das classes do modelo conceitual para o trato de recursos em Infraestrutura de dados.	199
Quadro 6.2 - Aplicativos desenvolvido para o protótipo do ecossistema da IDEH-Co ⁴ na camada de serviços REST.	230
Quadro A.1 - Funcionalidades de Sistemas e plataformas para <i>Crowdsourcing</i>	310
Quadro B.1 - Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas analisadas.	312

Nomenclatura

- AJAX - Asynchronous JavaScript and XML
- ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
- APA - Área de Proteção Ambiental
- API - Interface de Programação de Aplicação ou Application Programming Interfaces
- B2B - Empresa para empresa
- BCIM - Base Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo
- BRIG - Busca e Recuperação da Informação Geoespacial
- CGU - Controladoria Geral da União
- Comperj - Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
- CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia
- CRUD - Create, Read, Update and Delete
- CS - Computação Social
- CSW - Catalog Service Web
- DBDG - Diretório do Banco de Dados Geográfico
- DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação do Comando da Marinha
- DS - Design Science
- DSR - Design Science Research
- DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Comando do Exército
- EDGV - Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais
- e-PING - Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico
- ETL - Extract, Transform, and Load
- FTP - File Transfer Protocol
- G2B - Aplicações de Governo para Empresa ou Govern to Business
- G2C - Aplicações de Governo para cidadão ou Govern to Citizen
- GeoWeb - Geospatial Web
- GML - Geography Markup Language
- GNSS - Global Navigation Satellite Systems
- GSDI - Global Spatial Data Infrastructure Association
- GSI - Gabinete de Segurança Institucional
- GT - Grupo de Trabalho
- HATEOS - Hypermedia as the Engine of Application State

HTTP - HyperText Transfer Protocol
Hydra - Hypermedia-Driven API
IaaS - Infraestrutura como Serviço
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA - Instituto de Cartografia Aeronáutica do Comando da Aeronáutica
IDEs - Infraestruturas de Dados Espaciais
IDEH-Co4- Infraestrutura de Dados Espaciais Híbrida Coproduzida, Colaborativa, Convergente e Compartilhável
IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF - Internet Engineering Task Force
IG - Informação Geoespacial
IID - Injeção Inversa de Dados
IIE - Injeção Inversa Espacial
INDA- Infraestrutura Nacional de Dados Abertos
INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INDE-BRA - INDE brasileira
IRIs - Identificadores de Recursos Internacionalizados
ISO - International Organization for Standardization
JSON- JavaScript Object Notation
JSON-LD - JavaScript Object Notation - Linked Data
KVP - Key Value Pair
MGB - Metadados Geoespaciais do Brasil
MMR - Modelo de Maturidade de Richardson
MP - Ministério de Planejamento
MT - Ministério da Transparência
ODI - Open Data Institute
OGC - Open Geospatial Consortium
OGP - Open Government Partnership
OSI - Open System Interconnection
OSM - OpenStreetMap
OWL - Web Ontology Language
OWS - OGC Web Services
PaaS - Plataforma como um Serviço

PIB - Produto Interno Bruto
PNBL - Plano Nacional de Banda Larga
PNPS - Política Nacional de Participação Social
POX - Plain Old XML
PPGIS - Participação Pública em GIS ou Participatory Public GIS
RDF - Resource Description Framework
REST - REpresentational State Transfer
RFC - Request for Comments
RPC - Chamada de Procedimento Remoto ou Remote Procedure Call
RSSF- Redes de sensores sem fio
SaaS - Software como um Serviço
SE - Symbology Encoding
SFA - Simple Feature Access
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SINIMA - Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente
SL - Software Livre
SLD - Style Layer Descriptors
SNPS - Sistema Nacional de Participação Social
SOA - Arquitetura Orientada a Serviço ou Service Oriented Architecture
SOAP - Simple Object Access Protocol
SOC - Computação Orientada a Serviços ou Services Oriented Computation
SOS - Sensor Observation Service
SPM - Secretaria Especial de Políticas para as Mulheres
SSH - Secure Shell
SWE - Sensor Web Enablement
TCU - Tribunal de Contas da União
TI - Tecnologia da Informação
TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação
UCC - Conteúdo Criado pelo Usuário
UDDI - Universal Description, Discovery and Integration
UGC - Conteúdo Gerado pelo Usuário ou User generated Content
Prosumer - Produtor-Consumidor
UML - Linguagem de Modelagem Unificada
URIs - Endereços identificadores

URL - Uniform Resource Locator

VGI - Informação Geográfica Voluntariada

W3C - World Wide Web Consortium

WCS - Web Coverage Service

WFS - Web Feature Service

WFS-T - WFS com suporte a transação

WKT - Well Known Text

WMS - Web Map Service

WMTS - Web Map Tile Service

WPS - Web Process Service

WSDL - Web Services Description Language

WWW - World Wide Web

XML - Extensible Markup Language

Capítulo 1: Introdução

1.1. Contextualização

Atualmente um grande volume de informação geoespacial¹ vem sendo produzida diariamente, de maneira oficial e não oficial, por uma diversidade de fontes e atores, variando de dispositivos de comunicação e diferentes tipos de sensores como, por exemplo, os orbitais, os terrestres para monitoramento do meio ambiente e os embarcados em *smartphones* e *tablets*.

Dentre alguns tipos de informação geoespacial, encontram-se os de referências e temáticos. Os primeiros tipos contemplam as informações da geodesia e da cartografia e são assim definidos por proporcionarem as referências espaciais para qualquer outra informação geoespacial. Os tipos temáticos são aqueles provenientes de estudos dos fenômenos visíveis e invisíveis, em uma determinada região, que revelam uma determinada característica espacial, sendo tratados por uma representação que possui uma localização geográfica, uma geometria e um conjunto de atributos. Neste caso são exemplos, informação geoespacial sobre recursos naturais, recursos minerais e o meio ambiente. Ressalta-se também que existe o tipo de informação geoespacial derivado, como os produtos geográficos e jurídicos que podem usar nas suas concepções, outros tipos de informação, como por exemplo, o relatório de impacto ambiental de um projeto mineral e um memorial descritivo de uma área de proteção ambiental, respectivamente.

De fato, há uma grande demanda pela informação geoespacial, para os mais variados cenários e propósitos e necessidades (ONSRUD *et al.*, 2005). No século XX, alguns destes tipos de informação eram produzidos principalmente por instituições públicas de acordo com seus contextos, interesses, necessidades e missões. A consequência é que isto produziu diversos tipos de informação que foram distribuídos amplamente a partir de várias origens e segmentos, portanto, necessitando de mecanismos para gestão, controle e racionalização de recursos.

No final dos anos 80 e início da década de 90 surgiram as primeiras Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs) ainda em um ambiente pré-Web. As IDEs

¹ Geoespacial refere-se a qualquer tipo de informação que esteja associada a um sistema de coordenadas em relação ao planeta Terra (<http://researchguides.library.yorku.ca/content.php?pid=245987&sid=2176375>). Neste trabalho, o termo geoespacial será considerado sinônimo de espacial ou geográfico.

initialmente eram consideradas em sua maioria, projetos nacionais que tratavam a racionalização de esforços na obtenção de dados geoespaciais, o controle de redundâncias, a promoção da integração de bases de dados geoespaciais de forma a propiciar a economia de recursos (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2001) e a necessidade de justificar grandes investimentos públicos (GROOT, 1997).

Sabe-se que há dezenas de IDEs (STEUDLER e RAJABIFARD, 2012) e que são diferentes em vários aspectos, mas é senso comum que o objetivo geral é a criação de um ambiente virtual onde qualquer informação geoespacial possa ser produzida, consumida de forma rápida, simples e disponível para qualquer interessado, a qualquer hora, em qualquer lugar (WILLIAMSON, 2004; VUŠOVIĆ *et al.*, 2013). No entanto isto é uma visão simplificada da realidade, que na verdade é cercada por muitos desafios.

A partir de século XXI, novos atores e diferentes papéis exercidos pela sociedade são inseridos nesse grande processo em função do avanço tecnológico, das mudanças comportamentais atribuídas à popularização da computação social e do aumento da demanda pela informação geoespacial. Isto deveria se alinhar com uma sociedade habilitada espacialmente (WILLIAMSON *et al.*, 2011), ou seja, quando a localização e as informações geoespaciais e correlatas estão amplamente disponíveis e acessíveis para todos, reforçando a necessidade de IDEs como elemento básico para esta sociedade.

Destarte, nos dias atuais, a demanda por uma infraestrutura da informação geoespacial e não geoespacial, que permita amplo acesso e uso a todos os segmentos da sociedade em geral, está no cerne dos governos de modo a oferecer uma maior competitividade e desenvolvimento social.

1.2. Motivação

Apesar dos avanços no desenvolvimento nos últimos anos, as IDEs ainda não endereçaram as necessidades de muitos usuários em potencial, ainda que estejamos na era da informação digital compartilhável. O grande desafio está em prover um ambiente habilitador, de forma transparente para todos, não somente para a comunidade

geoespacial², mas também para aqueles não pertencentes a essa comunidade (MASSER *et al.*, 2008).

Segundo DÍAZ *et al.* (2011, 2012), o nível desejado de impacto e penetração na comunidade geoespacial não é satisfatório, além de limitada participação de usuários em geral. VANDENBROUCKE *et al.* (2012) enfatizam a necessidade de entender melhor a comunidade geoespacial e usuários comuns, e que, na maioria dos países na Europa, o envolvimento dessas comunidades e usuários comuns é modesto e frágil. HENNIG *et al.* (2013) afirmam que ainda é necessário muito trabalho para melhor compreender os usuários e suas necessidades.

THOMAS *et al.* (2009) e DÍAZ *et al.* (2011, 2012) afirmam que há muitas razões para isto e destacam que entre as mais perceptíveis estão aquelas relacionadas à obtenção de informação de maneira a atender determinadas necessidades. Por exemplo: (1) dificuldade de acesso e de mecanismos de distribuição; (2) entendimento de conceitos necessários a sua aplicação por parte de potenciais usuários que ainda não têm a perícia necessária; (3) dificuldades por causa do custo de processamento e aplicação, *verbi gratia*, a falta de hardware e/ou software necessários e/ou de pessoal especializado ou de especialista em IDE; e por fim (4) devido à complexidade.

Outra grande questão é a falta de elementos comuns que poderiam facilitar a troca de dados. Segundo NEBERT (2009), o acesso a informações geoespaciais nem sempre é bem regulado e há barreiras institucionais que muitas vezes inibem esse acesso. De modo geral, as bases de dados são construídas em sistemas autônomos com fins específicos, usando escalas diferentes e diversas tecnologias para resolver questões específicas de caráter social, ou econômico ou ambiental.

Alguns destes exemplos pontuam problemas de natureza técnica que dificultam, ou por vezes impedem, o uso em larga escala de uma IDE. Também há que se considerar questões não técnicas que muitas vezes são ainda mais desafiadoras, como por exemplo, acordo sobre múltiplas bases de dados, *copyright*, procedimentos organizacionais complexos, privacidade etc (DESSERS, 2012).

Desta forma, segundo DÍAZ *et al.* (2011), as IDEs, até os dias atuais, ainda não atingiram o nível desejado de impacto e penetração na comunidade geoespacial, apresentando uma baixa taxa de participação dos usuários. BÉJAR *et al.* (2009)

² Comunidade geoespacial – representa uma comunidade de pessoas que possui interesse direto na informação geoespacial, seja como produtor e/ou consumidor.

afirmam que à medida que a complexidade tecnológica cresce, maior é a escassez na manutenção e maior é a deficiência em descobrir e processar dados geoespaciais. Estas questões se tornam mais óbvias no gerenciamento de emergência quando o acesso à informação é crucial para a tomada de decisão em tempo real.

Por outro lado, a tecnologia de informação (TI) apresenta um desenvolvimento em ritmo acelerado, proporcionando novos mecanismos para compartilhar recursos em ambiente de múltiplas participações organizacionais envolvendo diferentes disciplinas e perfis de usuários. De acordo com DIAZ *et al.* (2012), a tendência da *Web*, independente das iniciativas das IDEs, é cada vez mais apoiar o aspecto espacial e temporal das informações proporcionando o acesso ubíquo via dispositivos *location-aware* e aplicações centradas no usuário.

1.3. O problema endereçado na pesquisa

O arranjo e a forma como as IDEs estão sendo desenvolvidas e implementadas não resolvem boa parte da necessidade e demandas de governos, pesquisadores, comunidades, profissionais e a sociedade como um todo (GRUS *et al.*, 2006; VANDENBROUCKE *et al.*, 2012). Neste contexto, há várias questões intra e multi-institucionais a serem solucionadas, como por exemplo, o compartilhamento da informação que vem sendo discutido desde os anos 90 e continua sendo um problema, o baixo nível de participação e de usuários, bem como atendimento às suas demandas, além de dificuldades relacionadas ao acesso e busca da informação.

DIAZ *et al.* (2012) citam a escassez de recursos, a morosidade em adotar novas tecnologias como alguns dos motivos para as IDEs não atingirem o nível desejado de impacto e penetração na comunidade geoespacial e na sociedade em geral. Isto no contexto brasileiro é ainda mais aparente devido às características e especificidades brasileiras. Por outro lado, HARRIS e LAFONE (2012) argumentam que serviços baseados em localização, mídias sociais e as oportunidades crescentes para superar a fragmentação de informações através da interconectividade fornecida pelas *Web* 2.0, *Web* 3.0 e interfaces de programação de aplicações (APIs) prometem revolucionar as tradicionais Infraestruturas de Dados Espaciais.

Há que se considerar também a necessidade de integrar a informação geoespacial e não geoespacial, que atualmente é uma dificuldade negligenciada, muitas vezes fazendo parecer que há dois mundos distintos e que não se comunicam ou se

desconhecem. Ainda neste contexto, SCHADE e SMITS (2012) afirmam que embora as IDEs sejam concebidas para combater silos de dados geoespaciais, continuam sendo percebidas como ilhas em Tecnologia da Informação (TI). Nesta linha de pensamento, NEBERT (2009) afirma que do ponto de vista organizacional ainda é preciso melhorar os vínculos institucionais formais e as iniciativas de políticas nacionais em andamento para incentivar o compartilhamento e a colaboração em informações geoespaciais e práticas.

Em termos sociais, ainda há dificuldade na identificação tanto das comunidades geoespaciais quanto dos usuários em geral que de alguma maneira fazem uso dos recursos ou simplesmente interagem em ambientes de IDEs. Além disso, sabe-se que existe uma grande lacuna, em razão da falta de conhecimento da existência ou uso ainda que de forma transparente desse tipo de infraestrutura pela sociedade em geral.

Cabe ressaltar também que os consumidores de informação geoespacial, em sua maioria, não são apoiados por mecanismos que permitam uma maior interação com os produtores de informação geoespacial, quanto às suas necessidades reais. Além disso, as informações produzidas por instituições oficiais em contextos nacionais e fontes não tradicionais, na maioria dos casos, seguem em paralelo e sem convergência.

Em termos tecnológicos, a busca e o acesso à informação geoespacial em uma IDE ainda, na maioria das vezes, continua da mesma maneira que dez anos atrás. Principalmente através de portais que disponibilizam ferramentas de busca por metadados e ou visualizadores de dados espaciais. A título de exemplo, muitas vezes estas aplicações ou portais disponibilizam *download* dos dados em diversos formatos, mas isto acaba levando a outros problemas, como por exemplo, a redundância de informação descontrolada e fragmentada.

Nas ciências sociais, econômicas e ambientais há várias questões preocupantes, como por exemplo, mudanças climáticas, desenvolvimento de infraestrutura, fornecimento de água, entre outras, que necessitam de soluções que permeiam diferentes jurisdições e territórios. O grande desafio é certificar-se que a informação necessária para estes casos esteja disponível com nível de qualidade adequado para apoiar a tomada de decisão (THOMAS *et al.*, 2009). Portanto, uma infraestrutura de dados que leve em conta princípios de iniciativas abertas e transparentes e a cultura de participação, apoiada por um arcabouço tecnológico mais adequado, oferecerá a sociedade uma nova perspectiva para a informação geoespacial.

1.4. Objetivos da pesquisa

Este trabalho tem como objetivo de pesquisa propor um ecossistema para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), denominado de Ecossistema³ para Infraestrutura de Dados Espaciais Híbrida Coproduzida, Colaborativa, Convergente e Compartilhável (IDEH-Co⁴). Para alcançar este objetivo geral serão perseguidos os seguintes objetivos específicos:

1. Definir e promover mecanismos que permitam estabelecer arranjos multi-institucionais e estruturas legais comuns levando em consideração mudanças na sociedade e governo;
2. Definir e promover mecanismos que permitam estabelecer parcerias com a sociedade civil e com a iniciativa privada;
3. Propor um conjunto de serviços, apoiados em padrões de interoperabilidade, que torne possível não somente o processo de compartilhamento e disseminação, mas também o processo de coprodução e reuso da informação geoespacial de maneira colaborativa e integrada entre as esferas de governo (intra e multi-institucionais);
4. Propor mecanismos que facilitem a universalização do tema IDE através de serviços; e
5. Promover a interoperabilidade da plataforma através do uso de formatos abertos e legíveis por máquina para permitir o acesso aos recursos de várias instituições e interessados.

Esse ecossistema é endereçado a uma sociedade habilitada espacialmente, alinhado com IDEs modernas, que possibilite as informações de variadas fontes e domínios possam ser integradas, harmonizadas e utilizadas para o desenvolvimento do país e para tomada de decisão ou para o exercício da cidadania.

1.5. Perguntas de pesquisa

Visando clarificar os diversos objetivos descritos acima, propõem-se abordar neste trabalho as seguintes questões de pesquisa:

³ Ecossistema - conjunto de comunidades interagindo entre si e agindo e/ou sofrendo ações fatores externas. Termo emprestado da biologia e adaptado para esse contexto.

- 1) Qual o caminho a INDE precisa trilhar para se tornar mais efetiva e abrangente?
- 2) O que poderia ser feito para o fortalecimento das relações entre os diversos atores da INDE brasileira?
- 3) Como contribuir para um modelo que contemple as instituições e a sociedade em geral ampliando o contexto das comunidades de IDEs?
- 4) Que novos aspectos tecnológicos poderiam ser empregados para apoiar e melhorar o progresso das IDEs para uma sociedade espacialmente habilitada?

1.6. Abordagem e escopo do trabalho

Este trabalho emprega *Design Science* (DS) que procura estabelecer artefatos de diferentes naturezas para a solução de problemas (DRESCH *et al.*, 2015). No contexto da Tecnologia da Informação (TI), DS oferece um paradigma de resolução de problema que cria e avalia artefatos destinados a resolver problemas organizacionais identificados, já que entender o problema é a primeira metade a ser resolvida, enquanto desenvolver e testar possíveis soluções são a última metade (VON ALAN *et al.*, 2004). Tais artefatos são definidos como constructos (símbolos e vocabulários), modelos (abstrações e representações), métodos (algoritmos e práticas) e instanciações (protótipos e sistemas implementados) (VON ALAN *et al.*, 2004).

Empregar a DS para entender os problemas de uma IDE deixa em aberto a tarefa de desenvolver estratégias de sucesso, criando artefatos viáveis, sejam na forma de constructo, de modelo, método ou instanciação (MÜLLER *et al.*, 2010). Para DRESCH *et al.* (2015), DS pode ser usado como uma forma de produção de conhecimento para alcançar dois propósitos diferentes em projetos de pesquisa ao mesmo tempo: produzir conhecimento científico e ajudar organizações a resolver problemas reais. GIBBONS *et al.*, (1994) afirmam que existem dois tipos de produção de conhecimento: 1) produção de conhecimento puramente acadêmica e para uma única disciplina; 2) produção de conhecimento transdisciplinar, visando problemas, e normalmente ocorre no contexto da aplicação. Para DRESCH *et al.* (2015) o tipo 2 alinha-se com DS, pois a produção de conhecimento tem a missão de desenvolver o conhecimento que pode ser usado por profissionais para resolver seus problemas diários. Em outras palavras diminuir o *gap* entre o que é desenvolvido na academia e aplicado nas organizações. Os autores citam que para operacionalizar os conceitos de DS e garantir que os estudos que utilizam esses

conceitos sejam realizados com rigor, é preciso primeiro estudar um método de pesquisa adequado para essa operacionalização (DRESCH *et al.*, 2015). Este método de pesquisa é chamado *Design Science Research* (DSR). Em resumo, acima de tudo, DS é uma ciência que busca desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas, ou mesmo criar novos artefatos que contribuam para um melhor desempenho humano, seja na sociedade ou em organizações. Para modificar as situações existentes para obter melhores resultados (foco nas soluções) (DRESCH *et al.*, 2015).

Aliado a DS, este trabalho, está baseado em quatro categorias propostas por (COETZEE e WOLFF-PIGGOTT, 2015), abordando os seguintes aspectos:

- Conceitual: teorias, conceitos e modelos, investigando IDEs como sistemas complexos.
- Governança: possibilita a compreensão e desenvolvimento de IDEs da perspectiva de implementação de políticas, acordos, práticas e métodos para gerenciamento de operações e de IDEs, tais como questões organizacionais, acordos institucionais, licenciamento etc.
- Estudo de caso: descreve e analisa a implementação da IDE Nacional brasileira.
- Aspectos técnicos: emprega e desenvolve tecnologia em uma IDE, abordando, por exemplo, serviços *web*, interoperabilidade, normas etc.

1.7. Organização da Tese

A metodologia científica empregada para o desenvolvimento da pesquisa adotou os métodos abdutivo e dedutivo (DRESCH *et al.*, 2015) conforme apresentado na Figura 1.1. Na primeira etapa é definido o problema, conforme apresentado neste capítulo desenvolvendo a contextualização, motivação e objetivos da proposta. A segunda etapa consiste em empregar o método abdutivo de modo a desenvolver soluções para a proposta. Desta forma foram desenvolvidos os capítulos 2, 3 e 4, procurando soluções baseados em uma revisão na literatura. A terceira e a quarta etapas empregam o método dedutivo para o desenvolvimento e avaliação da proposta, sendo assim desenvolvidos os capítulos 5, 6 e 7. Ressalta-se que estas etapas são retroalimentadas à medida que o trabalho é desenvolvido. A quinta e última etapa é a conclusão alcançada pela DSR.

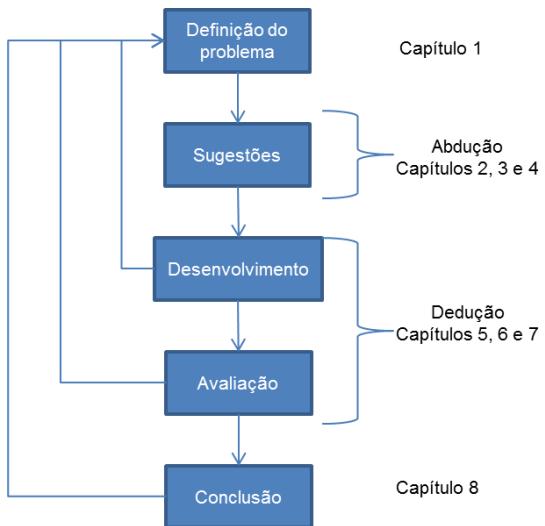


Figura 1.1 – Ciclo de DS empregado nessa pesquisa.

Para melhor compreensão, no Capítulo 2 é apresentado o conceito de Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE); a IDE brasileira e os principais desafios de um sistema federado, abordando um referencial teórico sobre IDEs,

No Capítulo 3 o ambiente externo as IDEs é analisado. São descritas as características das novas tecnologias que apoiam a colaboração, abordando a computação social para informação geoespacial e os principais projetos e ferramentas no contexto de informação geoespacial.

No Capítulo 4 a proposta de um ecossistema é descrita levando em consideração as características e especificidades do Brasil. No Capítulo 5, os serviços para IDEs são repensados e uma proposta mais aderente à arquitetura da *Web 2.0/ 3.0* é apresentada. No Capítulo 6 é apresentada uma arquitetura de serviços evolutiva proposta para a IDEH-Co⁴. O Capítulo 7 apresenta uma arquitetura de serviços fins e alguns casos endereçando os serviços fins. Finalmente, no Capítulo 8 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

Capítulo 2: Informação Geoespacial e Infraestrutura de Dados Espaciais

Este capítulo caracteriza uma IDE em relação ao seu papel, sua natureza, sua geração visando responder as seguintes questões: (i) O que é realmente uma IDE? (ii) Por que tantas definições? (iii) Quais são os conceitos por trás delas? (iv) O que realmente as IDEs representam? (v) Para onde as IDEs estão indo?

2.1. Informação geoespacial

A informação geoespacial (IG), também denominada de geoinformação, é caracterizada por apresentar um componente espacial que é associado a uma localização no espaço geográfico, seja relativa ou absoluta em um sistema de coordenadas. Ao longo dos últimos anos a IG tem se tornado cada vez mais importante no âmbito da sociedade em função do reconhecimento do papel que esse tipo de informação pode exercer em variados cenários e áreas de conhecimento. Tal importância se deve a sua capacidade de se apresentar sob outra perspectiva e dos avanços tecnológicos que facilitaram a produção, o acesso e a disseminação.

A IG tratada como um conjunto de dados representados em um mapa facilita a transmissão de informação e a compreensão quando comparado com este mesmo conjunto de dados em uma planilha ou tabela, uma vez que o mapa possibilita estabelecer correlações no espaço com outros dados e informações. Assim, a representação de tipos de crimes para a gestão de segurança pública; a análise de *geomarketing* para o desenvolvimento de negócios e entretenimentos; a análise de risco de inundações e sua mitigação; a recuperação de áreas ambientais; a avaliação do uso da terra e combate e recuperação de desastres são exemplos de áreas em que os interessados, sejam eles gestores, políticos, instituições, tomadores de decisão, pesquisadores ou cidadão comum, podem se beneficiar da IG (NEBERT, 2004).

Nos dias atuais, uma enorme quantidade de informação geoespacial vem sendo diariamente produzida, atualizada, processada e mantida por pessoas, instituições, dispositivos móveis, sensores orbitais entre outros. De fato, quase toda informação tem uma localização associada. Esta pode ser o endereço de casa de uma pessoa, o endereço comercial de um restaurante, a posição atual de um carro em movimento, uma

localização de um sensor, um ponto onde ocorrem mudanças de limite de velocidade, os diversos aplicativos baseados em localização instalados nos *smartphones* das pessoas entre outros.

Segundo NEDOVIĆ-BUDIĆ e PINTO (1999) e FOLGER (2009), o governo dos EUA reconhece que mais de 80% de todos os dados do governo tem um componente geoespacial, e que este tipo de informação é usado em uma variedade de configurações organizacionais tais como: registros de propriedade, endereços de construção, veículos de roteamento, padrões de criminalidade, registros eletrônicos de saúde, gerenciamento de tráfego, gestão de redes de serviço público, gestão de resíduos perigosos, espaços aéreos, bacias hidrográficas, resultados eleitorais, gestão de imagens de satélite e aérea. Isto tudo vai ao encontro da habilitação/ativação espacial (*spatial enablement*), um conceito contemporâneo, que é a capacidade de adicionar localização para quase toda a informação existente e que poderia alavancar o conhecimento existente sobre questões sociais, econômicas e ambientais (STEUDLER e RAJABIFARD, 2012).

Segundo NEBERT (2004) a publicidade, a descoberta, o acesso e a integração de fontes díspares da IG são essenciais para planejamento, para gestão e tomada de decisão em níveis local, regional e global. RAJABIFARD *et al.* (2007) ratificam a importância da informação geoespacial ao afirmar que ela é um dos elementos mais críticos que apoiam a tomada de decisão em diferentes disciplinas e escopos, ou seja, um instrumento apoiador de planejamento e gestão. Além disso, quando este tipo de informação vem suportado pela tecnologia, ela pode mudar a maneira como empresas e governos gerenciam atividades e resolvem problemas ligados ao espaço (território) ocupado e usado (RAJABIFARD *et al.*, 2013).

Por outro lado, ressalta-se que a informação geoespacial encontra-se distribuída e muitas vezes redundante voluntariamente ou involuntariamente nos mais variados setores e esferas de governo, na iniciativa privada, nos centros de pesquisas e universidades e na sociedade em geral. Esta distribuição, muitas vezes acompanhada de fragmentação, acarreta em retrabalho, maior esforço para obtê-la, tratá-la e para atingir seu propósito de uso. Além disso, a redundância involuntária tem como consequência desperdício de recursos e conhecimento.

Outra questão relativa à informação geoespacial diz respeito às suas características, já que ela pode se apresentar em diferentes tipos, formatos, abrangências, escalas, sistemas de referência, sistemas de projeção, acurácia posicional e padrões. Destarte, além de sua natureza inherentemente mais complexa, de maneira

geral, o custo de aquisição e manutenção é maior quando comparado aos softwares e hardwares necessários a sua gestão e manejo. Outra questão também relacionada à IG é que, nos últimos anos, houve um crescimento exponencial na sua geração, sendo proveniente de várias fontes e por diferentes processos de produção para diversos fins. Além disso, de acordo com NEBERT (2009) um fator que interfere na utilização eficaz dos dados geoespaciais é o pouco conhecimento da existência destes dados, devido à documentação pobre ou inexistente, precariedade do acesso e questões de disseminação.

Dentro desse contexto, tornou-se imprescindível mecanismos de gestão, integração e coordenação para informação geoespacial e as IDEs foram concebidas como ambientes propícios para endereçar estas questões.

2.2. Infraestrutura de dados espaciais (IDEs)

Desde o final da década de 70, várias instituições de mapeamento e cartografia nacionais reconheciam a necessidade de justificar os grandes investimentos públicos que recebiam e consequentemente, a melhoria ao acesso e o incentivo ao uso mais amplo de suas informações (GROOT, 1997). A título de comparação, de acordo com o trabalho de CROMPVOETS (2006) questões relacionadas à gestão de *clearinghouse*/geoportal consumiam em torno de 120 milhões de euros por ano (cerca de 80 iniciativas na época, ou seja, 1.5 milhão de euros por iniciativa) alguns anos atrás. Conscientes disso, além de questões envolvendo a redução de recursos em atividades de mapeamento, em função de políticas governamentais (GOODCHILD, 2007a; MCDOUGALL, 2009), as instituições foram forçadas a reconsiderar as suas atividades tradicionais, buscando atender uma demanda crescente da comunidade de usuários que exigiam acesso mais fácil e rápido aos seus produtos (GROOT, 1997). MASSER (2005a) fez uma revisão desse período e apontou algumas atividades que se constituíram em marcos que antecederam a formalização de IDEs, em países como, por exemplo, Austrália, Canadá, EUA, Inglaterra e outros.

A partir da década de 80 e início de 90, vários países realizaram extensos estudos e revisões para demonstrar a eficácia de custo de suas atividades de mapeamento nacionais e, particularmente, para entender como isso poderia ser melhorado usando a tecnologia da informação (TI) e como atender à demanda, o compartilhamento e o uso da informação geoespacial (GROOT, 1997). Assim, conclui-se que as seguintes questões antecederam a formalização de IDEs:

- Organizações públicas de mapeamento reconhecem a necessidade de justificar os grandes investimentos públicos;
- Reconhecimento da necessidade de políticas comuns no que diz respeito ao acesso e preços de seus dados; e
- Várias iniciativas sobre cooperação e compartilhamento de dados geoespaciais.

2.2.1. Definição de Infraestrutura de Dados Espaciais

No livro intitulado *Spatial Data Needs: The Future of the National Mapping Program* (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1990) encontra-se uma das primeiras caracterizações de Infraestrutura de Dados Espaciais. De acordo com esse documento, uma infraestrutura de dados inclui os mais variados dados em diferentes organizações do setor público e privado para criar ou recolhê-los, além de sistemas complexos para coordenação, armazenamento, processamento, gerenciamento e distribuição desses dados (BOSSLER *et al.*, 1990). De fato, uma Infraestrutura de Dados devido à sua natureza, depende da comunicação entre uma variedade de provedores e usuários de dados, requerendo o desenvolvimento e a difusão de normas e padrões (DE MAN, 2007). Dentro do contexto de dados espaciais há uma crescente preocupação na sua gestão e manejo de forma mais integrada, aberta e escalável.

Uma IDE relaciona-se, fundamentalmente, com a facilitação e coordenação do intercâmbio e compartilhamento de dados espaciais entre diversas partes interessadas (RAJABIFARD *et al.*, 2002), descentralizando a produção e disseminando dados e oferecendo ferramentas para o consumo desta produção (LANCE *et al.*, 2009) de forma que seus recursos sejam mais proveitosos. Ela exige que cada participante na construção desta infraestrutura contribua fornecendo suas próprias informações dentro de um *framework* de informação comum (REYNOSO *et al.*, 2014).

Trabalhos iniciais sobre IDEs datam da segunda metade da década de 80 (RAJABIFARD *et al.*, 2006). Todavia, a partir da década de 90, o tema ganhou mais dinamismo e atenção. Um fato acelerador para isto foi a publicação de uma ordem executiva em 1994 pelo governo dos EUA que entre outras coisas definia uma IDE nacional (WILLIAMSON *et al.*, 1998; MASSER, 2011) da seguinte maneira: “Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) significa tecnologias, políticas, normas e recursos humanos necessários para adquirir, processar, armazenar, distribuir e melhorar a utilização de dados geoespaciais”.

Ao longo destas três últimas décadas, o termo IDE tem sido definido, redefinido e ainda está sendo refinado (HENDRIKS *et al.*, 2012) e na literatura é possível encontrar diversas definições sobre o tema conforme a seguir.

1. IDE, em escopo nacional, significa tecnologias, políticas, normas e recursos humanos necessários para adquirir, processar, armazenar, distribuir e melhorar a utilização de dados geoespaciais (ORDER, 1994).
2. Uma IDE abrange fontes de dados, sistemas, redes de acesso e conexão, padrões e questões institucionais relacionados ao fornecimento de informações espaciais a partir de diversas fontes para o maior número possível de potenciais grupos de usuários (COLEMAN *et al.*, 1997).
3. IDE é uma iniciativa que visa criar um ambiente no qual todos os interessados podem cooperar/interagir uns com os outros através da tecnologia, para melhor atingir os seus objetivos em diferentes níveis políticos e administrativos (CHAN *et al.*, 2001). Importante mencionar que CHAN *et al.* (2001) analisaram algumas definições de IDEs e classificam em quatro perspectivas (identificadora, tecnológica, organizacional e voltada à produção).
4. Uma IDE é formada por um conjunto de tecnologias, políticas públicas e arranjos institucionais para facilitar a disponibilização e o acesso a dados espaciais (NEBERT, 2004).
5. IDE é um caso especial de uma Infraestrutura de Informação, especificamente orientada para a informação geoespacial (GEORGIADOU *et al.*, 2005).
6. IDE é um conceito multidisciplinar, dinâmico, hierárquico e que engloba políticas, competências organizacionais, dados, tecnologias, normas, mecanismos de entrega e recursos humanos (CHAN *et al.*, 2001; RAJABIFARD *et al.*, 2007).
7. IDE significa integração de redes sócio-técnicas com fronteiras abertas, reconfiguráveis e virtuais, sem controle e, basicamente, apoiada em mecanismos de coordenação (FERNÁNDEZ e IGLESIAS, 2009).
8. IDE é uma plataforma habilitadora que liga as pessoas à informação (WILLIAMSON *et al.*, 2010).
9. Uma IDE é uma rede complexa, via *web*, composta de diferentes tipos de interações realizadas para alcançar diferentes tipos de benefícios sociais (RAMAGE e REICHARDT, 2010).

10. Infraestruturas de Dados Espaciais são grandes sistemas de informação abertos e distribuídos que pretendem facilitar e promover o uso de dados geoespaciais e serviços geoespaciais na Internet, baseados em padrões (BÉJAR *et al.*, 2012).
11. IDE é um *framework* de políticas, acordos institucionais, tecnologias, dados e pessoas que torna possível o compartilhamento e a utilização da informação geográfica de forma eficaz (OLOO e KRAPF, 2015)
12. IDEs são tecnologias, políticas e arranjos institucionais que facilitam a disponibilidade e o acesso aos dados espaciais para todos os níveis de governo, o setor comercial, cidadãos em geral e que podem ser utilizados na prestação de infraestrutura (ISA, 2016).

Analizando essas definições, fica claro que as diferenças e semelhanças ocorrem devido ao entendimento e às percepções comuns e diferentes sobre o tema na comunidade de IDE (pesquisadores e profissionais) ao longo dos anos e a natureza complexa e dinâmica intrínseca das IDEs que requerem pesquisa transdisciplinar.

De fato, IDEs podem ser endereçadas por diferentes perspectivas e dimensões. Por exemplo, engenheiros, geólogos, analistas de sistemas, entre outros, podem definir uma IDE pela dimensão técnica; por outro lado, jornalistas, economistas, profissionais agregadores de valor destacam mais a dimensão econômica; pesquisadores e atores governamentais interessados em impactos sociais ressaltam aspectos políticos, legais, organizacionais e do compartilhamento de informação (ALI, 2009). DE MAN (2007) enfatiza que uma infraestrutura de informação é um processo envolvendo as questões de como se comunicar, debater, e integrar diferentes percepções da realidade e como integrar o conhecimento de diferentes níveis. Para ele, entender o que acontece no “território ou espaço alvo” exige investigação interdisciplinar entre diferentes comunidades necessitando de uma abordagem de desenvolvimento sócio-técnica efetivamente integrado.

Quanto à sua abrangência, de maneira geral, uma IDE quando é instituída no escopo nacional é designada de Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), já que comprehende todo o território de um País, incluindo suas subdivisões. Por outro lado, uma IDE de um município é designada Infraestrutura de Dados Espaciais local, ou simplesmente (IDE). Ou seja, a diferença é o escopo de atuação, mas as características básicas são mantidas: pessoas, parcerias, colaborações, padrões, tecnologias, políticas, acordos legais e institucionais (intra e inter).

Ao longo das últimas duas décadas, IDEs têm sido desenvolvidas em dezenas de países e por todos os continentes com o objetivo de melhorar o acesso, a utilização e o compartilhamento dos dados geoespaciais nos setores público e privado (DESSERS, 2012), além de gerar um crescimento acentuado das atividades profissionais e acadêmicas (DE MAN, 2008) e servir aos interesses da sociedade em geral (WILLIAMSON *et al.*, 2011). HENDRIKS *et al.* (2012) argumentam que para atender a este conjunto de objetivos, um grande número de tarefas é necessário e que o cumprimento deste conjunto depende de como essas tarefas de trabalho são definidas, divididas, atribuídas e coordenadas entre os diversos atores.

2.2.2. Conceitos e propósitos

Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs) surgiram da necessidade de informações geoespaciais (dados e metadados) para planejar, gerenciar e monitorar diferentes áreas de atividade e assegurar o desenvolvimento sustentável e tornar as economias mais competitivas (GRANT, 1999). Inicialmente foram idealizadas como um ambiente de suporte à coordenação, integração, troca e compartilhamento de dados e metadados geoespaciais que atendessem principalmente ao setor público, considerando quatro perspectivas: (a) estar amplamente disponível; (b) ser simples de usar; (c) ser flexível de forma a possibilitar diferentes instituições participarem; e (d) oferecer suporte a outras atividades apoiando as instituições em suas missões (MCLAUGHLIN e NICHOLS, 1994; COLEMAN e MCLAUGHLIN, 1998). As IDEs visavam também à racionalização de esforços, controle de redundância, promoção de integração, desenvolvimento e produção, e economia de recursos humanos (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2001; CÖMERT, 2004). Outra questão era a necessidade de apoiar a tomada de decisão para resolver múltiplas questões relativas ao desenvolvimento sustentável (FEENEY *et al.*, 2001).

JANOWICZ *et al.* (2012) afirmam que uma IDE é muito mais do que dados e (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2001) enfatizavam, anos atrás, que uma IDE vai muito além da cartografia e do mapeamento, pois fornece um ambiente no qual as organizações e/ou nações através de tecnologias interagem para promoção, utilização, gestão e produção de dados geoespaciais para tomada de decisão em diferentes contextos. Todavia, para que isto seja alcançado é preciso ações coordenadas de organizações e pessoas que promovam a sensibilização e a implementação de políticas,

normas e redes de acesso através de mecanismos institucionais, legais e tecnológicos (FEENEY *et al.*, 2002).

De fato, uma IDE pode proporcionar um ambiente para informar, orientar, otimizar, facilitar e coordenar a criação, manutenção, compartilhamento, descoberta, avaliação, aplicação e distribuição de informação geoespacial em diferentes níveis e segmentos da sociedade em geral, envolvendo governos, organizações não governamentais, comunidades, cidadãos, instituições privadas, instituições de pesquisa e academia (RAJABIFARD *et al.*, 2002; NEBERT, 2004; CROMPVOETS *et al.*, 2004; DAVIS JR e ALVES, 2005). Atualmente há uma percepção que uma IDE contemporânea deve agregar abordagens formais (institucionais) e informais (voluntários, comunidades abertas) (OLOO e KRAPF, 2015) o que torna o ambiente mais aberto, flexível, democrático e transparente. Por outro lado, a questão da incerteza da informação torna-se mais aparente devido à multiplicidade e variabilidade de fontes e processos de produção. VACCARI *et al.* (2009) ressaltam que a questão da heterogeneidade é cercada de desafios e procuram tratar as questões de interoperabilidade.

Existem dezenas de IDEs e alguns pesquisadores RAJABIFARD *et al.* (2000), MASSER (2005b); RAJABIFARD *et al.* (2006); PAUDYAL *et al.* (2009) procuram classificá-las em hierárquicas (corporativa, local, regional, nacional e global), transversalmente-jurisdicional e multi-domínio (várias disciplinas, propósitos e funções) e híbridas (envolvendo informações e entidades oficiais e não oficiais). Os propósitos destas IDEs podem ser associados a uma grande variedade de contextos, incluindo boa governança, apoio ao crescimento econômico e social, tomada de decisão, formulação de políticas públicas para várias áreas (Meio Ambiente, Segurança, Saúde, Educação, Planejamento Urbano, Turismo, entre outros), administração de emergência, de socorro, a melhoria do exercício da cidadania, entretenimento etc.

Todavia, DE MAN (2007) faz uma reflexão sobre o tema, enfatizando que a compreensão do conceito de IDE é dificultada pela literatura que está repleta de "promessas", como por exemplo, promoção de desenvolvimento sustentável, progresso econômico, governança, reconhecimento de áreas de risco entre outros, e que de certa forma poderiam trazer riscos ao tema ao exagerar estes compromissos e, por conseguinte, criando diferentes expectativas e interesses. Na mesma linha de pensamento, BUDHATHOKI e NEDOVIC-BUDIC (2007) afirmam que os benefícios, têm sido lentos em termos de materialização. MASSER (2005b) cita a necessidade de

examinar com mais rigor as reivindicações que IDEs poderiam promover e que deveria ser dada atenção aos possíveis efeitos negativos. Em outras palavras, é necessário contrabalancear a aplicação potencial do ponto de vista otimista versus a realidade empregada nas questões subsidiadas por IDEs. De fato, há uma preocupação em entender melhor a relação custo e benefício de uma IDE e para isto alguns estudos foram realizados, como por exemplo, CROMPVOETS *et al.* (2008) que trazem uma coletânea de artigos para avaliação de IDEs em diferentes perspectivas. Já CRAGLIA e CAMPAGNA (2010) fazem um relato sobre duas IDEs regionais e comparam com outras IDEs do ponto de vista do impacto socioeconômico.

2.2.3. Componentes de uma IDE

Independente da geração que uma IDE foi concebida percebe-se que em relação aos seus componentes formadores não houve mudanças significativas. A Figura 2.1 ilustra quatro modelos de uma IDE com os seguintes componentes:

- **Políticas:** Esse componente pode ser formal ou informal, e tem por objetivo estabelecer o ambiente dentro do qual a IDE será desenvolvida e gerenciada. Em termos de políticas, uma IDE nacional tem um importante efeito nos níveis subnacionais e locais (WILLIAMSON *et al.*, 2003). Nesse componente, outras questões relacionadas a políticas, tais como incentivos, obrigatoriedade, acesso, adesão, publicidade, promoção, preço, governança, verificação da qualidade, financiamento, segurança, privacidade, licença responsabilidades educação e treinamento, devem ser consideradas em uma IDE (COMMITTEE COUNCIL, 1993; BÉJAR *et al.*, 2012).
- **Normas e padrões:** Este componente define as restrições, convenções e metas gerais e, de certa forma, delineiam os meios pelos quais os objetivos serão alcançados (MC LAUGHLIN e NICHOLS, 1994). Ele é o cerne de uma IDE na busca pela interoperabilidade, pois além de prover a interoperabilidade, combate o uso específico de uma dada tecnologia, ou modelo. Normas e padrões permitem a descoberta, intercâmbio, integração e usabilidade da informação espacial (PAIXÃO *et al.*, 2009) e têm um impacto sobre todos os outros componentes. Por exemplo, de um modo geral organizações governamentais estabelecem e fazem cumprir normas e padrões para comunicação e interoperabilidade mais consistentes, além de incentivar o uso de padrões de comunicação global (CROSWELL *et al.*, 1998).

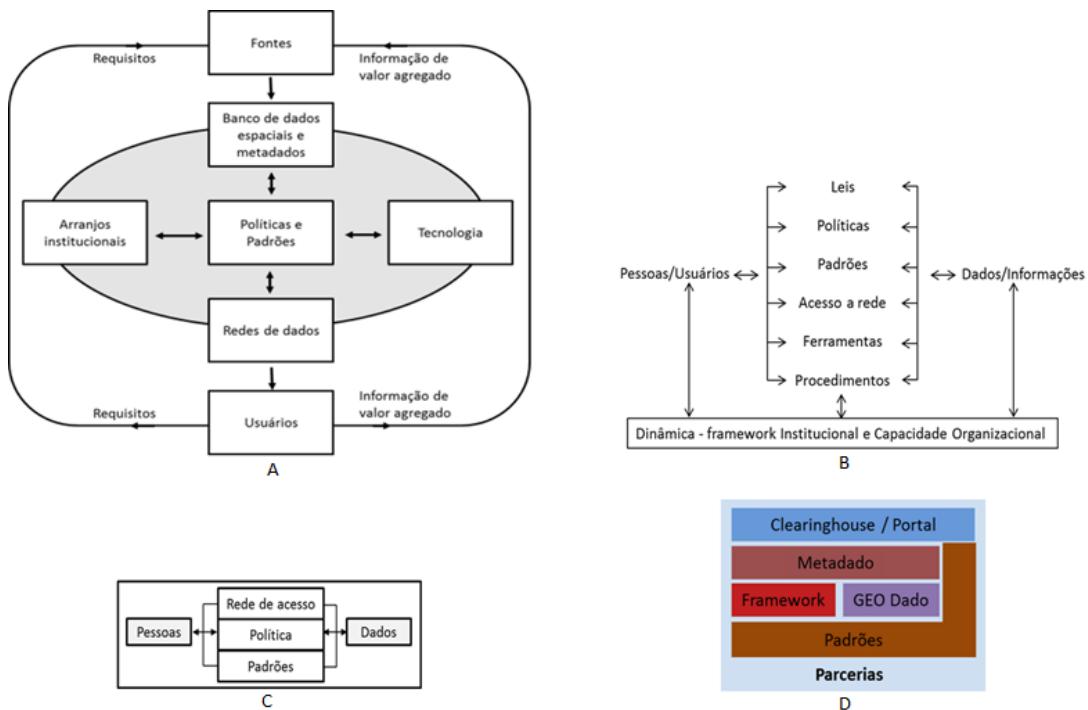


Figura 2.1 - Componentes de uma IDE.

Fontes: A.(MCLAUGHLIN e NICHOLS, 1994); B. (YAWSON *et al.*, 2010); C. (RAJABIFARD *et al.*, 2002); D.(“COMPONENTS of the NSDI — FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE”, [s.d.])

- **Pessoas Físicas e Jurídicas:** Este componente é o foco principal de qualquer IDE moderna e consiste em atores, que de maneira geral, podem ser classificados como: (a) instituições governamentais; (b) academia (estudantes, professores, pesquisadores-universidades, institutos e centros de pesquisa); (c) iniciativa privada; (d) sociedade (cidadãos e sociedade civil organizada). Estes atores podem desempenhar diversos papéis desde pesquisadores, desenvolvedores, intermediários, estudantes, consumidores, tomadores de decisão, produtores de informação etc. A título de exemplo, *Geoconnections* fez uma classificação em cinco grandes grupos que são: Fornecedores, Desenvolvedores, Vendedores (Markets), Facilitadores e Usuários finais (“UNDERSTANDING USERS NEEDS AND USER-CENTRED DESIGN”, [s.d.]), RICHTER *et al.* (2010) baseado em uma revisão da literatura entre 1999 e 2010, criaram uma classificação para os papéis desempenhados pelas pessoas, enquanto que HJELMAGER *et al.* (2008) identificaram diferentes tipos de *stakeholders* que podem pertencer ao ambiente de uma IDE. Dando continuidade a este trabalho, COOPER *et al.* (2011) acrescentam novos *stakeholders* e incluíram papéis e habilidades a estes atores. Por fim, OLIVEIRA e LISBOA FILHO (2015) apresentam uma proposta para unificar diferentes nomenclaturas de atores baseados nos trabalhos HJELMAGER *et al.* (2008), COOPER *et al.* (2011) e BÉJAR *et al.*

(2012). Todavia, à medida que a informação geoespacial penetra em outras áreas, mais interessados surgem.

- **Informações** (Dados e metadados): Este componente consiste no *framework* de dados, seja ele fundamental, temático, especial ou outro que forme a base de dados de uma IDE. A título de exemplo, o *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) (“NSDI DATA THEMES — FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE”, [s.d.]) define sete temas para o *framework* fundamental de dados nos EUA, a saber: Controle geodésico, Transportes, Unidades governamentais, Imagens ortorretificadas, Cadastral, Elevação e Hidrografia. O FGCD também orienta as instituições a adotarem a norma ISO 19115. Já a Inspire define 34 temas para o *framework* de dados para a Europa. Em relação aos metadados, a Inspire baseia-se nas normas ISO 19115 e ISO 19119. No caso da ANZLIC (“ANZLIC - THE SPATIAL INFORMATION COUNCIL”, [s.d.]), que agrupa a Austrália e Nova Zelândia, o *framework* de dados fundamental agrupa oito temas. No Brasil, as Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais (EDGV) é parte do *framework* de dados que define 13 categorias para mapeamento sistemático terrestre básico. Já em relação aos metadados, o Brasil adota um perfil de metadados baseado na norma ISO 19115. Importante citar também as bases de dados não oficiais, como por exemplo, *OpenStreetMap*, *Wikimapia*, *Google Maps* que também possuem *frameworks* de dados próprios.
- **Tecnologias:** Esse componente representa a infraestrutura de hardware e software necessária para o estabelecimento de redes de comunicação e mecanismos que permitam: interoperar, buscar, consultar, integrar, acessar, prover e usar os dados e metadados geoespaciais. Viabiliza a manutenção, processamento, disseminação e acesso a informação. O rápido desenvolvimento de tecnologias geoespaciais contemporâneas, tais como imagens de satélite, fotografias aéreas, dispositivos móveis de navegação, aplicativos como *Google Maps* e *smartphones* aliados a *Web 2.0*, ao poder computacional e a ubiquidade, vêm introduzindo grandes transformações nesse ambiente.

Ressalta-se que estes componentes devem ser considerados em conjunto uma vez que uma proposição em um componente reflete nos demais.

2.2.4. Desenvolvimento de uma IDE

O desenvolvimento de IDEs vem sendo retratado e documentado pela literatura desde da década de 90 (CRAGLIA e ANNONI, 2007). Importante mencionar que ao longo dos anos este desenvolvimento vem sofrendo transformações devido a novas demandas, necessidades e mudanças na sociedade e o progresso tecnológico. Portanto, o desenvolvimento das IDEs é um processo e não um projeto, e que precisa ser acompanhado de perto ao longo do tempo (MASSER, 2006), levando em conta uma grande diversidade de atividades e atores. Atores que ao longo do tempo vêm alterando a maneira de lidar com a informação geoespacial (MASSER, 2011).

Independentemente do escopo de uma IDE, uma consequência clara do desenvolvimento é que não há um processo estabelecido e validado, embora haja diretrizes e passos para serem seguidos. MASSER (2009) afirma que o desenvolvimento e implementação de uma IDE é um processo social de aprendizagem e construção. Por exemplo, o autor cita um estudo de caso de desenvolvimento de uma IDE no estado de Vitoria na Austrália ao longo dos anos. Segundo COMMITTEE ON SPATIAL DATA ENABLING USG STRATEGIC SCIENCE IN THE 21ST CENTURY (2012), tendo em vista que as lições aprendidas são um importante componente deste processo, sugere-se que o esforço para implementar uma IDE pode ser melhor enquadrado pela frase: “descobrir e compartilhar a longo prazo”.

Nesse contexto, WILLIAMSON *et al.* (2006) e CROMPVOETS *et al.* (2008) colocam de forma clara que não há uma solução fácil para o desenvolvimento de uma IDE, já que os passos necessários para desenvolver uma IDE variam entre países, mas que é importante definir um roteiro para a implementação levando em consideração aspectos culturais, legais, institucionais, socioeconômicos e tecnológicos. Isto na verdade, ratifica outros apontamentos para o desenvolvimento de IDEs conforme citados por MASSER (1999) e CROMPVOETS *et al.* (2004). Tais apontamentos levavam em consideração as melhorias necessárias na capacitação do país, disponibilidade de recurso humano, integração de diferentes conjuntos de dados geoespaciais, uso de padrões, o estabelecimento de parcerias e acordos, as especificidades e características de cada região afetada, e o apoio político e financeiro para desenvolver uma IDE. Para HARVEY e TULLOCH (2006) o desenvolvimento de IDEs requer conexões mais fortes entre políticas voltadas para IDEs e outras políticas e atividades governamentais.

Em termos de desenvolvimento MASSER (2005a) identifica quatro elementos chaves que devem ser endereçados em uma IDE e que podem ser conceituados da seguinte forma:

1. Disseminação e Acesso: promover prontamente o acesso aos ativos de informação geoespacial que são mantidos por uma vasta gama de interessados, tanto no setor público quanto no setor privado com vista a maximizar a sua utilização em geral. Necessitando para isso de mecanismos de facilidade de acesso e interoperabilidade.
2. Coordenação e Governança: diz respeito à necessidade de uma ação conjunta por parte dos governos para garantir que a disseminação e o acesso são atingíveis. Isto envolve a criação de estruturas adequadas de governança e liderança.
3. Orientada ao usuário: apoiar a tomada de decisão para diferentes finalidades e propósitos reconhecendo que muitos usuários em potencial podem não estar cientes dos propósitos originais para os quais os dados foram gerados. Isto envolve tornar as informações não somente disponíveis, mas acessíveis e integráveis.
4. Garantia de implementação: inclui questões técnicas, tais como dados, tecnologias, padrões e mecanismos de entrega, em conjunto com questões institucionais e legais relacionadas com responsabilidades organizacionais e políticas nacionais gerais de informação, bem como questões relacionadas com a disponibilidade dos recursos financeiros e humanos necessários para esta tarefa. Isto envolve a criação de estruturas adequadas de governança e capacitação.

Percebe-se nestes quatro elementos que há um forte envolvimento do setor público e de fato ele continua sendo um ator chave no desenvolvimento de IDEs. Todavia, há que se considerar a participação de outros atores, como por exemplo, a sociedade, que em geral, ganhou mais atenção nos últimos anos no desenvolvimento de IDEs, já que atualmente também pode desempenhar papéis distintos inclusive como produtor de informação geoespacial. A Figura 2.2 apresenta um contínuo de desenvolvimento de IDEs que poderia servir de *framework* básico para avaliar o desenvolvimento de uma IDE em relação aos quatro elementos chaves. Neste *framework* quanto mais próximo os elementos chaves estão da direita, melhor o desenvolvimento de uma IDE. Também é possível derivar destes quatro elementos

variáveis para a avaliação de uma IDE ou integrar com outros modelos de avaliação conforme apresentado por EELDERINK *et al.* (2008) que sugerem que dentro de um conjunto de 94 variáveis, 14 seriam chaves para avaliar uma IDE em países em desenvolvimento.

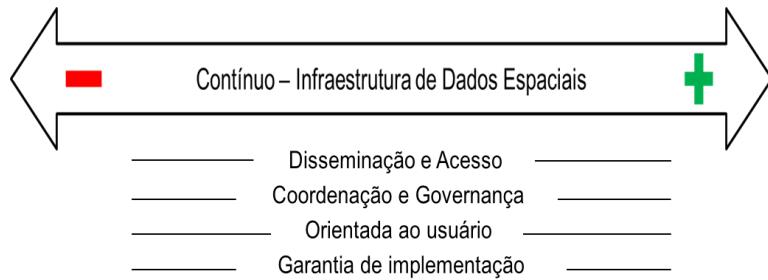


Figura 2.2 - Framework básico de avaliação de desenvolvimento de uma IDE em relação aos elementos chaves.

Outra questão relacionada ao desenvolvimento diz respeito à estratégia de construção de IDEs que pode ser através de uma abordagem *top down*, *bottom up* ou mista. A abordagem *top down* é empregada no desenvolvimento de IDEs nacionais com o propósito primário de acesso e compartilhamento de dados oficiais. Essas IDEs nacionais em geral foram criadas em sua maioria por instituições pertencentes a governos e tem como abordagem principal o fato de endereçar uma visão geral de mais alto nível e focada no nível estratégico, através de coordenação e diretrizes aplicadas e ao mesmo tempo delinear a necessidade de atingimento de diferentes níveis de interoperabilidade.

GRUS *et al.* (2006) afirmam que visão nacional (*top down*) tem um forte impacto sobre os outros níveis da hierarquia de IDE em termos de conjuntos de dados fundamentais e políticas. Embora seja um modelo bastante difundido e que nos últimos anos vem evoluindo, essa abordagem apresenta algumas características que a limitam. TIAN *et al.* (2012) citam, por exemplo, que o mapeamento ou sua atualização é limitado por departamentos profissionais de instituições responsáveis por projetos de mapeamento que muitas vezes não tem recursos financeiros, humanos e técnicos suficientes para realizar esta atividade. Este fato tem como consequência um prazo mais longo para a realização do projeto e que pode acarretar em informação gerada desatualizada. Cabe ainda ressaltar que independente de jurisdições e limites administrativos, o objeto geográfico, encontrado na natureza, não respeita estes elementos divisores criados pelo homem.

Todavia, estudos apontam a importância da colaboração, compartilhamento e gestão entre as diferentes esferas de governo tanto horizontalmente quanto verticalmente para a criação de uma IDE verdadeiramente nacional (VANDENBROUCKE e JANSSEN, 2005; STEVEN, 2005; HARVEY e TULLOCH, 2006; LANCE *et al.*, 2009), ou seja, um empreendimento de IDE nacional deve levar em consideração estados, municípios e interessados, como por exemplo, comunidades de determinado domínio, a iniciativa privada, organizações não governamentais, academia e cidadãos.

De maneira geral, a visão *top down* enfatiza a necessidade de uniformidade através de padrões, normas, e restrições via *frameworks* legais e institucionais (GEORGIADOU *et al.*, 2005). Por outro lado, há a visão *bottom up* normalmente adotada por governos locais e comunidades afetas que possuem necessidades diferentes, de acordo com as especificidades locais que muitas vezes não estão endereçadas nem explicitadas na visão *top down*. A título de exemplo, a produção de dados espaciais a nível local requer melhor resolução, precisão posicional, maior nível de detalhe de informação e ciclo de atualização mais frequente. HARVEY (2003) afirma que devido ao conhecimento do entorno imediato ser detalhado, erros e omissões são detectados mais prontamente. CRAGLIA e CAMPAGNA (2009) em seus achados indicam que é o nível local que os maiores benefícios sociais e econômicos de uma IDE podem ser encontrados, apoiando aplicações operacionais diárias que afetam milhões de cidadãos e empresas locais. Outra questão importante diz respeito à inovação e segundo SMIT *et al.* (2009) jurisdições locais tendem a inovar mais rapidamente quando comparadas a instâncias governamentais nacionais que nem sempre espelham o projeto de uma IDE nacional. Já CARRERA e FERREIRA (2007) alegam que a criação de capacidades a nível municipal para IDEs possibilita o preenchimento gradual do quebra-cabeça (colcha de retalho) geoespacial regional e nacional.

RAJABIFARD *et al.* (2006) e MASSER (2009) afirmam que o desafio para os envolvidos na implementação de IDEs verdadeiramente nacionais é encontrar formas de garantir um certo grau de padronização e uniformidade, embora reconhecendo a diversidade e a heterogeneidade das diferentes partes interessadas. Nesta mesma linha, BUDHATHOKI e NEDOVIC-BUDIC (2007) enfatizam que a implementação de IDEs em diferentes níveis administrativos requer interações horizontais e verticais mais complexas e, por conseguinte, necessitam mais exploração e investigação. CRAGLIA e ANNONI (2007) e MASSER (2011) ratificam o desafio de atender a este certo grau de

padronização e uniformidade ao enfatizarem a importância da construção de IDEs modernas através de uma combinação de abordagens *top down* e *bottom up* que engloba uma maior diversidade de interessados e necessidades específicas.

LANCE *et al.* (2009) salientam que um dos princípios de uma IDE é que a informação geoespacial não deve ser gerida de forma centralizada, em vez disso, cada produtor ou depositário deve gerir os seus próprios dados, enquanto uma variedade de ferramentas e serviços *on-line* deve permitir que os usuários acessem e integrem as informações. LANCE *et al.* (2009) também ressaltam que as IDEs caminham para um modelo em rede, onde instituições interdependentes mantêm as suas autonomias, mas conscientemente concordam em operar como um empreendimento de governo coletivo para atender às necessidades de informação da sociedade, desenvolver serviços centrados na procura de dados e adquirir os recursos necessários para fazê-lo. Entretanto ressalta-se a necessidade de políticas, patrocinadores e *champions*⁴ para que estas tendências sejam efetivamente empregadas.

EGYEDI e BERG (2012) abordam o conceito de infraestruturas inversas, que tipicamente são descentralizadas, no sentido de não haver relação com governo, orientadas a usuários e auto-organizáveis. Citam alguns casos como, por exemplo, wikipedia e redes sociais. Nesta mesma corrente de pensamento, COETZEE e WOLFF-PIGGOTT (2015) conceituam uma IDE como uma infraestrutura inversa quando ela é: (1) auto-organizável com certo grau de coordenação proporcionado aos seus usuários voluntários; (2) orientada ao usuário, ou seja, iniciada, desenvolvida e gerida pelo usuário que contribui de maneira descentralizada de forma que as decisões sejam distribuídas entre seus membros; (3) o desenvolvimento é influenciado a partir do conceito *bottom-up* levando em consideração aspectos tecnológicos, os cidadãos e organizações externas a estrutura de governo. Um exemplo típico deste tipo de infraestrutura é o *OpenStreetMap*. Por fim, BORBA *et al.* (2014) citam os princípios de *openness*, cultura participativa e injeção espacial inversa como elementos importantes que uma IDE moderna deveria considerar.

⁴ Champions são pessoas entusiastas do tema que promovem e colaboram para o desenvolvimento de IDEs.

2.2.5. Natureza e relacionamentos

IDEs são consideradas sistemas complexos e adaptativos (BÉJAR *et al.*, 2009; GRUS *et al.*, 2010). A natureza das IDEs também é multifacetada e dinâmica, uma vez que ocorrem mudanças de requisitos, nas expectativas, nas negociações de direitos, restrições e responsabilidades entre as pessoas físicas ou jurídicas (GRUS *et al.*, 2007; CRAGLIA e ANNONI, 2007) e na tecnologia empregada (WARNEST *et al.*, 2005). Além disso, a natureza de IDEs mostra que elas não podem ser construídas através de um processo isolado, o que torna seus objetivos complexos. Por exemplo, GEORGIADOU *et al.* (2005) citam a diversidade tecnológica necessária, as demandas por aplicações de diversos domínios e as tensões de variadas fontes como algumas das causas da complexidade. Ainda que se considerasse apenas uma IDE corporativa, os elementos a seguir precisariam ser levados em consideração: financiamento/patrocínio, atividades críticas, acordos, padrões, normas, políticas, treinamento de pessoal, profissionais habilitados, disseminação e conhecimento de tecnologia (COMMITTEE ON SPATIAL DATA ENABLING USG STRATEGIC SCIENCE IN THE 21ST CENTURY, 2012).

As Figuras 2.3 e 2.4 apresentam o escopo das IDEs. A Figura 2.3 apresenta uma estrutura hierárquica tradicional de IDEs. Esta visão é importante no que tange aos aspectos gerais de uma IDE. Por exemplo, a definição de padrões internacionais deveria surgir no âmbito global, embora apoiado pelos demais níveis. Acordos e aspectos legais deveriam ser considerados no mínimo nacionalmente. Todavia esta visão é muito centrada em governos e *top-down*. Isso em função das dezenas de iniciativas de IDEs no mundo, como por exemplo, as iniciativas listadas a seguir:

- (i) Global - *Global Spatial Data Infrastructure Association* (GSDI) que é uma associação de organizações, agências, empresas e indivíduos de todo o mundo. O objetivo da organização é promover a cooperação e colaboração internacional para apoio local, nacional e internacional no desenvolvimento de infraestrutura de dados espaciais que permitem as nações endereçar questões sociais, econômicas e ambientais (“GSDI - GLOBAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE ASSOCIATION”, [s.d.]).
- (ii) Regional – INSPIRE que é baseada nas IDEs estabelecidas e operadas por 27 Estados-Membros da União Europeia. Existe uma diretiva que aborda 34 temas de dados espaciais necessários para aplicações ambientais, com componentes

fundamentais estabelecidos através de regras e especificações técnicas (“INSPIRE - WELCOME TO INSPIRE”, [s.d.]). Outro exemplo é o Comitê Permanente para a Infraestrutura de Dados Geoespaciais das Américas (CP-IDEA).

- (iii) Nacional – Há vários casos, inclusive o Brasil, como por exemplo, a INDE (www.inde.gov.br).
- (iv) Estadual - Há vários casos, inclusive no Brasil. Para citar alguns no Brasil, há IDE da Bahia, o projeto Geobases do Estado do Espírito Santo, a IDE de Minas Gerais que foi instituída em pelo decreto estadual 45394 de 2014 etc.
- (v) Local - Há também vários casos no mundo. No Brasil, podemos citar, na esfera municipal, a experiência de Belo Horizonte, na PRODABEL; o projeto Infraestrutura de Dados Espaciais IDE-GeoMINAS (“INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS GEOMINAS”, [s.d.]) entre outros.
- (vi) Corporativa – Há vários casos, no Brasil há as iniciativas do Gabinete de Segurança Institucional (GSI), com o projeto GEOPR, e do Ministério do Meio Ambiente, com o projeto SINIMA (Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente), voltado para composição de mapas e catálogo de metadados de IG ambiental (“PLANO de ACAO INDE”, [s.d.]) etc.

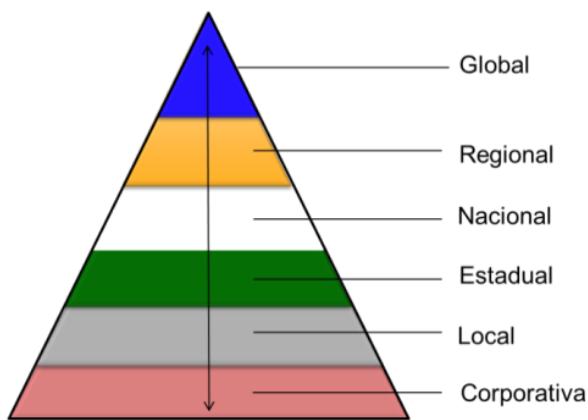


Figura 2.3 - Visão *top down* de uma IDE. Adaptado de (RAJABIFARD *et al.*, 2000).

HARRIS e LAFONE (2012) fazem uma reflexão sobre a questão hierárquica entre IDEs dentro do escopo nacional e sugerem um modelo com inversão de base, privilegiando mais os níveis hierarquicamente inferiores, em uma visão mais contemporânea. A Figura 2.4 apresenta esta estrutura que considera outros atores além de governos.

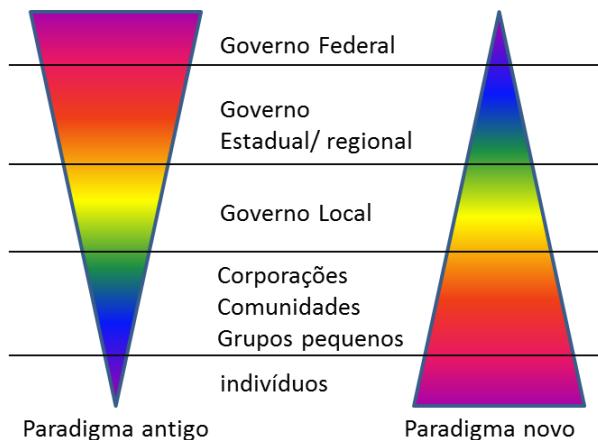


Figura 2.4 - Níveis hierarquicamente inferiores mais privilegiados no novo paradigma.

Adaptado de (HARRIS e LAFONE, 2012).

Na verdade, as Figuras 2.3 e 2.4 demonstram a interligação de IDEs, mas de maneira hierárquica e privilegiando uma perspectiva. Uma questão importante, independente de fronteiras e jurisdições é a necessidade de IDEs integradas. Por exemplo, algum caso fortuito ou de força maior pode ocorrer assolando mais de um estado, ou mesmo vários países. Projetos e programas podem ser criados levando em consideração o bem-estar de um continente. Entidades muitas vezes precisam de dados fora de suas jurisdições ou áreas operacionais. Nesse sentido, a importância de se ter IDEs efetivamente integradas como se fossem um conjunto único de múltiplas visões.

Uma forma alternativa para endereçar a estrutura formada por IDEs em determinado ambiente, é apresentada na Figura 2.5 na forma de teia (*web*) através de caminhos formados sem definições de hierarquias estritas. Neste modelo, cada nó poderia ser uma IDE, um ente de uma esfera governamental ou um grupo de indivíduos, ou uma comunidade ou mesmo uma corporação. Neste modelo as relações descentralizadas, a diversidade e heterogeneidade são valorizadas embora reconhecendo as questões de normas, padrões, convenções e uniformidade para a manutenção da comunicação e acesso. KNOBEL (2007) afirmam de maneira mais conceitual e abstrata que redes são inherentemente abertas, reconfiguráveis e integradoras de infraestruturas. FERNÁNDEZ e IGLESIAS, (2009) baseados no trabalho de KNOBEL (2007) alegam que as IDEs, pela dimensão da integração de redes são coordenadas e não controladas. Assim, segundo estes trabalhos os mecanismos de coordenação podem ser representados por protocolos, políticas, normas e *frameworks* legais, incluindo atores humanos que realizam as ações de coordenação, trabalhando todos juntos harmonicamente no interesse de compartilhar informações e serviços.

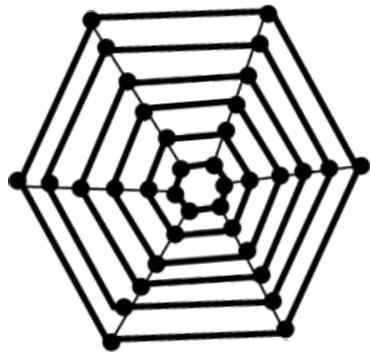


Figura 2.5 - Visão de IDEs em rede, onde cada nó é uma IDE.

2.2.6. Evolução das Infraestruturas de Dados Espaciais

Nas últimas décadas, pode-se argumentar que o conceito IDE tem evoluído ao longo de três gerações com certa sobreposição entre elas, já que não há uma data exata para caracterizar o início ou fim de uma geração e sim indícios. A Figura 2.6 exibe o caminho natural para a evolução de IDEs. A terceira geração está exibida de forma pontilhada, pois algumas de suas características ainda não estão operacionalizadas.

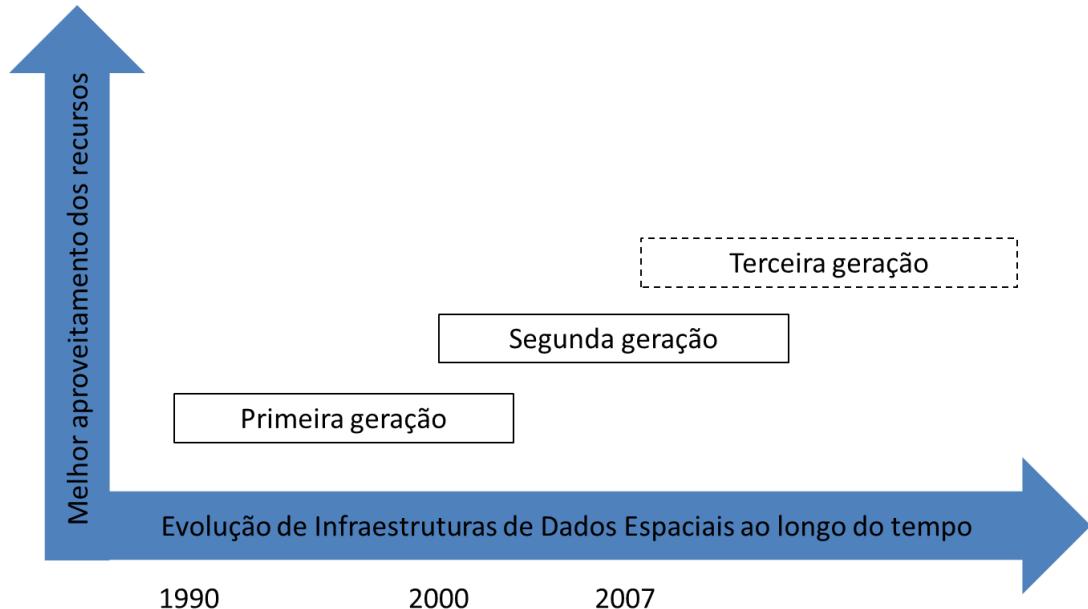


Figura 2.6 - Evolução das IDEs.

2.2.6.1. Primeira geração (1990 - 1999): Modelo centrado em produto

Os primeiros trabalhos relacionados ao desenvolvimento de IDEs surgiram por volta da segunda metade dos anos 80, mas o tema ganhou notoriedade a partir do início

da década de 90 (RAJABIFARD *et al.*, 2006). Todavia o conhecimento sobre os diferentes conceitos, aspectos e questões relacionados ao tema era limitado (WILLIAMSON *et al.*, 2003). Alguns dos países pioneiros nesta empreitada foram Austrália, Estados Unidos, Canadá, Qatar, Portugal, Holanda, Indonésia, Malásia, Japão entre outros (MASSER, 1999). Nesta geração, cada país projetou e desenvolveu a sua própria IDE com base em suas necessidades, prioridades e características específicas (CROMPVOETS *et al.*, 2004).

De maneira geral os objetivos das IDEs de primeira geração eram: (i) Promover o desenvolvimento econômico; (ii) Estimular um melhor governo de acordo com suas necessidades e características e; (iii) Promover a sustentabilidade ambiental (MASSER, 1999).

Ressalta-se que na primeira geração o dado era um elemento chave, o principal foco na iniciativa de desenvolvimento de uma IDE (CROMPVOETS *et al.*, 2004). Além do mais, as instituições públicas nacionais de mapeamento eram mais influentes na produção de dados geoespaciais e na criação e centralização de bancos de dados (RAJABIFARD *et al.*, 2006) e assim, o setor público era controlador e o maior interessado, embora houvesse diferenças entre os países (COETZEE e WOLFF-PIGGOTT, 2015). De fato, isto pode ser confirmado conforme pesquisa de ONSRUD (1998) que investigou o estado de IDEs em mais de 20 países e de MASSER (1999) que avaliou onze iniciativas nacionais e que juntas constituíram a primeira geração de IDEs nacionais.

RAJABIFARD e WILLIAMSON (2001) embasados nas pesquisas de ONSRUD (1998) e MASSER (1999) concluíram que algumas dessas iniciativas de IDE tinham pouco a mostrar, não passando de boas intenções, enquanto outras já se constituíam em quantidade considerável de experiência empregando conceitos e materiais que cobriam diferentes aspectos de desenvolvimento e planos estratégicos na formulação e implementação de IDEs nacionais .

Uma das dificuldades dessa geração, além de suas limitações de ordem técnicas e institucionais (RAJABIFARD *et al.*, 2002), foi a falta de exemplos práticos no desenvolvimento de IDEs que outros países pudessem ter como referência. Como consequência, um dos principais resultados da primeira geração foi a elaboração de documentação e experiências sobre iniciativas de IDE, em especial, uma abordagem para o desenvolvimento de IDE orientado a dados (WILLIAMSON *et al.*, 2003).

Embora as IDEs dessa geração fossem concebidas pensando em disseminar dados, as questões de interoperabilidade e as preferências do usuário foram negligenciadas (SADEGHI-NIARAKI *et al.*, 2010), assim como as necessidades e interações entre os fornecedores e usuários de dados geoespaciais que são elementos importantes no desenvolvimento de uma IDE (COLEMAN e MCLAUGHLIN, 1998).

Como característica dessa visão centrada em dados, as instituições disseminaram seus dados e/ou metadados e serviços foram concebidos de acordo com formato de dados da tecnologia utilizada e, finalmente, os resultados foram disponibilizados aos usuários. Entretanto, uma das maiores críticas em relação à primeira geração de IDEs era que elas eram baseadas no modelo de criação de base de dados (CRAGLIA e ANNONI, 2007) que muitas vezes não levavam em conta questões relacionadas ao acesso devido a questões institucionais e técnicas (MASSER, 2000), embora já houvesse uma preocupação com documentação e uso de padrões de metadados e catálogos como fontes de acesso (CRAGLIA *et al.*, 2008). Cabe também ressaltar que este modelo centrado no dado era focado na interação humana negligenciando a interação entre computadores (CÖMERT, 2004).

Outro aspecto da primeira geração de IDE também apontado por MASSER (1999) são as especificidades de cada país, tais quais: extensão, escopo, políticas, sistemas de governo, envolvimento dos governos e do setor privado, os objetivos territoriais, aspectos culturais e condições sociais econômicas. Isto é, em linha com os interesses específicos e nacionais de seus respectivos países.

Por último, um aspecto importante para o sucesso da IDE é a dimensão tecnológica (hardware, software, infraestrutura de telecomunicações etc) que naquela época não era adequada. Todavia, as primeiras implementações foram baseadas na suposição de adequada infraestrutura de telecomunicações capaz de transportar grandes quantidades de dados, comuns para Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e aplicações de sensoriamento remoto. Além disso, em termos de software de informação geográfica (IG) tanto a maturidade quanto as opções eram limitadas. Muitas vezes, quando se comprava um software de IG, a aplicação era dependente de uma plataforma de tecnologia específica e um particular sistema operacional, o que obrigava as instituições adquirir as mesmas plataformas tecnológicas se elas quisessem interoperar seus sistemas. Além de questões ligadas a estilos arquiteturais, como por exemplo, sistemas *stand alone*, onde dados e funcionalidades ficavam concentrados em um computador.

2.2.6.2. Segunda geração (2000 – 2006): Modelo baseado em processo

O modelo baseado em processo caracterizou-se pelo estabelecimento de ligações mais ativas entre as pessoas, dados e coordenação do desenvolvimento e planejamento de longo prazo (GRUS *et al.*, 2006). De fato, a segunda geração começou aproveitando experiências, conhecimentos, documentação e lições aprendidas da primeira geração (WILLIAMSON *et al.*, 2003) e trouxe um aumento no número de usuários, aplicativos e necessidades (GRUS *et al.*, 2010). Durante a transição para a segunda geração de IDEs, o uso de dados (aplicação de dados) e a necessidade dos usuários se tornaram mais importantes (CROMPVOETS *et al.*, 2004).

Esta geração iniciou-se por volta de 2000, com uma mudança de foco no desenvolvimento de IDE por alguns dos países que mudaram suas estratégias de desenvolvimento e atualizaram seus modelos conceituais (MASSER, 2005b), muito em função da insatisfação com algumas questões envolvendo a primeira geração de IDE (CROMPVOETS *et al.*, 2004), do uso de novas tecnologias voltadas para *Web* (MASSER, 2011) e de iniciativa de governo eletrônico(*e-government*) (VANDENBROUCKE e JANSSEN, 2005) que tornou-se amplamente conhecida, como a entrega *on-line* de informações e serviços pelo governo através da Internet (LAYNE e LEE, 2001). De fato, IDEs apoiam efetivamente iniciativas de governo eletrônico através de mecanismos institucionais e do arcabouço tecnológico que suportam o fluxo de informação entre governos, cidadão e iniciativa privada (WARNEST *et al.*, 2005). Entretanto, isto vai além da disponibilização de base de dados e metadados, pois considera outros aspectos, como por exemplo, a criação de arranjos institucionais para prover melhores canais de comunicação (desenvolvimento de capacidades e infraestrutura de conhecimento) para comunidade usuária e para apoiar a troca, o reuso e o compartilhamento de recursos (RAJABIFARD *et al.*, 2002; GRUS *et al.*, 2006).

Esta segunda geração também pode ser vista como resultado de uma melhor compreensão da natureza de IDEs e dos processos envolvidos, à medida que se move para um modelo orientado a processo, influenciado por diferentes esferas de governo e do setor privado (RAJABIFARD *et al.*, 2006). CRAGLIA e ANNONI (2007) pontuam sobre o papel cada vez maior de modelos organizacionais que muitas vezes são independentes das agências de mapeamento e procuram ser mais representativos para as comunidades de interessados. O foco principal desta geração era aperfeiçoar a gestão e

fornecer melhores canais de comunicação para a comunidade de usuários promovendo o compartilhamento, parcerias, utilização de ativos de dados e atendimento às necessidades dos usuários, além de melhorias na capacitação de atores envolvidos, em vez de simplesmente disponibilizar bases de dados (RAJABIFARD *et al.*, 2002).

As principais forças motrizes por trás do modelo de processo das IDEs dessa geração são o desejo de reutilizar dados coletados por uma ampla gama de agências para uma grande diversidade de propósitos e mudança de ênfase de estruturas centralizadas que caracterizaram a maior parte da primeira geração de IDEs para as redes descentralizadas e distribuídas que são uma característica básica da internet (MASSER, 2005a).

Um fato importante relatado por CROMPVOETS *et al.* (2004) foi que havia uma tendência de declínio do uso das *clearinghouses*⁵, já que a comunidade de dados espaciais não estava satisfeita com a capacidade funcional destas redes que portanto, precisavam ser aperfeiçoadas para facilitar o acesso aos dados geoespaciais e metadados e no fornecimento de serviços complementares. Neste sentido, o surgimento de geoportais que visavam disponibilizar uma interface mais amigável, com mais recursos e endereçando as necessidades dos usuários começaram a ganhar mais força.

Nesse contexto, em termos de tecnologia, após a ascensão da *Web*, que criou um conceito mais orientado ao usuário, uma proliferação de aspectos tecnológicos e padrões surgiram e se tornaram mais maduros, como por exemplo, uso de geoserviços baseados nos padrões de interoperabilidade do *Open Geospatial Consortium* (OGC) (<http://www.opengeospatial.org>). De fato, esta geração foi influenciada pela característica descentralizadora da Internet e passou-se a adotar arquitetura orientada a serviços (SOA) (GHAEMIA *et al.*, 2010) e disponibilizar geoportais para facilitar o acesso, a visualização, a busca de geoserviços e metadados (MAGUIRE e LONGLEY, 2005), embora ainda de forma incipiente (FRIIS-CHRISTENSEN *et al.*, 2006). Assim, o uso de geoserviços é outro fator diferencial entre as IDEs de primeira e de segunda geração (DAVIS JR e ALVES, 2005), todavia ainda inicial (CÖMERT, 2004). Além disso, o uso de geoserviços possibilitou que essa geração tornasse habilitada para as questões envolvendo interoperabilidade sintática no contexto técnico.

⁵ Clearinhause - Pode ser definido como um meio electrónico para a busca, visualização, transferência, pedidos, publicidade e / ou divulgação de dados espaciais de várias fontes na Internet, através de servidores que contêm informações (metadados) sobre dados disponíveis (CROMPVOETS, 2006).

No contexto da segunda geração, duas pesquisas na Europa foram realizados sobre IDEs e algumas características foram observadas e registradas em (VANDENBROUCKE e JANSSEN, 2005) para o período de 2002 a 2005 e em (VANDENBROUCKE e JANSSEN, 2008) para o período de 2005 a 2007, conforme descrito no Quadro 2.1.

Quadro 2.1- Características das IDEs europeias nos períodos de 2002 a 2005 e de 2005 a 2007.

Período de 2002 a 2005	Período de 2005 a 2007
<ul style="list-style-type: none"> Aumento das contribuições e parcerias entre atores regionais e locais para IDEs nacionais. Estes últimos se tornando cada vez mais importantes em relação à produção e uso de dados. Participação dos principais produtores de dados. Há também uma maior participação de outros atores, como por exemplo, a iniciativa privada produzindo dados e desenvolvendo serviços. Aumento da adoção de padrões internacionais e especificações (ISO, OGC) e disponibilidade de serviços baseados na Web e portais. Por exemplo, a maioria dos países começou a adotar o padrão de metadados ISO 19115 e também o padrão WMS do OGC. A maioria dos países ainda não tinha uma abordagem integrada em que as tarefas para a construção e manutenção da IDE nacional eram bem definidas e divididas entre os diferentes interessados. 	<ul style="list-style-type: none"> A avaliação geral revela que INSPIRE tem estimulado o desenvolvimento da infraestrutura nos países membros e trabalhos têm sido feito na área de metadados e desenvolvimento de serviços. Esforços de harmonização de dados ou criação de novos conjuntos de dados parecem continuar em um ritmo menor. Mais <i>stakeholders</i>, especialmente, ministérios, estão envolvidos e se tornaram parte ativa na coordenação. Em todos os países, as IDEs são desenvolvidas principalmente pelos agentes do setor público, em muitos casos, em colaboração com o setor privado. IDEs com foco em dados ambientais (temáticas) foram consideradas, mas outros tipos de IDEs temáticas são apenas mencionadas.

2.2.6.3. Terceira geração (2007): Modelo centrado no usuário.

Embora não exista unanimidade quanto ao seu início (CRAGLIA e ANNONI, 2007; TUMBA e AHMAD, 2014), esta geração de IDEs vem emergindo gradualmente, a partir da segunda metade da década de 2000. A terceira geração baseia-se em alguns princípios das gerações anteriores e amplia bastante o papel dos usuários de dados geoespaciais (BUDHATHOKI *et al.*, 2008), já que endereça uma grande e heterogênea comunidade de usuários. Trata-se de um modelo centrado no usuário em que a informação geoespacial é considerada como um bem comum e disponibilizada a todos os segmentos da sociedade e de governo, promovendo a criatividade e o desenvolvimento de produtos (WILLIAMSON *et al.*, 2011).

A terceira geração amplia o papel de produtores e consumidores (HENNIG *et al.*, 2013). Neste modelo, a maneira como a componente pessoa é entendida ao lidar

com os recursos das IDEs é essencial. A título de exemplo, o documento (“UNDERSTANDING USERS NEEDS AND USER-CENTRED DESIGN”, 2007) produzido pelo *Geoconnection*, em uma visão centrada no usuário apresenta uma abordagem para identificação de usuários e suas necessidades. Desta maneira, o papel exercido pelas pessoas é mais valorizado e ampliado. Isto inclui gestores, produtores, fornecedores, agregadores de valor, desenvolvedores, profissionais, pesquisadores, comunidades de interesse, voluntários, interessados ou simplesmente um cidadão comum buscando algum tipo de informação de seu interesse (COLEMAN *et al.*, 2009; (HENNIG e BELGUI, 2012; RICHTER *et al.*, 2010).

Segundo HENNIG *et al.* (2013), próximo ao conceito de IDEs centradas no usuário está o conceito de sociedades espacialmente habilitadas que endereçam a diversidade de comunidades de usuários, além de organizações do setor público e privado e o cidadão em geral. ENEMARK e RAJABIFARD (2012) afirmam que sociedade habilitada espacialmente não é apenas sobre gestão de informação geoespacial e sim em relação à gestão de informações, ou governar a sociedade de forma habilitada espacialmente. WILLIAMSON *et al.* (2011) afirmam que esse termo tenta descrever uma revolução cultural e de governança emergentes: tecnologia de informação geoespacial pervasiva e cidadãos espacialmente equipados, que estão mudando a maneira como as economias, pessoas e ambientes são geridos e organizados.

Na terceira geração o papel do governo além de produtor-usuário no sentido amplo, passa a ser também o de incentivador de produtores/colaboradores fora da esfera governamental, incluindo a iniciativa privada e através de comunidades auto-organizáveis e iniciativas abertas que passam a contar com informações produzidas de maneira aberta por diferentes tipos de entidades. Atualmente, a colaboração, a inter-relação, projetos multidisciplinares e redes sociais são tendências que de maneira geral seguem um objetivo comum: o compartilhamento, a descoberta e processamento de recursos distribuídos da *Web* (KLIMENT *et al.*, 2013).

Nesta geração, IDEs subnacionais estão desempenhando um papel importante e estão criando mais e novas oportunidades (RAJABIFARD *et al.*, 2006; MASSER, 2009; SADEGHI-NIARAKI *et al.*, 2010) oferecendo maior acessibilidade e conhecimento da informação de interesse, mais facilidades para inovar e empregar novas técnicas, maior agilidade para realizar parcerias formais e informais. Além disso, MASSER (2009) afirma que por necessidades relacionadas à taxação de impostos e planejamento mais detalhado do uso da terra, os dados de maior precisão e qualidade

estão em governos locais que muitas vezes empregam a iniciativa privada em seus projetos de planejamento. Outro fato importante é que as IDEs de terceira geração estão aproveitando e usando a Informação Geográfica Voluntariada (VGI), iniciativas de *Crowdsourcing* suportados pela *Web 2.0* (GOODCHILD, 2007b; SHAKERI *et al.*, 2013; HENNIG e BELGUI, 2012; PAUDYAL *et al.*, 2009), proporcionando mudanças no comportamento da sociedade que vem sendo influenciada pelo uso de novas tecnologias. Desta forma, usuários no papel de produtor-consumidor, empoderado e mais participativo tem se tornado mais exigente também. HARRIS e LAFONE (2012) afirmam que serviços baseados em localização, mídias sociais e as oportunidades crescentes para superar a fragmentação de informações através da interconectividade fornecida por uma *Web* mais moderna via funcionalidades, como por exemplo, as interfaces de programação de aplicações *Web* (*Web APIs*), prometem revolucionar as tradicionais IDEs.

Na terceira geração, IDEs de diferentes escopos e propósitos devem se tornar ubíquas, interligadas e efetivamente integradas. Além disso, elas estão sendo utilizadas em diferentes níveis e contextos e tornando-se parte de outras infraestruturas de informação em geral. De qualquer forma, uma IDE moderna de terceira geração possui algumas diferenças fundamentais em relação às de primeira e segunda. De acordo com HENNIG e BELGUI (2012), essas diferenças são: (a) ser múltipla e escalar; (b) dirigida ao usuário; (c) apresentar maior envolvimento do setor privado e de indivíduos, (d) ser uma plataforma habilitada para sociedade; (e) seus usuários exercerem papéis de consumidor e ou produtor; (f) incorporar iniciativas governamentais, privadas e de *Crowdsourcing* (mecanismo, para resolução de problemas, que envolve a terceirização de tarefas para um grupo de pessoas indefinido e distribuído), (g) estar integrada a outras IDEs; entre outros.

Em termos de tecnologia, é interessante notar que uma nova geração de redes de sensores, chamadas de redes de sensores sem fio (RSSF), demonstraram o potencial de revolucionar a nossa forma de aquisição de dados geoespaciais (CRAGLIA *et al.*, 2008). O surgimento da *Web 2.0* proporcionou massa crítica. A ubiquidade da *Web* das Coisas (que é sobre dados contextualizados), dispositivos e conectividade, são inovações que ainda estão em expansão e amadurecendo (GUINARD *et al.*, 2011), de modo que cada vez mais se faça uso de informação geoespacial *online* ou em tempo real, tratando com dados massivos, variados e com tempo de resposta adequado (*Big*

Data). Desta forma, segundo BUYYA *et al.* (2009) a computação está se tornando o quinto elemento utilitário após serviços de água, energia, gás e telefonia.

Ainda em relação a esta geração, em 2011 foi publicado outro estudo, no formato de relatório, sobre IDEs na Europa, realizado entre 2009 e 2011, baseado nos modelos anteriores de 2005 e 2007, e que identificou as seguintes características (VANDENBROUCKE *et al.*, 2012):

1. O desenvolvimento e implementação de uma IDE varia e em grande parte depende de fatores históricos, culturais e políticos.
2. Há percepção de um aumento no *gap* nas iniciativas de IDEs na Europa. Alguns países estão cada vez mais evoluídos em relação a outros países nesta questão.
3. Maior envolvimento de ministérios, por parte de governos, nas iniciativas de IDEs, juntos a agências de mapeamento. Observa-se que é maior e importante o envolvimento de governos locais, embora não presente em todos os países.
4. O entendimento sobre os usuários e comunidades pertencentes a IDEs/INSPIRE nem sempre é muito claro. Na verdade há uma necessidade de melhor identificar e entender estes usuários.
5. Na maioria dos países, o envolvimento, das comunidades de usuários espaciais e do usuário comum é muito modesto e frágil.
6. No contexto de tecnologia, estão emergindo novos padrões, novas infraestruturas (*cloud computing*) e o uso de *linked data*.
7. A descoberta de conjuntos de dados e serviços geoespaciais é realizada através dos serviços de pesquisa dedicados. Este foi um ponto fraco na avaliação dos últimos anos e continua a ser uma preocupação.

VANDENBROUCKE *et al.* (2012), em seu relatório relacionado ao INSPIRE ainda fazem duas recomendações para melhoria na implementação de IDEs: i) colocar mais ênfase no compartilhamento dos dados, independentemente da forma ou formato desses dados, ou seja, torná-los disponíveis e acessíveis de forma que a conformidade com as especificações técnicas não sirva de desculpas ou entrave para o compartilhamento; e ii) melhorar o canal de comunicação e entendimento das diversas comunidades que estão ligadas as IDEs. Essa última recomendação aponta a necessidade de se entender melhor os usuários, o compartilhamento de informação ou mesmo o uso e descoberta de serviços que continuam sendo discutidos dentro da comunidade de IDEs.

2.2.6.4. Comparação entre geração de IDEs

A Figura 2.7 resume as principais características das três gerações de IDE efetuando uma breve comparação entre elas com base em (HENNIG e BELGUI, 2012; PAUDYAL *et al.*, 2009; BUDHATHOKI *et al.*, 2008; WILLIAMSON *et al.*, 2003; GROOT, 1997). Cabe ressaltar que algumas destas características ainda não estão totalmente operacionais. Por exemplo, na terceira geração as características Plataforma habilitada para sociedade, computação na nuvem e *Web 3.0* estão sendo pesquisadas.



(1970 – 1989) IDE antecedentes	Primeira(1990 – 1999) Modelo orientado a dado	Segunda(2000 – 2006) Modelo orientado a processo	Terceira (2007 – atual) Modelo centrado no usuário
<ul style="list-style-type: none"> Organizações nacionais de mapeamento reconhecem a necessidade de justificar os grandes investimentos públicos. Reconhecimento de políticas comuns no que diz respeito ao acesso, uso e preços de seus dados. Algumas iniciativas sobre cooperação e compartilhamento de dados espaciais em alguns países. 	<ul style="list-style-type: none"> Setor público e poder nacional (principalmente) Poucas iniciativas de IDE. Promover o desenvolvimento econômico. Promover a sustentabilidade ambiental. Framework legal, institucional e tecnológico limitados. Domínio setor público (principalmente). Orientada para os dados. Participação da sociedade pequena e passiva. Racionalização de recursos. Comunidade espacial restrita a especialistas. Disponibilização de base de dados e metadados. 	<ul style="list-style-type: none"> Setor público e privado e poder nacional(principalmente). Maior número de países em iniciativas de IDE. Promove o desenvolvimento econômico. Promover a sustentabilidade ambiental. Melhorias no framework legal, institucional e tecnológico. Arquitetura Orientada a Serviços. Orientada para o processo (Uso e aplicação de dados). Usuário como componente chave. Participação da sociedade (grande maioria passiva). Mais domínios e propósitos. Comunidade espacial maior. IDEs ligadas via serviços em conformidade com o OGC baseada na arquitetura SOA. 	<ul style="list-style-type: none"> Setor público e privado e poder distribuído (nacional subnacional). Muitas iniciativas de IDE incluindo VGI e <i>Crowdsourcing</i>. Promover o desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Promover a sustentabilidade ambiental. Melhorias no framework legal e institucional. Novas possibilidades para o framework tecnológico. Orientada para requisitos do usuário Maior participação da sociedade Muitos domínios e propósitos. Plataforma habilitada para sociedade e ubiquidade. Consolidação dos serviços baseados na OGC. Diferentes tipos de dispositivos de comunicação e de dados. Computação na nuvem.<i>Big Data</i>. Endereço Web 2.0 e 3.0. IDEs oficiais e não oficiais integrativas via serviços/apis.

Figura 2.7 - Comparação entre as principais características das gerações de IDEs.

Na literatura há afirmações que a geração atual é a segunda (CRAGLIA e ANNONI, 2007; MASÓ *et al.*, 2012; TUMBA e AHMAD, 2014). Por outro lado, há pesquisadores que consideram que a geração é a terceira (BUDHATHOKI *et al.*, 2008; MASSER, 2009; HENNIG e BELGUI, 2012; SHAKERI *et al.*, 2013). De fato, as IDEs evoluíram e continuam evoluindo. Características da primeira geração foram refinadas e incorporadas na segunda geração. Da mesma maneira, a terceira geração em relação à segunda geração. Importante salientar que algumas características desta terceira geração como o movimento de *openness* ganharam mais força após 2007. Por exemplo, Parceria de Governo Aberto (*Open Government Partnership-OGP*) é datado de setembro de

2011. OGP é uma declaração segundo o qual um país se compromete a incrementar a disponibilidade de informação sobre as atividades do governo, dando suporte à participação civil e implantando padrões que visam aos mais elevados níveis de integridade profissional na administração pública, na perseguição por melhoria ao acesso as informações e na prestação de contas (FERREIRA *et al.*, 2013).

2.3. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil (INDE-BRA)

A infraestrutura de dados espaciais Brasileira, denominada INDE, atualmente é coordenada pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) e operacionalizada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A CONCAR é um órgão colegiado do Ministério do Planejamento (MP), presidida pelo secretário deste mesmo ministério. Restabelecido pelo decreto s/nº de 10 de maio de 2000, este colegiado é composto por representantes de diversos ministérios, instituições e fóruns regionais no Brasil. A partir da reativação da CONCAR houve a retomada dos trabalhos realizados para a cartografia nacional sendo elaborado no ano de 2001 o Plano Cartográfico Nacional envolvendo e visando a integração dos planos cartográficos das seguintes instituições: IBGE, Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Comando do Exército, Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) do Comando da Aeronáutica e da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Comando da Marinha.

Com a evolução dos trabalhos da CONCAR, no ano de 2003 foi necessário criar comitês especializados visando à normatização de dados e metadados geoespaciais, já que em vários casos a produção de dados e metadados espaciais não seguiam padrões ou normas comuns. A título de exemplo, dos trabalhos realizados por esses comitês, dois importantes produtos foram gerados, ao longo dos anos, a saber: as Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais (EDGV) e o perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (MGB) baseado no padrão internacional ISO 19115.

No ano de 2005, a CONCAR elaborou um plano estratégico com a visão de futuro e já apontando a necessidade de criação de uma infraestrutura de dados espaciais no Brasil. Esse ato foi um passo importante objetivando criar a IDE do Brasil, que foi instituída em novembro de 2008 através do Decreto presidencial de nº 6.666. Esse

decreto instituiu a INDE do Brasil, descrevendo objetivos, diretrizes e definindo papéis que trouxeram consequências para as instituições públicas, conforme apresentado na Figura 2.8. Dentre os principais pontos, cabe destacar (CONCAR, 2008):

- (a) Definição do termo INDE conforme visto anteriormente.
- (b) Definição do Diretório do Banco de Dados Geográficos (DBDG) como a composição de servidores de dados, distribuídos na Web, capaz de reunir eletronicamente produtores, gestores e usuários de dados geoespaciais, com vistas ao armazenamento, compartilhamento e acesso a esses dados e aos serviços relacionados. Na verdade, cada instituição que faça parte deste diretório é considerada um nó. Importante destacar que cada instituição participante assina um termo de compromisso.
- (c) Definição do Portal Brasileiro de Dados Geoespaciais, denominado “Sistema de Informações Geográficas do Brasil-SIG Brasil”, como o portal que disponibilizará os recursos do DBDG para publicação ou consulta sobre a existência de dados geoespaciais, bem como para o acesso aos serviços relacionados. Ou seja, a rede de participantes da INDE.

 CONCAR Avaliar novos projetos de produção de IG. Homologar os padrões e normas para INDE. Promover o uso de soluções em código aberto. Prover recursos financeiros necessários ao desenvolvimento de padrões, para divulgação da INDE, capacitação de recursos humanos e promoção de parcerias com entidades e órgãos públicos federais, estaduais, distritais e municipais.	 Ministério do Planejamento Promover junto aos órgão das administrações federal, distrital, estaduais e municípios por intermédio da CONCAR, as ações voltadas à celebração de acordos e cooperações, visando ao compartilhamento dos seus acervos de dados geoespaciais.	 IBGE Construir, disponibilizar e operar o geoportal da INDE e gerir o DBDG. Divulgar os procedimentos para acesso aos dados e metadados. Produzir, prover IG, normas e padrões alinhados com a CONCAR. Apresentar as propostas dos recursos necessários para a implantação e manutenção da INDE
--	--	--

Figura 2.8 - Papéis das instituições públicas na INDE.

- (d) Afirma que o compartilhamento e disseminação dos dados geoespaciais e seus metadados são obrigatórios para todos os órgãos e entidades do poder executivo federal e voluntário para os órgãos e entidades dos Poderes Executivos estadual, distrital e municipal. Exceção é a informação de caráter sigiloso.
- (e) Declara que os órgãos e entidades do Poder Executivo Federal deverão obedecer aos padrões estabelecidos para a INDE e às normas relativas à Cartografia Nacional homologadas pela CONCAR na produção, direta ou indireta, ou na aquisição dos dados geoespaciais.

- (f) Afirma que as instituições federais deverão consultar a CONCAR antes de iniciar a execução de novos projetos para a produção de dados geoespaciais, visando eliminar a duplicidade de esforços e o desperdício de recursos.
- (g) Afirma que compete ao IBGE, como entidade responsável pelo apoio técnico e administrativo à CONCAR construir, disponibilizar e operar o SIG Brasil, em conformidade com o plano de ação para implantação da INDE, além de exercer a função de gestor do DBDG, por meio do gerenciamento e manutenção do SIG Brasil. Também é de responsabilidade desse órgão divulgar os procedimentos para acesso eletrônico aos repositórios de dados e seus metadados distribuídos e para utilização dos serviços correspondentes em cumprimento às diretrizes definidas pela CONCAR para o DBDG. Além disso, cabe ao órgão prever os recursos necessários para a implantação e manutenção da INDE.

2.3.1. Plano de ação da INDE

O decreto de nº 6666/2008 estipulou um prazo máximo de 180 dias para a CONCAR elaborar um plano de ação para implantação da INDE e submetê-lo ao MP. Desta forma, a CONCAR na reunião plenária de 19 de dezembro de 2008, votou pela criação de um comitê técnico que ficaria responsável pela elaboração do plano de ação para implantação da INDE. Conforme plano de ação (“PLANO DE ACAO INDE”, [s.d.]), esse comitê para o planejamento da INDE (CINDE) foi constituído entre janeiro e março de 2009 e reuniu várias entidades e instituições, sendo vinte e duas ligadas ao governo federal, três secretarias estaduais e uma universidade.

Para efetuar esta tarefa, oito Grupos de Trabalho (GT) foram criados. Cada um composto por um coordenador e seus integrantes. Cada grupo ficou responsável por um capítulo do plano. Havia também um coordenador geral, cuja missão era consolidar os trabalhos realizados pelos GTs. Ao final dos trabalhos, o plano de ação foi elaborado em oito capítulos, propondo como estratégia de implantação da INDE três ciclos de implantação (“INDE”, [s.d.]) baseando-se no escalonamento de metas, conforme prioridades e objetivos a serem alcançados em cada ciclo. O Quadro 2.2 apresenta os principais objetivos dos estágios de desenvolvimento da INDE por ciclo (“PLANO DE ACAO INDE”, [s.d.]). Ressalta-se que embora não houvesse uma representação de todos os atores envolvidos na INDE, cabe destacar o sucesso na concretização desta tarefa e a

qualidade do produto entregue que levou em consideração as dimensões: organizacional, técnica, humana e legal.

Quadro 2.2 - Objetivos dos estágios de Desenvolvimento da INDE por ciclo (“PLANO DE ACAO INDE”, [s.d.]).

Ciclo	Período	Objetivos
1	2008 até 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação, participação e adesão dos atores federais produtores de IG. • Estabelecimento da infraestrutura do DBDG e disponibilização de seus geoserviços (dados e metadados geoespaciais) por meio de padrões definidos para INDE. • Capacitação e disseminação envolvendo gestores e produtores que irão compor a INDE.
2	2011 até 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidação do DBDG no governo federal e da sua extensão para os outros níveis de governo. Esse ciclo marca também o fortalecimento do <i>framework</i> institucional fomentando as relações entre atores e consolidação de normas e padrões. O foco estará tanto nos dados quanto nos serviços, que deverão ser ampliados de acordo com as demandas dos usuários. • Integração com outras IDEs: continentais, temáticas, regionais, corporativas. • Divulgação ampla da iniciativa para todos os segmentos produtivos da sociedade. • INDE deverá ser o principal instrumento para a busca, acesso à geoinformação para tomada de decisão na esfera do governo federal.
3	2015 até 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Transformar a INDE na principal ferramenta de busca e acesso a informações geoespaciais do Brasil, como suporte ao uso da informação para políticas públicas e tomadas de decisão em todos os níveis de governo. • Para a sociedade na tomada de decisão afetas ao seu cotidiano. • Fomentar a participação voluntária.

Ainda a respeito da elaboração do plano de ação é interessante observar também as pessoas envolvidas, representantes de seus órgãos, que participaram e que tinham perfis e habilidades diferentes, constituindo assim um corpo coeso e multidisciplinar, fato que favoreceu a confecção do plano com todas suas nuances e de maneira consensual. Além do mais, a postura positiva dos participantes foi um importante componente. Outro fator destacável foi o uso da ferramenta WIKI como principal meio de comunicação entre os participantes, já que elas estavam em regiões geográficas diferentes. Houve algumas reuniões presenciais, mas a maior parte do trabalho foi realizada via WIKI. A última reunião foi em Brasília com o objetivo de consolidar e encerrar os trabalhos.

Todavia, para o estabelecimento e implantação da INDE diversos fatores, marcos e atividades antecederam a sua implantação. Por exemplo:

- (a) No ano de 2001, um plano cartográfico nacional foi elaborado pela CONCAR visando à integração dos planos cartográficos de instituições públicas produtoras de informação geoespacial (“CONCAR - COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA”, [s.d.]);
- (b) Criação de comitês especializados visando à normatização de dados e metadados geoespaciais, já que em vários casos a produção de dados e metadados geoespaciais no Brasil não seguiam padrões ou normas comuns (DELOU, 2006; CAMBOIM, 2013);
- (c) Elaboração de um plano estratégico com a visão de futuro e já apontando a necessidade de criação de uma INDE no Brasil;
- (d) Algumas atividades antecedentes e paralelas entre instituições públicas (federais, estaduais e municipais) e academia na promoção, pesquisa e adoção de software livre (SL) e desenvolvimento de IDEs (Câmara *et al.*, 2006) e;
- (e) Marco legal da INDE e plano de ação da implantação da INDE que visava não somente a gestão, mas também guiar a implantação e manutenção da INDE através de ciclos bem definidos (CONCAR, 2010).

2.3.2. Políticas relevantes que diretamente ou indiretamente fomentam a INDE

Em termos de políticas relevantes e que de alguma forma relacionam-se diretamente ou indiretamente com a INDE enumeram-se:

1. O próprio decreto que instituiu a INDE e obriga que todas as instituições federais compartilhem seus dados e metadados espaciais e obedeçam aos padrões estabelecidos para a INDE, às normas relativas à Cartografia Nacional e sigam os padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico (“E-PING — PROGRAMA DE GOVERNO ELETRÔNICO BRASILEIRO - SÍTIO OFICIAL”, [s.d.]);
2. O Brasil é signatário do tratado *Open Government Partnership* (OGP) que visa dar mais transparência as ações realizadas por governos alavancando oportunidades por meio de dados produzidos pelo governo, além de disponibilizar um ambiente que proporcione a participação não somente passiva, mas também ativa da sociedade, ou seja, governança participativa (“OPEN GOVERNMENT DATA,” n.d.);

3. O tratado OGP influenciou a promulgação, em 2011, da Lei de acesso à informação (Lei nº 12.527) no âmbito federal, que instituiu uma série de obrigações de divulgação de informações públicas na internet, pelos órgãos públicos (federal, distrital, estadual e municipal) bem como procedimentos de atendimento ao cidadão. Por esta lei, todas as informações do governo, em todas as esferas, são consideradas de acesso público por parte da sociedade (“LEI DE ACESSO A INFORMAÇÃO”, [s.d.]). A Lei é consistente com a Constituição ao estabelecer o livre acesso à informação como a regra e o sigilo como a verdadeira exceção (“BRAZIL - OPEN GOVERNMENT PARTNERSHIP”, [s.d.]);
4. O marco civil da internet estabelece que a Internet deva tratar de forma isonômica quaisquer pacotes de dados, independentemente de conteúdo, origem e destino do serviço. Ou seja, deve ser neutro em relação à passagem de pacotes em seus cabos, vendendo apenas a capacidade de tráfego, sem interferir com o próprio tráfego. Além disso, esta lei retira a responsabilidade dos *sites* sobre o conteúdo gerado por terceiros (“MARCO CIVIL DA INTERNET”, 2014). Uma das consequências dessa lei é que favorece o estabelecimento de IDEs mais participativas e colaborativas com a sociedade, já que remove a insegurança jurídica por conta de conteúdo gerado por terceiros;
5. Criação da Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA) que se inspirou também na INDE. A INDA é a política do governo brasileiro para dados abertos e modelo de guarda-chuva para as demais infraestruturas. A INDA pode ser entendida como um conjunto de padrões, tecnologias, procedimentos e mecanismos de controle necessários para atender às condições de disseminação e compartilhamento de dados e informações públicas para dados abertos (“INDA - INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ABERTOS — PROGRAMA DE GOVERNO ELETRÔNICO BRASILEIRO - SÍTIO OFICIAL”, 2012)
6. Política de dados abertos do governo federal, decreto 8.777, que objetiva, por exemplo, dar mais transparência, aprimorar o compartilhamento de dados do governo, fomentar a pesquisa científica entre outros (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2016).

2.3.3. Desafios de um sistema federado em um país de dimensões continentais

O Brasil, pela sua própria natureza, possui um grande desafio quando o assunto é o seu mapeamento geoespacial devido à sua dimensão continental (quinto maior do mundo) e por ser um país emergente. Por exemplo, se for considerado a dimensão de cada unidade da federação em comparação com alguns países no mundo, teríamos um país tão heterogêneo e complexo como o apresentado na Figura 2.9.



Figura 2.9 - Comparação de áreas e heterogeneidade das unidades da federação brasileira.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_unidades_federativas_do_Brasil_por_%C3%A1rea.

Além disso, se considerarmos o mapeamento sistemático terrestre básico na escala 1:25.000 (mapa índice 1:25k), a questão do mapeamento se torna dramático, conforme evidenciado pelo vazio cartográfico do mapeamento, apresentado na Figura 2.10 que ilustra o mapeamento existente nesta escala atualmente e que segue de maneira vagarosa. A título de exemplo, não houve mudança significativa no mapa índice 1:25k desde 2008. Há vários fatores que influenciam esta questão, desde problemas institucionais aos de recursos humanos, financeiros e técnicos.



Figura 2.10 - Mapeamento Nacional Sistemático Terrestre Básico na escala 1:25.000.

Fonte: mapa índice IBGE.

Não bastasse a grande dimensão, as relações entre os níveis de Governo Federal, Estadual, Municipal e Distrital são nebulosas, conforme o Artigo 23 da Constituição Federal. Embora existam hierarquias, algumas atividades são interdependentes, sobrepostas e há um grande número de atividades que envolvem diferentes organizações. Além do mais, por exemplo:

- (a) O IBGE (órgão federal) é atualmente responsável pelo Censo Brasileiro e isso implica atuar em todos os níveis e para isso utiliza banco de dados cartográficos de prefeituras e estados criados para diversos fins;
- (b) A Base Cartográfica Digital Contínua do Projeto Amazônia, em uma escala de 1:100.000, foi desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente, IBGE, e a DSG;
- (c) A Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) realiza as suas atividades de supervisão, muitas vezes em conjunto com os estados, utilizando diferentes tipos de informação. Na verdade, existem dezenas de projetos e atividades que abrangem todas as esferas de governo e várias destas atividades poderiam ser compartilhadas e coproduzidas.
- (d) Catástrofe ambiental como aquela ocorrida no município de Mariana, no estado de Minas Gerais, envolve os três níveis de governo e da sociedade.
- (e) O Inpe é responsável pelo monitoramento de queimadas, mas existem organizações não governamentais que fazem o papel de instituições públicas e também tratam do assunto, como por exemplo, o IMAZON que também monitora queimadas na região da Amazônia.

- (f) A situação emergencial, como o vírus Zika, que envolve os três níveis de governo e da sociedade e diferentes fontes de informação.

Para melhor compreensão, a Figura 2.11 representa os diferentes níveis hierárquicos das instituições e as diferentes atividades interdependentes. Cada nível hierárquico tem seus projetos no círculo e os pontos representam um tipo de atividade que pode variar de um nível para outro. Uma atividade pode ser criada por todas as esferas ou por algumas delas. Uma atividade pode ser criada em um nível e gerar outra atividade em outros níveis (veja as setas na Figura 2.11). Diante deste contexto, a INDE poderia apoiar estas relações, racionalizando os recursos e o interfuncionamento de suas entidades, conforme preconizado no plano de ação da INDE pela integração entre as diversas IDEs no país, além de servir de instrumento de coordenação entre os diversos atores.

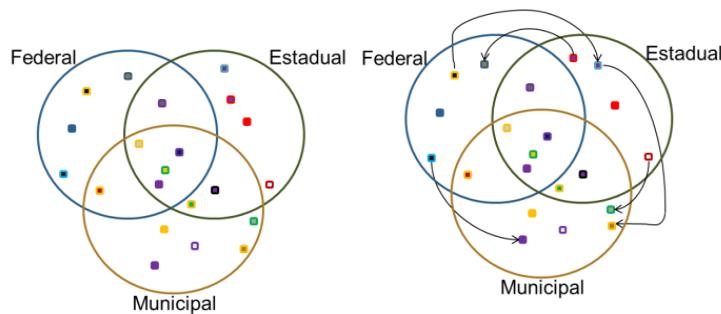


Figura 2.11 - Relações de interdependências entre os níveis de governos federal, estadual e municipal.

Importante ainda citar que o Brasil possui 5.570 municípios, onde apenas 1% concentra quase 50% do Produto Interno Bruto (PIB), em geral, as grandes cidades com alta concentração populacional, como por exemplo, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília entre outros. Por outro lado, a grande maioria dos municípios são pequenos e dependentes dos recursos disponibilizados pelo Governo Federal e de seus respectivos estados (FERREIRA *et al.*, 2013). Uma consequência disto é que a maioria deles não possui uma base mínima para construir ou manter sua própria IDE independente. A título de exemplo, a Figura 2.12 apresenta um panorama municipal em relação à população. Embora haja exceções, municípios menos populosos tendem a ser os mais dependentes das esferas estadual e federal.

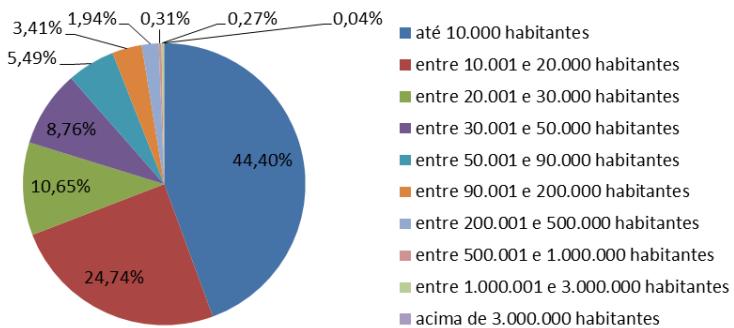


Figura 2.12 - Proporção de municípios por tamanho da população.

Um exemplo muito claro que ilustra a falta de uma infraestrutura adequada é o combate ao mosquito *Aedes aegypti* que transmite doenças como, por exemplo, a Dengue, Zika e Chikungunya. Enquanto algumas cidades são mais efetivas no combate e possuem equipes, recursos tecnológicos que ajudam a mapear áreas que estão isentas do mosquito transmissor ou que precisam ser faxinadas; outros municípios não possuem nem equipe nem tecnologia para auxiliar na batalha contra o mosquito. O problema é que, neste caso, não há fronteira nem jurisdição para o mosquito transmissor. O governo federal, agindo de maneira mais integrada, poderia fornecer um ambiente comum para todos e contar com a ajuda municipal e da população afetada.

2.3.4. Características da INDE brasileira

A INDE brasileira (INDE-BRA) teve também como inspiração outras iniciativas de IDEs conforme evidenciado nos capítulos um e dois do plano de ação da INDE (CONCAR, 2010). Isto foi resultado da primeira e segunda gerações de IDEs que serviram de referência (WILLIAMSON *et al.*, 2003) e não há dúvida de que a recomendação de padrões abertos e o uso de software livre na construção da INDE-BRA trouxe várias vantagens (BORBA *et al.*, 2015a). Nesta mesma corrente, conforme o decreto 6.666/2008 a maior parte da informação produzida é de âmbito público e o sigilo a exceção. Assim, considera-se que a INDE é uma grande fomentadora da informação pública e aberta.

No que tange a integração, embora o plano de ação da INDE previsse a necessidade de manter as ações atualizadas, atualmente ainda não há integração em uma hierarquia vertical entre os níveis federal, estadual, local e muito menos com entes fora da esfera de governo. Além disso, a integração horizontal quando há, é consolidada

apenas entre as instituições no mesmo nível e jurisdição. Há que se mencionar também que os objetivos do ciclo três, listados no quadro 2.2, ainda não foram atingidos.

Ressalta-se que a INDE, atualmente, direciona as instituições a usarem padrões de interoperabilidade internacional e nacional. Neste sentido o uso, por exemplo, dos padrões do OGC e da ISO devem fazer parte das normas utilizadas nas instituições, bem como de alguns padrões nacionais, como por exemplo, a EDGV e o perfil brasileiro de metadados geoespaciais que é baseado na norma ISO-19115.

TAYLOR (2015) em seu trabalho classificou a INDE de acordo com modelo de maturidade de padrão proposto pela UN-GGIM (“GGIM - A Guide to the Role of Standards in Geospatial Information Management”, [s.d.]) no primeiro estágio, isto é, no nível 1 onde tem-se apenas mapas básicos para consulta e visualização na *Web* apoiado pelo compartilhamento e mecanismo de busca da informação. Embora questionável esta classificação, a IDE brasileira realmente necessita de ajustes e melhoramentos. Em outro trabalho, VLUGT (2010) usando outro tipo de classificação de IDEs inspirado na *Web* 2.0 e 1.0 classificou a INDE como uma IDE 1.0. De fato, ela é um modelo clássico de IDE *read-only*, onde, atualmente, algumas poucas instituições atuam.

Além do mais, de modo geral, há pouca participação da sociedade, pois não é atrativa, não fomenta a colaboração, nem fideliza seus usuários. Isto decorre da necessidade de desenvolvimento de melhores ferramentas para a descoberta da informação, principalmente levando em consideração aspectos semânticos de forma a estimular maior acessibilidade e participação dos usuários (DAVIS JR e FONSECA, 2010). Diante deste panorama, a INDE apresenta poucas características da terceira geração, conforme a Figura 2.7 e apresentado no Quadro 2.1. Esta realidade é encontrada em outras IDEs, segundo MASSER *et al.* (2008) isto tem como consequência o fato de apenas uma pequena comunidade com conhecimento tirar proveito desta infraestrutura e que grande parte da sociedade desconhece sua existência ou não sabe usar. MCLEOD *et al.* (2013) citam as diferentes necessidades entre a diversidade de usuários de uma IDE. Os autores pontuam que os usuários comuns são mais bem atendidos pelo grande mercado de geomática, formado por empresas como *Google*, *Microsoft*, *Mapquest* entre outras. A título de exemplo, esta parte da sociedade tem propósitos tais como a localização de um serviço ou negócio particular, planejamento de uma viagem ou férias, ou facilitar uma atividade recreativa, entre outros. Por outro lado, usuários profissionais têm necessidades mais específicas

normalmente requerendo informação geoespacial de instituições oficiais e, por conseguinte fazendo uso mais intenso de IDEs (MCLEOD *et al.*, 2013). Isto traz à tona uma demanda reprimida e um grande desafio que precisa ser suplantado. A Figura 2.13 apresenta este problema.



Figura 2.13 - Especialistas e sociedade quanto à consciência de IDEs.

Adaptado de (MASSER *et al.*, 2008).

DAVIS JR e FONSECA (2010) afirmam, além da questão motivacional, a necessidade do envolvimento de outros atores fora das esferas de governo como, por exemplo, comunidade de interesse comum e a sociedade em geral, e que poderiam colaborar na formação da INDE, fato que até o momento ainda não está implementado na INDE.

Um aspecto positivo abordado por DAVIS JR e FONSECA (2010) é o bom número de cursos de graduação ligados à área de geociências e tecnologia da informação. Todavia, há uma lacuna no que diz respeito à interdisciplinaridade relativa à informação geoespacial. A título de exemplo, são poucos os cursos de ciência da computação que possuem em suas grades curriculares, disciplinas ligadas ao estudo e tratamento da geoinformação. Uma consequência direta disto, é carência de profissionais de Tecnologia da Informação (TI) com habilidades necessárias para trabalhar na área da geoinformação. Por outro lado, profissionais como engenheiros cartógrafos, geólogos, engenheiros florestais, geógrafos entre outros ligados à geoinformação precisam também de conhecimento de TI para lidar de maneira mais adequada com a geoinformação. Isto leva à necessidade de cursos e grades curriculares que englobam disciplinas ligadas a TI. A título de registro, no evento FOSS.4GIS.GOV - Uso de software livre para informações geoespaciais no governo(<https://doity.com.br/foss4gisgov/>) realizado em Brasília no mês de setembro de

2016, envolvendo diversos órgãos do setor público e da academia, uma das questões que ficou evidenciada foi justamente a carência de profissionais na esfera governamental com formação necessária para o desempenho de atividades na área GIS que requer multidisciplinaridade.

No que diz respeito ao treinamento e capacitação no tema INDE, a CONCAR, através de seus membros vem promovendo e executando estas atividades abordando aspectos conceituais, institucionais e técnicos. A título de exemplo, mais de 200 pessoas de diversos órgãos envolvidos com dados geoespaciais, com formação em áreas como agrimensura, engenharia cartográfica, engenharia florestal, geógrafos, analistas de sistemas e outras foram capacitadas por instrutores da INDE e a grande maioria não tinha conhecimento em relação aos vários aspectos e padrões utilizados na INDE. Um aspecto notado pelo presente autor deste trabalho em visitas a agências de governo e como um dos instrutores da CONCAR foi a dificuldade de entendimento conceitual, principalmente dos padrões técnicos como, por exemplo, os padrões WMS e WFS do OGC. Neste sentido a Figura 2.14 especializa a Figura 2.13 no contexto nacional. Isto também leva à necessidade de mais multiplicadores de conhecimento no tema.

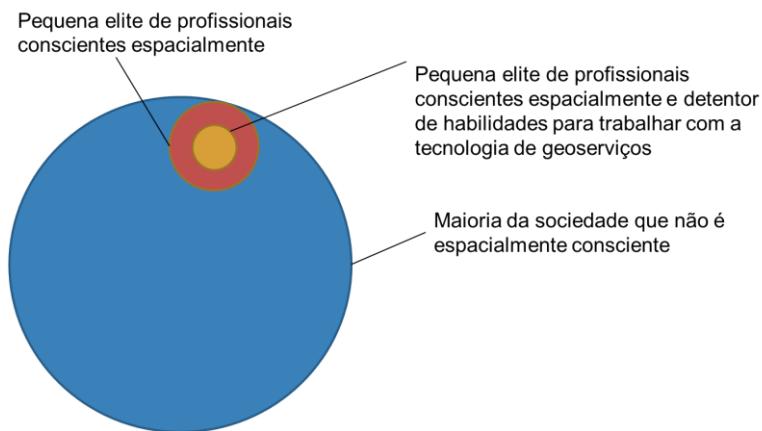


Figura 2.14 – Elite de profissionais e sociedade quanto à consciência de IDEs e das habilidades técnicas.
Adaptado da Figura 2.13.

Há ainda que se considerar a divulgação, disseminação e promoção da IDE brasileira que parece, atualmente, estar em declínio.

Essas ações foram afetadas principalmente pela falta de recursos humanos, técnicos e financeiros. De fato, isto é dramático e apenas mais uma consequência do atual quadro político-econômico.

Isto pode ser evidenciado pelo próprio portal da INDE que parece ter parado no tempo (mesmo formato e visual desde o lançamento em 2010), pela falta de atualização em documentos importantes como o plano de ação da INDE, pela falta de eventos

relacionados ao tema e pelo número baixo de instituições que a aderiam até o momento a INDE, pela própria fragilidade da CONCAR e do envolvimento do Ministério do Planejamento nas ações voltadas à celebração de acordos e parceiras entre os diversos atores.

Diante do exposto, passada a euforia inicial do lançamento da INDE apoiada por um decreto presidencial e um plano de ação de guia e ainda que haja uma percepção de maior penetração e aumento da importância da IDE brasileira principalmente no setor governamental, percebe-se que ela não deslanchou até o momento e sofre de alguns dos sintomas listados a seguir:

- Alta complexidade;
- Falta de recursos (humano, financeiro e técnico);
- Falta de sensibilidade de membros da CONCAR quanto ao real papel de uma IDE Nacional;
- Falta de uma política mais abrangente para geoinformação no País;
- Baixo nível de gestão e arranjos multi-institucionais;
- Baixo nível de comprometimento das esferas de governo de alto escalão;
- Ausência de mais políticas voltadas para IDEs;
- Foco principalmente no nível federal;
- Carência de integração com os níveis estadual e municipal;
- Carência de comprometimento entre instituições envolvidas;
- Carência de parcerias;
- Baixo uso de padrões e normas pelas instituições envolvidas;
- Pouco envolvimento da academia e centros de pesquisa;
- Baixo nível de divulgação, disseminação e promoção;
- Capacidade de construção com baixa coordenação, frágil e fragmentada;
- Não há participação ativa nem persuasão para integração do cidadão;
- Não há conhecimento da maioria dos usuários nem de suas necessidades; e
- Não há relacionamento com as IDEs inversas nem com comunidades de interesse fora da esfera governamental, sendo assim, ignoradas;

2.3.5. Normas, padrões e tecnologia da INDE

De maneira geral, algumas organizações federais participantes, diretamente ou indiretamente, seguem aos padrões definidos para INDE. A INDE direciona as instituições a usarem padrões de interoperabilidade internacionais e nacionais. Neste sentido, por exemplo, o uso dos padrões do OGC e da ISO deve fazer parte das normas utilizadas nas instituições. Além disso, alguns padrões nacionais para determinados tipos de informação produzidos são obrigatórios. A EDGV, por exemplo, é usada pelo IBGE e a DSG. O perfil de Metadados Geoespaciais Brasileiro (MGB), baseado na ISO 19115, também deve ser utilizado pelas instituições do governo federal. Em termos de geoserviços, as instituições utilizam os padrões do OGC como, por exemplo, *Web Map Service* (WMS), *Web Feature Service* (WFS) e *Catalog Service Web* (CSW), sendo este último para metadados.

2.4 Considerações sobre IDEs

De maneira geral as IDEs clássicas podem ser vistas como uma hierarquia que varia desde o nível corporativo até o nível global e a combinação de seus componentes: pessoas (jurídicas ou físicas), políticas, redes de acesso (tecnologia), padrões e dados estão em todos os níveis hierárquicos. Atualmente não há unanimidade quanto à geração. Todavia, a tendência de relacionamentos entre IDEs na forma de “teia de aranha” (rede) parece ser mais adequada uma vez que reflete mais a distributividade e relações mais contemporâneas entre seus componentes. Desta maneira, pode-se afirmar que o emprego dos modelos *top-down* e *bottom up* (sanduíche) favorece ao uso de modelo em rede. Um aspecto importante do modelo em “teia de aranha” é que este se caracteriza não somente por levar em consideração IDEs oficiais (corporativa, local, nacional, regional ou mesmo global) mas também IDEs não oficiais que, por exemplo, surgem fora do escopo governamental e são criadas para atender necessidades genuínas de usuários que não são contemplados pelas IDEs oficiais. Entretanto, questões relacionadas a sustentabilidades de IDEs inversas são críticas, já que muitas vezes elas são mantidas sem os recursos e aparatos necessários para o seu bom funcionamento.

Segundo DAVIS JR *et al.* (2009a), uma IDE tem possibilidade de não somente tornar disponíveis mapas de uso geral, mas capturar dados para apoiar políticas públicas, sejam ambientais, sociais ou econômicas. No cenário sócio tecnológico atual onde os dados fluem e conectam várias pessoas, há potencial para possibilitar que dados

voluntários, gerados por cidadãos, façam parte das IDEs e estes possam participar de forma direta e ativa contribuindo para encontrar soluções para questões locais, uma vez que possuem conhecimento sobre o espaço vivido. Isto de certa forma é uma tendência que já está sendo pesquisada e operacionalizada, conforme casos citados na literatura (POORE *et al.*, 2012; SUI *et al.*, 2013a; HAKLAY *et al.*, 2014; MCCARTNEY *et al.*, 2015). Desta forma outra tendência é a integração da ciência a comunidades nos esforços de criação, aplicação, avaliação e revisão das políticas ambientais (CAPINERI *et al.*, 2016).

Uma questão que surge neste contexto é a autoria do dado e, consequentemente, questões relacionadas à qualidade dos dados, bem como o licenciamento. No cenário das IDEs governamentais a origem dos dados geoespaciais é confiável, entretanto cada vez mais há a necessidade de incorporar os dados espaciais a partir de fontes não-tradicionais, como sensor de redes locais e bancos de dados originados de uma multidão de voluntários (ADAMS e GAHEGAN, 2014). Segundo os autores estes novos dados variáveis vêm vagamente definidos e por vezes a origem, a semântica, e o conteúdo não são bem descritos ou até mesmo desconhecidos. Isto traz à tona o desafio de verificação e garantia da qualidade.

Para REYNOSO *et al.* (2014) o compartilhamento de dados espaciais e análise requerem uma mudança em como as partes interessadas de uma IDE pensam sobre si mesmos e como eles pensam o espaço de modo que as partes interessadas não devam trabalhar isoladamente, mas dentro das redes sociais. CRAGLIA e ANNONI (2007) enfatizam a necessidade de empreender mais esforço no uso das informações geoespaciais das redes sociais para entender as necessidades, avaliar os efeitos sobre a sociedade, e analisar a obtenção de resultados para grupos de usuários heterogêneos com objetivos muitas vezes conflitantes.

Destarte, as IDEs evoluíram e estão evoluindo para infraestruturas de informação que não haviam sido imaginadas quando a ideia foi concebida (SMIT, *et al.*, 2009). A próxima geração de IDEs deverá ter capacidade de integrar dados oficiais e não oficiais que são altamente heterogêneos e que muitas vezes foram criados para um propósito específico e serão utilizados para um fim completamente distinto. De acordo com COETZEE e WOLFF-PIGGOTT (2015) as próximas gerações sairão do paradigma da IDE orientada a produto para uma IDE baseada em processo que enfatiza parcerias, emprego das redes sociais e colaboração multissetorial. Em outras palavras, fortemente centradas nas necessidades dos usuários e reutilização da informação.

Segundo ENEMARK e RAJABIFARD (2012) está evolução levará as IDEs a oferecer a sociedade um novo paradigma de negócios, onde uma IDE será uma plataforma habilitadora que promoverá a parceria entre organizações que trabalham ou usam a informação espacial (público/privado). Desta forma, segundo os autores, uma IDE deverá fornecer acesso a uma variedade maior de dados e serviços, com tamanho e complexidade que está além da capacidade individual das organizações governamentais. Isto torna mais uma vez válida a afirmação de MASSER (1999) que ressalta a necessidade de as organizações oficiais reexaminarem suas funções no que diz respeito à oferta e disponibilidade de informação geoespacial, bem como as questões de arranjos multi-interinstitucionais.

SCHADE *et al.* (2010) ressaltam que dados espaciais georeferenciados são fragmentados e provenientes de modelos de dados e terminologia distintos. Nesse contexto, *Linked data* surge como uma alternativa ao compartilhamento de dados (ABBAS e OJO, 2013). SCHADE *et al.* (2010) sugerem o uso de *linked data* como um meio para obter a interoperabilidade.

Ainda sobre a questão dos dados ligados, pertencentes a *Web 3.0*, embora atualmente haja um *gap* entre informação geoespacial e não geoespacial, em um futuro próximo as IDEs estarão presentes integralmente em Infraestrutura de Informação de modo que o uso de informação geoespacial e não geoespacial poderão, dentro de um cenário altamente distribuído, estar totalmente integradas e interoperáveis sem dificuldades ou necessidades de adaptações. Para isto, será necessário repensar as IDEs do ponto de vista de arquitetura de serviços, pois de um modo geral são quase sempre implementadas à parte das infraestruturas de informação. Em outras palavras, são isoladas, a título de exemplo, a tecnologia baseada em serviços na maioria das IDEs apresenta-se na forma de especialização da Arquitetura Orientada a Serviço (SOA) e que de certa maneira inibe a utilização de outros protocolos mais leves e aderentes a arquitetura da Web.

Finalizando a questão dos movimentos de *openness* que inspirado em formas abertas de colaboração, com por exemplo, a construção de softwares baseados em licenças abertas certamente é um elemento chave para IDEs das próximas gerações resultando não somente em uma melhor acessibilidade aos dados espaciais mas também de maneira mais democrática e com mais transparência de modo que possam ser utilizados para uma variedade de finalidades e abrindo assim, conforme citado por HENNIG *et al.* (2013) o caminho para a chamada sociedade habilitada espacialmente.

Capítulo 3: Computação social e sistemas colaborativos no contexto de IDEs

Este capítulo contextualiza a computação social e sistemas colaborativos endereçando IDEs e de forma a responder as seguintes questões: (a) Que papel a computação social poderia exercer no contexto de IDEs? (b) De que maneira sistemas colaborativos poderiam ajudar no desenvolvimento de IDEs?

Atualmente, a colaboração, a inter-relação, projetos multidisciplinares e mídias sociais são elementos que buscam um objetivo comum: compartilhamento, descoberta e processamento de recursos na *Web* distribuídos (KLIMENT *et al.*, 2013), além da reutilização e publicidade. Embora desejáveis, tais elementos ainda não estão totalmente implementados em ambientes de IDEs de forma satisfatória para os usuários ou mesmo para as instituições públicas. Este capítulo propõe alguns mecanismos no uso de computação social e sistemas colaborativos para ambientes de IDEs objetivando uma maior penetração destes ambientes.

3.1. Computação social e colaboração

De acordo com SCHNEIDER (2015), a Computação Social (CS) é uma área da Ciência da Computação que permeia outras áreas como, por exemplo, Sociologia, Educação, Comunicação, Psicologia e outras mais visando manter ligações e contextos sociais online com o apoio da tecnologia. Dados recentes do *Statistics Portal* mostram que em 2016, 50,1% da população mundial é usuária da Internet e no Brasil em 2015, a Internet alcançava 56,79% da população e a mídia social era usada por 45% da população, com uma utilização de 25,7 horas de média mensal (<https://www.statista.com/topics/2045/internet-usage-in-brazil/>).

A partir de meados da ultima década há uma variedade de plataformas que vem possibilitando estabelecer uma diversidade de ambiente e mídia para a comunicação social e a colaboração virtual (PARAMESWARAN e WHINSTON, 2007). Dentre elas destacam-se: *i*) Redes sociais - plataformas voltadas para os relacionamentos e identificação de usuários; *ii*) *Microblogging* – plataformas que permitem o usuário postar um conteúdo de tamanho limitado para que seja visualizado de maneira rápida e quase em tempo real; *iii*) *Media Sharing* – plataformas voltadas para o

compartilhamento de conteúdo como vídeos, fotos e áudios; iv) *Blog Comments and Forums* – plataformas que oferecem diversas características sociais interessantes, como por exemplo, cronologia e links para manter a comunidade; v) *Wikis* - plataformas colaborativas voltadas para confecção de conteúdo de maneira compartilhada, possibilitando editar de forma livre coletivamente, com uma linguagem de marcação simples e eficaz, através de um browser (wikipedia.org/wiki/Wiki), oferecendo recursos que auxiliam na segurança e controle de conteúdo; vi) *Social Bookmarking* – plataformas para usuários adicionarem, anotarem, editarem e compartilharem marcadores de documentos na *Web* que servem como referências para algum tipo de conteúdo; e vii) *Social news* - permitem aos seus usuários comentar, discutir, e compartilhar notícias de diferentes fontes de informação. A título de ilustração no Quadro 3.1 são apresentados alguns dos exemplos destas plataformas.

Quadro 3.1 - Plataformas para comunicação social e colaboração.

Adaptado de PARAMESWARAN e WHINSTON (2007).

Tipo de plataforma	Plataformas	Funcionalidades
Redes Sociais	<i>Facebook</i> (facebook.com)	Os usuários seguem outros usuários, curtem conteúdos, fazem comentários, recebem notificações, marcam eventos entre outras atividades.
	<i>ResearchGate</i> (researchgate.net)	Segue o estilo de redes sociais, entretanto é voltada para pesquisadores e afins, pois além da identificação do usuário é possível identificar áreas de pesquisa de interesse, habilidades de um usuário, inclusive ratificadas ou sugeridas por outros membros da rede. Possibilita ainda postar perguntas, criar projetos e compartilhar com outros, ver ofertas de empregos, compartilhar pesquisas e artigos, além de funcionalidades básicas de uma rede social.
	<i>LinkedIn</i> (linkedin.com)	Rede social voltada para negócios, na qual profissionais informam suas experiências e habilidades. Nesta plataforma os membros podem seguir outros, ver relacionamentos com outros membros, diretamente ou indiretamente, formados pela rede de relacionamento. Além disso, as informações disponibilizadas por um membro podem ser confirmadas por outros usuários e aumentando assim a credibilidade do membro e da informação.
<i>Microblogs</i>	<i>Twitter</i> (twitter.com)	É possível saber quais assuntos estão sendo mais comentados no momento, guardar os <i>twitters</i> em seus favoritos e também publicar o conteúdo no Facebook. Também oferece funcionalidades clássicas das redes sociais como seguir e obtenção de conhecimento sobre seus seguidores.
Media Sharing	<i>Youtube</i> (youtube.com)	Permite que vídeos sejam carregados, classificados, compartilhados e comentados.
	<i>Flickr</i> (www.flickr.com)	Permite que fotos sejam carregadas, compartilhadas e classificadas de acordo com o conhecimento dos usuários (<i>folksonomia</i> ⁶). Também é possível criar <i>geotags</i> (etiquetas georreferenciadas) na foto de maneira que seja possível saber sua localização. Também possibilita criar grupos baseados em

⁶ *Folksonomia* é uma maneira de indexar informações. É uma analogia à taxonomia, mas inclui o prefixo *folks*, palavra da língua inglesa que significa pessoas (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Folksonomia>).

Tipo de plataforma	Plataformas	Funcionalidades
<i>Hub Docker</i> (hub.docker.com)		<i>tags</i> , por exemplo, “Loucos por praias paradisíacas”
	<i>Stackoverflow</i> (stackoverflow.com)	Permite a criação e o compartilhamento de aplicações que são instanciadas como <i>containers</i> ⁷ facilitando de sobremaneira o desenvolvimento, a configuração e distribuição de aplicações. Nesta plataforma é possível criar uma imagem de um <i>container</i> e fazer o <i>upload</i> para compartilhamento, saber quais imagens de aplicações são mais populares, mais baixadas etc.
<i>Blog Comments and Forums</i>		Voltado para questões (dúvidas, perguntas e respostas) relacionadas à software, estabelecendo um grande fórum para tirar dúvidas. Também estimula a participação através de mecanismos de reputação para seus membros, classificação e pontuação para perguntas e respostas. Os membros são assim estimulados a participarem, ao mesmo tempo em que passam a ganhar notoriedade dentro da comunidade. O ambiente também permite a criação de <i>tags</i> para associar as perguntas visando facilitar o acesso e agrupamento.
<i>Wikis</i>	<i>Wikipédia</i>	É um projeto de enciclopédia colaborativa, universal e multilíngue estabelecido inicialmente na <i>Web</i> sob os princípios <i>wikis</i> . Na <i>Wikipédia</i> são permitidos também debates e comentários sobre os artigos e há também espaço para discussão e reflexões e avaliações sobre como melhorar o conteúdo da <i>Wikipédia</i>
	<i>Wikimapia</i>	Permite editar colaborativamente o mapa de uma cidade
<i>Social Bookmarking</i>	<i>Delicious</i> (del.icio.us).	Utiliza um sistema de classificação não hierárquica de documentos em que os usuários podem adicionar, anotar, editar e compartilhar cada uma de suas referências favoritas gerando uma espécie de <i>folksonomia</i>
<i>Social News</i>	<i>Reddit</i> (reddit.com).	Permite comentar, discutir, e compartilhar notícias de diferentes fontes de informação fornecendo funcionalidades que permitem aos seus membros criar comunidades para compartilhar conteúdo, discutir assuntos, marcar notícias e votar em assuntos e discussões que são mais relevantes sobre diferentes perspectivas.

LINDERS (2012) argumenta que as mídias sociais e plataformas de colaboração desta nova *Web* oferecem uma série de vantagens para a promoção da ação coletiva sobre as suas variantes *off line*, incluindo o fato de que facilita descobrir e atrair membros com interesses comuns; intercambiar informações; tomar decisões em grupo de maior escala; integrar as contribuições individuais; supervisionar um grupo com menos necessidade de hierarquia; e gerenciar a logística do grupo, devido à eliminação das restrições de tempo e espaço.

Na literatura sobre IDEs (CRAGLIA e ANNONI, 2007; CRAGLIA e CAMPAGNA, 2009; ÁLVAREZ *et al.*, 2010; CERBOVA e CERBA, 2012) é possível perceber a preocupação com a questão da inclusão das mídias sociais. Entretanto, existem poucas iniciativas das instituições oficiais se utilizarem destas plataformas neste

⁷ Containers são instâncias de imagens reduzidas de um sistema operacional, que executa sobre um sistema operacional de um computador hospedeiro, contendo alguma aplicação, como por exemplo, um banco de dados, um servidor HTTP entre outros. O Capítulo 7 tratará deste assunto.

contexto. Um exemplo no Brasil foi o uso de uma *Wiki* para confeccionar o plano de ação da INDE. Entretanto, de modo geral estas formas de mídia social não são reconhecidas plenamente pelas instituições que segundo KIETZMANN *et al.* (2011) não entendem o que são de fato as várias formas que a contribuição da computação social pode assumir, como se envolver e aprender com elas.

THOMAS *et al.* (2009) citam que a *Web 2.0* deixa claro o isolamento das IDEs e que é necessário integrar estes dois mundos e assim tirar proveito da inteligência coletiva, da neogeografia e das tecnologias que poderiam ser utilizadas em prol de uma IDE moderna. ÁLVAREZ *et al.* (2010) sugerem que há uma oportunidade de usar redes sociais como mecanismos de comunicação e disseminação de IDEs, todavia sem aprofundar no tema, nem dando exemplos concretos da integração destes dois mundos.

Nesse sentido, propomos o uso de mídias sociais, como uma forma de conectar pessoas e contribuir na convergência entre as mídias sociais e IDEs, através das seguintes perspectivas apoiadoras:

- (1) Identificação e conhecimento do perfil, relacionamento, necessidades e preferências do usuário;
- (2) Disseminação e publicidade;
- (3) Conjunto de funcionalidades sociais que poderiam apoiar o desenvolvimento e a manutenção do ambiente de IDEs; e
- (4) Coleta de informação.

3.2 Convergência das mídias sociais com IDEs

Para CRAGLIA e CAMPAGNA (2009) as IDEs são em primeiro lugar redes sociais de pessoas e organizações, nas quais as tecnologias desempenham um papel de apoio para o compartilhamento de dados.

Para a convergência das mídias sociais com as IDEs é necessário considerar questões relacionadas à identificação e perfil do usuário quanto aos seus conhecimentos, relacionamentos, necessidades e preferências. Desta forma se faz necessário considerar um conjunto de funcionalidades sociais que poderiam apoiar o desenvolvimento, a disseminação e publicidade de IDEs, bem como a coleta de informação geográfica através de mídias sociais.

3.2.1. Identificação do usuário e de seu perfil

Conforme apresentado no Capítulo 2, itens 2.2.3 e 2.2.6, uma questão importante que precisa ser endereçada no ambiente de IDEs é a identificação e melhor entendimento das necessidades de usuários e comunidades. De fato, o uso da computação social poderia auxiliar neste desafio. Por exemplo, *Application Programming Interfaces* (APIs) disponibilizadas pelo *Facebook* e *LinkenIn* poderiam ser utilizadas para identificação e um melhor entendimento sobre preferências, relacionamentos, necessidades, habilidades, perfil profissional etc. Isto é desejável no contexto de IDEs, já que poderia auxiliar no entendimento destes usuários e também no planejamento de projetos de mapeamento colaborativo e atividades semelhantes.

*Affordances*⁸ como, por exemplo, *logins* de mídias sociais, poderiam ser utilizados como uma forma de facilitar a entrada de novos usuários, já que o preenchimento repetitivo de cadastros e criação de *logins* e senhas em diversas plataformas é um fator desencorajador para fazer parte de uma comunidade ou simplesmente para realizar alguma atividade. Atualmente diversos sites permitem realizar *login* baseado em aplicações de mídia social com intuito de facilitar a entrada de novos usuários, o que dá indícios que tal *affordance* é necessário. A Figura 3.1 apresenta uma visão de um diagrama de classe, na Linguagem de Modelagem Unificada (UML), que ilustra *External Profiles* que podem se logar na plataforma IDEH-Co⁴. Já a Figura 3.2 exibe o uso de redes sociais como um mecanismo de suporte de identificação de usuários, suas preferências e necessidades.

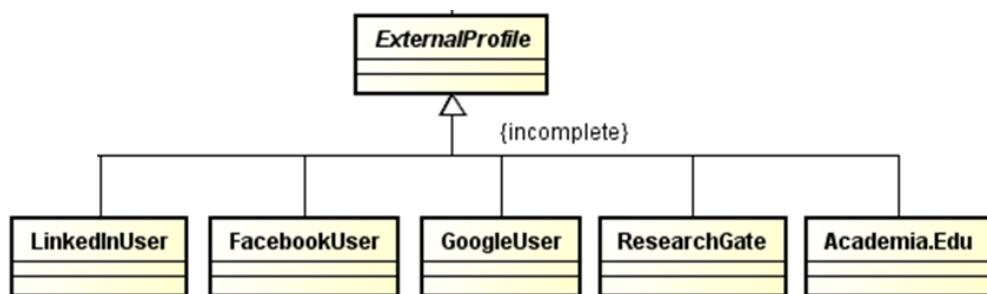


Figura 3.1 - Diferentes perfis para um usuário entrar e ser conhecido pelo ambiente.

⁸ Affordance - qualidade de um objeto que permite a identificação de sua funcionalidade sem a necessidade de prévia explicação que ocorre intuitivamente ou baseado em experiências anteriores. Ex.: O uso de maçaneta para abrir uma porta (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Affordance>)



Figura 3.2 - Redes sociais no suporte na identificação, necessidades, relacionamentos detalhes e perfil de usuários.

De fato a identificação do usuário, o conhecimento do perfil, relacionamentos, necessidades e preferências do usuário são aspectos importantes, embora questões de privacidade sejam relevantes e sensíveis. De maneira geral, as plataformas de mídia social disponibilizam funcionalidades que permitem aos seus usuários configurar níveis de privacidade e acesso aos seus perfis. Além do mais, de acordo com CAMPAGNA (2016), a partir das preferencias, interesses, necessidades e comportamento são possíveis extrair informações de comunidades em mídias sociais que poderiam enriquecer e apoiar tomada de decisão baseada em um planejamento que leva em conta a informação geoespacial.

Outra questão importante é que nem todas as plataformas sociais disponibilizam uma API ou são interoperáveis. Na verdade, um diferencial entre muitas destas plataformas e as IDEs é justamente a questão da interoperabilidade que é um dos pilares para compartilhamento e reuso de informação.

3.2.2. Disseminação e publicidade

Há dois elementos importantes que precisam ser considerados atualmente. Primeiro que as redes sociais estão se tornando o meio preferencial de obtenção de notícias por parte dos cidadãos. Segundo, a reunião de diversas instituições e comunidades que fazem parte de um ambiente de IDEs traz uma dinâmica maior quando comparado, por exemplo, a uma única instituição divulgando suas informações.

Entretanto, sabe-se que há casos em que uma ou outra instituição pública não tem interesse em dar mais publicidade e transparência as suas informações. Simplesmente por não querer chamar mais atenção, ou às vezes ao ficar em evidência, os problemas também ficam aparentes, ou ainda pelo fato de usar plataformas de

comunicação que não pertencem à esfera pública ou por estarem fora do controle desta, que normalmente possui mecanismos mais rígidos através de normas e procedimentos de comunicação.

Assim uma das questões importante no contexto de IDEs é a publicidade/divulgação dos produtos e dos benefícios e sua utilização. ÁLVAREZ *et al.* (2010) apontam a oportunidade de empregar as redes sociais como mecanismos de comunicação e publicidade de IDEs. Para CERBOVA e CERBA (2012), as mídias sociais são capazes de dar publicidade as informações disponíveis em IDEs, além de criar um fluxo de informação. Este fluxo na verdade é uma via de mão dupla, sejam as instituições criando e dando publicidade as IDEs em redes sociais, sejam os usuários divulgando e compartilhando *links* para geoportais, serviços, camadas e produtos de uma IDE, conforme ilustra esta relação na Figura 3.3.

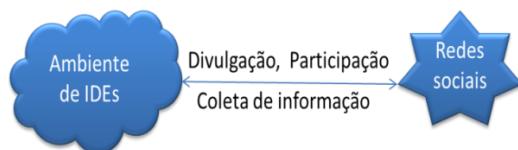


Figura 3.3 - Relacionamento de via dupla.

De acordo com MERGEL (2013), na esfera de governo, as aplicações de mídia social oferecem a oportunidade de integrar informações e opiniões dos cidadãos no processo de elaboração de políticas públicas de maneiras inovadoras, aumentar a transparência, compartilhando informações em canais de mídia social e colaborar com o público para preparar decisões ou criar soluções para problemas governamentais. No Brasil, alguns órgãos já possuem canais de comunicação em mídias sociais, por exemplo, o Ministério de Planejamento (MP), o Ministério da Transparência (MT), a Controladoria Geral da União (CGU), o IBGE e o Tribunal de Contas da União (TCU) possuem contas no Facebook. Outra questão interessante do uso de mídias sociais é a própria publicidade entre as esferas de governo. Isto dá indícios da necessidade de uso de tais canais de comunicação em ambientes de IDEs. Destarte, urge-se que o plano de ação da INDE seja atualizado, no capítulo 7 sobre difusão e divulgação para contemplar as mídias sociais.

Neste sentido, propomos para o ecossistema IDEH-Co⁴ a criação de contas em mídias sociais como um mecanismo de disseminação, transparência e integração de informação, já que no Brasil a informação produzida na esfera de governo é considerada pública e o governo vem estimulando a participação do cidadão.

3.2.3. Funcionalidades sociais para apoiar o desenvolvimento e disseminação de IDEs

Outro aspecto relevante e contemporâneo são as funcionalidades sociais que também poderiam ser utilizadas em ambiente de IDEs para apoiar a gestão de conhecimento. Estas funcionalidades, ilustradas na Figura 3.4, desencadeiam em atividades que são realizadas nas diversas plataformas de mídia social e que podem ser aplicadas aos recursos e usuários de IDE.

Funcionalidades sociais	Exemplos
Curtir (like)	Gostar de uma camada, uma mapa, de um novo produto
Não curtir	Não gostar de uma camada, uma mapa, de um novo produto
Seguir	Seguir um usuário, uma instituição
Parar de seguir	Deixar de seguir um usuário, uma instituição
Comentar	Comentar um produto, uma camada, uma mapa, uma contribuição,
Mensagem	Enviar mensagens para usuários
Rankear (★★★★★)	Rankear um produto, uma camada, um mapa
Notificar	Notificar seguidores sobre produtos novos, camadas atividades
Recomendar	Recomendar uma camada, um produto, um contribuinte
Compartilhar	Compartilhar camadas, produtos, mapas, comunidades
Convidar	Convidar usuários internos e externos para participar de uma comunidade ou projeto
Reputação	Criar reputação para contribuintes e comunidades
Requisitar	Requisitar alguma ação para que seja tomada
Marcar	Marcar e guardar uma camada ou uma comunidade
Classificar	Permitir que o conteúdo seja classificado e compartilhado por um usuário
Endossar	Endossar as habilidades de um usuário

Figura 3.4 - Exemplos de funcionalidades sociais.

Estas *affordances* permitem descobrir e atrair membros com interesses comuns, além do compartilhamento de informações. Por exemplo, muitas vezes quando alguém compartilha um conteúdo pode despertar interesses de outras pessoas e assim colaborando para a manutenção do ambiente social. Outro exemplo, ao ratificar habilidades de um usuário, este passa a ganhar mais notoriedade e talvez mais interesse em fazer parte desta rede. Além disso, recursos que são bens avaliados tendem a atrair mais interessados, por outro lado, aqueles com avaliação baixa tem a oportunidade de tentar melhorar.

Também há que se considerar a interação dos usuários por meio de opiniões, necessidades, preferências e mensagens nas redes sociais associadas as IDEs. Para isto sendo necessário criar conta nas redes sociais para uma IDE e recursos técnicos e humanos para apoiar este tipo de interação e priorizar necessidades e reivindicações mais relevantes. Por exemplo, um usuário pode estar solicitando a inclusão de metadados e uma determinada camada de informação.

Examinando algumas destas funcionalidades sociais e representando em um diagrama de comunicação em UML, de maneira adaptada, é possível reconhecer um padrão de representação para estas *affordances*, ilustrada na Figura 3.5. Observe que outros cenários de atividades poderiam ser criados e neste sentido, como forma de embutir estas funcionalidades em ambientes de IDEs, propomos a abstração apresentada no diagrama de classe da Figura 3.5 para a IDEH-Co⁴.

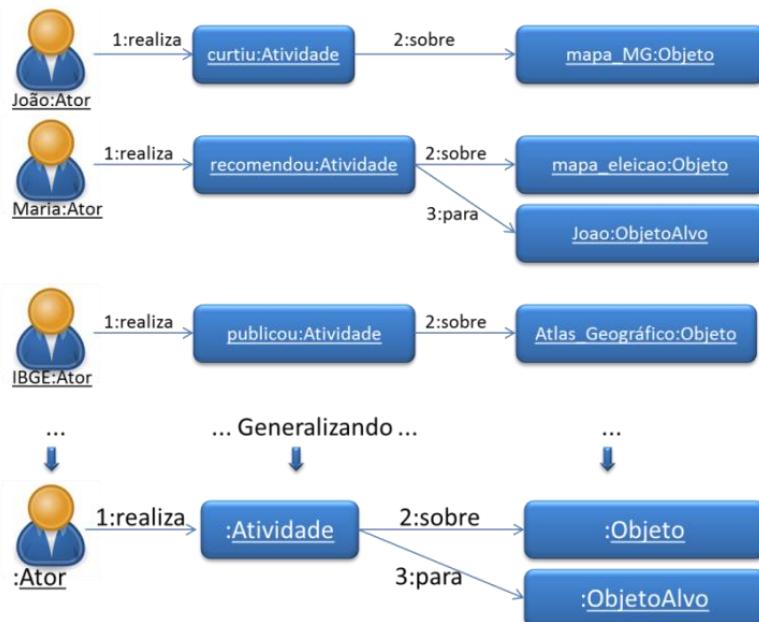


Figura 3.5 - Diagrama de comunicação das atividades em UML.

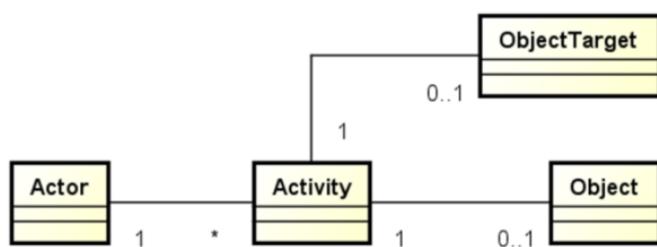


Figura 3.6 - Diagrama de classe de atividades.

Note que a partir dos registros das atividades dos usuários é possível fazer uma análise destas atividades relacionadas aos recursos e usuários, apoiando assim a gestão

do conhecimento em ambientes de IDEs. Entretanto é preciso que este tipo de informação seja interoperável e acessível. Para isto propomos o uso de dados ligados, que se relaciona intimamente com a *Web dos Dados*, para atender estas funcionalidades. Os Capítulos 5 e 6 abordam a questão do *linked data*.

3.2.4. Coleta de informação através de mídias sociais

As plataformas de mídia social podem aumentar as oportunidades de coletar, não apenas informações geográficas representando as condições atuais da área de estudo, mas as percepções dos usuários sobre fenômenos espaciais. CRISCUOLO *et al.* (2016) citam que o conteúdo gerado pelas redes sociais pode ser fornecido de duas maneiras: a direta, com a participação consciente do usuário voluntário; e a indireta, sem a consciência do usuário, por exemplo, sob a forma de texto ao comentar eventos, dar conselhos, avisos relacionados com localizações físicas, postar fotografias com etiquetas georreferenciadas, pontos de interesse correspondendo a destinos para fins turísticos ou comerciais etc. Há também a possibilidade de contar com o engajamento de cidadãos através destes meios de comunicação, principalmente para questões relevantes que envolvem a todos de uma maneira geral. Em BORBA *et al.* (2016) é registrado o engajamento de cidadãos através do *twitter* sendo simulado o uso de uma *string* de busca relacionada a lugares com possível foco da Dengue. Tal iniciativa faz parte deste trabalho ao disponibilizar serviços de *stream* que serão apresentados nos Capítulo 7.

De acordo com STEFANIDIS *et al.* (2013), o grande desafio no uso de mídias sociais é encontrar, integrar e analisar tais informações requerendo novas qualificações que residem na intersecção de disciplinas como geografia, ciências sociais, linguística e ciência da computação. A título de exemplo a Figura 3.7 apresenta algumas APIs relacionadas às mídias sociais que poderiam ser consumidas e/ou relacionadas às camadas/produtos de informações pertencentes as IDEs. Ressaltamos, ainda neste contexto, algumas barreiras, como problemas de interoperabilidade legal, institucional e sócio-técnica. Neste exemplo, aprender a API do *Facebook* não ajuda entender a API do *Twitter* ou qualquer outra. Os Capítulos 5 e 6 discutem esta questão.

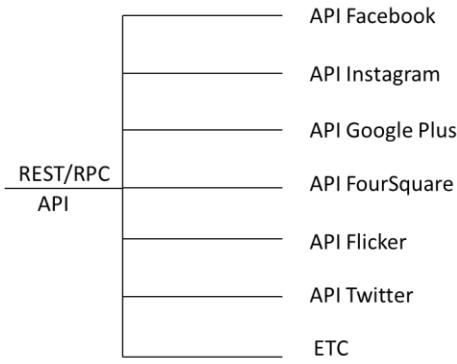


Figura 3.7- APIs para acessar conteúdo de mídias sociais e aplicações.

3.3. Convergência de *Crowdsourcing*, Informação Geográfica Voluntariada (VGI) e Sistemas Colaborativos no contexto da GeoWeb

O surgimento da *Web 2.0*, também denominada de *Web Social*, originada de um conjunto de tecnologias permitiu a formação em grande escala de comunidades sociais de colaboração *online* (O'REILLY, 2007; BISHR e KUHN, 2007). O acesso mais amplo a conexão de banda larga por preços acessíveis, a disponibilidade e popularização de sistemas de posicionamento global e formas cada vez mais atrativas e participativas de interação na *Web* voltadas para usuários são um marco diferencial da *Web 2.0* para *Web 1.0*, permitindo um grande número de pessoas criar e compartilhar diferentes tipos de informações, inclusive geográficas (HAKLAY *et al.*, 2008; GOULD *et al.*, 2008).

Este crescimento se baseia na capacidade humana de comunicar e compartilhar dados e informações através de ferramentas simples e fáceis de usar, muitas vezes disponíveis e acessíveis gratuitamente sem a necessidade de perfil especializado para manuseá-las (HUDSON-SMITH *et al.*, 2009). Acrescenta-se a isto uma nova geração digitalmente nativa que possui hábitos mais abertos para compartilhamento e colaboração *online*, cujo incômodo da intensa exposição nas mídias sociais não é uma questão crítica.

Dentro desse contexto, termos como Conteúdo Criado pelo Usuário (UCC) (VICKERY e WUNSCH-VINCENT, 2007), Conteúdo Gerado pelo Usuário (UGC) (KRUMM *et al.*, 2008), Produtor-Consumidor (*Prosumer*) (VAN DIJCK, 2009), PPGIS (*Participatory Public GIS*) (BROVELLI *et al.*, 2013), *Participatory Sensing* (BURKE

et al., 2006), *Crowdsourcing* e a Informação Geográfica Voluntariada (VGI) relacionam-se a produção e consumo de algum tipo de conteúdo, de maneira explícita ou implícita, e que de certa forma estão apoiados, atualmente, nas tecnologias da *Web* 2.0. Observa-se que o fenômeno do conteúdo gerado pelo usuário é parte de uma mudança cultural que muito recentemente levou à adoção de princípios abertos e uma abordagem mais colaborativa e de compartilhamento de recursos de informação (CAPINERI, 2016). Destarte as subseções a seguir apresentam a evolução da *Geo Web*, o conceito de *Crowdsourcing*, as plataformas existentes e etapas para esse processo bem como o *Crowdsourcing geospatial*, também conhecido como Informação Geográfica Voluntariada (VGI), e Sistemas Colaborativos para a informação geográfica.

3.3.1. Geospatial Web (GeoWeb)

De acordo com HAKLAY *et al.* (2008), o termo "*Geospatial Web*" implica a fusão de informação geográfica com a informação abstrata que domina a Internet. RAMAGE e REICHARDT (2010) afirmam que *GeoWeb* é um termo relativamente novo e abrangente e em alguns casos, referindo-se as mesmas coisas como democratização dos dados e serviços espaciais das IDEs, mas muito influenciado pelas novas tecnologias e voltada aos usuários comuns. Os autores afirmam que a união entre IDEs e a *GeoWeb* ainda é uma área para a descoberta e experimentação. Para PETERSON (2012), uma mudança importante ocorreu em 2005 na forma como os mapas eram entregues quando o *Google Maps* implementou um sistema de mapeamento baseado em mosaico (*tile mosaic*) usando *Asynchronous JavaScript and XML*(AJAX) que facilitou e aumentou a interatividade com mapas na *Web*. No ano seguinte, foi lançada uma *Application Programmer Interface* (API) que deu aos desenvolvedores acesso às funções de mapeamento.

MASSER (2009) ressalta que a *GeoWeb* evoluiu alinhada à *Web* 2.0 sendo assim participativa, dinâmica, voltada para o usuário, heterogênea e de baixo acoplamento via *mash-up*⁹. (SUI e GOODCHILD (2011) afirmam que o crescimento exponencial da *GeoWeb* e da informação geográfica, disponibilizada por usuários através de várias APIs, fez do ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG)

⁹ *Mashup* – No contexto da *Web*, trata-se do uso de diferentes conteúdos de uma ou mais fontes para consumo ou criação de serviços.

uma mídia poderosa com mapas, imagens e fotos que possibilita o público em geral se comunicar, criando um meio de diálogos construtivos e interações sobre questões sociais.

COLEMAN (2010) afirma que a popularização do posicionamento por *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) disponível em *smartphones*, as inovações das aplicações de mapeamento na *Web*, das comunicações via dispositivos móveis “*smarts*” e tecnologias colaborativas ultrapassaram a visão original de programas da *Global Spatial Data Infrastructure* (GSDI) dirigidos à comunidade de IDEs. Desta forma, é possível afirmar que tais elementos tecnológicos são, atualmente, os pilares da *GeoWeb*.

De maneira geral a *GeoWeb* moderna pode ser vista como uma especialização da *Web* 2.0, já que envolve conceitos de colaboração, conteúdo gerado por usuários empoderados e características de mídias sociais, apoiadas por uma diversidade de plataformas e ferramentas que apresentam o componente geoespacial como um elemento básico. HENNIG *et al.* (2013) ressaltam a importância da *GeoWeb*, mas destacam questões legais, de privacidade e de propriedade intelectual que devem ser incluídas no processo de reflexão em torno de dados espaciais.

O papel dos usuários, que tradicionalmente era de um mero consumidor de conteúdo, na *Web* 2.0 passa a ser de produtor de conteúdo com o ferramental e o poder da interação aliados ao ambiente distribuído e mais colaborativo e atrativo. Isto ao longo dos últimos anos vem reforçando e promovendo o conceito de compartilhamento e colaboração através de *sites* e serviços oferecidos na internet e transformando a *Web* em uma grande plataforma de sistemas distribuídos, principalmente via APIs.

Contudo, um novo problema surge uma vez que para o uso destas APIs é preciso que se programe um cliente específico que interprete cada uma destas APIs. A título de exemplo, seja um cliente programado para interpretar a API do *Wikimapia*; este cliente não poderá ser usado para interpretar a API do *OpenStreetMap* (OSM), ou seja, é preciso programar um novo cliente para interpretar também a API do OSM.

Em um cenário, principalmente na *GeoWeb*, em que cada vez mais aparecem novas APIs, a criação de clientes que precisem interpretar esta diversidade de APIs fica impraticável. Uma das formas de melhorar este cenário é através do uso de *linked data* e vocabulários universais, assuntos que serão tratados no contexto da IDEH-Co⁴ sendo apresentados no Capítulo 5 e 6.

3.3.2. Crowdsourcing

Crowdsourcing pode ser entendido pela execução de determinadas atividades, em favor de uma instituição, por um grupo de pessoas que é convocado de forma aberta, usando principalmente a internet como meio de comunicação e realização, em um determinado contexto.

O termo *Crowdsourcing* foi cunhado por Jeff Howe, em um artigo da revista *Wired Magazine* no ano de 2006. A palavra é formada pela aglutinação das palavras: *Crowd* (Multidão) e *Outsourcing* (Terceirização) (SCHENK e GUITTARD, 2009). Dessa forma, algumas atividades que antes eram realizadas exclusivamente por funcionários ou contratados (empresas ou pessoas terceirizadas), puderam ser realizadas por um grupo de pessoas indefinido e em rede (HOWE, [s.d.]).

Crowdsourcing busca mobilizar competências e capacidades, que estão distribuídas entre a multidão e podem ser empregadas em diferentes contextos na resolução de problemas (ZHAO e ZHU, 2012). Salienta-se que o termo se expandiu na literatura, conforme retratado em VUKOVIC e BARTOLINI (2010), AROLAS e GUEVARA (2012) e BRABHAM (2013), além da necessidade de considerar tipos distintos de sistemas (GEIGER *et al.*, 2011; DOAN *et al.*, 2011). Porém de acordo com PRPIĆ *et al.* (2015) muitos gestores hesitam em considerar *Crowdsourcing* por não entenderem como seus vários tipos poderiam agregar valor às instituições. Tendo em vista este contexto mais amplo sobre o tema, neste trabalho será empregada a definição apresentada por AROLAS e GUEVARA (2012) em que:

Crowdsourcing é um tipo de atividade participativa em que um indivíduo, uma instituição, uma organização sem fins lucrativos, ou uma empresa propõe algo a um grupo de indivíduos de conhecimentos variados, possivelmente heterogêneo e numericamente grande, via chamada aberta/flexível, a realização de determinada tarefa.

Segundo WHITLA (2009), a chamada aberta significa uma chamada a qualquer pessoa/instituição que possa colaborar ou uma chamada limitada para uma determinada comunidade com conhecimento e habilidade específicos e ou ainda uma combinação na qual a participação é controlada. Salienta-se que no contexto deste trabalho, o termo multidão será aplicado a qualquer conjunto de pessoas ou coisas, em que o conteúdo gerado pode estar relacionado a pessoas ou dispositivos.

Apesar de ser um tema relativamente novo na pesquisa científica, *Crowdsourcing* tem ganho força e vem sendo usado na prática em uma infinidade de diferentes contextos (GEIGER *et al.*, 2011). De fato, *Crowdsourcing* evoluiu para se tornar rapidamente o atalho para uma variada gama de atividades através da Internet (DAVIS, 2011) e pode ser visto como um método de resolução de problemas de propósito geral (DOAN *et al.*, 2011). Importante ainda citar que devido às várias definições e emprego, é preciso distinguir *Crowdsourcing* como um processo, em vez de uma ferramenta ou sistema (BRABHAM, 2013).

Neste sentido, baseado na revisão da literatura, propomos no contexto da IDEH-Co⁴ o modelo em IDEF0 (KIM e JANG, 2002) apresentado na Figura 3.8 e descrito no Quadro 3.2 como elemento básico para resolução de problemas que poderiam envolver a multidão.

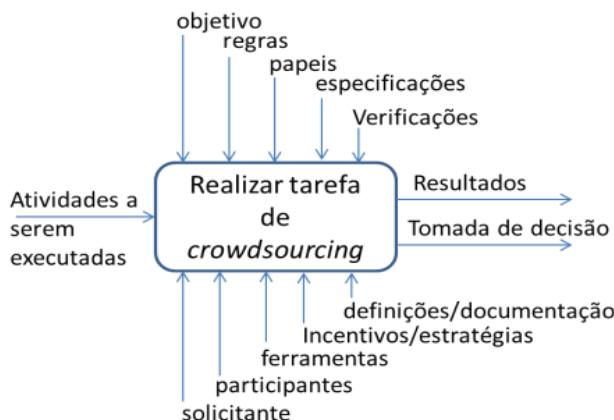


Figura 3.8 - Processo de Realização de Tarefa de *Crowdsourcing*.

Quadro 3.2 - Descrição do processo de Realização de Tarefa de *Crowdsourcing*.

- Atividades a serem executadas: São as atividades definidas para alcançar o objetivo e distribuídas para os participantes.
- Objetivo: Define o que deve ser feito para atingir os resultados desejados.
- Regras: Definem as condições para realizar a tarefa. Por exemplo, para participar é preciso ter conhecimento de uma determinada região.
- Papéis: São os papéis que precisam ser desempenhados pelos participantes nas contribuições das tarefas.
- Especificações: Definem como as atividades devem ser realizadas. Por exemplo, divisão em atividades que possuem algumas informações obrigatórias. Atividades que precisam ser processadas, agregadas ou filtradas.
- Verificações: Definem tipos de checagem que podem ser realizados durante as atividades dos contribuintes. Por exemplo, verificar aleatoriamente a conduta e ações de contribuintes. Se algum contribuinte está agindo intencionalmente de má fé em atividades etc.
- Solicitante: Define quem é o solicitante. Poder ser uma pessoa, um grupo ou uma entidade.
- Participantes: Definem os participantes, de livre iniciativa ou compulsoriamente, que podem ser pessoas, grupos ou qualquer entidade ou mesmo dispositivos de comunicação.
- Ferramentas: Definem a plataforma ou os sistemas que darão sustentação para que tarefas sejam criadas e realizadas por participantes que através de uma chamada flexível possam ser convidados.
- Incentivos/estratégias: Definem a maneira e os benefícios que os participantes recebem em

contrapartidas por realizar as atividades de uma tarefa. Pode-se usar como estratégia, por exemplo, aplicar técnicas de jogos para incentivar os participantes; criar mecanismos de reputação e pontuação; dar prêmios etc.

- Definições/documentação: Guia, exemplos, ou documentação que auxiliam o entendimento para realização da tarefa.
- Resultados: Consistem nas saídas em decorrência da realização das atividades.
- Tomada de decisão: Decisões podem ser tomadas. Por exemplo, refazer parte da tarefa, banir um contribuinte que fraudou uma atividade, recompensar participantes etc

3.3.2.1 Plataformas e ferramentas de Crowdsourcing

Existem outras variantes de *Crowdsourcing*, como por exemplo, *CrowdFunding*, *CrowdDesign* e *CrowdVoting*. *CrowdFunding* é a modalidade que permite que empreendedores financiem seus esforços com base em contribuições relativamente pequenas de um número razoavelmente grande de indivíduos usando a *Web* (MOLICK, 2014). *CrowdDesign* é a modalidade que faz uso da inteligência coletiva e criatividade da multidão para projetos inovadores ou produção de conteúdo (DICKIE *et al.*, 2014). *CrowdVoting* é modalidade que requer a multidão votando para escolha ou tomada de decisão sobre algum conteúdo (PRPIĆ *et al.*, 2015). Muitas destas variantes são disponibilizadas por sistemas e plataformas, conforme apresentado no Apêndice A. Por exemplo, é possível usar a plataforma *Mechanical Turk* em uma atividade de *crowdvoting* para escolha de uma imagem que melhor represente uma localidade. No Apêndice A há exemplos de plataformas e aplicações de *Crowdsourcing* analisadas no contexto da tese com o objetivo de mapear esses sistemas e suas utilidades para o contexto de IDE.

3.3.2.2 Etapas do processo de Crowdsourcing

Uma questão importante na realização das tarefas de *Crowdsourcing* são os critérios a serem utilizados nas etapas a serem realizadas durante todo o processo. Estes critérios devem ser avaliados e estabelecidos antes de iniciar, durante e após realização da tarefa ou processo. Para exemplificar, seja uma atividade que requeira que o voluntário tenha experiência, seja membro de um grupo, possua qualificação adequada, passe por um treinamento *online*, tenha conhecimento da área em questão. Assim, as plataformas existentes, em geral, exigem um preenchimento de um cadastro ou um determinado perfil para participar de uma tarefa, ou ainda algum outro tipo de pré-requisito para participação.

No caso de atividade em curso, a plataforma pode oferecer um resumo estatístico levando em consideração, por exemplo, a localização, quem fez o que e apresentar uma análise exploratória quanto à redundância de informação. A partir deste resumo, algumas amostras podem ser analisadas, a atividade pode ser monitorada e algum tipo de validação pode ser realizado. Em outras palavras, durante a realização das atividades podem ser efetuados checagem ou monitoramento das atividades da tarefa.

No Pós (Fechamento), término da tarefa, o conteúdo gerado pode ser validado, ser criado critérios de aceite, ser efetuada uma análise do conteúdo, efetuar o aceite com base na classificação ou recomendação, a partir dos resultados e tomadas de decisões em função dos dados obtidos e das análises realizadas.

Desta forma conclui-se que no processo de *Crowdsourcing* é preciso considerar três etapas: i) antes de iniciar, ii) durante a realização e iii) após a realização. Observa-se também que na divisão da tarefa em atividades, uma ou mais delas poderiam ter o mesmo comportamento da tarefa, ou seja, divisão em três etapas de processo. Além do mais, há uma representação canônica para sistemas de *Crowdsourcing* que normalmente possui o papel de solicitante que prescreve a tarefa, uma plataforma (sistema) e o papel do executor que realiza as atividades da tarefa, conforme ilustrado na Figura 3.9.

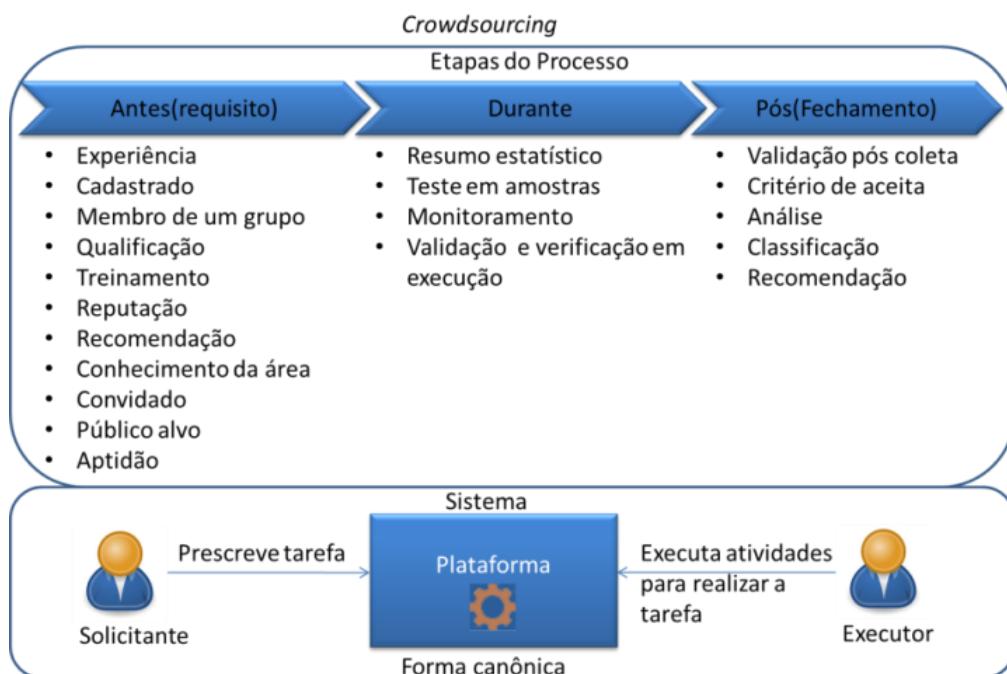


Figura 3.9 - Etapas do processo e forma canônica de sistemas de *Crowdsourcing*.

3.3.3. VGI/Crowdsourced geospatial information e Sistemas Colaborativos

Uma área que se beneficiou do uso de *Crowdsourcing* foi justamente aquela que trata do domínio da informação geoespacial. Aliado a isso o surgimento da neogeografia também favoreceu ao ambiente de informação geoespacial. Segundo TURNER (2006) a neogeografia combina as complexas técnicas de cartografia e SIG e as coloca ao alcance de usuários e desenvolvedores possibilitando as pessoas usarem e criarem seus próprios mapas, em seus próprios termos ao combinar elementos de um conjunto de ferramentas existentes (TURNER, 2006). De acordo com HUDSON-SMITH *et al.* (2009), o termo relaciona-se com a re-emergência da importância da geografia dentro das tecnologias da *Web 2.0*. Para GOODCHILD (2009) a neogeografia tem sido definida como uma indefinição das distinções entre produtor, comunicador e consumidor de informação geográfica. Por último, a neogeografia implica em compartilhamento de informações de localização com os amigos e visitantes, ajudando formatar um contexto, e transmitir informação através do conhecimento sobre o espaço vivido ou o lugar vivido (HAKLAY *et al.*, 2008).

O termo Informação Geográfica Voluntariada (VGI) denota informação geográfica, que é coletivamente contribuída por uma multidão heterogênea de voluntários (REHRL *et al.*, 2013). Especializado conceitualmente do conteúdo gerado pelo usuário e associado à neogeografia, a VGI entrou no radar das pesquisas acadêmicas. COLEMAN (2013) afirma que iniciativas de VGI para instituições públicas e privadas, em todo o mundo, estão atualmente em curso ou em estudo.

GOODCHILD (2007a) introduziu esse termo para designar o papel da sociedade como produtora de informação geográfica, uma função que durante séculos tem sido executada por instituições oficiais de governo. Também é comum o uso do termo *Crowdsourced geographic information* conforme visto em (HAKLAY *et al.*, 2014; HEIPKE, 2010; GOODCHILD e GLENNON, 2010). Assim, VGI também é considerado um tipo de *Crowdsourcing*.

Um fato importante ressaltado por GOODCHILD (2007a), além da heterogeneidade, é a questão do envolvimento generalizado de um grande número de cidadãos voluntários, muitas vezes com pouca qualificação formal, na criação de informação geográfica. Nesta corrente de pensamento, (HAKLAY e WEBER, 2008) afirmam que a necessidade de pessoal com nível de formação especializada mudou dramaticamente ao longo da última década. Além disso, tal voluntariado parece fornecer

uma solução viável para o que é, na realidade, um grande declínio no fornecimento de informação geográfica em todo o mundo por parte das instituições oficiais (GOODCHILD, 2007a). Ainda de acordo com este autor, VGI se encaixa no modelo de uma IDE, facilitando a troca de informação geográfica entre os indivíduos em uma comunidade (GOODCHILD, 2007a), apesar das diferenças entre VGI e IDE (CASTELEIN *et al.*, 2010).

Alguns temas como, por exemplo, Participação Pública em GIS (PPGIS) (ZHAO e COLEMAN, 2006) ou mesmo o uso de voluntários para projetos de mapeamentos em instituições oficiais (WOLF *et al.*, 2011) estão presentes desde a década de 90 e foram aprimorados a partir de meados da década de 2000, principalmente por causa das novas tecnologias, em especial da *Web* 2.0 e novas aplicações GIS baseadas na *Web* como, por exemplo, *Google Maps* e *Bing Maps* que fazem uso maciço de imagens orbitais e fornecem uma interface de usuário simples e intuitiva (SUI e GOODCHILD, 2011), além de geração de conteúdo explicitamente ou implicitamente por sensores embutidos em *smartphones* ou instalados em diferentes localizações. Podemos citar também os diversos sensores monitorando e disponibilizando informações como temperatura, poluição, volume de chuvas, fluxo de veículos etc.

Nesse contexto, BORBA *et al.* (2016) citam que eventos como acidentes de trânsito, engarrafamentos, alagamentos, deslizamentos, vazamentos, crimes, incêndios, epidemias, poluição sonora, surgimento de novos empreendimentos, bem como a produção de dados por sensores, afetam ou são de interesse de muitas pessoas e instituições. Tais eventos, ao ocorrerem produzem na computação social um fluxo de informação na internet, gerando um novo conjunto de sistemas inter-relacionados cujas relações são muito menos transacionais e de previsão, e o conjunto de atores externos é desconhecido e de alta escalabilidade (GEIGER *et al.*, 2011).

Nesse ambiente de Sistemas Colaborativos distribuídos, além de suas funcionalidades voltadas para a colaboração, muitas vezes eles apresentam características das mídias sociais, entretanto boa parte sem considerar a interoperabilidade como uma característica fundamental. A Figura 3.10 apresenta uma abstração de sistemas na *Web*, onde os pontos representam os diversos sistemas colaborativos distribuídos, e alguns deles muitas vezes se encontram isolados e não interoperam com outros sistemas, pois são construídos independentes, sem levar em consideração padrões ou simplesmente por visarem lucro ou por competirem com

outros sistemas. Entretanto, para o ambiente de IDEs o aspecto da interoperabilidade, seja legal, institucional ou sócio-técnica é crítico para o funcionamento adequado e atendimento dos objetivos. Assim nas IDEs, as aplicações e serviços não se rivalizam, pelo contrário são em muitos casos simbióticos, mas de certa forma muitos dos sistemas colaborativos poderiam fazer parte de uma IDE, ainda que de forma não oficial.

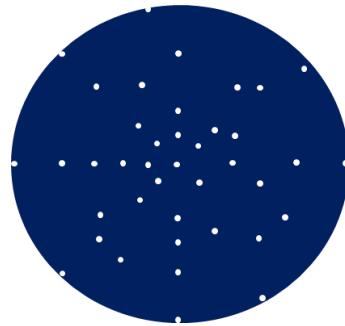


Figura 3.10 - Sistemas colaborativos distribuídos isolados e por vezes não interoperáveis com outros sistemas.

Destarte, em função desta grande variedade de sistemas colaborativos cujo tipo de conteúdo pode estar relacionado com uma diversidade de temas, necessidades e domínios, a seguir citamos alguns exemplos de tarefas relacionadas à colaboração ou sugestão ou denúncia para geração conteúdo:

1. Participação em comunidades de interesse;
2. Compartilhamento de opinião sobre determinada localização;
3. Postagem de resposta de uma dúvida;
4. Postagem de recomendação de um restaurante, casa de show, hotel etc;
5. Compartilhamento de um atlas geográfico;
6. Verificar se na imagem há vegetação;
7. Tradução de um texto de maneira colaborativa implicitamente;
8. Classificação de uma imagem quanto à qualidade;
9. Identificando elementos em uma imagem;
10. Inclusão de um *tag* identificando um elemento em uma imagem;
11. Digitalização em estrutura vetorial de um ponto de interesse;
12. Levantamento de informações sobre um local;
13. Sugestão de um novo equipamento público (escola, hospital, praça entre outros) em um local;
14. Classificação da qualidade de um sinal de celular em determinada área;
15. Sugestão de investimento público para determinada ação em uma localização;

16. Monitoramento de algum tipo de evento em alguma localização;
17. Monitoramento de algum fenômeno em alguma localidade;
18. Solicitação de melhoria de um ponto de interesse;
19. Definição de algum caminho para a prática de alguma atividade;
20. Denuncia de alguma prática irregular ou proibida em determinada área;
21. Fotografia de um veículo estacionado em um lugar proibido;
22. Apontamento de um local onde houve acidente;
23. Entre outros.

3.3.3.1 Categorização de sistemas e plataformas colaborativas

Assim, dentro do contexto de sistemas colaborativos voltados para as tarefas de *Crowdsourcing geospatial*, propomos a classificação, apresentada na Figura 3.11, como um modelo básico de categorização destas diversas plataformas e que de alguma forma poderiam compor e fazer parte do conjunto de serviços disponibilizados pelo ambiente de IDEs de maneira nativa ou através de integração via APIs ou ainda de um misto. As categorias são descritas no Quadro 3.3. Ressaltamos que muitas plataformas encaixam-se em mais de uma categoria. Desta forma no Apêndice B são apresentadas diversas plataformas estudadas e analisadas com a classificação proposta.



Figura 3.11 - Categorias básicas de Sistemas Colaborativos.

Quadro 3.3 - Descrição das categorias básicas de Sistemas Colaborativos para informação geográfica.

Categoría	Descrição
Mapeamento Básico e Temático	São as plataformas e ou sistemas colaborativos que possuem funcionalidades voltadas principalmente para atividades de mapeamento. Nestas plataformas é possível fazer edição de elementos geográficos de diversas categorias como sistema de transporte, hidrografia, localidades, relevo etc. Também é possível encontrar elementos temáticos como, por exemplo, demografia, segurança etc.
Classificação e Análise	São as plataformas e ou sistemas colaborativos que possuem funcionalidades voltadas principalmente para atividades de classificação ou análise de alguma informação quanto algum atributo ou qualidade ou ainda fornecimento de mais informações. Por exemplo, percepção de mudanças em uma imagem que está desatualizada, etiquetar uma imagem com mais informações visando enriquecer-la na forma de metadados ou levantamento de dados, reconhecimento de padrões para diferenciar elementos visualizados em uma imagem etc.
Comunidade de Interesse	Plataformas e ou aplicações que permitem pessoas com mesmo interesse em determinado assunto criar, compartilhar ou editar conteúdo de maneira colaborativa. Por exemplo, Ebird é uma comunidade que tem interesse em mapear espécies de pássaros (http://ebird.org/)
Coleta e Upload de Mídia e Conteúdo	São os aplicativos e plataformas que permitem que informações, como por exemplo, questionários ou levantamento de informações “in situ” sejam coletados online ou posteriormente enviados para que possam ser integrados, agregados e ou analisados.
Baseado em Localização	As plataformas baseadas em localização utilizam-se da localização do usuário para prover algum tipo de serviço seja indoor ou outdoor. Por exemplo, dentro de um shopping é possível que um aplicativo ofereça ofertas para clientes ao se aproximarem de uma loja. Há aplicações que baseadas na localização do usuário solicitam algum tipo de informação, como o preço da gasolina em um posto de combustível, ou simplesmente para avaliar um hotel. Também há plataformas voltadas para transporte com informações sobre trânsito, melhores caminho em um dado momento, posição de um transporte público em um dado instante etc.
Baseado no Exercício da Cidadania	São aplicações que contam com a participação do cidadão na melhoria de condição de vida de todos. Existem plataformas que permitem aos cidadãos propor algum equipamento público novo ou reforma como, por exemplo, a reforma de uma praça, um novo centro de atendimento médico etc. Ou seja, estas aplicações permitem fazer sugestões de melhorias, denúncias, requisição de algum tipo de ajuste ou necessidade em determinado local.
Baseado em <i>Stream</i>	Plataformas que normalmente produzem um fluxo contínuo de conteúdo online ou em tempo real, por sensores e/ou humanos equipados com algum dispositivo. Podem ser usadas para monitoramento relacionado a diversos temas como, por exemplo, conteúdo produzido por sensores medindo a temperatura continuamente de determinado local. Acontecimentos e discussões momentâneas geradas em <i>microblogs</i> são exemplos de <i>stream</i> .

3.3.3.2 Resumo da categorização

A categorização das diferentes plataformas e sistemas ajuda na compreensão da lacuna entre a *GeoWeb* e as IDEs e na identificação da convergência e reunião de serviços que, em suas essências, deveriam estar integrados e disponibilizados nas IDEs, embora reconhecendo que há serviços que não cabem e nem competem ao ambiente de IDEs. Além disso, percebe-se que de certa forma, há um padrão recorrente nas diversas plataformas e sistemas no que diz respeito aos serviços oferecidos. A Figura 3.12

apresenta de maneira condensada a categorização das plataformas e sistemas analisados e apresentados no Apêndice B.

Objetivos 1 – primário 2 – secundário 3 – terciário	Google Map Maker	OpenStreetMap	EyEOnearth	Ushahidi	MapTube	Colab.Ire	FixMyStreet	Uber	Waze	Moovit	Foursquare	kobotoolbox	Fotoquest	Mapeando	MapGive	Mapquest	MapYourworld	Unicef.gis.org	SIEMA	WikiMapia	Crowdmap	Geo-wiki.org	Wikilocs	Wikimaps	Wikicrimes	Google Maps
Mapeamento Básico e Temático	1	1	1	1	1				2					2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2		
Classificação e Análise							3				2	3	1							1						
Comunidade de Interesse	2	2	2		2				3	2					2			1	2	2	2	1	1	1	3	
Coleta e Upload de Mídia e Conteúdo	3	3	3		3	2	2					1	2			3	2									
Baseado em Localização								1	1	1	1	2			2										1	
Baseado no Exercício da Cidadania							1	1					1			2	3	3							2	
Baseado em Stream				2			2																		2	

Figura 3.12 - Resumo da classificação dos Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas analisadas.

3.3.4. Convergindo plataformas colaborativas com IDEs

Atualmente, diante das plataformas colaborativas e da tecnologia disponível, uma forma complementar para a obtenção de dados para as IDEs e consequentemente para as agências de governo que produzem conteúdo é levar em consideração as diversas comunidades existentes na *Web*. No entanto, muitas das plataformas de *Crowdsourcing* e VGI não são interoperáveis. Algumas são fechadas no sentido de não interoperar com qualquer outro sistema ou plataforma. Outras possuem restrições de acesso, como por exemplo, licença de uso restrita ou simplesmente restrição ao acessar parte dos dados. Há ainda aquelas que disponibilizam os dados de maneira aberta sem restrições de uso, caso do OSM que usa dois tipos de licença (*Open Data Commons Open Database License* e Licença Commons Attribution-ShareAlike 2.0) e qualquer pessoa é livre para copiar, distribuir, transmitir e adaptar. Atualmente o OSM é a plataforma aberta mais importante de *Crowdsourcing geospatial*. O Quadro 3.4

apresenta uma comparação das características de VGI/*Crowdsourcing* geospatial e IDE clássica.

Quadro 3.4 - Comparação de VGI/Crowdsourcing geospatial com IDE clássica.

Características	VGI/ <i>Crowdsourcing</i> geospatial	IDE Clássica
Controle e/ou coordenação	<i>Bottom up.</i>	<i>Top down.</i>
Propósito	De acordo com a necessidade dos interessados.	Principalmente para atendimento de necessidades de governos e especialistas
Objetivo	Tornar os dados disponíveis, principalmente, em seus ambientes.	Tornar a diversidade e heterogeneidade de dados geoespaciais acessíveis.
Controle de qualidade	Variável, podendo haver mecanismos de controle.	Rígido de acordo com critérios, normas e padrões.
Qualidade da informação	Variável, sem valor oficial e heterogêneo.	Muito boa, oficial e heterogênea. Mas pode haver falhas.
Maiores interessados e público alvo	Qualquer cidadão, instituição incluindo os especialistas.	Esfera pública e comunidade de especialistas.
Geração de conteúdo	Qualquer conteúdo de maneira colaborativa.	Conteúdo gerado por especialistas principalmente da esfera pública na perseguição de suas missões.
Framework Legal	Normalmente não há.	Normalmente criado de maneira oficial.
Framework institucional	Normalmente informal.	Normalmente formal. Acordos, arranjos, padrões e coordenação na esfera pública.
Framework tecnológico	GeoWeb; Web 2.0; APIs em REST ou estilo RPC.	Padrões baseados na OGC e na ISO. Arquitetura OWS baseada na SOA.
Localização	Distribuída na Web pela diversidade de aplicações e propósitos.	Distribuída na Web entre as instituições participantes.

No contexto de IDEs, o uso de *Crowdsourcing*/VGI poderia ser considerado em quatro possibilidades. A primeira é o uso de plataformas de terceiros para a realização de tarefas. A segunda o próprio ambiente de IDE fornecendo plataformas para a realização destas tarefas. A terceira seria usando somente os dados produzidos pelas diversas plataformas e quarto uma possível combinação entre as três primeiras possibilidades. A Figura 3.13 apresenta esta convergência.

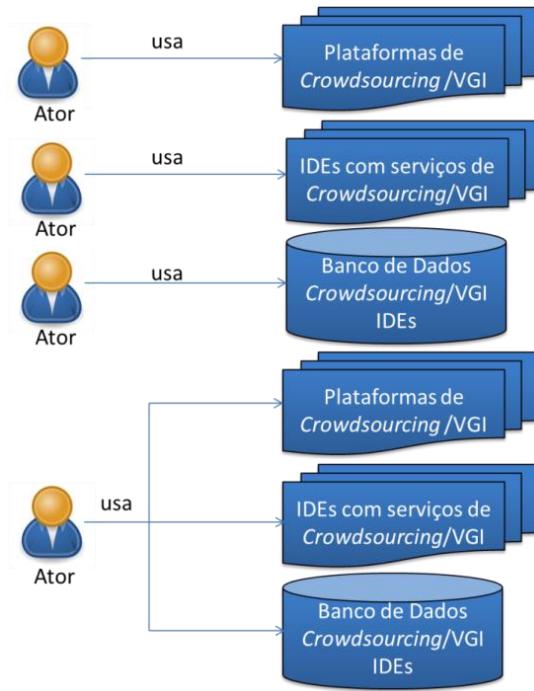


Figura 3.13 - Convergência de uso das diversas plataformas.

3.3.5. Dimensões de *Crowdsourcing* e VGI

Numa tentativa de melhor compreender o processo de *Crowdsourcing/VGI* várias pesquisas já foram e continuam sendo realizadas explorando características de projetos, plataformas, iniciativas e atores envolvidos. As Figuras 3.14 e 3.15 trazem as diversas dimensões que podem ser consideradas durante o processo de *Crowdsourcing* e VGI e os autores enumerados na Figura 3.15 são descritos na Tabela 3.1

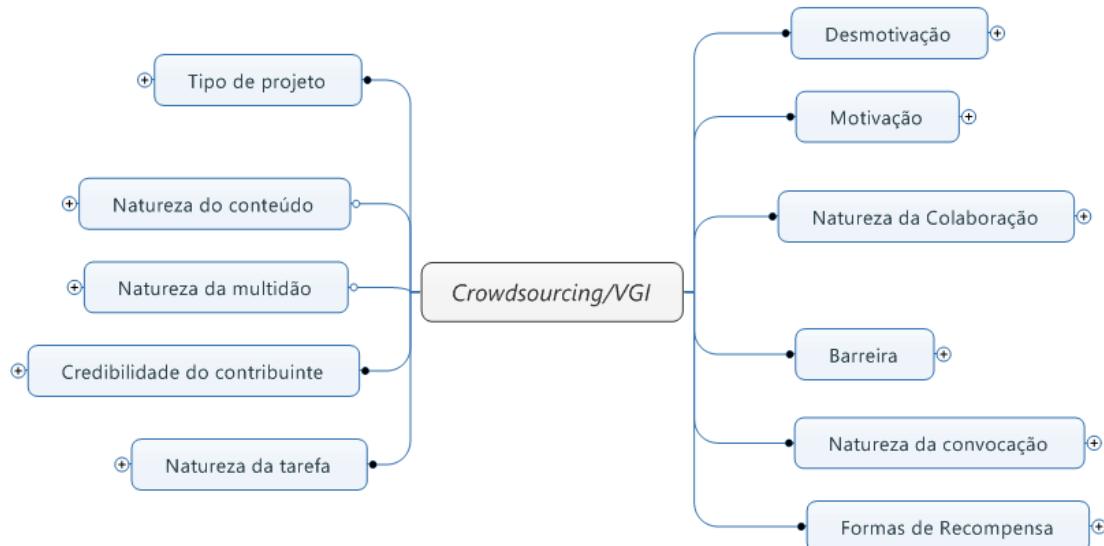


Figura 3.14 - Dimensões de *Crowdsourcing* /VGI.

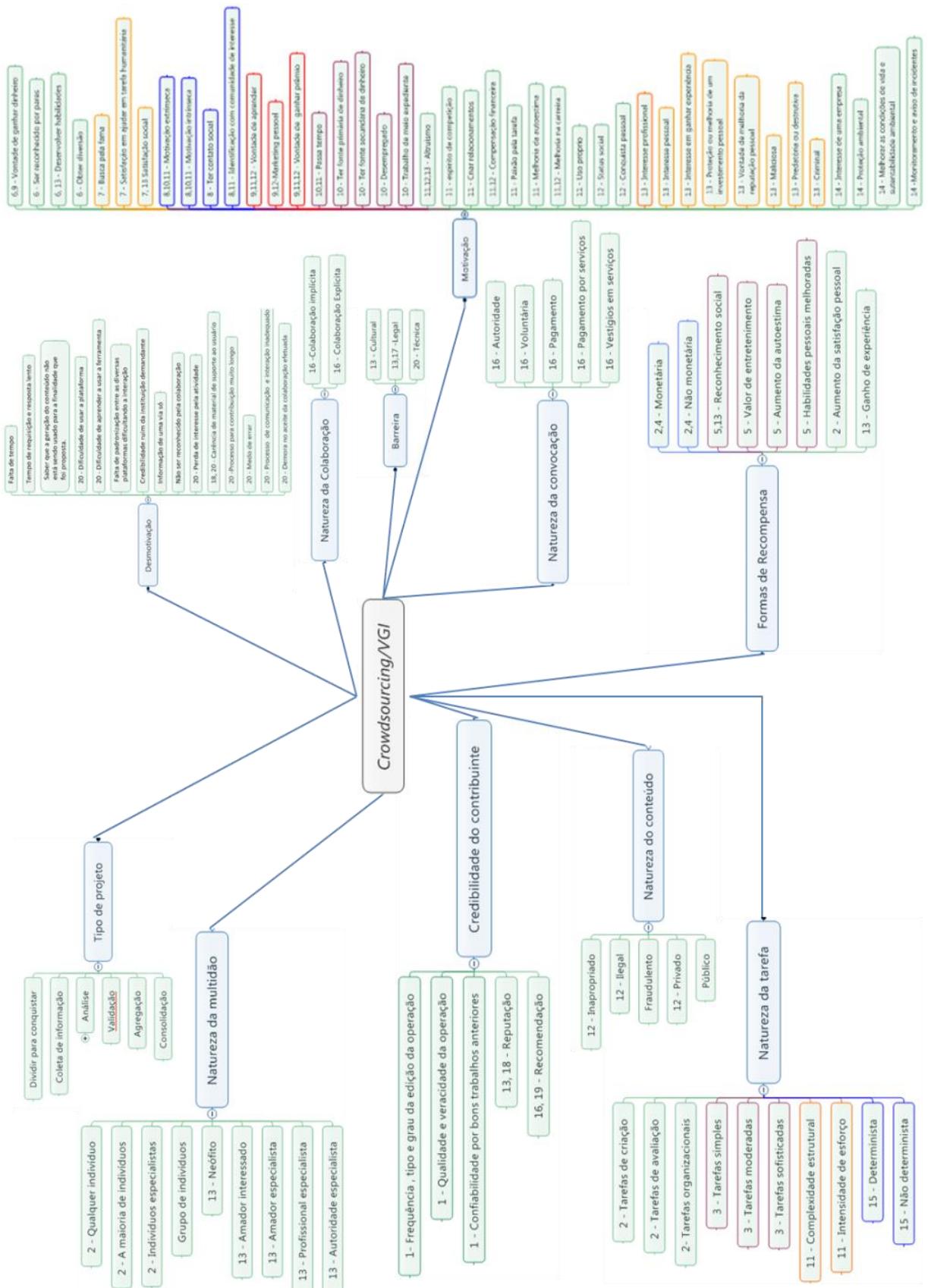


Figura 3.15 - Dimensões em detalhes - com as correspondentes referências bibliográficas apresentadas na Tabela 3.1

Tabela 3.1 - Referências bibliográficas citadas na Figura 3.15.

Assunto tratado no artigo	Fonte/ Referencia bibliográfica
Credibilidade do contribuinte	01 – (GOODCHILD, 2009) 13 – (COLEMAN <i>et al.</i> , 2009) 18 – (CâmARA <i>et al.</i> , 2016) 19 – (ALI, 2016)
Natureza da tarefa	02 – (CORNEY <i>et al.</i> , 2009) 03 – (ROUSE, 2010) 15 – (KERN <i>et al.</i> , 2010)
Formas de recompensa	04 – (VUKOVIC; BARTOLINI, 2010) 05 – (AROLAS e GUEVARA, 2012) 02 – (CORNEY <i>et al.</i> , 2009)
Motivação	06 – (BRABHAM, 2008) 02 – (CORNEY <i>et al.</i> , 2009) 08 – (KAUFMANN <i>et al.</i> , 2011) 09 – (LEIMEISTER <i>et al.</i> , 2009) 10 – (IPEIROTIS, 2010) 11 – (ZWASS, 2010) 13 – (COLEMAN <i>et al.</i> , 2009) 14 – (BORBA <i>et al.</i> , 2012) 03 – (ROUSE, 2010)
Natureza da multidão	02 – (CORNEY <i>et al.</i> , 2009)
Natureza do conteúdo	12 – (VICKERY e WUNSCH-VINCENT, 2007)
Barreiras	13 – (COLEMAN <i>et al.</i> , 2009) 17 – (“Volunteered geographic information (VGI) primer”, 2012)
Desmotivação	18 – (CâmARA <i>et al.</i> , 2016) 20 - (SCHMIDT <i>et al.</i> , 2013) O presente trabalho
Tipo de projeto	15 – (NOV <i>et al.</i> , 2014)
Natureza da colaboração	16 – (DOAN <i>et al.</i> , 2011)

3.4. Questão da interação e qualidade no mapeamento colaborativo.

Conforme já citado e demonstrado no Capítulo 2, muitas das atividades, relacionadas à produção de dados geoespaciais que deveriam estar na INDE demonstram fadiga e necessitando no mínimo de outras formas de complementação e colaboração. Seja entre agências de governo ou mesmo através de conteúdo gerado fora da esfera pública. No que diz respeito à incorporação de conteúdo gerado fora da esfera pública e não oficial, a qualidade é uma questão sensível, seja por preocupação real,

sentimento de ameaça, desconfiança ou ainda relacionado à reputação da instituição produtora.

De fato, interagir com as comunidades de VGIs é uma relação diferente e potencialmente mais complexa do que os governos têm tido com atores da iniciativa privada que podem trabalhar em projetos de mapeamento, como contratados e fornecendo também algum tipo de sistema de informação geográfico ou conteúdo (HAKLAY *et al.*, 2014). Para COOPER *et al.* (2011) os pontos fortes do VGI incluem abertura, orientação para o problema real e interação entre as partes interessadas, enquanto que as fraquezas incluem dados heterogêneos, falta de metadados, contribuintes desconhecidos e a incerteza quanto à confiabilidade dos dados em comparação com os dados oficiais. Por estes motivos e outros COOPER *et al.* (2012) afirmam que alguns tipos de dados oriundos de VGI não se adequam em IDEs, mesmo depois de pós-processamento extensivo e garantia de qualidade. Por outro lado, ELWOOD *et al.* (2012) sugerem que a abundância de dados, o contexto geográfico e a revisão pelos usuários pares e outros contribuintes tornam difícil produzir o dado VGI incorreto.

O fato é que independentemente disto, as agências públicas de mapeamento não estão dando conta de realizar suas atividades a contento, muito em função da falta de pessoal, recurso financeiro, carência técnica, entraves burocráticos etc. Por outro, processos de *Crowdsourcing* têm um grande potencial para apoiar a diversidade de atividades de mapeamento, mas há uma grande preocupação relacionada aos aspectos legais e de qualidade, já que não há instrumentos que garantam que o conteúdo gerado seja adequado e não tenha algo restritivo legalmente.

Da perspectiva da interação e qualidade, um instrumento que poderia ser adotado para auxiliar no controle de qualidade seria o uso de mecanismos ilustrados na Figura 3.9. Assim todo o processo de alguma forma passaria por alguns critérios de qualidade. Um problema relacionado a isto é que para se ter um controle mais abrangente, é preciso que haja alguma coordenação sobre todo o processo e de ferramentas adequadas, algo certamente desafiador.

Destarte, várias investigações foram e estão sendo realizadas nesta área visando dar respostas às questões de qualidade ligadas ao mapeamento colaborativo e atividades de *Crowdsourcing*. Algumas plataformas como o OSM e *Wikimapia* são candidatos alvos à verificação da qualidade principalmente na fase pós-coleta, já que o conteúdo gerado fica disponível.

O grande destaque, atualmente, é sem dúvida o OSM devido à facilidade de acesso aos dados, sua grande base de dados, grande comunidade e questões de licença. De acordo com ALI (2016), o OSM é o projeto de mapeamento colaborativo aberto mais proeminente atualmente, cobrindo a maior parte do mundo, com mais de dois milhões de usuários registrados de maneira que os dados são utilizados em várias aplicações e serviços. Algumas pesquisas sobre OSM mostraram que, em certas regiões, este tipo de informação tem uma variabilidade significativa em relação à sua comunidade, produção e qualidade, além de alguns fatores implícitos e explícitos que influenciam essa variabilidade.

Por exemplo, NEIS *et al.* (2013) realizaram uma pesquisa em 12 áreas urbanas em diferentes partes do mundo sobre o *OpenStreetMap* (OSM- <https://www.Crowdsourcing.org>). Eles descobriram semelhanças e diferenças em relação ao banco de dados e a comunidade de usuários. Um achado interessante dos autores foi as contribuições de voluntários que estavam distantes do local propriamente dito da contribuição. Além disso, suas análises mostraram que as áreas urbanas fornecem diferentes concentrações de dados nos bancos de dados do OSM, mas o número de voluntários não necessariamente correlaciona-se com a densidade populacional geral. Por fim, eles alegam que fatores socioeconômicos e de renda podem ter um impacto sobre o número de contribuintes ativos e sobre os dados fornecidos nestas áreas.

HAKLAY (2010), na mesma linha de pensamento, afirma que em locais onde a população é pobre, a atividade de mapeamento colaborativo tende a ser menor. Isto de certa forma é controverso, veja o caso do Brasil, onde existem projetos de VGI para mapeamento de favelas, onde há baixa renda, como por exemplo, o projeto da Unicef (<http://rio.unicef-gis.org/>) que contou com a participação de moradores e estudantes das comunidades. Outro exemplo é o projeto da organização não-governamental Comunitas que estava mapeando pontos de interesse de cinco comunidades cariocas de baixa renda. A própria prefeitura do Rio também tem um projeto de elaboração de Mapa Participativo da Cidade do Rio de Janeiro (<http://pcrj.maps.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=64b54cbc5a76401d977f14ecc863fa31>).

Esses projetos mostram que uma questão importante é dar os incentivos necessários ou criar oportunidades para que esses tipos de atividades sejam realizados, ou seja, a condição socioeconômica não é pré-requisito. Todavia, BORBA *et al.* (2014) ressaltam o problema da sustentabilidade de projetos desses tipos que muitas vezes

surgem como bons exemplos de mapeamento colaborativo em comunidades carentes, mas que não se mantêm por períodos maiores à medida que diminuem os recursos e adequada infraestrutura. Neste sentido, assim como outras infraestruturas (transporte, energia, saneamento etc) evidencia-se a necessidade de uma infraestrutura virtual sustentável pelo poder público para que as comunidades possam engajar-se e ajudar no mapeamento de suas áreas e necessidades, uma vez que isto também é de interesse do próprio governo.

HAKLAY *et al.* (2014), abordando somente a esfera pública, trazem um relatório sobre a utilização de projetos de VGI em governos apresentando 29 estudos de caso. Além disso, os autores fornecem um tipo de guia e recomendações para implementação de VGI em governos. De fato, atividades de *Crowdsourcing* vêm ganhando força na esfera pública como uma ferramenta de participação pública tanto para planejamento como um método para a construção de recursos comuns ou processamento de grandes lotes de dados para agilizar as funções do governo (BRABHAM, 2013).

Há também trabalhos focados nas dimensões da qualidade de banco de dados VGI. Por exemplo, HAKLAY (2010) realizou uma pesquisa sobre a precisão posicional e completeza das estradas no OSM e comparou-o com o banco de dados oficial da Inglaterra. Um fato importante relatado pelo autor foi a rapidez do mapeamento realizado pelos contribuintes. Contudo, o autor revelou alguns aspectos negativos, como por exemplo, inconsistências dos contribuintes em relação à qualidade e por fim ele concluiu que os dados OSM oferecem razoável precisão e fez algumas considerações e sugestões para desenvolvimentos futuros e direcionamento de pesquisa.

GIRRES e TOUYA (2010) investigaram as dimensões da qualidade do banco de dados OSM na França e sugeriram mecanismos de garantia de qualidade automáticos no processo de dados abertos para o mapeamento. Os achados dos autores mostram a vantagem da responsividade e flexibilidade da OSM, mas também o aspecto problemático da heterogeneidade nos dados, limitando aplicações possíveis. Essa heterogeneidade é particularmente explicada pela coexistência de diferentes fontes de dados, processos de captura e perfis de colaboradores, destacando a importância de seguir especificações aceitas e bem definidas (GIRRES e TOUYA, 2010).

COOPER *et al.* (2012) avaliaram duas bases de dados voluntariadas na África do Sul e analisaram sete dimensões da qualidade da informação dessas bases, mas não se aprofundaram na real qualidade destas bases. Eles destacaram que as diferenças entre

países desenvolvidos e em desenvolvimento devem ser levadas em conta ao ponderar sobre os contribuintes.

No Brasil, instituições como IBGE produzem informação geoespacial para diferentes tipos de produtos e aplicações e assim exigindo diferentes níveis de qualidade, como por exemplo, precisão posicional e completude. Portanto, o uso de uma base de dados híbrida derivada de bases abertas e oficiais depende de uma variedade de fatores, tais como a finalidade e o contexto no qual esta base híbrida é utilizada. Ressalta-se conforme evidenciado e ilustrado na Figura 2.10 do Capítulo 2, o desafio de mapear o Brasil é enorme e as instituições públicas sozinhas não estão dando conta desta hercúlea atividade. Isto se traduz na necessidade de buscar fontes alternativas de informações e de colaboradores. No caso de fontes alternativas abertas, o *OpenStreetMap* parece ser uma fonte útil e complementar, ainda que questões relativas à adequação legal e qualidade sejam importantes pontos sensíveis para o uso.

No Brasil, alguns estudos foram ou estão sendo realizados sobre o OSM. Por exemplo, CAMBOIM *et al.* (2015) investigaram questões de completude e atualização para o uso do OSM em 37 municípios do Paraná e concluíram que o mapeamento naqueles municípios é desigual e onde a população é maior, há mais mapeamento. Já PICANTO *et al.* (2015) investigaram na cidade de Curitiba o sistema rodoviário urbano e concluíram que o OSM é uma boa fonte de informação atualizada para este tipo de dado e contexto urbano. BORBA *et al.* (2015c) fizeram uma análise exploratória do OSM e identificaram que a contribuição voluntária na cidade do Rio de Janeiro estava mais intensa e refletindo as diversas obras que estavam em curso para as olimpíadas, incluindo as novas rodovias que já constavam na base de dados do OSM, conforme exibido na Figura 3.16.

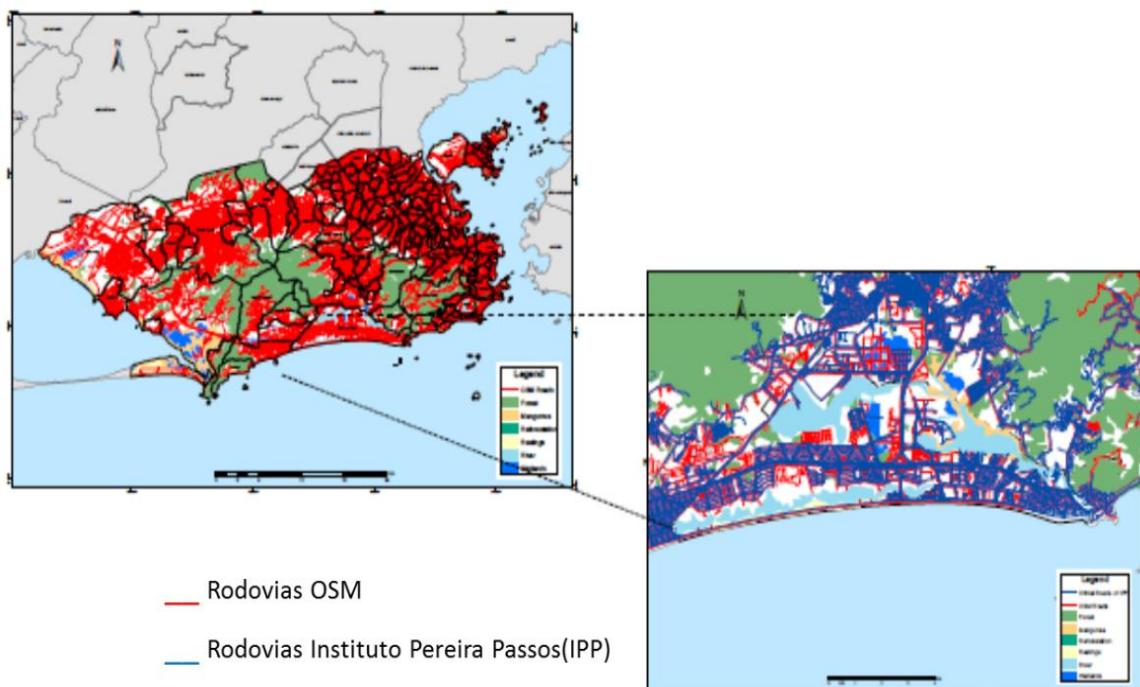


Figura 3.16. Comparação de mapeamento de estradas oficiais (IPP) e não oficiais (OSM).

Fonte: (BORBA *et al.*, 2015c).

Uma questão unânime dos autores citados é a necessidade de mais investigação sobre o OSM como uma fonte de complementação para instituições oficiais e, consequentemente, para INDE. Outro desafio é a necessidade de mais ferramentas que possibilitem uma maior integração com esta fonte de informação. Há ainda que se mencionar, outras fontes de informações que poderiam ser investigadas como, por exemplo, o *Wikimapia*, ainda que a obtenção de seus dados seja mais restritiva. Assim, do ponto de vista de instituições de mapeamento, a contribuição voluntária da multidão nos processos de mapeamento oficial, poderia ser apresentada através dos seguintes papéis, conforme ilustrado na Figura 3.17.

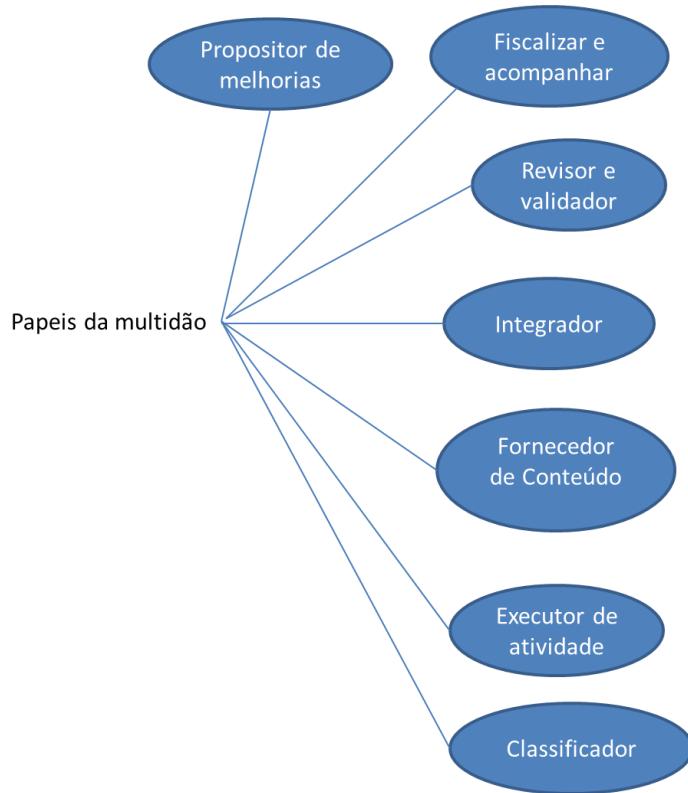


Figura 3.17 - Possíveis papéis exercidos pela multidão no processo de mapeamento oficial.

3.5 Discussão

Um processo longo de convergência de diferentes fontes de informação está em curso atualmente. Dentro do contexto de IDEs é preciso repensar a forma e o funcionamento destas infraestruturas e tomar as ações necessárias para incluir o que as mídias sociais podem oferecer. Conforme apresentado na seção 3.2 deste capítulo, ao menos quatro elementos relacionados às mídias sociais poderiam ser empregados em ambientes de IDEs clássicas, embora isto seja algo desafiador. A presente proposta considera esta integração chave para uma IDE moderna, mais interoperável e convergente. Seja na forma de identificação, necessidades ou entendimento do perfil dos usuários.

Conforme visto, pesquisas e processos relacionados a iniciativas de *Crowdsourcing/VGI* já estão em curso ou operacionalizados, algumas inclusive na esfera de governo. HAKLAY *et al.* (2014) salientam que a interação entre governos e comunidades de VGI é uma relação diferente e potencialmente mais complexa do que com profissionais e vendedores de serviços tradicionais de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Entretanto, de acordo com os autores, a aprovação e aceitação pelo governo são fundamentais para o sucesso do VGI, independentemente da fase do

projeto e ainda que haja muito a aprender e desafios para integração da diversidade de fontes de dados. Para os autores, a aprovação significa não só a adoção de técnicas de *Crowdsourcing*, mas também a cooperação entre o público e o governo em um esforço contínuo para produzir o resultado desejado em benefício da sociedade (HAKLAY *et al.*, 2014).

Outra questão importante é a disponibilização de serviços de *Crowdsourcing/VGI* pelo próprio ambiente de IDEs no intuito de atender a três aspectos. O primeiro seria dar mais dinamismo ao ambiente oferecendo serviços para atores que estão fora da produção oficial, mas que poderiam ajudar em algumas atividades relacionadas às categorias propostas neste trabalho. A título de exemplo, um pesquisador poderia estar usando serviços baseados na categoria de Classificação e Análise para análise de imagens. O segundo aspecto tem que considerar que nem todo ente público possui recursos próprios para manter alguns destes serviços. O terceiro aspecto trata da questão do fornecimento de serviços, que não estão sendo oferecidos de forma aberta nas plataformas colaborativas atuais.

3.6 Considerações

Ratificando as respostas que foram dadas às perguntas iniciais ao longo deste Capítulo, uma IDE moderna deve considerar o uso da computação social e uso de iniciativas de *Crowdsourcing/VGI*, seja através de plataformas externas ou internas ao ambiente de IDEs. Um problema que continua crônico no contexto de IDEs é a identificação de pessoas (físicas ou jurídicas), suas necessidades e preferências (VANDENBROUCKE *et al.*, 2012) e que grande parte da sociedade desconhece sua existência ou não sabe usá-la (MASSER *et al.*, 2008).

A questão do mapeamento é dramática em nosso País, conforme mostrado na seção 2.3.3 do Capítulo 2. Neste cenário, o uso das mídias sociais poderia não somente apoiar na identificação de usuários, mas também nos perfis e necessidades. As mídias sociais também poderiam auxiliar na disseminação e publicidade, além de auxiliar no entendimento a interação entre os usuários e os recursos disponibilizados. Poderiam ser utilizadas na coleta de informação em variados cenários conforme retratado na Figura 3.7. Conforme já citado, BORBA *et al.* (2016) fizeram a coleta de informação simulando casos de dengue, através da expressão “#tivedengueaqui” pelo *twitter*. Para os autores, neste tipo de atividade é preciso que haja campanhas para que tal iniciativa

seja mais efetiva e engajadora, já que de um modo geral as pessoas usam o *twitter* sem a localização ativada e nem sempre estão dispostas a colaborar.

Nesse sentido, o emprego de processos de *Crowdsourcing/VGI*, conforme retratado na Figura 3.8 e a observação das diversas dimensões ilustradas na Figura 3.14 e Figura 3.15 podem subsidiar tais iniciativas a serem mais efetivas. Por exemplo, ainda neste caso da dengue, outras plataformas poderiam ser integradas ao processo, como uma aplicação *Web* que permita incluir *tags* georreferenciadas. Além do mais, questões que desmotivam o usuário, como falta de tempo, demora de requisição e respostas lentas precisam ser endereçadas, bem como as motivações que poderiam ser usadas como estratégia no processo. Em outras palavras, no processo de *Crowdsourcing/VGI* é preciso levar em consideração as diferentes dimensões com suas respectivas características. Não basta somente ferramental como também não bastam somente pessoas. É preciso considerar todo o processo.

O uso de informação proveniente de fontes colaborativas não oficiais, como é o caso do OSM, também implica em desafios a serem superados. A questão da qualidade e da cobertura do mapeamento nestes ambientes ainda são um entrave no contexto de IDEs, uma vez que as fontes oficiais geradoras de informação, normalmente, agências de governo dão fé pública aos seus produtos e isto implica em grande responsabilidade quanto a qualidade da informação e a cobertura mapeada. Portanto, é preciso que critérios sejam adotados para o uso de informações oriundas de iniciativas de VGI, ainda que sejam complementares. Neste contexto, algumas pesquisas sobre o OSM no Brasil foram ou estão sendo realizadas conforme citado anteriormente em (BORBA *et al.*, 2015c), (CAMBOIM *et al.*, 2015) e (PÉRICLES PICANTO *et al.*, 2015).

Importante mencionar que há problemas também relacionados ao acesso da informação através de iniciativas de *Crowdsourcing* ou VGI que nem sempre é adequado ou ainda aberto ou de fácil obtenção. A título de exemplo, uma simples análise para saber quais são os postos de combustíveis pertencentes ao município de Petrópolis no OSM é preciso baixar e preparar as base de dados do OSM ou no mínimo realizar uma inspeção manual. Atividades que nem sempre são possíveis de realizar, pois exigem habilidades, ferramentas e tempo. Neste tipo de cenário, seria interessante que houvesse outras plataformas facilitadoras para que tal informação fosse acessível.

Por último, é importante ressaltar que atualmente um grande processo de convergência está em curso, na qual a informação vem de múltiplas fontes e atores,

sejam cidadãos comuns, pesquisadores, interessados da iniciativa privada, governantes, especialistas ou de dispositivos e sensores. A Figura 3.18 retrata esta convergência.

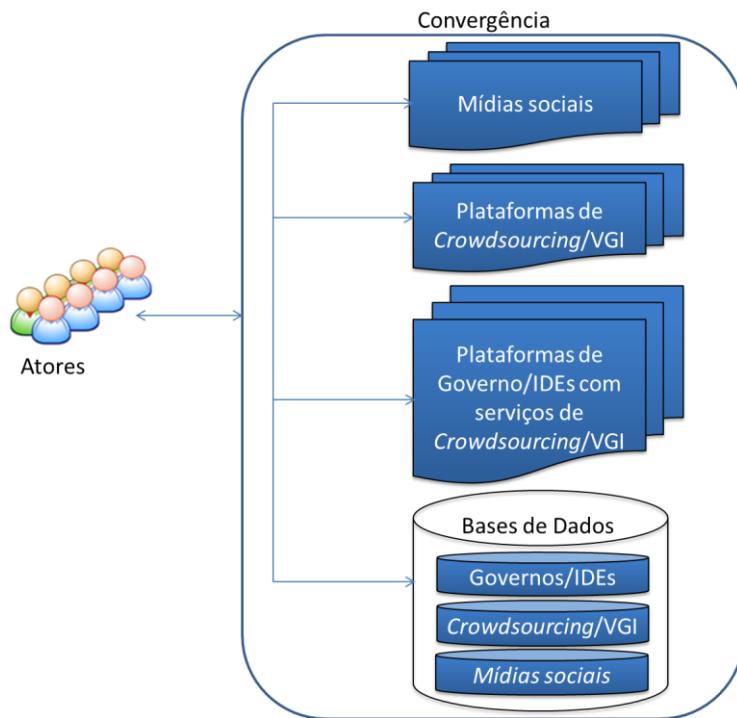


Figura 3.18 - Convergências das múltiplas fontes de informação.

Capítulo 4: Ecossistema para Infraestrutura de Dados Espaciais Híbrida Coproduzida, Colaborativa, Convergente e Compartilhável (IDEH-Co⁴)

Este capítulo propõe um ambiente para INDE-BR, endereçando as seguintes questões: (i) Dentro de um cenário brasileiro restritivo, o que pode ser feito para que INDE alcance um maior número de interessados e participantes? (ii) Quais características precisam ser consideradas para aumentar o acesso às informações? (iii) O que pode ser feito para que haja uma maior integração no escopo governamental? (iv) O que pode ser feito para que haja uma maior integração com fontes de informação não oficial

De acordo com CHAVES (2013), o governo federal entende a INDE como elemento de base para políticas públicas que, cada vez mais, são intersetoriais envolvendo múltiplos atores, aumentando assim a demanda por soluções que integrem e combinem informações de diferentes fontes para ampliação da capacidade de análise, formulação e prestação de contas do governo. Isto se traduz na necessidade do aumento da capacidade da INDE de se comunicar e interoperar com fontes de dados diversas sejam geo ou não geo. Além do mais, nos dias atuais, é preciso reconhecer outras fontes de informação através da computação social e sistemas colaborativos, por exemplo, como as IDEs inversas.

Destarte, nas seções a seguir deste capítulo são apresentados o escopo da proposta do ecossistema IDEH-Co⁴, os princípios para a IDEH-Co⁴, um modelo para prover um ecossistema para INDE endereçando uma sociedade habilitada espacialmente, alinhado com IDEs de terceira geração+, que possibilite as informações de variadas fontes e domínios possam ser integradas, harmonizadas e utilizadas para a tomada de decisão em diferentes contextos.

4.1. Escopo da proposta IDEH-Co⁴

As IDEs foram concebidas visando à racionalização dos recursos via mecanismos de interoperabilidade legal, institucional e tecnológica para a tomada de decisão em vários níveis e domínios de governo e da sociedade. Por natureza, são infraestruturas cujos objetivos são proporcionar um espaço de informação composto por múltiplos nós interligados de maneira acessível e racionalizada.

Apesar dos avanços no desenvolvimento das IDEs nos últimos anos, elas ainda não endereçaram as necessidades de muitos usuários em potencial (THOMAS *et al.*, 2009) e de maneira geral, o verdadeiro objetivo de uma IDE ainda não foi alcançado porque as soluções disponíveis não são totalmente adotadas ou estão mal implementadas (MASÓ *et al.*, 2012). De certa forma, ainda são vistas como ilhas isoladas, pois não consideram de forma adequada todo ambiente no contexto das instituições que participam (ambiente interno às IDEs) e tudo aquilo que está fora deste escopo, mas que poderia ser incorporado ou interligado as IDEs (ambiente externo às IDEs).

Neste capítulo propõe-se um ecossistema que, baseado na revisão da literatura, aborda novos arranjos sócio-técnicos e comportamentais, os avanços tecnológicos e movimentos democráticos voltados para a cultura do acesso, da participação, transparência e convergência. O ecossistema é habilitado à abertura, pois considera o acesso, a reutilização, a colaboração e a coprodução no seu ambiente interno, já o ambiente externo considera as diferentes possibilidades de obtenção da informação, de maneira compartilhável, interoperável e convergente. Assim, neste ecossistema as IDEs passam a desempenhar o papel de infraestruturas de dados espacialmente habilitadas. Em sua concepção foram consideradas as características específicas do país, ao propor um conjunto de serviços na nuvem, visando não somente a economia de recursos, mas a integração e o combate à exclusão digital na esfera governamental e da sociedade do ponto de vista de ambiente de IDEs e de seus respectivos participantes.

Além disso, argumenta-se que as IDEs caminham para um modelo de infraestrutura virtual no qual seu elemento básico, a informação, poderá estar integrada e reusada independente de sua propriedade (geo ou não geo), de sua origem (oficial ou não oficial). Neste ambiente, a produção da informação será baseada em um modelo misto, composto, em muitos casos, de diferentes atores e instituições levando em consideração as missões institucionais e as necessidades diferenciadas de atores internos

e externos que poderão estar na cadeia de produção direta ou indireta. Neste sentido é importante reconhecer e aprovar efetivamente as IDEs como infraestruturas virtuais disponibilizadas para fins oficiais e não oficiais. Para isto, é necessário alinhar-se com uma sociedade que em constante evolução traz desafios que muitas vezes superam a capacidade do setor público, normalmente com orçamento amarrado e apertado, de responder a estes desafios, necessitando procurar formas inovadoras de fornecer valor público (LINDERS, 2012). Também, há que se considerar o ponto de inflexão que está ocorrendo na sociedade em geral demandando mais abertura, participação e colaboração.

Conforme visto no capítulo anterior o uso da computação social e sistemas colaborativos podem ser considerados importantes em ambientes de IDEs, ainda que estejam fora da alçada oficial e de governo. Em outras palavras, apoiar a convergência das diversas fontes de informação.

O ecossistema proposto também representa uma mudança na maneira de conceber uma INDE, uma vez que é considerado como um importante componente de base que necessita interoperar com uma grande infraestrutura nacional de informação, no caso do Brasil a INDA. De fato, a INDA é um grande guarda chuva, cuja instrução normativa de 2012 faz uma série de considerações como, por exemplo, a promoção do compartilhamento de recursos de tecnologia da informação e evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na disseminação de dados e informações, promoção da colaboração entre governos de todas as esferas e a sociedade, por meio da publicação e do reuso de dados abertos. A Figura 4.1 apresenta a INDA e define o escopo do ecossistema proposto e as possíveis interfaces com outras infraestruturas e plataformas.

Dessa forma, conforme citado por DAVIS JR *et al.* (2009b), por exemplo, é preciso a criação de arranjos que excedam a visão clássica sobre IDE para promover a criação de comunidades de interesse, onde pesquisadores, tomadores de decisão e cidadãos possam participar, interagir, colaborar e contribuir para a solução de problemas reais. É preciso ir além dos limites tradicionais, integrando outras fontes de informações que poderiam estar relacionadas à localização. Nesta mesma linha, HARVEY (2003) já argumentava que as pessoas fazem mais do que seguir a tecnologia e agir como usuárias, elas querem ser construtoras e participantes.

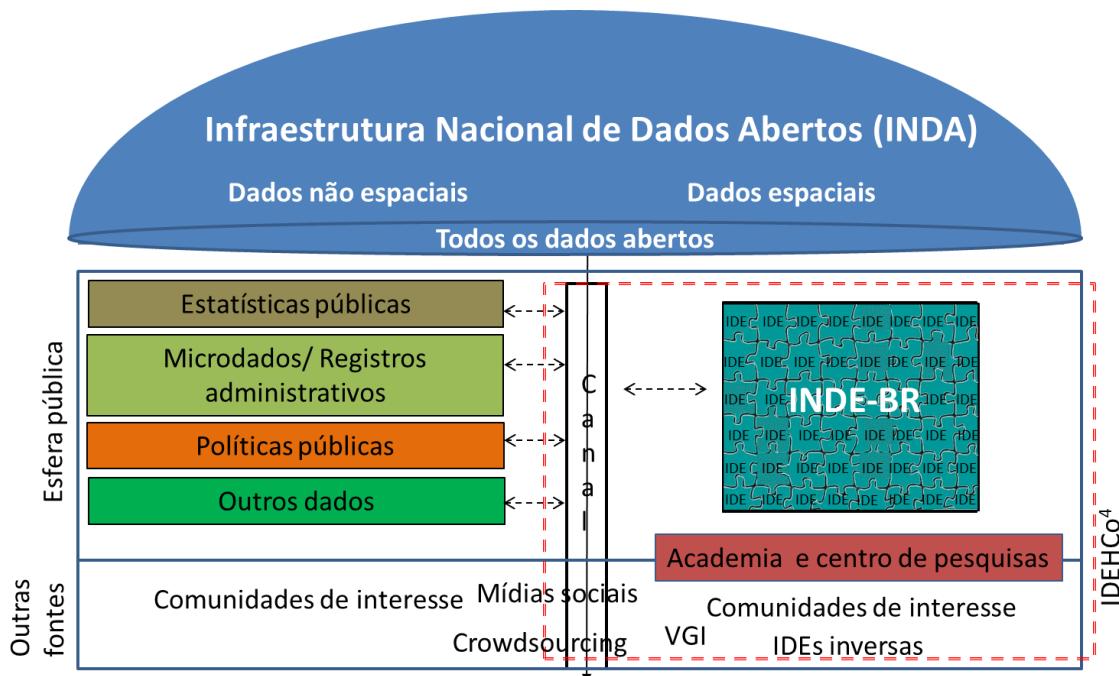


Figura 4.1 - INDA e definição do escopo do ecossistema IDEH-Co⁴.

Assim torna-se premente o reconhecimento por parte dos participantes oficiais das diferentes esferas, que cada um deles faz parte de uma enorme engrenagem e que o bom funcionamento depende de cada um, e seus encaixes (interfaces) necessitam se comunicar adequadamente e, portanto, reconhecendo que não há mais como se manter isolado. O ecossistema IDEH-Co⁴ objetiva atender a essa urgência latente.

4.2. Princípios para uma IDE Moderna de 3^a geração+ proposto para a IDEH-Co⁴

Uma IDE de 3^a Geração+, como proposta nesta tese, além de considerar as características listadas na seção 2.2.6.3 deve apresentar três princípios integrados a esse novo ambiente: (1) iniciativas abertas e transparentes; (2) cultura de participação, e (3) o conceito de injeção inversa de dados espaciais (BORBA *et al.*, 2015b) que foi estendido para injeção inversa de dados. Esses conceitos, utilizados apropriadamente em uma IDE, alteram o papel da informação espacial para qualquer esfera de tomada de decisão em nível local, regional e nacional, ou simplesmente para uma sociedade melhor. Ressalta-se que, entretanto, para torná-la viável é importante ajustar os frameworks¹⁰ legal, institucional e tecnológico.

¹⁰ Framework – neste trabalho os termos arcabouço e quadro têm o mesmo significado de framework.

4.2.1. Iniciativas abertas e transparentes

A filosofia do software gratuito, que começou no início de 1980, e a de código aberto, que iniciou em meados dos anos 1990 (VON HIPPEL, 2002) pode ser considerada como precursora do movimento de iniciativas abertas. Trata-se de um conceito que caracteriza os sistemas de conhecimento e de comunicação, sociedade, política e instituições, visando à liberdade, à cidadania, ao conhecimento de todos, ao progresso social, transformação individual, e transparência (PETERS e BRITZ, 2008). A sociedade atual está num momento importante de mudança, na qual a cultura do sigilo está sendo progressivamente substituída pela cultura da transparência (BARREIROS, 2014) e um novo modelo de sociedade, baseado na informação e no conhecimento, está emergindo (BERBERIAN *et al.*, 2014). Diversas iniciativas *openness* estão em curso atualmente, desde seminários abertos em ciência da computação, conforme oferecidos pela Universidade de *Harvard* onde o conteúdo e de livre acesso (<https://manual.cs50.net/seminars/>), passando por diferentes tipos de cursos e conteúdos educativos que são disponibilizados no *Youtube*. Outro exemplo interessante é o *GitHub* onde projetos são abertos, criados e compartilhados. Atualmente projetos como *Geoserver*, *Geonode*, *QGIS*, *Postgresql/Postgis* entre centenas de outros estão hospedados no *GitHub* e teoricamente qualquer pessoa poderia participar e colaborar.

Em termos de organização e de instituições ou mesmo a cidadania, a iniciativa aberta é um modelo que se caracteriza por um ambiente participativo, colaborativo e de tomada de decisão motivada pela crença de que a democracia oferece um conjunto de princípios para todos, em vez de uma autoridade central (LATHROP e RUMA, 2010).

No caso de dados governamentais, este movimento de abertura permite que indivíduos, organizações e as próprias instituições de governo desenvolvam novas ideias e inovações que possam melhorar a vida dos outros e a melhorar o fluxo de informações dentro e entre os países (FRANČULA, 2014). Todavia, para que tal cultura seja efetiva é necessário maior acessibilidade, em um sentido mais amplo, da informação, facilitando a descoberta, a compreensão e a utilização da diversidade de dados.

Em uma perspectiva contemporânea, iniciativas abertas implicam em diferentes dimensões tais como: ciência aberta, inovação aberta, educação aberta, sociedade aberta, colaboração aberta, acesso livre, código aberto, dados abertos e governos

abertos, descritas no Quadro 4.1, de acordo com as definições estabelecidas nas referências da WIKIPEDIA (2016).

Quadro 4.1 - Diferentes dimensões de iniciativas abertas.

Dimensões	Definição (WIKIPEDIA , 2016)
Ciência aberta	É o movimento para tornar a pesquisa científica, os dados e disseminação acessíveis a todos os níveis da sociedade. Isto certamente acelera o desenvolvimento e o progresso.
Inovação aberta	É um paradigma que assume que as empresas podem e devem usar ideias externas, bem como ideias internas e caminhos internos e externos para o mercado, conforme as empresas avançam sua tecnologia.
Educação aberta	Conjunto de práticas institucionais e iniciativas que ampliam o acesso, à aprendizagem e formação, eliminando barreiras que poderiam impedir ambas as oportunidades.
Sociedade aberta	É um conceito que abarca uma sociedade multicultural e multipluronalista, onde o governo é responsável e tolerante, e os mecanismos políticos são transparentes e flexíveis. Liberdade política e direitos humanos são princípios fundamentais que regem a sociedade aberta.
Colaboração aberta	É um ambiente <i>online</i> que apoia a produção coletiva de um artefato através de uma plataforma tecnológica que tem uma baixa barreira de entrada e saída e apoia a emergência de estruturas sociais persistentes.
Acesso livre	Refere-se ao acesso, <i>online</i> , as pesquisas que são livres de restrições, como por exemplo, taxas de acesso, restrições de utilização do tipo de direitos autorais e de licença.
Código aberto	Software de computador cujo código fonte, disponibilizado pelo autor, possa ser estudado, modificado e distribuído por qualquer pessoa e para qualquer propósito.
Dados abertos	Idealiza que os dados, não sigilosos, devem estar disponíveis gratuitamente para todos utilizar e publicar o que quiserem, sem restrições de direitos autorais, patentes ou quaisquer mecanismos de controle. A título de exemplo, o Capítulo 3, fez referência a diversos estudos sobre os dados do OSM. Isto somente foi possível, por causa da abertura dos dados do OSM.
Governos abertos	Doutrina que sustenta que os cidadãos têm o direito de acesso aos documentos e procedimentos do governo para permitir à supervisão pública eficaz e dar mais transparência e sustentabilidade à informação, além de estimular uma sociedade mais participativa e apoiadora de políticas públicas.

Cabe ressaltar ainda a diferença entre Governo Eletrônico e Governo Aberto. Enquanto aquele visa automação de processos e aumento da eficiência da máquina pública, este busca aumentar a transparência dos atos governamentais, promover acesso à informação pública, incentivar a participação social e combater a corrupção, para em última instância estimular o crescimento econômico (BERBERIAN *et al.*, 2014). Desta maneira, pode-se afirmar que Governo Aberto é uma evolução de Governo Eletrônico ao considerar o aparato tecnológico nos processos administrativos, a participação da sociedade de forma mais ativa, colaborativa, a transparência e as novas formas de relações influenciadas pelas novas tecnologias. Importante ressaltar também que a transparência é um atributo de base de governo aberto. Para dar sustentação a estas iniciativas, um grupo de especialistas (“PRINCIPLES OF OPEN GOVERNMENT DATA”, 2007) definiram que os dados do governo serão considerados abertos se forem tornados

públicos de uma forma que cumpram os seguintes princípios apresentados na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Princípios de governo aberto.

Princípios	Descrição
Completos	Todos os dados públicos são disponibilizados. Dados públicos são dados que não estão sujeitos a limitações válidas de privacidade, segurança ou privilégios.
Primários	Os dados são coletados na fonte, com granularidade fina o quanto possível, não em forma agregada ou modificada.
Atuais	Os dados são disponibilizados tão rapidamente quanto possível para preservar o valor dos dados.
Acessíveis	Os dados estão disponíveis para a mais ampla gama de usuários para a mais ampla gama de propósitos.
Processáveis por máquinas	Os dados são razoavelmente estruturados para permitir o processamento automatizado.
Não discriminatórios	Os dados estão disponíveis para qualquer pessoa, sem exigência de registro.
Não proprietários	Os dados estão disponíveis em um formato sobre o qual nenhuma entidade tem controle exclusivo.
Livre de licença	Os dados não estão sujeitos a qualquer regra de direitos autorais, patentes, marcas comerciais ou segredos comerciais. Podem ser permitidas restrições razoáveis de privacidade, segurança e privilégios.

Fonte: (“PRINCIPLES OF OPEN GOVERNMENT DATA”, 2007).

Ainda nesta linha, uma pesquisa inédita encomendada pela *Open Data Institute* (ODI), mostra que os dados abertos, normalmente mantidos pelo setor público, criam mais valor para a sociedade quando comparados aos não abertos. De acordo com esta pesquisa, os dados abertos geram 0,5% do PIB a mais de valor, a cada ano, do que os dados que os usuários têm de pagar para obtê-los (<http://theodi.org/research-economic-value-open-paid-data>). A Figura 4.2 apresenta o mapeamento de iniciativas de governo aberto, de acordo com plano de ação, no mundo.

SUI (2014) argumenta que a comunidade de Informação Geoespacial deve abraçar o valor das iniciativas abertas e apresenta dimensões a serem promovidas como a força motriz para orientar o desenvolvimento de SIG para uma nova era, embora o autor aponte alguns obstáculos e sugira que o emprego de iniciativas abertas seja reforçado por apoio político dos governos e da sociedade. Com efeito, no contexto das IDEs, aplicar iniciativas abertas significa remover barreiras sociais, técnicas, tecnológicas, financeiras e legais. Por exemplo, ao disponibilizar plataformas e dados abertos significa que diferentes níveis de tomada da decisão poderão ser efetuados por diferentes atores. Além disso, iniciativas abertas incentivam e facilitam o

compartilhamento e a atualização das informações. Desta forma, conforme apontado por ONSRUD *et al.* (2004), IDEs com iniciativas abertas podem ser vistas como um bem comum.

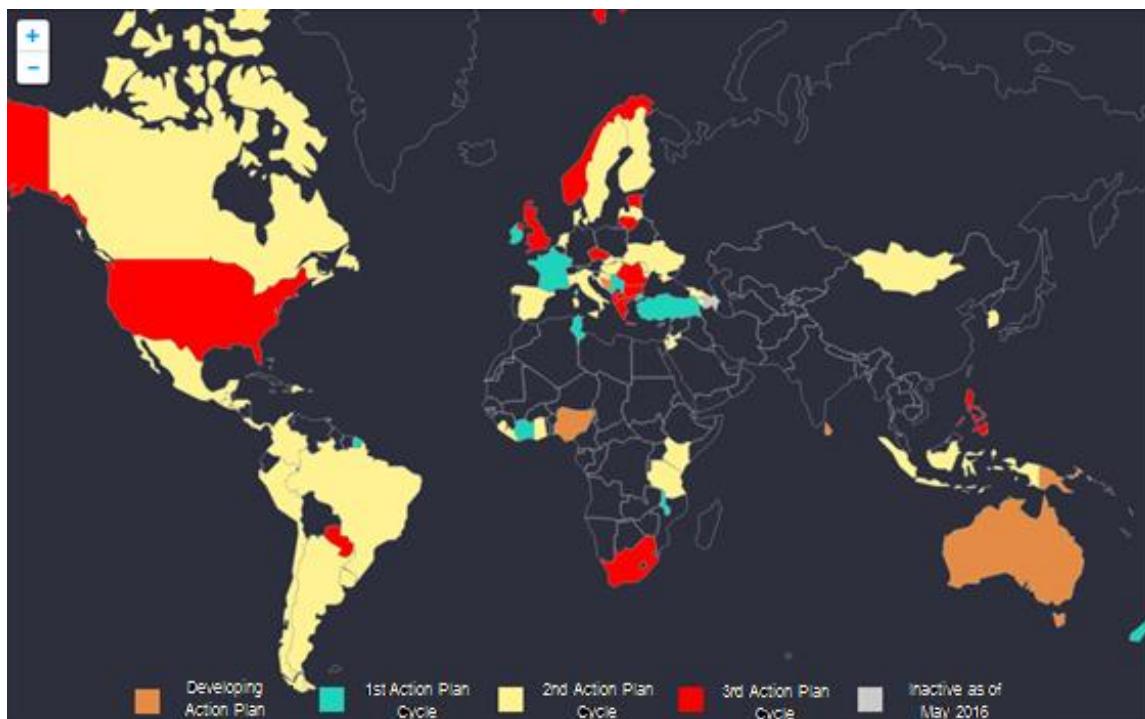


Figura 4.2 - Desenvolvimento de políticas de Governo aberto no Mundo.

Fonte: www.opengovpartnership.org.

Citam-se ainda, os diversos projetos e pesquisas que são realizados por ter acesso aos dados aberta estimulando assim estas iniciativas, entretanto muitos destes projetos de pesquisas ainda são conduzidos de maneira fechada, por conta de barreiras institucionais/corporativas, técnicas, legais ou simplesmente aversão ao trabalho colaborativo ou ainda objetivando outras necessidades. A título de exemplo, conforme visto no Capítulo 3, diversos estudos foram realizados de maneira isolada nas bases de dados do OSM. Em uma ciência aberta, algumas destas iniciativas poderiam ter sido conduzidas de forma mais colaborativa com mais participantes e de certa maneira aumentando a relevância e os resultados das pesquisas. Por último, as Figuras 4.3 e 4.4 exemplificam o fortalecimento em escala mundial destas iniciativas. Na Figura 4.3 com dezenas de softwares disponibilizados em containers de maneira aberta e Figura 4.4 em projetos abertos com centenas de participantes.

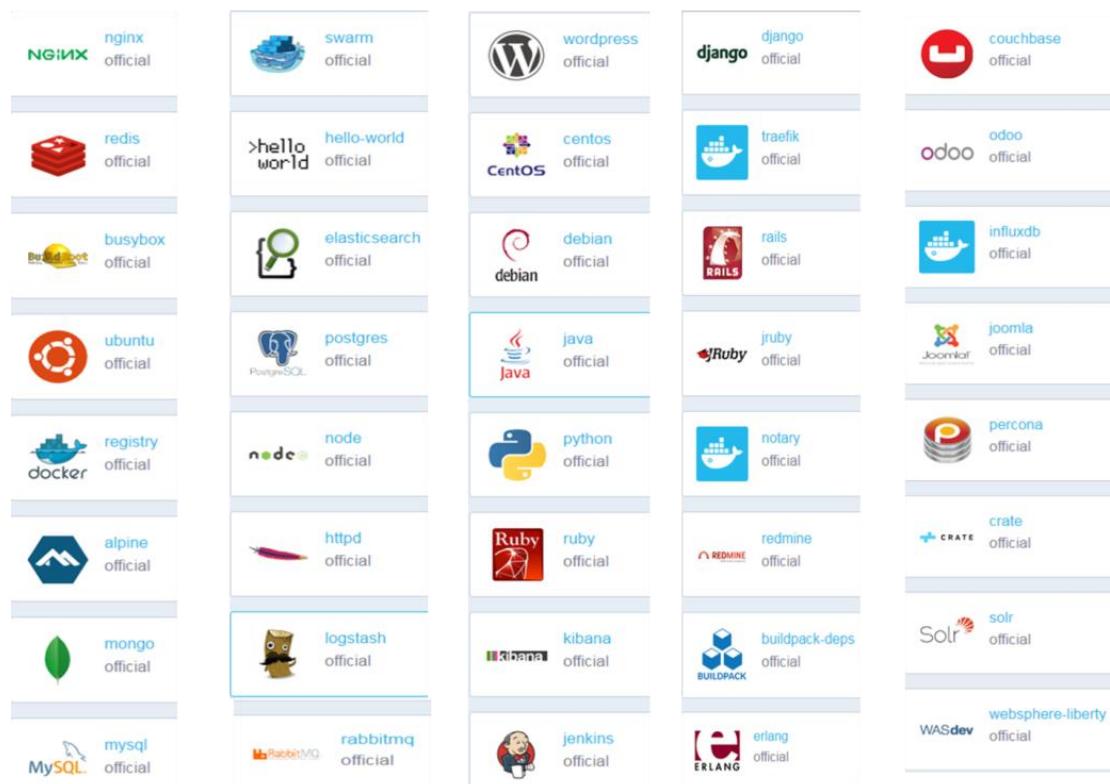


Figura 4.3 - Exemplo de projetos colaborativos de software livre embutidos em containers.

The image displays four GitHub project profiles with their respective statistics:

- facebook / react-native**: A framework for building native apps with React. Statistics: 9,137 commits, 49 branches, 147 releases, 1,129 contributors, 2,782 watchers, 41,987 stars, 9,608 forks.
- docker / docker**: Docker - the open-source application container engine. Statistics: 29,959 commits, 4 branches, 177 releases, 1,587 contributors, 3,043 watchers, 38,102 stars, 11,364 forks.
- Leaflet / Leaflet**: JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. Statistics: 6,145 commits, 61 branches, 33 releases, 444 contributors, 796 watchers, 17,112 stars, 2,896 forks.

Figura 4.4 - Exemplo de projetos colaborativos de software livre no GitHub.

4.1.2. Cultura participativa

A cultura participativa oferece algumas oportunidades para encarar os grandes problemas que as nossas sociedades enfrentam hoje (FISCHER, 2011). Trata-se de um conceito que envolve reduzir barreiras à expressão artística e cidadania, o apoio à criação e ao compartilhamento e a orientação informal. Na cultura de participação, os membros acreditam que suas contribuições, colaborações e a conexão social com o outro é algo natural (CLINTON *et al.*, 2006).

Na era atual, as pessoas, especialmente os mais jovens, são mais dinâmicas, participativas e colaborativas, submetidas a uma exposição intensa à tecnologia, onde eles acreditam que podem mudar o mundo e contribuir com ele (OBLINGER e OBLINGER, 2005). Essas pessoas (Geração Y e Geração Net) cresceram ou estão crescendo com um amplo acesso à tecnologia. Segundo OBLINGER e OBLINGER (2005), essas gerações podem usar intuitivamente uma variedade de dispositivos de Tecnologia da Informação e ficarem conectados o tempo todo através da Internet usando ferramentas da computação social. De fato, grupos etários mais jovens são os criadores de conteúdo mais ativos da Internet. As análises de dados disponíveis por (VICKERY e WUNSCH-VINCENT, 2007) mostram que a criação de conteúdo é uma atividade muito popular entre esses grupos.

Alguns governos estão descobrindo que a participação dos jovens é um elemento importante para diversos tipos de iniciativas e processos de tomada de decisão (FISCHER, 2011). Assim, aproveitar o potencial deste grupo usando a computação social torna-se a força motriz por trás da nova cultura de participação (FISCHER, 2011). Por exemplo, pode ser criado a partir de uma instituição de governo projetos colaborativos de mapeamento envolvendo estudantes. De fato, a participação destes jovens é importante e já ocorre, em alguns projetos como <http://mapyourworld.org/> e Unicef-gis.org que possuem iniciativas de mapeamento colaborativo envolvendo questões sociais.

Ainda nessa linha, no escopo desta tese foi efetuada uma pesquisa para auxiliar no processo de reambulação¹¹ para instituições públicas que contou com a participação de estudantes universitários de Engenharia Cartográfica e Geografia no processo de coleta de informação usando aplicativo *mobile* para coleta e posterior postagem

¹¹ Reambulação- é a técnica de identificar e nomear feições conhecidas do usuário em carta topográficas ou imagem de satélite (WIKIPEDIA).

(JUNIOR *et al.*, 2016). Há que se mencionar que este tipo de relação poderia ser espelhado na esfera governamental, por exemplo, através do estreitamento das relações entre as diversas instituições criando assim uma cultura multi-institucional mais efetiva. A respeito disto, em um cenário participativo e colaborativo as instituições passam a trabalhar de forma mais coesa e unificada via esforços em prol de atendimento de políticas públicas.

Nesse contexto, conforme visto no Capítulo 3 o conteúdo gerado pelo usuário e mídias sociais são exemplos de computação social e, consequentemente, apoiadores da cultura de participação. Assim, no ambiente das IDEs modernas o uso destes termos deve ser natural e inserido neste cenário. Em outras palavras, um ambiente habilitado à promoção da cultura de participação, deve considerar a computação social, plataformas colaborativas e estimular a todos a interagir, usar, reutilizar, trabalhar, colaborar, participar, produzir e consumir.

4.1.3. Injeção Inversa Espacial (IIE) ou Injeção Inversa de Dados (IID)

O conceito de injeção inversa de dados espaciais é sobre processos que demandam orientação, processamento ou produção. Ele pode ser visto também como mecanismo de pressão no caso de produtores oficiais e ao mesmo tempo como uma tentativa de redução de dependência destes produtores oficiais, quando estes não estão atendendo às demandas. Este mecanismo leva em consideração outros atores dependentes de uma instituição oficial produtora. Isto pode ser visto, por exemplo, quando uma instituição produtora de informação cartográfica não está disponibilizando sua informação de maneira a contento para outras que dependem desta informação, uma vez que não basta somente disponibilizar é necessário estar acessível. Além disso, é preciso levar em conta novas maneiras informais de produção dos dados espaciais. Ele tem uma relação com as iniciativas abertas e cultura de participação baseada em três processos:

- Processo de produção empurrada (*push production*) e puxada (*pull production*): Os governos sempre foram os principais fomentadores e produtores e consumidores de dados espaciais, seja por conta de seus procedimentos de rotina ou determinação legal. Neste contexto, muitos órgãos públicos produzem seus dados de acordo com suas disposições estatutárias e missões, mas sem levar em conta as prioridades, características e exigências de seus usuários e a

consequência é que seus sistemas de produção são baseados em uma produção empurrada. Por outro lado, quando estas agências produzem seus produtos com base em pesquisa e necessidades (exigências) da perspectiva do usuário, os seus sistemas de produção ficam caracterizados como produção de tração (puxada). Isto é denominado IDEs de recurso centrado no usuário. Portanto, é importante uma combinação de ambos os sistemas (produção empurrada e puxada) para favorecer a missão institucional e a necessidade do usuário. Este tipo de processo possibilita aos produtores entender para que sua informação é usada (qual é o contexto) e quem irá usá-la. Para isso, é necessário criar mecanismos para apoiar esse conceito, por exemplo, empregando gestão do conhecimento para projetos, produtos, usuários e as relações entre eles.

- Processo faça você mesmo: A informação espacial está muitas vezes disponível, mas não é acessível, simplesmente por causa da granularidade, de padrões/formatos incompatíveis com as exigências de uma IDE, ou necessitando de ajustes para que a informação esteja de maneira mais adequada e útil, ou simplesmente por estar espalhada em *pendrivers*, discos rígidos, computadores isolados. No primeiro e segundo casos, qualquer parte interessada (organização pública ou privada, pesquisador, desenvolvedor, cidadão comum) em tal informação poderia convertê-la em padrão compatível com a IDE e torná-la disponível, acessível, adequada e útil. No último caso, pode haver pontos mais profundos como patrimonialismo e questões culturais e técnicas. ELWOOD (2008) afirma que, em alguns contextos nacionais e locais, os dados de governo não são facilmente acessíveis por instituições não governamentais ou cidadãos locais, pois são concebidos como estritamente governamentais. Entretanto, essa questão deve ser discutida em qualquer democracia onde os dados produzidos por agências de governo são considerados um bem público e pagos através de impostos. Em outras palavras, informação pública cujo direito fundamental de acesso é a regra. Isto também pode ser válido para informação produzida fora da esfera estatal, embora neste caso a questão da abertura da informação seja de acordo com a conveniência e oportunidade daquele detentor da produção. A título de exemplo, alguém poderia disponibilizar a base de dados do OSM na forma de camada de serviços de maneira mais fácil e acessível. Outro exemplo, uma instituição pública ou um pesquisador, em função de alguma necessidade ou mesmo princípio de abertura, poderia tornar acessível um produto disponibilizado

por outra instituição pública que não tem os recursos necessários para disponibilizá-los de acordos com as exigências de uma IDE, ou simplesmente por não considerar a disponibilização. Note que neste caso, de certa maneira a instituição produtora pode ficar pressionada ao ver a informação de sua responsabilidade sendo disponibilizada por outro ente. Por outro lado, isto também pode revelar uma ação colaborativa envolvendo diferentes atores.

- Processo de criação de novos tipos de produtos: Hoje em dia, diferentes fontes de informação espacial podem ser utilizadas e aproveitadas. Como afirmado por SUI *et al.* (2013b), o fenômeno da VGI é parte de uma transformação de como a informação espacial é produzida e distribuída. Uma parte deste conteúdo gerado poderia ser apoiada pela disponibilização de recursos pelo próprio governo, através de ferramentas disponibilizadas em uma nuvem. Neste cenário também é importante considerar a convergência com as mídias sociais.

Enfatiza-se que nos dois últimos processos também se aplica a qualquer tipo de dado que seja público. Por exemplo, levando em consideração o processo de convergência e a necessidade de identificação de pessoas, perfis e preferências, propomos para o ecossistema IDEH-Co⁴ o uso de dados de perfil de servidores públicos e de especialistas como suporte a estes requisitos e amparando assim a criação de uma rede de conhecimento. Sabe-se que o governo tem muitos usuários no próprio governo independente de esfera. A Figura 4.5 apresenta este caso.



Figura 4.5 – Redes sociais e Governo aberto no suporte na identificação, necessidades, relacionamentos detalhes e perfil de usuários.

Note que a partir de APIs acessíveis é possível identificar e ter um entendimento sobre os servidores públicos e especialistas. Isto de certa maneira faz parte de um ecossistema para infraestrutura de dados híbrida. Observe que o fato da disponibilização de APIs acessíveis de dados de Governo por qualquer interessado, que não seja o responsável oficial da informação, pratica-se Injeção Inversa de Dados e favorecendo a

todos de uma maneira geral. No entanto para que isto seja possível é necessário que os dados de servidores e especialistas estejam disponíveis respeitando os princípios de dados e governos abertos.

Uma questão pertinente é identificar quem hospeda este tipo de serviço que é de interesse de todos. Isto contribui para a proposta de criação de uma nuvem de governo, pois nem sempre o responsável (produtor) possui recursos (humanos e técnicos, financeiros e tempo) necessários, além disso, há casos em que a informação é produzida em parceria envolvendo diferentes atores induzindo um lugar comum para o compartilhamento e reuso da informação.

4.3. Esfera governamental brasileira no movimento *openness*

Atualmente, movimentações da comunidade internacional apontam para a cultura da transparência e da liberdade de informação como tendências (BERTOT *et al.*, 2010; BARREIROS, 2014). Arranjos como o tratado OGP e a ratificação do documento G8 *Open Data Charter* (FRANČULA, 2014), em junho de 2013, pelos membros do G8 são evidências do caminho para um governo mais aberto e democrático em escala mundial. A consequência disto é a redução gradual de barreiras institucionais que persistem por décadas, mas que aos poucos vão se dissipando e favorecendo a criação de uma cultura de acesso.

Embora o Brasil atualmente esteja passando por uma crise econômica, política, institucional e ética, o governo federal brasileiro tem se esforçado para tornar a informação de governo, incluindo a geoespacial, mais acessível aos cidadãos e as próprias instituições públicas. Indícios sobre esta questão podem ser verificados nos sites: <http://www.governoeletronico.gov.br/eixos-de-atuacao/cidadao/dados-abertos/inda-infraestrutura-nacional-de-dados-abertos>, <http://dados.gov.br> e <http://www.inde.gov.br>. Assim, pelo menos a nível federal, tais iniciativas começam a ser evidenciadas, conforme lista a seguir:

- (i) O decreto presidencial da INDE;
- (ii) A lei de acesso à informação e sua regulação através do decreto 7.724 de 2012;
- (iii) O marco civil da internet, lei de nº 12.965 de 2014;
- (iv) A política e o portal de software público;

- (v) O decreto nº 8.243 de 2014 que institui a Política Nacional de Participação Social (PNPS) e Sistema Nacional de Participação Social (SNPS), os quais visam fortalecer a cultura de participação social no Governo Federal;
- (vi) O decreto 8.638 de 2016 que institui a política de governança digital no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional fomentando a participação da sociedade no processo de tomada de decisão e no aprimoramento dos níveis de responsabilidade, transparência e efetividade do governo;
- (vii) O decreto 8.777 de 2016 que institui a política de dados abertos do poder executivo federal e que obriga que todas as instituições desta esfera apresentem um plano informando quais dados irão disponibilizar e quando isto será realizado, além da criação de mecanismos para a promoção, o fomento e o uso eficiente e efetivo das bases de dados pelos cidadãos e pelo Governo (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2016);

Nesse cenário constata-se que a INDE é um instrumento valioso para a política de governo aberto, como um elemento de base, integrador e fomentador. Todavia, excetuando o decreto da INDE e o portal de Software Público, todas as outras iniciativas surgiram após a INDE e assim, não consideradas no contexto da INDE. Também, ressalta-se a importância de decretos como 8.638 e 8.777, que deveriam ser estendidos para os estados e municípios, todavia reconhecendo a necessidade de apoio, principalmente para aqueles entes menores e com menos recursos.

Nas esferas estadual e municipal, alguns estados e municípios também estão indo ao encontro do movimento *openness*. Por exemplo, o estado de São Paulo lançou a iniciativa de Governo Aberto visando ampliar as bases de dados disponibilizadas, melhorar a acessibilidade dos portais oficiais do Estado e estimular a criação de novos aplicativos, serviços e negócios (<http://www.governoaberto.sp.gov.br/>). Em outro exemplo, a prefeitura de Porto Alegre oferece também um portal de dados abertos da cidade que tem como objetivo convidar a comunidade a participar do desenvolvimento de soluções inteligentes para a cidade, criando laços colaborativos entre governo municipal, empresas, pesquisadores, estudantes e desenvolvedores (<http://datapoa.com.br/>); entre outros estados e prefeituras.

4.3.1. A cultura do compartilhamento – contexto IDEs

Em relação às IDEs, NEDOVIĆ-BUDIĆ *et al.* (2004) citam que a ideia de compartilhar dados geoespaciais dentro e entre organizações permanece em grande parte resistida apesar dos óbvios benefícios que podem ser obtidos das atividades de compartilhamento de dados e iniciativas que as promovem. Em outras palavras, algumas organizações e setores minam a mentalidade de compartilhamento interno/externo por diversos motivos. Por exemplo, informação é poder, motivos financeiros ou simplesmente por causa de problemas técnicos e ou institucionais para compartilhar suas informações, ou ainda por desconhecimento de iniciativas que fazem parte do contexto de qualquer infraestrutura de informação moderna. Este tipo de problema é bem abordado em MONTALVO (2003) e MCDOUGALL *et al.* (2007). No entanto, passado uma década, esta cultura organizacional e comportamental deve ser combatida e não mais aceita dependendo do contexto, pois as demandas tanto da sociedade quanto de governo são mais aparentes e complexas exigindo mais inter/intra informações e, sobretudo transparência nos serviços prestados e produtos gerados a partir de dinheiro arrecado de impostos. Portanto, podem-se enumerar os principais motivos para o compartilhamento atualmente:

- 1) Cultura do acesso;
- 2) Transparência e sustentabilidade;
- 3) Racionalização de recursos;
- 4) Aumento do valor da informação, já que quanto mais usada maior é o valor agregado;
- 5) Reconhecimento de que se faz parte de um processo maior, necessitando interações internas e externas mais intensas e constantes;
- 6) Demandas da sociedade, do meio ambiente e de políticas públicas multissetoriais; e
- 7) Justificativa de investimentos recebidos e provenientes dos impostos;

Estas motivações estão explicitamente ou implicitamente endereçadas nos três princípios de uma IDE de terceira geração+: (1) iniciativas abertas e transparentes; (2) cultura de participação, e (3) injeção inversa de dados espaciais.

Isso de certa forma favorecerá a política de abertura (cultura do acesso) que deve ser considerada desde a gênese da informação por parte de qualquer instituição. O quadro 4.2 mostra a escala de acesso organizacional da informação que tem como foco

relações transversais (horizontal e vertical) e apoiar o rompimento de *stovepipe*¹² nas instituições no que tange a informação. Ressalta-se que ao levar em consideração as premissas de uma IDE, tanto os dados quanto os metadados precisam ser avaliados e que certamente é válido para uma infraestrutura de informação maior, como no caso do Brasil, a INDA.

Quadro 4.2 - Escala de acesso organizacional da informação.

		 <table border="1"> <tr><td>Multi-Institucional</td></tr> <tr><td>Institucional</td></tr> <tr><td>Intra-Institucional</td></tr> <tr><td>Departamental</td></tr> <tr><td>Intra-departamental</td></tr> <tr><td>Localizada</td></tr> </table>	Multi-Institucional	Institucional	Intra-Institucional	Departamental	Intra-departamental	Localizada
Multi-Institucional								
Institucional								
Intra-Institucional								
Departamental								
Intra-departamental								
Localizada								
	Localizada	<p>É o nível mais básico, onde a informação muitas vezes é apropriada por algumas pessoas, gravadas em pendrivers ou mesmo computadores, mas de difícil acesso e sem compartilhamento. Neste nível a informação não tem valor algum, pois é desconhecida para outros. Exemplo: determinada pessoa possui informação, sem conhecimento de qualquer outra pessoa. Neste nível, um alto grau de patrimonialismo é encontrado ou simplesmente desconhecimento da necessidade de compartilhamento. Fatores políticos, técnicos e de gestão podem estar relacionados.</p>						
	Intra-departamental	<p>Neste nível há algum tipo de compartilhamento, mas a informação é conhecida apenas por parte de um departamento. Aqui a informação possui pouco valor, já que é de uso ou conhecimento de pequena parcela que muitas vezes, se acha proprietária da informação. A informação pode estar armazenada em mídias externas ou computadores. Normalmente há perda de conhecimento com o deslocamento de pessoal, já que muitas vezes o conhecimento compartilhado nem sempre é por funcionário com o mesmo perfil profissional e também por não haver um processo formalizado de compartilhamento, o patrimonialismo ainda está entranhado. Exemplo: No mesmo departamento, um “funcionário” sabe que “outro” trabalha com determinada informação que está armazenada em um HD externo, mas aquele desconhece o processo de uso ou manutenção da informação, pois para ele o outro é visto como o proprietário da informação. Fatores políticos, técnicos e de gestão podem estar relacionados.</p>						
	Departamental	<p>Dentro do departamento há conhecimento da informação e sua localização, mas não há conhecimento da informação fora deste ambiente. Neste nível existe algum processo interno para a gestão da informação no departamento, mas ainda de forma isolada de outros departamentos, por falta de mecanismos de comunicação ou mesmo ainda do patrimonialismo. Exemplo: todos do departamento sabem que determinada atividade para ser executada depende de informações armazenadas em um computador que faz o papel de servidor local do departamento, mas sem integração ou conhecimento de outras áreas e departamentos. Fatores políticos, técnicos e de gestão podem estar relacionados.</p>						
	Intra-institucional	<p>Neste nível há desapego da informação e combate ao patrimonialismo. Existe preocupação em tornar a informação conhecida entre diferentes áreas, mas ainda sem considerar toda a instituição e externos a instituição. Normalmente há mecanismos de organização e divulgação interna como, por exemplo, a intranet. Algumas pessoas defendem que o valor da informação está atrelado ao conhecimento e uso. Por exemplo, a informação produzida por um departamento de uma diretoria A, não é de conhecimento de outras diretorias da instituição de maneira acessível. Fatores políticos, técnicos e de gestão podem estar relacionados.</p>						

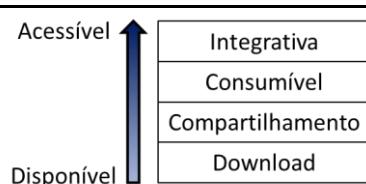
¹² *Stovepipe* – ilhas de informação ou silos de informação especializada incubados em entes públicos (CARRERA e FERREIRA, 2007).

Institucional	A informação é de conhecimento de toda instituição através de mecanismos de gestão de conhecimento e divulgação. A informação é reconhecida como um ativo de alto valor quando utilizada e conhecida. Há preocupação com o compartilhamento, reuso e com os recursos usados na produção da informação institucionalmente. Exemplo: Há mecanismos institucionais que endereçam a produção e disseminação de tudo que é realizado em relação à informação. Há preocupação constante em dar conhecimento da informação e o reconhecimento de uso externo. Por exemplo, toda a informação produzida é disponibilizada via serviço/geoserviço e com metadados ou possa ser acessada por qualquer interessado. Fatores principalmente políticos podem estar relacionados.
Multi-Institucional	A informação ganha uma importância cultural que transcende suas instituições produtoras, a disseminação é uma atividade importante, bem como o valor agregado através de compartilhamento e reuso. Há preocupação com processos que envolvem as instituições de governo e fora também. Há preocupação efetivamente de racionalizar os recursos e com a cadeia de produção governamental que considera órgãos distintos, inclusive de poderes e esferas diferentes de governo e até internacionais. Em última instância, a informação é um bem comum aberto a todos que fazem o uso para atender suas necessidades.

O modelo apresentado no Quadro 4.2 é importante, pois considera o aspecto organizacional do acesso à informação que tem impacto em qualquer IDE. No entanto, para medir isto, no mínimo é preciso realizar um inventário dos ativos de dados em cada setor produtivo acompanhado de técnicas de gestão de conhecimento e patrocínio dos altos escalões. Além disso, a transformação destes dados (arquivos textos, bibliotecas de símbolos, planilhas, banco de dados, imagens, arquivos vetoriais, arquivos em CAD, entre outros) em serviços *Web* apoia a institucionalização e facilita a multi-institucionalização, uma vez que estes tipos de serviços são mais acessíveis e usados em qualquer *browser* ou aplicação que utilize este protocolo. Deve-se observar também que tal escala está alinhada com a cultura do acesso.

Enquanto a escala de acesso organizacional da informação é voltada para aspectos mais institucionais, a escala acessibilidade da informação trata da dimensão técnica da reutilização e consumo da informação/dado, mas ambos se relacionam. A escala integrativa da informação visa ir além da mera disponibilização da informação, seja por *download* ou *ftp*. Busca-se tornar a informação reutilizável para diferentes contextos e diferentes atores. O termo reutilizável é algo mais forte que compartilhamento, pois provoca uma maior relação de utilidade e dependência. O Quadro 4.3 ilustra esta escala de acessibilidade da informação.

Quadro 4.3 - Escala de acessibilidade da informação.



Download	É possível baixar, mas não há preocupação, com padrões e formatos interoperáveis nem com compartilhamento. Por exemplo, disponibilizar para <i>download</i> um arquivo em um formato que pode ser proprietário. Questões de completude e qualidade da informação, disponibilidade, licença e atualização são negligenciadas.
Compartilhamento	É possível baixar, há preocupação com compartilhamento, mas nem sempre respeitando <i>openness</i> . Por exemplo, disponibilizar uma informação em um formato aberto, porém com granularidade grossa.
Consumível	Neste nível, há preocupação com a utilização da informação em diferentes contextos e que ela possa ser agrupada e combinada com outras informações que vai além do propósito inicial de uso. Há necessidade de obedecer a determinados formatos e padrões. O grau de interoperabilidade é alto, porém mais restrito a um domínio, no caso, de IDEs. Por exemplo, disponibilizar geoserviço no formato da EDGV e no padrão WMS e seus respectivos metadados por instituições que fazem parte de uma IDE.
Integrativa	A informação é acessível independente de ser geo ou não(dados ligados), como bem comum, de forma racionalizada para que possa ser reutilizada e integrada entre sistemas e redes. O movimento de abertura é seguido e referência. A informação pode ser baixada e compartilhada, mas o foco é disponibilizar como APIs padronizadas criando assim uma grande rede distribuída de bibliotecas de serviços para consumo nas diferentes esferas de governo, da academia (entre professores, estudantes, pesquisadores e especialistas), de desenvolvedores e de qualquer interessado. Há preocupação constante com padrões, formatos e convenções, o reuso é o foco, medir a utilidade da informação e por quem está sendo utilizada também são importantes. O grau de interoperabilidade é mais alto e não restritivo quando comparado ao nível três (consumível). Por exemplo, disponibilizar um serviço (geo ou não) auto descritivo, baseado em princípios abertos e na <i>Web</i> dos dados, cuja representação possa ser negociada e consumida/reutilizada por máquinas e pessoas. Modela-se para um domínio pensando para fora, buscando o que é comum, ao usar termos universais.

Uma tecnologia que pode apoiar a escala de acessibilidade da informação no nível integrativa é o uso de REST no nível 3, conforme é explicado nos Capítulo 5 e 6.

4.3.2. Software livre na esfera pública e o ambiente IDEH-Co⁴

Enfatiza-se que na esfera governamental a licença de uso de *software* proprietário, além das questões financeiras, já que muitas vezes as instituições não possuem recursos financeiros para compra, há que se falar também no impacto da aquisição e ou renovação de licença, pois para qualquer compra de *software* proprietário é preciso formular um processo de licitação, que normalmente é trabalhoso e moroso para a instituição e que muitas vezes pode impactar em suas atividades operacionais, além é claro da necessidade de ter o recurso financeiro disponível. Neste sentido, recomenda-se o uso de *software* livre para qualquer instituição pública.

Dentro da plataforma proposta para IDEH-Co⁴, como uma maneira de garantir escalabilidade, liberdade e a eficiência, o uso de *software* livre é um pré-requisito de projeto. A título de exemplo, aplicações e bases de dados criadas a partir de diversos *softwares* livres como instâncias de banco de dados Postgres/Postgis ou de servidor http nginx não haveria custo algum nem impedimentos legais. Em um modelo clássico de

software proprietário em que cada cópia paga deva corresponder a uma única licença de uso ou ainda cobrança por processador inviabilizaria este tipo de iniciativa.

Dentro do ecossistema IDEH-Co⁴, é preciso que haja políticas que incentivem não somente o uso de *software* livre, mas também o desenvolvimento e a formação de comunidades. A título de comparação, uma única licença de um determinado *software* proprietário de SIG que é um dos líderes de mercado, custa cerca de 60.000 reais atualmente. Existem instituições públicas no Brasil que possuem mais de uma centena destas licenças gerando um custo maior que seis milhões de reais. Isto sem contar com as renovações de licenças que podem ocorrer anualmente e das questões já mencionadas de licitação. Por outro lado, um aporte de dinheiro no desenvolvimento de soluções livres, além de fomentar o crescimento desta comunidade garante o uso mais racional para o governo, já que outras instituições se beneficiariam também. Sem falar no retorno para a sociedade que estará livre para usá-lo. Isto pode gerar o efeito “bola de neve”, em que uma instituição A patrocina o desenvolvimento de funcionalidades de seu interesse para determinado *software* aberto e logo após outra instituição B pague por desenvolvimento de mais funcionalidades novas e assim sucessivamente, beneficiando a todos. Este pequeno processo mostra que há vantagens não somente aquele que contratou o serviço, mas também a comunidade de desenvolvedores e todos que queiram usar o *software* livre. Outra característica intrínseca deste tipo *software* é poder ser patrocinado por qualquer outro ente. Por outro lado, uma questão sensível sobre *software* livre é a garantia e o suporte, mas que poderiam ser endereçados nestas condições de patrocínio. Para HOLMES *et al.* (2005) e BORBA *et al.* (2015a) as iniciativas *openness* representam, um modelo mais adequado de implementação de IDEs através de uma abordagem colaborativa, iterativa e financeiramente viável.

De fato a questão de *software* livre, dados abertos, governo aberto e outras iniciativas abertas tem grande impacto no governo e na sociedade já que tais iniciativas trazem um sentimento de mais transparência, democracia, necessidade de disseminação e colaboração entre os diversos atores envolvidos. Por outro lado, quando as instituições de governo passam a cobrar por sua produção, o contribuinte está sendo bitributado. Além disso, certo grau de tensão entre as instituições da esfera pública é gerado, podendo minar a colaboração, a disseminação e consequentemente a transparência. A título de exemplo, no Brasil, os Correios não fazem parte da INDE e não disponibilizam, de maneira aberta, a base de dados de endereço e código postal, ainda que isto seja de utilidade pública e de interesse universal, conforme citado por

FRANČULA (2014) que afirma que o código postal é de alto valor em um contexto de dados geoespaciais abertos.

Este trabalho defende como premissas estas iniciativas para um ambiente de infraestrutura contemporâneo, habilitado espacialmente e permita o relacionamento com elementos externos. Assim as iniciativas abertas podem ser consideradas pré-requisitos na proposta do IDEH-Co⁴. Desta maneira, considera-se que o governo seja aberto para que haja transparência, participação, colaboração e livre acesso. Que a utilização de dados abertos seja a regra para que não haja problemas relacionados à disponibilidade da informação e restrinja os aspectos legais às questões de sigilo, privacidade e direito autoral. Que o ambiente ofereça uma plataforma tecnológica participativa e colaborativa para apoiar a colaboração aberta. Que o código utilizado na plataforma seja aberto, para que o *software* gerado não tenha nenhum tipo de restrição de uso.

4.4. Nuvem de governo

Este trabalho propõe o uso de nuvem de governo¹³ como forma complementar e visando uma maior integração para ambiente moderno de IDEs. Nuvem de governo pode ser empregada em qualquer esfera de governo e tem como grande vantagem à racionalização de recursos. Por exemplo, no Brasil além da esfera federal, cada estado ou ainda prefeitura de grande porte poderia ter uma nuvem de governo ou um arranjo compartilhado. Uma nuvem de governo poderia abrigar diversos serviços de vários interessados e apontar para uma solução futura mais racionalizada.

4.4.1. Computação na Nuvem (*Cloud computing*)

Assume-se que nuvem de governo é o uso de computação na nuvem voltada para ações de governo. A computação em nuvem é um modelo que permite acesso sob demanda de um *pool* compartilhado de recursos computacionais configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e lançados com mínimo esforço de gerenciamento ou interação do provedor de serviços (MELL e GRANCE, 2011). De modo geral, a computação na nuvem é a maneira pela qual as infraestruturas de *hardware* e *software*,

¹³ Nuvem de governo - é um *data center*, à disposição da esfera pública, capaz de prover uma grande variedade de serviços e aplicações, com alto grau de desempenho, confiabilidade e de disponibilidade.

apoiadas pela infraestrutura de telecomunicações, são combinadas para que serviços ligados aos negócios sejam oferecidos e possam ser acessados em qualquer lugar no mundo. Ou seja, computação na nuvem se refere tanto aos aplicativos fornecidos como serviços, quanto ao *hardware* e ao *software* de sistemas nos *data centers* que proveem esses serviços (ARMBRUST *et al.*, 2010). Estes autores ainda citam dez obstáculos e dez oportunidades em computação na nuvem e o rápido crescimento deste tipo de ambiente (ARMBRUST *et al.*, 2010).

De fato, a computação está sendo transformada em um modelo consistindo de serviços que são equivalentes a *commodities* e liberados semelhantes a produtos de utilidades públicas como água, eletricidade, gás e telefonia (BUYYA *et al.*, 2009). As principais características da computação em nuvem são: orientado a serviço, o baixo acoplamento, a forte tolerância a falhas, modelo de negócio, facilidade de uso e escalabilidade (GONG *et al.*, 2010).

De acordo com MELL e GRANCE (2011) computação na nuvem é um modelo composto de cinco características essenciais, três modelos de serviço e quatro modelos de implantação, conforme ilustrado no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Modelo composto da computação na nuvem.

	Características essenciais
Autoatendimento sob demanda	Um consumidor pode unilateralmente fornecer capacidades de computação, como tempo de servidor e armazenamento em rede, conforme necessário automaticamente, sem requerer interação humana com cada provedor de serviços.
Amplo acesso à rede	As capacidades estão disponíveis na rede e são acessadas por meio de mecanismos padronizados que promovem o uso por plataformas de clientes heterogêneos (celulares, tablets, laptops, estações de trabalho etc).
Agrupamento de recursos	Os recursos de computação do provedor são agrupados para atender múltiplos consumidores usando um modelo multi-tenant ¹⁴ , com diferentes recursos físicos e virtuais dinamicamente atribuídos e reatribuídos de acordo com a demanda do consumidor. Existe uma sensação de independência de localização no sentido de que o cliente geralmente não tem controle ou conhecimento sobre a localização exata dos recursos fornecidos, mas pode especificar a localização em um nível mais alto de abstração (exemplo, país, estado ou <i>data center</i>). Exemplos de recursos incluem armazenamento, processamento, memória e banda de rede.
Rapidez de elasticidade	As capacidades podem ser elasticamente provisionadas e liberadas, em alguns casos automaticamente, para escalar rapidamente para fora e para dentro proporcionais à demanda. Para o consumidor, os recursos disponíveis para fornecimento muitas vezes parecem ser ilimitados e podem ser apropriados em qualquer quantidade a qualquer momento.
Serviço medido	Os sistemas em nuvem controlam e otimizam o uso de recursos automaticamente, alavancando um recurso de medição em algum nível de abstração apropriado ao tipo de serviço (por exemplo, armazenamento, processamento, largura de banda e contas de usuário ativas). O uso de recursos

¹⁴ *Multi-tenant* – refere-se a uma única instância de máquina/software utilizada/executado por vários inquilinos (clientes).

	<p>pode ser monitorado, controlado e relatado, proporcionando transparência para o provedor e para o consumidor do serviço utilizado.</p>
Modelos de serviço	
Software como um Serviço (SaaS)	A capacidade fornecida ao consumidor é usar os aplicativos do provedor em execução em uma infraestrutura de nuvem, por exemplo, via <i>browser</i> . O consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura de nuvem subjacente, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais, armazenamento ou até mesmo recursos de aplicativos individuais.
Plataforma como um Serviço (PaaS)	A capacidade oferecida ao consumidor é implementar na infraestrutura da nuvem aplicativos adquiridos pelo consumidor ou criados usando linguagens de programação, bibliotecas, serviços e ferramentas suportadas pelo provedor. O consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura de nuvem subjacente, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais ou armazenamento, mas tem controle sobre os aplicativos implantados e configurações para o ambiente de hospedagem de aplicativos.
Infraestrutura como Serviço (IaaS)	A capacidade oferecida ao consumidor é fornecer processamento, armazenamento, redes e outros recursos de computação fundamentais onde o consumidor é capaz de implantar e executar software arbitrário, que pode incluir sistemas operacionais e aplicativos. O consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura de nuvem subjacente, mas tem controle sobre sistemas operacionais, armazenamento e aplicativos implantados. Há controle limitado de componentes de rede (exemplo, <i>firewalls de host</i>).
Modelos de implantação	
Nuvem privada	A infraestrutura da nuvem é provisionada para uso exclusivo por uma única organização que compreende vários consumidores (por exemplo, unidades de negócios). Pode ser de propriedade, gerenciado e operado pela organização, um terceiro, ou alguma combinação deles, e pode existir dentro ou fora das instalações.
Nuvem de comunidade	A infraestrutura da nuvem é provisionada para uso exclusivo por uma comunidade específica de consumidores de organizações que têm preocupações compartilhadas (por exemplo, missão, requisitos de segurança, política e considerações de conformidade). Pode ser de propriedade, gerenciado e operado por uma ou mais organizações da comunidade, um terceiro, ou alguma combinação deles, e pode existir dentro ou fora das instalações.
Nuvem pública	A infraestrutura da nuvem é provisionada para uso aberto pelo público em geral. Pode ser de propriedade, gerenciado e operado por uma empresa, academia ou organização governamental, ou alguma combinação deles.
Nuvem híbrida	A infraestrutura de nuvem é uma composição de duas ou mais infraestruturas de nuvem distintas (privadas, comunitárias ou públicas) que permanecem como entidades exclusivas, mas que estão vinculadas pela tecnologia padronizada ou proprietária que permite a portabilidade de dados e aplicativos.

No contexto governamental, com a finalidade de atender os princípios citados nos itens 4.1 e 4.2 e endereçar a computação social, propomos para o ecossistema IDEH-Co⁴ o uso de uma nuvem híbrida. A Figura 4.6 retrata uma abstração de uma nuvem dividida em três cenários típicos não exclusivos que podem ser combinados do ponto de vista de uso por qualquer entidade. Nesta figura, por exemplo, as entidades A e D têm suas aplicações e serviços executando em servidores próprios, mas podendo acessar recursos na nuvem. As Entidades B e E possuem todas as suas aplicações e serviços executando na nuvem, ou seja, não necessita de nenhum *software* voltado para o ambiente de IDEs em seus computadores. Já a entidade C possui parte de suas

aplicações e serviços executando em seus servidores e parte na nuvem. Em todos os casos, a nuvem fornece o modelo de serviço.

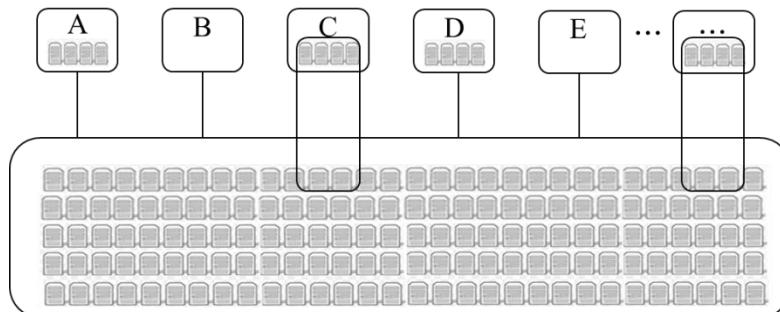


Figura 4.6 - Abstração de nuvem de governo.

4.4.2. Porque nuvem de governo?

Os capítulos 2 e 3 trazem alguns exemplos que justificam o uso de uma nuvem. Além daqueles citados, existem outros motivos para o uso de nuvem de governo, entre os principais:

1. Fortalecimento e fomento para um ambiente de IDE através de reuso e compartilhamento de recursos (infraestrutura, sistemas, dados, serviços e pessoas).
2. As IDEs têm um forte envolvimento de diferentes setores públicos e isto se traduz em heterogeneidade. Instituições públicas grandes, em geral, possuem áreas de TI que assumem o papel da gestão da infraestrutura interna e da manutenção dos serviços. Normalmente ambientes organizacionais de TI envolvem ambientes de desenvolvimento, homologação, produção e de teste. Entretanto, para o contexto do ambiente IDEH-Co⁴, dois ambientes são importantes: Ambiente de disseminação e Ambiente de projeto.
 - O ambiente de disseminação deriva de um snapshot (uma versão ou porção copiada do ambiente de produção em dado instante) do ambiente de produção criando assim uma versão para publicação. Este ambiente não sofre modificação e fica disponível para acesso de acordo com o modelo de serviço. Por não sofrer alterações, é um ambiente propício para replicações e assim favorecendo a arquitetura distribuída moderna da Web, que será apresentada nos Capítulos 5 e 6.

- O ambiente de projeto contém os serviços que podem ser utilizados e atualizados para algum propósito, disponível de maneira compartilhável entre diferentes interessados, mas visando à criação/atualização de algum conteúdo. Em outras palavras, este ambiente compartilha conteúdo objetivando criação e atualização, e para isto pode ser fornecido inicialmente versão ou porção dos ambientes de produção ou disseminação. Por exemplo, um projeto de atualização de mapeamento de áreas que estão desatualizadas, envolve inicialmente o acesso à base de dados que será atualizada e a inclusão de atores.
3. Democratização e maior acesso a entes da esfera pública, pois muitos atores não possuem justificativas ou recursos suficientes para a criação ou manutenção de serviços geoespaciais na *Web*. A título de exemplo, existem prefeituras com poucas camadas de informação, fato que muitas vezes não justifica manter uma equipe ou computadores e aplicativos para disponibilização de serviços. Em outras palavras, o custo com os recursos inibe a disponibilização de serviços.
 4. Combate à exclusão digital, sustentabilidade e transparência de informação. Além das questões da falta de recursos que de certa maneira se manifesta na forma de exclusão digital, há que se falar também na sustentabilidade da informação e transparência. A partir do momento que uma informação é disponibilizada na nuvem, ela passa a ganhar maior visibilidade e independência do local de origem no sentido da disponibilização. Por exemplo, ainda que um prefeito ao assumir uma prefeitura, por questões políticas ou financeiras resolva desligar os computadores que hospedavam as bases de dados originais, pelo menos aquelas que já foram publicadas como serviços na nuvem tendem a permanecer no ar.
 5. Um lugar para aqueles sem recursos poderem disponibilizar seus produtos. Um lugar também para hospedar informações não oficiais, mas de interesse público.
 6. Facilitar criação de projetos envolvendo diferentes interessados. Facilitar a criação de projetos verdadeiramente nacionais. Para contemplar projetos multi-institucionais cujo produto é de responsabilidade de mais de um e não deva ser hospedado em uma única instituição. Há projetos envolvendo diferentes atores de governo necessitando de hospedagem comum para acesso e produção.
 7. Projetos produzidos envolvendo diferentes atores que fariam mais sentido estar acessíveis em uma nuvem. Por exemplo, disponibilização de serviços e

plataformas unificados na nuvem que ajudam a mapear o mosquito *Aedes aegypti* contando com a participação de cidadãos, pesquisadores, agentes de governos etc, além de plataformas distintas, como por exemplo, o uso de mídias sociais e aplicativos na *Web* e *mobile*. Outro exemplo, processo de reambulação em projetos de mapeamento envolvendo cidadãos.

8. Fomentar a participação social, possibilitando a participação de cidadãos em projetos colaborativos através de aplicativos e parcerias informais. Lembrando que de acordo com o marco civil da internet é retirado a responsabilidade dos sites sobre o conteúdo gerado por terceiros, conforme visto no capítulo 2.
9. Para a hospedagem de serviços comuns a diferentes interessados. Por exemplo, algumas imagens disponibilizadas (produtos) pelo INPE são insumos para outras instituições que precisam processar estas imagens para serem utilizadas. Assim os produtos gerados a partir das imagens do INPE (insumos para os outros entes) tornam-se disponíveis a todos na nuvem, sem necessidade de fazer *download* de imagens.
10. Provimento de plataformas de interesse e comuns a todos. Por exemplo, o Capítulo 3 citou o uso de funcionalidades de redes sociais que poderiam estar disponíveis na forma de dados ligados (*linked data*), além dos serviços conforme categorização de sistemas e plataformas colaborativas para informação geográfica propostos neste mesmo capítulo.
11. Conscientização e equilíbrio que todos estão na mesma missão maior que é atender as necessidades do País.
12. Apoiar a cultura *openness* (do acesso). Para dar mais sustentação e endereçar de forma mais efetiva os princípios de uma IDE moderna.
13. Endereços, estradas, rios, construções, elementos fisiográficos entre dezenas de outros são naturalmente compartilháveis entre todos.
14. Requisitos não funcionais como tempo de resposta de requisição, número de requisições por segundo, tempo de *upload* e *download* tendem a ser mais controláveis na nuvem, devido às suas características essenciais.

Todavia, uma nuvem de governo também tem aspectos contrários, tais como:

1. A construção de um *data center* tem custo alto.
2. A manutenção de nuvem de governo e a gestão envolvem recursos humanos, técnicos e financeiros permanentes. Existe também a opção de usar uma nuvem

de empresa privada, mas além da questão de não ter o controle sobre o *data center*, também envolve custos que podem ser altos, pois dependem da configuração das máquinas, da disponibilidade (tempo de uso) e da quantidade de instâncias usadas, requisições, *uploads* e *downloads*.

3. Questões políticas, corporativistas e até patrimonialistas podem minar a iniciativa. Isto pode variar desde tentativa de esconder problemas até sensação de perda de poder, passando por questões de melhorar serviços prestados.
4. Problemas ligados à infraestrutura de comunicação que não é uniforme nem adequada a todos. Sabe-se que nem todos os lugares possuem uma infraestrutura de comunicação adequada.
5. Questões ligadas à segurança, privacidade e direitos autorais.

4.5. Frameworks de sustentação

No desenvolvimento de uma IDE há uma variedade de preocupações relacionadas com as perspectivas: conceitual, técnica, social, política, organizacional, jurídica, cultural, institucional e financeira (HJELMAGER *et al*, 2008; TOOMANIAN, 2012). Desta forma, o IDEH-Co⁴ considera, de forma que haja equilíbrio, os três frameworks¹⁵ (estruturas) que têm relações de uso entre eles, a saber:

- **Estrutura Legal:** É o instrumento formal para tratar com os aspectos legais, tais como leis, protocolos, tratados etc. Esta estrutura oferece recursos legais para resolver problemas institucionais e conflitos de interesse. De acordo com FERNANDEZ e IGLESIAS (2009), a estrutura legal associada à IDE em uma esfera nacional é um guarda-chuva legal para apoiar IDEs subnacionais e corporativas. Segundo JANSSEN (2008), no contexto das IDEs, um boa estrutura Legal é crucial para o desenvolvimento e manutenção do bom funcionamento de uma infraestrutura de dados espaciais e pode ser avaliada através de diferentes critérios. ONSRUD (2010) cita a necessidade da interoperabilidade legal que deve ser tratada neste framework, principalmente referente aos diferentes tipos de licenças que podem ser conflitantes. Já STEUDLER e RAJABIFARD (2012) ratificam ONSRUD (2010) ao afirmarem que este framework deve criar as regras e leis necessárias que acondicionam como as informações são compartilhadas. Por fim, ONSRUD *et al.*

¹⁵ Framework, estrutura e arcabouço, no contexto deste trabalho, são sinônimos e intercambiáveis.

(2005) afirmam que o direito legal de acessar a informação é necessário, porém é uma condição insuficiente para sustentabilidade de uma IDE.

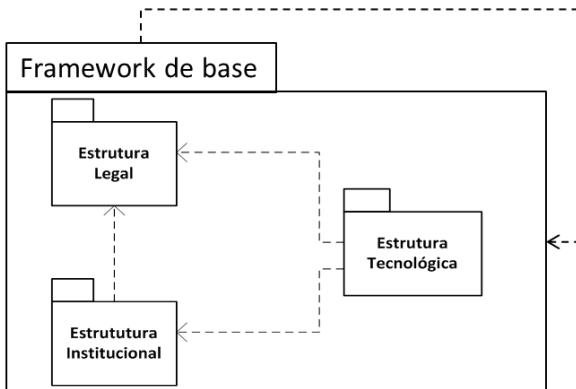


Figura 4.7 - Relacionamento entre os frameworks- diagrama de pacote UML.

- **Estrutura Institucional:** É endereçado à formação de arranjos administrativos, políticos e organizacionais para construção, manutenção, acesso, licença e aplicação de padrões e conjunto de dados e metadados fundamentais (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2001; FEENEY *et al.*, 2002). O desenvolvimento e manutenção das IDEs é um esforço colaborativo que envolve vários patrocinadores e trabalho em equipe, consequentemente atividades conjuntas (TOOMANIAN e MANSOURIAN, 2009). Os grupos de trabalho podem compartilhar experiências, formar parcerias, criar convenções, acordos e tratar de tecnologia, padrões, coordenação e desenvolvimento. Desta forma a estrutura institucional pode criar acordos formais e informais visando facilitar o trabalho cooperativo e colaborativo, além de estimular a participação através de ações voltadas para a cultura do acesso. Um bom exemplo para o caso da IDE brasileira foi criação do comitê da INDE, conforme descrito no Capítulo 2 deste trabalho. Outro exemplo, o portal de software público que disponibiliza software livre para que as instituições possam compartilhar soluções. Por outro lado é preciso levar em consideração as novas formas de comunicação não somente entre as instituições, mas também envolvendo pessoas via computação social e sistemas colaborativos. Também é preciso avançar no movimento de abertura que mira o livre acesso, a transparência e uma participação mais efetiva e democrática de cidadãos. Além do mais, questões burocráticas que minam a cultura do acesso precisam ser combatidas. A título de exemplo, no Brasil havia a necessidade de criação de convênios entre entes públicos para compartilhamento de dados. Tal fato não faz mais sentido em uma política de governo aberto. Note que

governo aberto vai além de governo transparente, pois além da transparéncia como mecanismo de combate a corrupção, visa estimular a participação entre entes governamentais, sociedade civil, iniciativa privada e academia, na formulação de políticas públicas, no desenvolvimento e inovação, nas análises e pesquisas.

- **Estrutura tecnológica:** IDEs são ambientes complexos e dinâmicos que podem envolver um grande número de organizações, pessoas e volumes de informação espacial em diferentes contextos, domínios e disciplinas. Para BARREIROS (2014), as novas tecnologias, em especial a internet e as redes sociais, aproximam a relação estado-cidadão, garantindo uma interação participativa e de controle. Além do mais, as tecnologias de informação e comunicação (TIC) promovem a abertura e a transparéncia (BERTOT *et al.*, 2010). Portanto, considera-se que ela é estratégica e alavancadora, indo muito além de uma simples atividade meio. Dentro de governos ela é considerada fator decisivo para um governo mais democrático e avanços em políticas públicas. A fim de apoiar e fomentar o fluxo de informação entre as partes interessadas (governo, cidadãos e do setor privado, e da academia) a estrutura tecnológica tem de ser estabelecida. Tal estrutura deve abordar elementos arquitetônicos e tecnológicos, com base nos requisitos funcionais e não-funcionais considerando os princípios de uma IDE moderna e do ambiente externo que deveria ser integrado. Não se pode mais conceber uma IDE em termos tecnológicos sem levar em consideração o ambiente externo, formado por mídias sociais, sistemas colaborativos e outras infraestruturas de informação. A estrutura tecnológica para um ambiente de IDE sempre envolverá o acesso, uso, compartilhamento, reuso, troca e produção de informação espacial distribuída e descentralizada, mas ao mesmo tempo em que garanta um conjunto comum de serviços e mecanismos de integração com o ambiente externo, além de indicar a infraestrutura de comunicação, software e hardware.

Portanto, o desenvolvimento de um ambiente bem-sucedido exige um conjunto de requisitos necessário para o desenho de uma plataforma de integração que facilite a interoperabilidade das entidades funcionais dentro de um ambiente heterogêneo (RAJABIFARD, 2008). No contexto deste trabalho, são considerados o uso da computação social, sistemas colaborativos internos e externos, os três princípios para uma IDE moderna e esses três *frameworks*.

Ressalta-se que existe uma relação de uso e dependência entre estes *frameworks* necessitando de trabalho/funcionamento em conjunto e integrado. Na Figura 4.7, se algo mudar na estrutura legal, então essa mudança pode afetar a estrutura Institucional e/ou a estrutura Tecnológica. Se algo muda na estrutura Institucional essa mudança pode afetar a estrutura Tecnológica. Mudanças na estrutura Institucional e na estrutura Tecnológica não afetam a estrutura Legal, ou seja, o domínio legal é independente, embora possa ser influenciado por domínios institucionais ou tecnológicos. A título de exemplo, o decreto presidencial que estabeleceu a INDE foi muito influenciado por algumas instituições federais que apontavam o estabelecimento de uma IDE no país. Outro exemplo é a forte dependência da estrutura tecnológica em relação à institucional, já que está promove a capacitação inclusive no tema tecnológico que se configura como um passo decisivo para ter um bom *framework* tecnológico que necessita de pessoal qualificado.

Os três *frameworks* podem ser subdivididos/especializados em outros elementos, mas esta forma facilita o entendimento e a relação entre eles. O exemplo a seguir da IDE brasileira na Figura 4.8 ilustra esta situação:



Figura 4.8 - Frameworks apresentados no portal da INDE.

Afirma-se a importância de sempre considerar os três *frameworks* equilibradamente, pois se não há aspectos legais amparando qualquer ambiente de IDE não há como garantir seu uso e acesso adequados, bem como as obrigações e responsabilidades. Se não há mecanismos para garantir aspectos institucionais não há como garantir padrões, normas, desenvolvimento, acordos, arranjos e colaborações. Se não há como garantir e fomentar a tecnologia não há como operacionalizar de maneira adequada, nem evoluir qualquer infraestrutura virtual de informação. Neste sentido, baseado em BORBA *et al.* (2015b) propomos os elementos do Quadro 4.5 como apoiadores da IDE do Brasil e consequentemente do ecossistema IDEH-Co⁴.

Quadro 4.5 - Elementos que apoiam a IDE brasileira.

Estruturas	Existente ou em curso	Não existente e proposto para IDEH-Co ⁴
Legal	<ul style="list-style-type: none"> • Em termos de enquadramento legal, a IDE brasileira foi criada pelo decreto presidencial 6.666. • Lei de acesso à informação (Lei 12.527 de 18/11/2011) – por esta lei todas as informações do governo em todas as esferas são consideradas de acesso público por parte da sociedade. As exceções são as informações pessoais e confidenciais. • Lei da neutralidade dos provedores de internet de (Lei 12.965 de 25/03/2014) – a Internet deve tratar de forma isonômica quaisquer pacotes de dados, independentemente de conteúdo, origem e destino do serviço. Ou seja, deve ser neutro em relação à passagem de pacotes em seus cabos, vendendo apenas a capacidade de tráfego, sem interferir com o próprio tráfego. Além disso, esta lei retira a responsabilidade, dos sítios provedores, sobre o conteúdo gerado por terceiros, reduzindo a insegurança jurídica. • Decreto nº 8.243 de 2014 – institui a Política Nacional de Participação Social(PNPS) e Sistema Nacional de Participação Social(SNPS), os quais visam fortalecer a cultura de participação social no Governo Federal. • Decreto 8.638 de 2016 – institui a política de governança digital no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional fomentando a participação da sociedade. • Decreto 8.777 de 2016 – institui a política de dados abertos do poder executivo federal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatoriedade do compartilhamento e disseminação dos dados geoespaciais e seus metadados nas outras esferas alinhando assim a cultura do acesso e a transparência. • Obrigatoriedade de plano de dados abertos para todos os poderes, estados e municípios. • Todo dado público tem vocação para ser dado aberto, salvo o sigiloso ou com direito autoral ou pessoal. Então se deve explicitar, em forma de lei, licença de uso público das informações espaciais produzidas por instituições de governo. Exemplo, <i>Creative Commons CCZero</i> (CC0).
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • O Brasil é signatário do Tratado de Parceria para Governo Aberto. • Preparação de planos de treinamento e curso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de princípios abertos como fundamento para a sustentabilidade da informação e transparência. • Reforçar as parcerias e acordos para

	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação de planos de divulgação e publicidade. • Definição de padrão de interoperabilidade. • Definição e criação de padrões para diferentes tipos de dados espaciais. • Definição de padrões de metadados baseados em normas internacionais (ISO 19115). • Definição e criação de parcerias e de acordos de compartilhamento de informação espacial entre diferentes agências governamentais. • Aquisição de imagens de satélite centralmente através do governo federal e acesso para todos. <p>Etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o compartilhamento de informação espacial entre todos os órgãos governamentais, setor privado, sociedade e academia, formal e informal evitando burocracias desnecessárias e fomentando a cultura do acesso. • Definição e criação de parceria informal com os voluntários. • Suporte e adoção de voluntários. • Definição da informação espacial efetivamente como bem público. • Fundo participativo entre as esferas de governo para sustentar o ambiente. • Compatibilização de licença. • Criação de um colegiado multidisciplinar, dedicado e por mandato, envolvendo diferentes instituições públicas e com especialistas da academia voltados para INDE. Além de empoderamento desta equipe/colegiado. • Estreitamento com a academia, no papel de capacitor, disseminador e na inovação e pesquisa. • Mais cursos e especializações voltados para a formação de profissionais de geomática na área de TI e Geociências. • Um modelo de negócio que dê sustentação.
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de software de código aberto. • Uso de padrões internacionais para dados espaciais, por exemplo, os padrões definidos pelo OGC. • O Plano Nacional de Banda Larga (PNBL) que prevê banda larga em todos os lares do país para os próximos 10 anos, com preços acessíveis. Atualmente mais de 4.500 municípios têm banda larga com pacotes de 1MBps (http://www.brasil.gov.br/governo/2014/03/banda-larga-popular-ja-esta-em-mais-de-4-500-municipios) • Geoportal Central (www.inde.gov.br). 	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de software de livre por meio de ações que estimulem o desenvolvimento, a produção, manutenção e suporte, via patrocínio de pesquisa e contratação de serviços à comunidade e academia. • Disponibilização de containers que facilitem a instalação e o uso de softwares, já que muitas vezes o processo de instalação de um software não é trivial e nem todos possuem habilidades para este fim. • Ecossistema habilitado para IDEs que levam em consideração mídias sociais e ambientes externos colaborativos. • Uso de REST como mecanismo para aumentar a interoperabilidade entre os serviços. • Uso de APIs para a transformação das instituições provedoras de serviços em verdadeiras bibliotecas distribuídas. • Uso de <i>Linked Data</i> como mecanismo de ligação com

		<p>diversos tipos de recursos.</p> <ul style="list-style-type: none">• Usar plataforma em nuvem como meio de racionalização de recursos e ao mesmo tempo como mecanismo de fornecimento de recursos de interesse comum e para aqueles sem recursos.
--	--	---

4.6. Modelo de IDE estendido para IDE de 3^a Geração+: IDEH-Co⁴

Para apoiar o ambiente de 3^a Geração+, IDEH-Co⁴, propomos um modelo conceitual inspirado na proposta de HJELMAGER *et al.* (2008) e amadurecido para contemplar as necessidades apontadas no Capítulo 3, os princípios e *frameworks* para o desenvolvimento do IDEH-Co⁴, conforme apresentado na Figura 4.9 que explicita uma visão do diagrama de classes de negócio de alto nível. Note que este artefato efetua mudança nas IDEs ao levar em consideração aspectos do ambiente interno e externo, inserindo o ambiente de IDEs no contexto de infraestrutura de dados de governo.

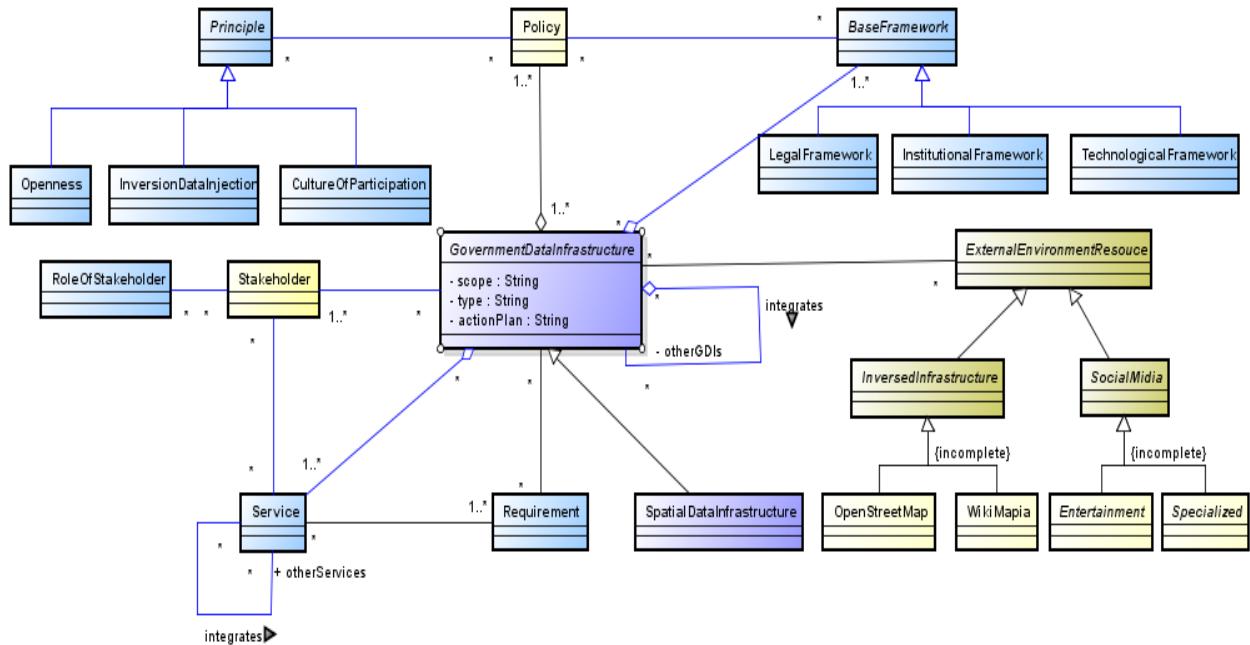


Figura 4.9 - Diagrama de Classe em UML para IDEH-Co⁴ - Modelo conceitual inspirado em HJELMAGER *et al.*(2008).

Este diagrama de classe alto nível constitui-se da visão do núcleo de uma infraestrutura de dados espaciais que considera e se relaciona com outras infraestruturas de governo (espacial e não espacial). Apesar de ser um modelo de alto nível de abstração, já que a maioria das classes é abstrata e podendo ser especializada e

decomposta em outras classes e relacionamentos, este diagrama transmite a síntese do ecossistema proposto ao considerar a convergência com mídias sociais e sistemas colaborativos externos; os princípios para movimentos de abertura visando à cultura de acesso, participativa e transparente; além de *frameworks* que são necessários para dar sustentação a todo ambiente. Os indícios que tal modelo é adequado vêm justamente do confronto com a realidade atual, uma vez que princípios abertos estão sendo considerados em vários países, da necessidade de *frameworks* como pilares em qualquer infraestrutura de informação (espacial ou não) e de relacionamento com elementos externos, conforme estudados no Capítulo 3.

A fim de dar mais clareza ao ambiente proposto, o Quadro 4.6 apresenta uma comparação das características de VGI/*Crowdsourcing geospatial*, IDE clássica e o ecossistema IDEH-Co⁴.

Quadro 4.6 - Comparando VGI com IDE clássica com a proposta do IDEH-Co⁴ de terceira geração plus

Características	VGI/ <i>Crowdsourcing geospatial</i>	IDE clássica	IDEH-Co ⁴
Controle e/ou coordenação	<i>Bottom up</i>	<i>Top down</i>	Sanduíche (<i>Top down</i> e <i>Bottom up</i>)
Propósito	De acordo com a necessidade dos interessados.	Principalmente para atendimento de necessidades de governos e especialistas.	Atendimento de necessidades de governo, especialistas e da sociedade. Informação como bem comum.
Objetivo	Tornar os dados acessíveis, principalmente, em seus ambientes.	Tornar a diversidade e heterogeneidade de dados geoespaciais acessíveis.	Tornar os dados acessíveis e integrativos. Princípios abertos, cultura do acesso e da transparência.
Controle de qualidade	Variável, podendo haver mecanismos de controle.	Rígido de acordo com critérios, normas e padrões.	Rígido de acordo com critérios, normas e padrões para projetos e dados oficiais e variável para projetos e dados não oficiais.
Qualidade da informação	Variável, sem valor oficial e heterogêneo.	Normalmente boa, oficial e heterogênea.	Normalmente boa para informação oficial e variável para não oficial
Maiores Interessados e público alvo	Qualquer cidadão, instituição incluindo os especialistas.	Esfera pública e comunidade de especialistas	Toda a sociedade.
Geração de conteúdo	Qualquer conteúdo de maneira colaborativa.	Conteúdo gerado por especialistas principalmente da esfera pública na perseguição de suas missões.	Qualquer conteúdo, porém distinguindo entre informação oficial e não oficial e privilegiando a colaboração (G2G, G2C, B2G e C2C) ¹⁶ .

¹⁶ G2G-Governo para governo; G2C – Governo para cliente; B2G – Negócio para governo; C2C – Cliente para cliente;

Framework Legal	Normalmente não há.	Normalmente criado de maneira oficial.	Normalmente criado de maneira oficial.
Framework institucional	Informal, coordenação descentralizada.	Normalmente formal. Acordos, arranjos, padrões e coordenação na esfera pública.	Formal e informal. Acordos, arranjos, padrões e coordenação na esfera pública. Visão integrativa com ambientes externos.
Framework tecnológico	GeoWeb; Web 2.0; APIs em REST ou estilo RPC.	Padrões baseados no OGC e na ISO. Arquitetura SOA.	Padrões baseados no OGC, ISO. Arquitetura SOA e REST, Web 2.0 e Web dos Dados, APIs Restful. Computação na nuvem.
Localização	Distribuída na Web pela diversidade de aplicações e propósitos.	Distribuída na Web entre as instituições participantes.	Distribuída em nuvem de governo (para dados oficiais e não-oficiais) e distribuída na Web entre as instituições.

4.7. Modelo para sustentação do IDEH-Co⁴

Conforme visto, o ambiente proposto engloba elementos que foram vistos ao longo dos Capítulos 1,2 e 3 e que são formadores do ecossistema proposto IDEH-Co⁴. Um ecossistema dito híbrido por levar em consideração a integração de dados oficiais de diferentes esferas e não oficiais criados em colaboração com a sociedade ou através de sistemas colaborativos e/ou IDEs inversas; por prover recursos para entidades oficiais e não oficiais, por prover serviços desenvolvidos nos padrões do OGC, mas avançando para o modelo arquitetural REST. A Figura 4.10 destaca os elementos formadores do ecossistema.

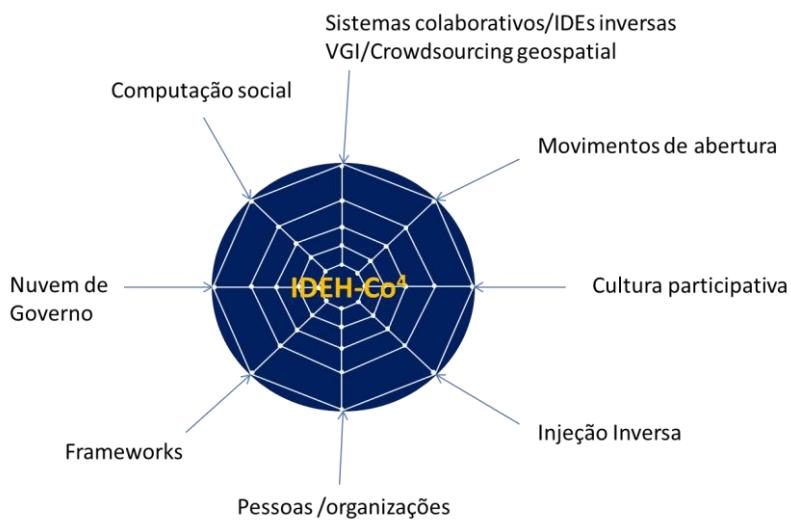


Figura 4.10 - Elementos formadores do ecossistema.

A partir da identificação dos elementos que fazem parte do ecossistema propomos três modelos:

- (1) um modelo de negócio;
- (2) um modelo de financiamento; e
- (3) um modelo arquitetural (será visto nos Capítulos 5, 6 e 7).

4.7.1. Modelo de negócio para o ecossistema da IDEH-Co⁴

Existem muitas definições para o conceito de modelos de negócios. Segundo DONKER (2009), um modelo de negócio descreve as estratégias implementadas para atingir um objetivo. Este modelo é inspirado nas condições e necessidades do País em relação à INDE que poderia ser sustentada por um grande sistema de sistemas, apoiado no processo de *Crowdsourcing/VGI* e sistemas colaborativos (BRABHAM, 2013; JEFF, 2009; DOAN *et al.*, 2011), na computação social e nos efeitos de rede (*Why people use social networking sites: An empirical study integrating network externalities and motivation theory*). Desta forma no âmbito do IDEH-Co⁴ propõe-se o modelo retratado na Figura 4.11 e descrito a seguir:

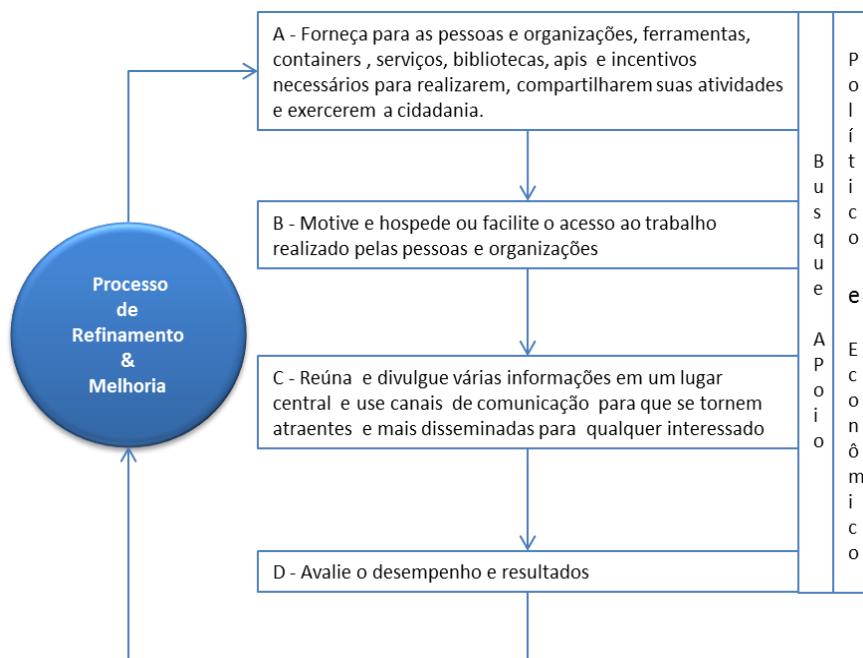


Figura 4.11 - Modelo de negócio.

- Forneça para as pessoas e organizações, ferramentas, serviços, bibliotecas, APIs e incentivos necessários para realizarem, compartilharem suas atividades e exercerem a cidadania.

De acordo com HARVEY (2003), questões relacionadas aos recursos residem no apoio político e tecnológico, além de necessidade de capacitação que juntamente com recursos possam promover relacionamentos e parcerias duradouras. De maneira geral, a política atual de cada um por si, não atende as demandas atuais e multisetoriais. O modelo cada um por si, se materializa à medida que diferentes participantes disponibilizam suas informação por obrigações e ou missões, sem no entanto considerar outros atores, por questões políticas e ou não perceber que faz parte de uma engrenagem maior dentro de qualquer governo.

Importante citar, conforme também já apresentado anteriormente, vivemos uma exclusão digital inclusive na esfera pública, principalmente refletida em prefeituras pequenas ou instituições com menos recursos ou simplesmente mal empregados. Uma forma de combater este problema é disponibilizar um conjunto adequado de ferramentas para a realização das atividades relacionadas ao uso, pesquisa, gestão, criação e manutenção da informação geoespacial. Por exemplo, atualmente não encontramos de maneira unificada e ao mesmo tempo interoperável, ferramentas que poderiam endereçar algumas situações como: a) O uso de um catálogo de imagens oficial para todos; (b) o exercício da cidadania, um cidadão apontando locais com alto índice de poluição visual; (c) criação de um geoprojeto envolvendo entidades de governo de esferas diferentes em conjunto com a sociedade. Também vale a pena citar novamente os desafios citados na seção 2.3.3 do Capítulo 2. Dentre alguns deles o problema da Dengue, Zica e Chikungunya e mais recentemente da febre amarela, que se configuraram em necessidades de envolvimento de diferentes atores trabalhando de maneira colaborativa e harmônica. Neste cenário que envolve a todos, não existe uma plataforma unificada e interoperável que possa atender ao cidadão no exercício da cidadania, ao pesquisador para fazer análise e traçar estratégias para políticas de combate, para os agentes públicos na busca e ação contra o mosquito, via mídias sociais, imprensa e sistemas colaborativos. O IDEH-Co⁴ poderia atuar nesta lacuna no que tange aos aspectos tecnológicos oferecendo *containers* e serviços na nuvem disponíveis a todos de maneira interoperável.

Outra questão importante é que o valor da informação aumenta quando tem sua utilização ampliada e pode ser integrada com outras informações.

Tais questões e desafios dão indícios da necessidade de trabalhos realmente mais em conjunto, colaborativo e participativo envolvendo diferentes interessados e apontando para um futuro onde tudo deverá estar integrado.

- Motive e hospede ou facilite o acesso ao trabalho realizado pelas pessoas e organizações.

O sucesso de qualquer negócio depende da contribuição das pessoas e/ou instituições que estão inseridas neste negócio e da forma como elas estão organizadas, são estimuladas e capacitadas, e como são mantidas num ambiente de trabalho e num clima organizacional adequado. Em qualquer instituição ter pessoas motivadas influenciam positivamente nos seus objetivos. Pessoas motivadas tendem a produzir mais e influenciar positivamente outras. Nesta mesma linha, organizações motivadas tendem a participar mais e também a influenciar positivamente outras organizações.

Determinadas atividades são melhores descritas pelo lema: um por todos e todos por um. Esta antiga frase, reflete melhor o que se busca em uma sociedade moderna. Além do mais, explicita trabalho em equipe e coordenação: *top down* - um por todos e *bottom up* – todos por um.

Importante citar que ao disponibilizar um local para hospedagem o primeiro combate à exclusão digital está sendo efetuado. Além disso, não haveria justificativa no caso de ente público de não disponibilizar seus dados. Ainda que uma entidade pública alegue que não possui conexão de internet ou sistemas na *Web*, seus dados poderiam ser enviados via pendrive ou qualquer outra mídia de armazenamento. Isto vai ao encontro de um plano de dados abertos de qualquer esfera de governo e da cultura de acesso.

Outra vertente da hospedagem é que ela habilita o conceito de Injeção Inversa de Dados conforme citado anteriormente.

- Reúna e divulgue várias informações em um lugar central e use canais de comunicação para que se tornem atraentes e mais disseminadas para qualquer interessado.

Um aspecto chave para o negócio do ecossistema IDEH-Co⁴ é saber onde encontrar de uma maneira simples os elementos que fazem parte dele, assim exercer o papel de concentrador (*HUB*) é uma importante atribuição. Além disso, para que isto se torne conhecido é preciso que haja políticas voltadas para a disseminação das atividades que são realizadas e sobre seus elementos. Desde uso da computação

social até campanhas de divulgação podem ser utilizados para dar mais visibilidade ao ecossistema IDEH-Co⁴.

- Avalie o desempenho e resultados.

O intuito aqui consiste em cada vez mais melhorar o ecossistema IDEH-Co⁴. Desta forma o IDEH-Co⁴ como um negócio precisa ser avaliado em relação ao seu desempenho e seus resultados, para que seja possível diagnosticar o estado e estágio em que se encontra e que medidas possam ser tomadas objetivando sempre sua melhoria. A título de exemplo, poderiam ser medidas quais informações são mais acessadas, quais são mais procuradas e não encontradas, quais informações são difíceis de serem acessadas, que tipo de ferramenta é mais utilizada, de que forma está avaliada e para qual propósito etc.

- Refinamentos e Melhorias

À medida que os resultados e o desempenho são avaliados, quando for o caso, refinar e melhorar aspectos ligados ao ecossistema IDEH-Co⁴. Esses aspectos variam desde uma simples melhoria na interface de utilização de uma ferramenta de mapeamento até os meios utilizados na divulgação dos trabalhos realizados para que se tornem cada vez mais conhecidos do público em geral.

- Busque apoio político e econômico

Para que seja possível operacionalizar um ambiente propício a formação de negócios é necessária à busca de apoio econômico em nível de governo e outras fontes de recursos. É preciso recursos financeiros para o desenvolvimento, manutenção, capacitação, divulgação, além de recursos para o financiamento para pesquisa e inovação.

4.7.2. Modelo de financiamento

Se quisermos avançar no princípio de que uma IDE é parte essencial do capital de uma nação que fornece uma base para o desenvolvimento econômico, social e ambiental é preciso que existam mecanismos para sustentar esta infraestrutura (GIFF e COLEMAN, 2002).

De acordo com MCLEOD *et al.* (2013), o modelo de financiamento que melhor se adapta às circunstâncias para uma IDE depende de uma série de fatores. Os autores citam: (1) O acesso ao produto que pode ser considerado como bem público ou como produtos quase-público; (2) O escopo, isto é, nacional, regional ou local; (3) A estrutura de governo, por exemplo, dentro de uma única organização ou como um esforço colaborativo envolvendo múltiplas organizações; e (4) O ambiente de execução, por exemplo, políticas de dados abertos, austeridade orçamental etc.

Se no passado, principalmente na primeira geração de IDEs, a maior parte do financiamento vinha a partir das agências de mapeamento, esse forma de se obter recursos para uma IDE, hoje em dia, não é mais suficiente. É preciso que se tenha um modelo de financiamento para um ambiente de IDE e seja patrocinado pelas altas cúpulas de tomada de decisão.

O objetivo principal de um modelo de financiamento para um ambiente de IDE é agir como uma diretriz para gestão dessa infraestrutura que consiga formalizar a fonte de financiamento para a implementação e manutenção (GIFF e COLEMAN, 2002), uma vez que a implantação e manutenção eficientes das IDEs exigem financiamento de curto e longo prazo (GIFF e COLEMAN, 2003; CETL *et al.*, 2010). Importante lembrar que governos ainda têm um importante papel no financiamento de uma IDE e alguns dos mecanismos de financiamento para implementação de uma IDE são apoiados por contribuições do governo que podem incluir (GIFF e COLEMAN, 2002):

- (1) Financiamento através dos orçamentos dos ministérios que são estreitamente relacionados com a produção ou a utilização de informação espacial;
- (2) Desenvolvimento de parcerias com o governo e as agências doadoras;
- (3) Financiamento de uma IDE por meio de parcerias do governo com grandes usuários e produtores de informação espacial como, por exemplo, empresas de serviços públicos como telefonia etc;
- (4) Compartilhamento de recursos de governo. Isto é, governos da região contribui para um fundo que é usado para financiar componentes de IDEs em toda a região.
- (5) Implementação de tributação especial que pode ser tributação por: i) incremento positivo através de incentivos fiscais, isto é através da redução ou eliminação de impostos para incentivar atividades de informação espacial; b) incremento negativo através de impostos aplicados para, por exemplo, informações associadas de bens e serviços; e/ou iii) uma combinação de ambos.

- (6) Contribuições não monetárias com a disponibilidade para IDE de pessoal, instalações, equipamentos, *expertise*, etc.

Outros atores que poderiam participar do financiamento são as agências internacionais de desenvolvimento, como por exemplo, o Banco Mundial, a iniciativa privada, principalmente as grandes empresas financiando diretamente uma IDE quando suas atividades requerem informações advindas de uma IDE ou estão voltadas para grandes empreendimentos, como por exemplo, obras de infraestrutura ou instituições privadas no papel de prestador de serviços públicos.

No caso do Brasil, o plano de ação da INDE previu financiamento apenas para o Ciclo 1 da INDE (“PLANO DE ACAO INDE”, [s.d.]), mas para implementação eficaz de uma IDE, mecanismos de financiamento devem endereçar todo o ciclo de vida de uma IDE - fase de desenvolvimento, fase de implementação e manutenção (GIFF e COLEMAN, 2003). Cabe destacar que pelo quinto artigo do decreto 6.666, o IBGE é responsável pela solicitação de recursos necessários para implantação e manutenção da INDE, fato que não está ocorrendo atualmente. Uma das possíveis causas deste problema é o fato do CINDE não estar atuando de maneira mais ativa. Isto pode ser confirmado pelo planejamento do plano de trabalho do exercício de 2015/2016 que dentre trinta e uma atividades apenas seis foram iniciadas.

Outra preocupação é que a própria CONCAR precisa ser fortalecida, já que tem função importante na INDE. Por outro lado, é preciso repensar o papel da CONCAR no sentido de uma política nacional mais abrangente de geoinfomação e que esteja alinhada com uma infraestrutura de informação nacional virtual buscando um alinhamento com a INDIA.

Portanto, é preciso que haja um modelo de financiamento abrangente que leve em conta as necessidades da INDE e de seus atores que estão envolvidos. A Figura 4.12 apresenta um modelo de financiamento que é adotado em alguns países desenvolvidos. Trata-se de uma síntese do modelo de financiamento para implementação de IDE nos países desenvolvidos. Nessa Figura observa-se que há uma clara divisão no financiamento entre as esferas de governo e que de certa forma poderia prejudicar o desenvolvimento das IDEs, principalmente em momentos de crise mundial, quando recursos financeiros são reduzidos e há necessidade de cortar gastos. Por outro lado, o envolvimento entre as esferas de governo, a construção de parcerias e a inclusão da iniciativa privada no financiamento fortalece este modelo. De fato, o nível de interação

entre os envolvidos no financiamento é muito importante, pois há uma tendência de declínio no financiamento de forma fragmentada (CROMPVOETS *et al.*, 2004).

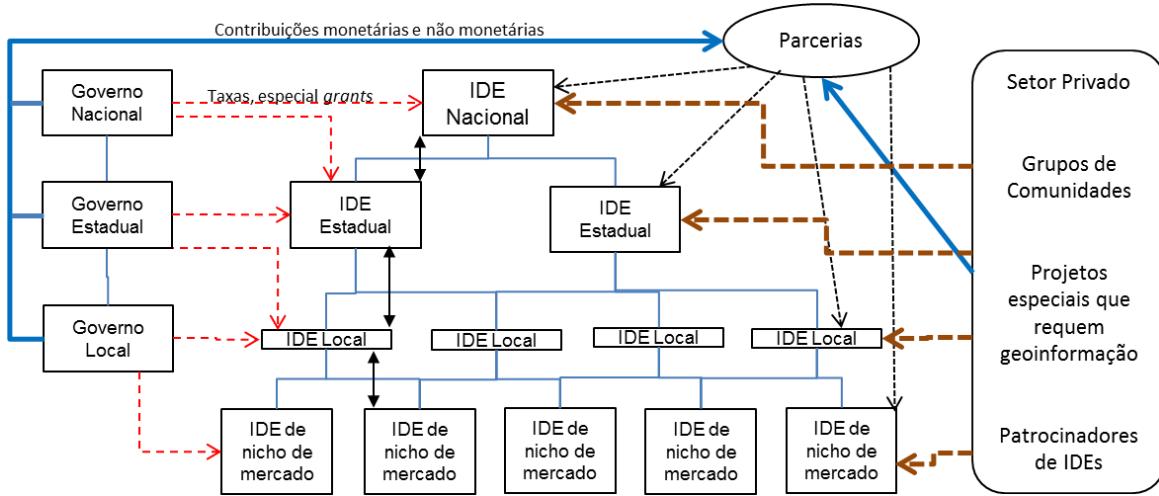


Figura 4.12 - Modelo de financiamento em alguns países desenvolvidos.

Fonte: (GIFF e COLEMAN, 2003).

GIFF e COLEMAN (2003) ponderaram uma série de questões a respeito do modelo da Figura 4.12 e afirmam que tal modelo não é adequado para países emergentes. Em função disso, outro modelo de financiamento foi proposto para países emergentes, conforme retratado na Figura 4.13.

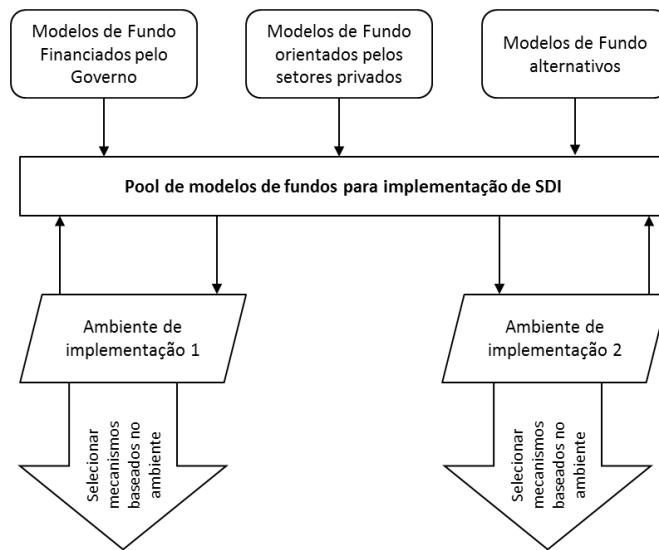


Figura 4.13 - Modelo de financiamento para países emergentes.

Fonte: (GIFF e COLEMAN, 2003)

Cabe ressaltar que modelos de financiamento para uma IDE não são universais, pois o ambiente é individual, podendo diferir e portanto requerer ajustes (GIFF e COLEMAN, 2002). O modelo sugerido na Figura 4.13, por GIFF e COLEMAN (2003)

para países emergentes, embora tenha sido proposto em uma época cuja realidade era outra, inclusive não distinguindo países emergentes de subdesenvolvidos em suas considerações, poderia ser adaptado para o Brasil, já que os recursos que são aportados na INDE estão em declínio.

Nesta proposta de trabalho, o modelo de financiamento para países emergentes é sugerido para a realidade do Brasil, levando em consideração o modelo de negócio da IDEH-Co⁴ e as características do país. Neste caso são propostos outros mecanismos para sustentar uma IDE, sejam aumentando as receitas ou baixando o custo de desenvolvimento, operacionalização e manutenção. Desta forma poderiam ser incluídos:

- (1) Equipe multidisciplinar de servidores públicos cedidos e de representantes da sociedade com perfis endereçados no plano de ação da INDE e aptos a exercerem funções em alguns dos *frameworks* do ecossistema;
- (2) Uso de software livre na produção e disseminação de produtos geoespaciais;
- (3) Uso de *Crowdsourcing/VGI* para aquisição e disponibilização da informação espacial para IDEH-Co⁴;
- (4) Apoio da computação social para dar mais visibilidade para IDEH-Co⁴;
- (5) Uso de tecnologias compartilháveis, reutilizáveis e interoperáveis;
- (6) Compra de insumos de maneira centralizada para instituições públicas;
- (7) Parcerias públicas privadas (PPP);
- (8) Parcerias com IDEs inversas como, por exemplo, o OSM que disponibiliza dados abertos e uso de sistemas colaborativos oferecidos na nuvem;

4.8. Considerações

Levando-se em conta as características do País e conceitos ligados a IDEs modernas foram propostos princípios, um modelo conceitual e um modelo de sustentação que são fundamentais para o ecossistema. Conforme apresentado na seção 4.2: a) iniciativa aberta e transparente; b) cultura de participação; e c) injeção inversa de dados. A seção 4.3 reforça a necessidade de se ter um governo aberto não visando apenas dar transparência, mas também nas oportunidades que podem ser criadas para inovação, estímulo a reutilização, ao compartilhamento e racionalização de recursos. Além de considerar software livre como estratégico. A seção 4.4 aponta a importância de uma nuvem de governo que certamente ajudaria no fortalecimento das relações entre

os diversos atores da INDE brasileira, além de facilitar a participação e entrada de novos atores. Além de ajudar no combate à exclusão digital, inclusive na esfera pública.

Isso está alinhado com as características de IDE de terceira geração tais como: (1) orientada para usuários; (2) todos os segmentos da sociedade; (3) computação em nuvem; (4) computação social e sistemas colaborativos. Neste sentido, percebe-se que o apoio legal e institucional do Governo é um elemento chave, bem como a participação de vários segmentos da sociedade.

Capítulo 5: Repensando serviços e tecnologias no âmbito do *framework* tecnológico para IDEs

Neste capítulo é efetuada uma revisão na forma como a arquitetura *Web* tem apoiado os serviços para IDEs e como são criados, disponibilizados e consumidos e como estes serviços se tornaram populares. Diante da evolução tecnológica nos últimos anos, são abordadas as tecnologias de suporte ao desenvolvimento de um *framework* tecnológico no estado da arte para ambientes de IDEs que possibilitem a interoperabilidade eficiente de dados geoespaciais e não-geoespaciais.

5.1. Conceitos da arquitetura da *World Wide Web* (WWW ou *Web*)

Em ambiente de IDEs contemporâneas é preciso levar em consideração a maneira como as pessoas interagem na Internet. Atualmente, por exemplo, para a busca de qualquer informação, orientação ou conhecimento, de uma maneira geral é utilizada a *Web*, muitas vezes fazendo uso de motores de busca como o *Google*, *Bing* e *Yahoo*. Todavia o modelo tradicional de descoberta e busca da informação em IDEs é baseado na SOA que de acordo com VINOSKY (2007) é inspirado em tecnologias como por exemplo, CORBA.

Considerando que as IDEs nasceram antes do advento da *Web*, é importante rever os conceitos por trás da arquitetura da *Web*, porque às vezes tal arquitetura é negligenciada no contexto das IDEs, e desta forma, conforme sugerido por FIELDING e TAYLOR (2002), a compreensão dos princípios arquitetônicos fundamentais subjacentes à *Web* pode ajudar a levar a melhorias nas aplicações distribuídas, uma vez que os serviços na *Web* precisam ser escalados para atender às demandas cada vez mais elevadas de desempenho. A título de exemplo, *clusters* de servidores com capacidade de balanceamento de carga, *failover*, *proxies* e *gateways* são normalmente organizados de modo que se estabeleça uma topologia de serviços permitindo que as solicitações sejam

encaminhadas de um servidor para outro, de acordo com a necessidade de redução do tempo de resposta global de uma requisição de *Web service* (RODRIGUEZ, 2008).

A Figura 5.1 apresenta uma abstração da *Web* na infraestrutura da Internet. Neste caso, é representada uma visão micro da *Web* em funcionamento em um dado instante, de forma a descrever a arquitetura da *Web* sobre a estrutura física da Internet. De acordo com FIELDING e TAYLOR (2002), a arquitetura da *Web* moderna aborda o fraco acoplamento, a escalabilidade dos componentes, a generalidade das interfaces, a implantação independente dos componentes, o uso de componentes intermediários para reduzir a latência de interação, segurança e o encapsulamento de sistemas legados. Para cumprir estes requisitos, a arquitetura *Web* tem restrições sobre o modelo de comunicação entre componentes, com base na função de cada componente durante uma ação aplicada.

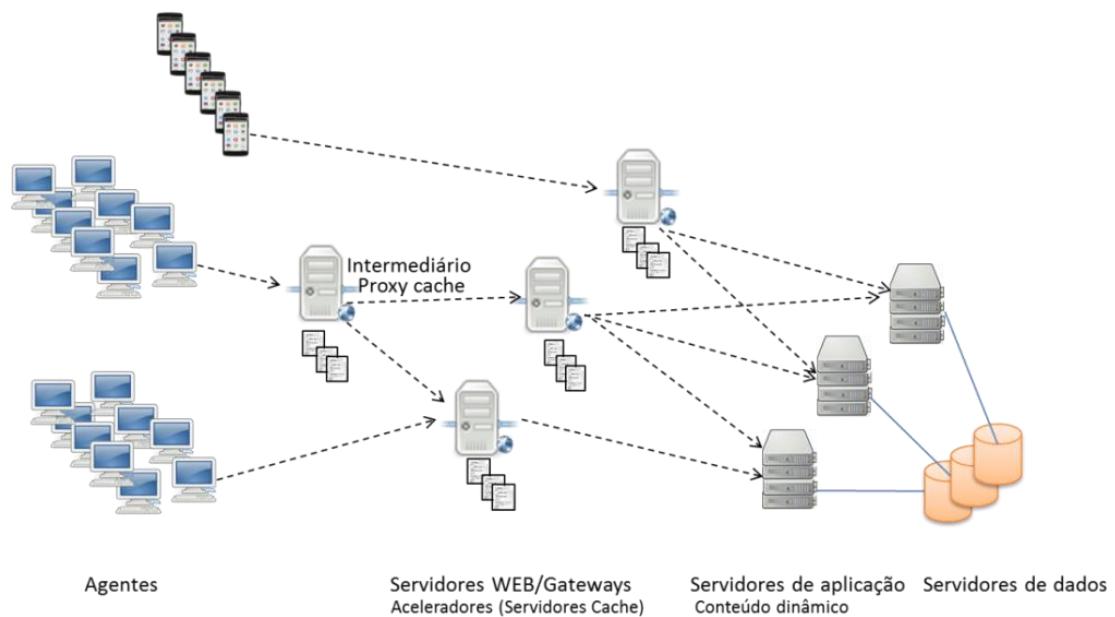


Figura 5.1 - Micro visão da arquitetura da Web. Adaptado de FIELDING (2007).

Enquanto a Figura 5.1 apresenta uma minúscula visão de uma estrutura física, a Figura 5.2 representa uma visão abstrata da *Web* na Internet. Neste último caso, por exemplo, a *cache*, um importante elemento da *Web*, está presente no cliente, em servidores intermediários e, finalmente, no servidor de origem. Além da *Web*, a Internet comporta outros elementos, como o *File Transfer Protocol* (FTP), *Email*, *Telnet*, Jogos *online* entre outros. Segundo FIELDING (2007), os elementos que fazem parte da *Web*, representados nas Figuras 5.1 e 5.2, são os componentes, descritores e dados conforme apresentados no Quadro 5.1.

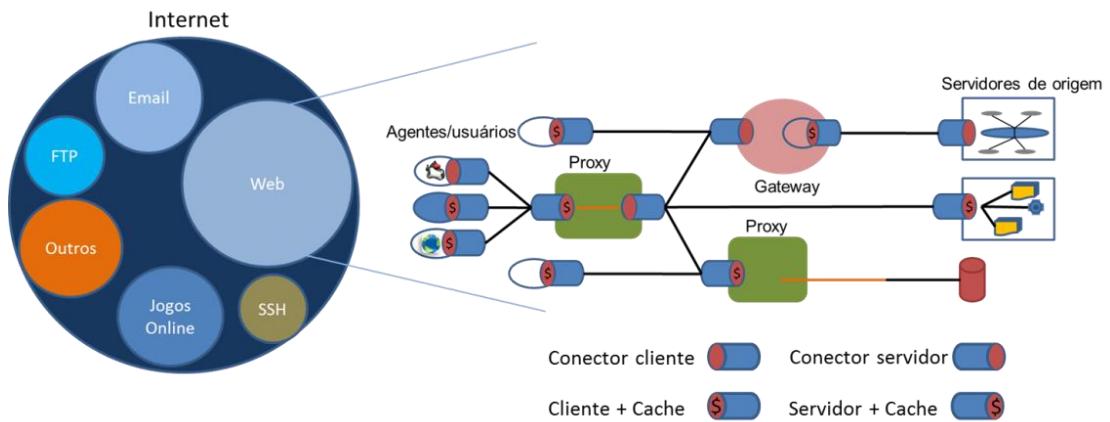


Figura 5.2 - Abstração da Web.

Adaptado de CONNOLLY e HOAR (2015) e FIELDING (2007).

Quadro 5.1 - Elementos da Web.

Componentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agentes: Navegadores e aplicativos clientes. ✓ Intermediários: <i>proxies, gateways e firewalls</i>. ✓ Servidores: Servidores de origem¹⁷
Conectores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Protocolo de transferência padrão - HTTP (é o principal)
Dados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Uniform Resource Identifier</i> (URI): um padrão identificador para todos os recursos. ✓ Pode ser usado para endereçar e ligar a representação de recursos. ✓ Representação de recurso: JSON, XML, GeoJSON, RDF, HTML, PNG etc.

De modo geral, é comum confundir a Internet e a *Web*, mas é importante entender que a Internet foi concebida para interligar redes, enquanto a *Web* funciona sobre a estrutura física da Internet. Entretanto, o crescimento exponencial da Internet foi devido principalmente à popularidade da *Web*. GUINARD *et al.* (2011) destacam que a arquitetura da *Web* permitiu que dados e serviços fossem compartilhados de uma forma que era inimaginável antes, e que impulsionou o enorme crescimento descentralizado neste ambiente. Nesta linha de pensamento, PETERSON (2012) afirma que a *Web* expandiu drasticamente o uso da Internet também para a distribuição de mapas. WEBBER *et al.* (2010) ressaltam que a *Web* começou como uma plataforma de publicação, mas está emergindo como um meio para conectar aplicações distribuídas.

O desenvolvimento de sistemas distribuídos tradicionalmente era focado em expor o comportamento customizado na forma de interfaces específicas de aplicativos e protocolos de interação WEBBER *et al.* (2010). Por outro lado, a *Web* se concentra em algumas ações bem conhecidas de rede (os métodos HTTP) e a interpretação específica

¹⁷ Uma vez que uma camada de cache pode estar associada em um cliente e/ou um servidor HTTP intermediário, o termo servidor de origem é usado para diferenciar do servidor intermediário que pode hospedar o conteúdo que foi cacheado a partir do servidor originário do conteúdo (ALLAMARAJU, 2010).

da aplicação através da representação de recursos via Identificadores de Recursos Internationalizados (IRIs). Destarte, para maior compreensão são descritos a seguir os principais conceitos empregados para o desenvolvimento de uma arquitetura de *Web services*.

5.1.2. Uniform Resource Locator (URL)

Descreve a localização específica de um recurso em um determinado servidor. Ele informa exatamente como buscar um recurso a partir de uma localização (GOURLEY *et al.*, 2002). No caso da *Web*, o URL é um tipo de URI (MASINTER *et al.*, 2005) pois além de endereçar também identifica um recurso (WEBBER *et al.*, 2010). Um URL pode ser desreferenciado, ou seja, um computador pode de alguma forma ter um URL e obter uma representação do recurso associado.

Um URL consiste em dois componentes necessários: (1) o protocolo usado para conectar e (2) o domínio (ou endereço IP) para se conectar. Componentes opcionais do URL são: (3) a porta para se conectar; (4) caminho que identifica um arquivo ou diretório para ser acessado no servidor, (5) uma *string* de consulta (*query string*) e (6) um fragmento identificador (CONNOLLY e HOAR, 2015), conforme apresentado na Figura 5.3 o uso de URL.

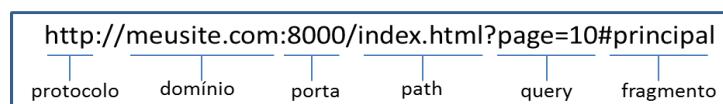


Figura 5.3 - Uso de um URL com suas características.

5.1.2. Recurso

De acordo com FIELDING (2000), os principais blocos de construção da *Web* são os recursos que são identificados por URLs. Trata-se de qualquer conteúdo exposto na *Web* através de uma representação. A representação corresponde aos dados e metadados do recurso. Assim, uma página em HTML, um vídeo, um áudio, uma imagem, um perfil de uma pessoa, um arquivo XML entre outros são conteúdos

abstraídos como recursos e são acessíveis através de um URL, modernamente chamado de IRI¹⁸.

5.1.3. *HyperText Transfer Protocol (HTTP)*

É o protocolo base de comunicação da *Web*, sobre a camada de aplicação do Modelo OSI (*Open System Interconnection*) (HALSALL e LINKS, 1995), para sistemas distribuídos e colaborativos, na qual hipermídia é o motor (FIELDING *et al.*, 1999). Sua grande importância está no fato de todos os *Web services* usarem como padrão e de sua ubiquidade, embora algumas aplicações e arquiteturas utilizem este protocolo apenas como um meio opaco para transportar dados.

Inicialmente concebido como um protocolo somente de leitura para a troca de documentos em HTML, o HTTP expandiu rapidamente a partir de um protocolo de transferência com base em arquivos para um protocolo mais generalizado que suporta tanto a leitura quanto a escrita de operações através de intermediários e que permite de forma *online* a negociação de formatos de representação para uma ampla gama de informações armazenadas em servidores (AMUNDSEN, 2011). O HTTP oferece um protocolo de aplicação universal para coordenar as interações entre os recursos distribuídos (WEBBER *et al.*, 2010).

Uma característica importante deste protocolo reside no fato de não guardar estados (*stateless*), ou seja, cada requisição é independente da requisição anterior. Em outras palavras, sessões HTTP duram uma requisição. O cliente envia uma solicitação, e o servidor responde. Dentro do ciclo de requisição e resposta da *Web*, um cliente envia uma mensagem padronizada, através de uma requisição, o servidor responde com uma mensagem de resposta. Esta mensagem de resposta por sua vez contém a representação do recurso requisitado, incluindo informações descritivas quanto possível para cada mensagem.

No protocolo HTTP, os servidores são livres para representar os dados de várias maneiras e os clientes são incentivados a informar aos servidores que formatos de representação são preferidos (GOURLEY *et al.*, 2002). O HTTP permite o uso de intermediários para satisfazer as requisições através de uma cadeia de conexões. De

¹⁸ IRI é uma generalização de URI que permite uma gama mais ampla de caracteres unicode. Cada URI ou URL absolutos é um IRI, mas nem todos os IRIs são URIs (CONSORTIUM; OTHERS, 2014).

acordo com a *Request for Comments*(RFC) 7230, existem três formas comuns de intermediário HTTP (<https://tools.ietf.org/html/rfc7230>):

- *Proxy* - Um agente de encaminhamento de mensagens que é selecionado pelo cliente, geralmente por meio de regras de configuração locais, para receber solicitações de algum tipo de URI absoluto e tentar satisfazer essas solicitações por meio de tradução através da interface HTTP.
- *Gateway* - É um intermediário que atua como um servidor traduzindo requisições e encaminhando-as para outros servidores. São utilizados principalmente para melhorar o desempenho do servidor por meio do *cache*, para habilitar o particionamento ou balanceamento de carga de serviços HTTP em várias máquinas.
- *Tunnel* - Funciona como um “caminho opaco” entre duas conexões sem alterar as mensagens. Utilizados principalmente para conexões privadas.

Embora a maioria dos *middlewares* ou aplicações de *Web services* não faça o uso de todo o seu potencial ou utilize de forma correta (ADAMCZYK *et al.*, 2011), a semântica do protocolo HTTP é bem definida e padronizada. De acordo com RICHARDSON *et al.* (2013), os principais métodos de manipulação de mensagens pelo HTTP são :

- *GET*: Obter uma representação de um recurso;
- *POST*: Criar um novo recurso baseado na representação dada;
- *DELETE*: Destruir ou excluir um recurso;
- *PUT*: Substituir o estado de um recurso por outro estado descrito na representação dada;
- *HEAD*: Obter os cabeçalhos que seriam enviados juntamente com uma representação deste recurso, mas não a própria representação;
- *OPTIONS*: Aplicado para descobrir a capacidade de recursos, por exemplo, quais os métodos HTTP que determinado recurso pode responder; e
- *PATCH*: Solicita que um conjunto de alterações descritas na requisição deve ser aplicado para o recurso identificado através do URL. Este conjunto contém instruções sobre como um recurso no servidor deve ser modificado.

Além desses métodos, o protocolo HTTP disponibiliza cinco classes de códigos de *status* que devem ser usados para analisar a mensagem, a saber: *i*) 1xx Informativa; *ii*) 2xx Sucesso; *iii*) 3xx Redirecionamento; *iv*) 4xx Erro de cliente; e *v*) 5xx outros erros. Por exemplo, o código 404 significa que o servidor não pôde encontrar o

conteúdo que foi requisitado, enquanto o código 200 significa que o servidor efetuou a requisição com sucesso.

5.1.4. Mensagens HTTP: Requisição e Resposta

Mensagens em HTTP, até a versão 1.1, são sequências de caracteres simples orientados por linha. Mensagens HTTP enviadas do cliente para servidor na *Web* são chamadas de mensagens de Requisição. Mensagens do servidor para cliente na *Web* são chamadas de mensagens de Resposta (GOURLEY *et al.*, 2002). Para ilustrar, o Quadro 5.2 descreve o padrão de uma mensagem e a Figura 5.4 representa uma requisição e uma resposta baseado em GOURLEY *et al.* (2002) e RICHARDSON *et al.* (2013):

Quadro 5.2 - Descrição de uma mensagem em HTTP.

Mensagem	Descrição
Linha inicial	A primeira linha da mensagem é a linha de início, indicando o que fazer em um pedido ou o que aconteceu para uma resposta. <ul style="list-style-type: none"> • O quer fazer corresponde à requisição efetuada ao servidor pelo cliente. • O que aconteceu é o código de <i>status</i> na mensagem de resposta enviada pelo servidor para o cliente em virtude de uma requisição.
Campos de cabeçalho (Header)	Zero ou mais campos de cabeçalho seguem a linha inicial. Cada campo de cabeçalho consiste em pares de chave com um valor, separados por dois pontos (:). Os cabeçalhos terminam com uma linha em branco. Para adicionar um campo de cabeçalho basta adicionar outra linha. Existem vários campos importantes como, por exemplo, o <i>Content-Type</i> , que informa ao cliente HTTP como entender o <i>body</i> da mensagem.
Body ou Entity-body	Após a linha em branco do cabeçalho vem o <i>body</i> que é opcional podendo conter qualquer tipo de dado. <ul style="list-style-type: none"> • Na requisição, o <i>body</i> transporta dados para o servidor <i>Web</i>. • Na resposta, o <i>body</i> leva dados de volta para o cliente. Ao contrário das linhas iniciais e cabeçalhos, que são textuais e estruturados, o <i>body</i> pode conter dados binários arbitrários, por exemplo, imagens, vídeos, áudios etc, além de elementos textuais também.

	Requisição	Resposta
Linha inicial	GET /instituicoes/ibge/bcim/aldeias-indigenas	Linha inicial HTTP/1.1 200 OK
Cabeçalho	Host: idehco4.tk User-agent: Mozilla Accept: application/json ...	Cabeçalho Connection →Keep-Alive Content-Type →application/json Date →Mon, 30 Jan 2017 17:46:24 GMT ...
Body		Body { "type": "FeatureCollection", "features": [{ "id": 623, "type": "Feature",

Figura 5.4 - Representação de mensagem de Requisição e outra de Resposta em HTTP.

5.1.5. Computação orientada a serviços (SOC)

A computação orientada a serviços (SOC) é o paradigma computacional que utiliza os serviços como elementos fundamentais para o desenvolvimento de aplicações. Serviços são simplesmente um meio para a construção de aplicações distribuídas (HUHNS e SINGH, 2005), visto que podem ser oferecidos por diferentes empresas e se comunicarem pela Internet (PAPAZOGLOU, 2003).

No nível conceitual, um serviço é um componente de *software* fornecido por um ponto de entrada acessível em rede, definido por uma interface que descreve uma coleção de operações que é acessível pela rede através de mensagens padronizadas (GOTTSCHALK *et al.*, 2002). Um serviço é uma unidade baseada em padrões, fracamente acoplada, composta por uma interface de serviço e uma implementação de serviço (GRANELL *et al.*, 2014).

5.1.6. Arquitetura Orientada a Serviço (SOA)

A SOA é uma forma de se disponibilizar funcionalidades chamadas de serviços que podem ser usados, combinados e encadeados para um determinado fim, sem a preocupação com detalhes da tecnologia de implementação, para aquele que irá consumir os serviços. Esta arquitetura promove a interoperabilidade, dado que não há necessidade de uma aplicação cliente saber detalhes sobre os sistemas que mantêm os dados de seu interesse, incluindo formatos de armazenamento de dados e métodos de acesso a dados (DAVIS JR e ALVES, 2005). Isto é, a arquitetura concentra-se no negócio ao invés de detalhes de tecnologia como, por exemplo, linhas do banco de dados ou objetos em uma linguagem de programação como java (KRAFZIG *et al.*, 2005).

A SOA essencialmente é uma coleção de serviços, que se comunicam entre si (FRIIS-CHRISTENSEN *et al.*, 2006) e apresentam as seguintes características (PAPAZOGLOU e VAN DEN HEUVEL, 2007):

- Todas as funcionalidades são definidas como serviços (interface e implementação);
- Todos os serviços são autônomos (baixo acoplamento); e
- O local do serviço é irrelevante (distribuído).

Um serviço na SOA possui dois itens: uma interface e uma implementação. A interface do serviço define a identidade de um serviço e sua lógica invocação. A

implementação do serviço desenvolve o trabalho que o serviço é designado a fazer. Uma vez que as interfaces são independentes de plataforma, um cliente com qualquer dispositivo de comunicação, usando qualquer plataforma computacional, sistema operacional ou linguagem de programação pode consumir o serviço. Estas duas facetas do serviço são concebidas e mantidas como itens distintos, embora as suas existências sejam altamente relacionadas (PAPAZOGLOU e VAN DEN HEUVEL, 2007).

As melhores práticas de SOA promovem o uso de interfaces ou contratos especializados para descrever os sistemas e serviços que estão sendo conectados. Os contratos de serviço definem as operações que os serviços fornecem para que as aplicações clientes invoquem. Esses contratos também definem os tipos de dados que os serviços esperam como entrada e retorno como resultados. Serviços, juntamente com suas descrições e operações fundamentais, como a descoberta, seleção e vinculação, constituem a base da SOA.

As principais motivações para implementação da SOA são facilitar o crescimento e integração de sistemas empresariais de grande escala, facilitar o aprovisionamento e a utilização de serviços na Internet e reduzir os custos na cooperação entre organizações (GHAEMIA *et al.*, 2010). Todavia, muitas organizações não estão mais dispostas a fazer investimentos substanciais em novas habilidades e tecnologias necessárias para a transição para SOA (FEUERLICHT e GOVARDHAN, 2009). Isto vem ocorrendo em função da convergência da computação na nuvem e da *Web* 2.0 que redefiniu a base sobre a qual a indústria de computadores tem operado por décadas, desafiando assim alguns dos pressupostos e princípios básicos da SOA (FEUERLICHT e GOVARDHAN, 2009) e certamente pela complexidade inerente WEBBER *et al.*, (2010) e DOMINGUE *et al.* (2008) argumentam que, apesar de seus benefícios, SOA é usada principalmente para a integração interna e pouco empregado para o consumo externo (na *Web*).

5.1.7. Web Service

O desenvolvimento da SOA no ambiente da *Web* é chamada de *Web Services*. O conceito de serviços da *Web* baseia-se no paradigma de arquitetura orientada a serviços, onde uma aplicação completa pode ser construída a partir de vários serviços que oferecem diferentes funcionalidades (SAHIN e GUMUSAY, 2008). Um *Web Service* é um tipo de serviço que é identificado por um URI, cuja descrição de serviço e transporte

utilizam padrões abertos da Internet (PAPAZOGLOU, 2003). O *Web Service* foi concebido para a interação computador a computador sem envolvimento de humanos, em documentos interoperáveis (VOGELS, 2003). Os *Web Services* são "agnósticos de transporte", o que significa que podemos acessá-los em qualquer tipo de transporte ou protocolo de aplicação (VOGELS, 2003). De acordo com o *World Wide Web Consortium* (W3C), os *Web Services* baseiam-se em tecnologias como HTTP, XML, SOAP, WSDL e outras.

Na visualização de *Web Services*, cada sistema ou componente diferente oferece alguns serviços para alguns outros e desta forma qualquer sistema realiza o seu trabalho apenas chamando ou combinando serviços adequados através da Internet. Sendo assim, aplicativos baseados na *Web* usam qualquer plataforma, modelo de objeto e linguagem de programação.

A tecnologia de *Web Services* é projetada para mover documentos XML entre processos de serviço usando protocolos e padrões abertos da Internet. O uso de *Web Services* reuniram interesses de várias comunidades, incluindo negócios, indústria, academia e governo. Segundo CÖMMERT (2004) surgiram muitas aplicações bem-sucedidas de serviços da *Web* que foram criadas e prosperaram praticadas em negócios de empresa para empresa (B2B), governo para empresa (G2B) e aplicações de governo para cidadão (G2C). Tecnologicamente, *Web Services* são baseados na pilha de protocolo exibida na Figura 5.5 (SAHIN e GUMUSAY, 2008).

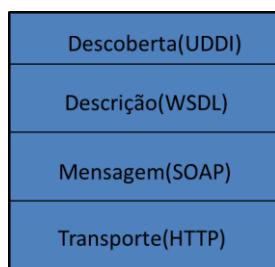


Figura 5.5. Pilha de tecnologia *Web Service*. Adaptado de (SAHIN e GUMUSAY, 2008).

O papel destes protocolos de acordo com VOGELS (2003), CÖMMERT (2004) e Di GIOVANNI *et al.* (2014) consistem em:

- I. HTTP: Efetuar o tratamento de pedidos e respostas entre cliente e servidor na Internet. É o transportador de conteúdo (mensagem);
- II. *Extensible Markup Language* (XML): É uma linguagem de marcação extensível para a criação e compartilhamento de documentos com dados organizados hierarquicamente e com mais semântica. É a linguagem usada pelos protocolos;

III. *Simple Object Access Protocol* (SOAP): É um protocolo para troca de informações estruturadas em ambientes distribuídos. Define como transmitir dados através de XML e como fazer chamadas remotas usando o protocolo HTTP como base. Consiste em três partes: *i*) um envelope que define um quadro para descrever o que está em uma mensagem e como processá-la; *ii*) um conjunto de regras de codificação para expressar instâncias de tipos de dados definidos pelo aplicativo; e *iii*) uma convenção para representar chamadas de procedimento remoto e respostas. A Figura 5.6 ilustra a forma geral de uma mensagem em SOAP que normalmente faz uso do método POST do HTTP para envio de mensagem, embora possa utilizar qualquer outro protocolo de comunicação;

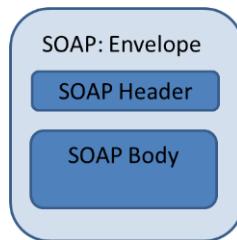


Figura 5.6 - Formato de uma mensagem em SOAP.

IV. *Web Services Description Language* (WSDL): É uma linguagem baseada em XML, utilizada para descrever um *Web Service*. Define a interface do serviço, descrevendo: o nome de um *Web Service*, os nomes das operações, os parâmetros da operação, protocolo *de* acesso etc. Essencialmente, uma descrição WSDL contém três propriedades fundamentais de um *Web Service*, a saber: *i*) o que ele faz; *ii*) como ele é acessado; e *iii*) onde ele está localizado; através dos seguintes elementos: *Types*, *Message*, *Operation*, *Port Type*, *Binding*, *Port* e *Service*. A Figura 5.7 apresenta uma estrutura de documento WSDL composto de uma Descrição Abstrata e de uma Descrição Concreta;

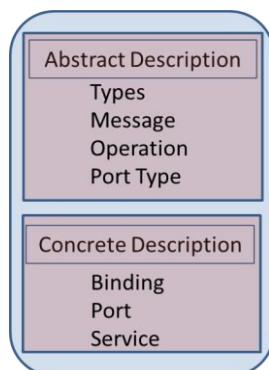


Figura 5.7 - Representação de um documento WSDL.

V. *Universal Description, Discovery, and Integration* (UDDI): É um serviço de registro para publicar e descobrir *Web Services*. UDDI foi projetado para ser interrogado por mensagens SOAP e para fornecer acesso a documentos WSDL, entretanto o UDDI não foi tão amplamente adotado quanto seus projetistas esperavam (PAUTASSO *et al.*, 2008) e grandes empresas com Microsoft, IBM e SAP pararam de prestar este tipo de serviço.

A Figura 5.8 apresenta uma arquitetura básica de *Web Service*, em que um solicitante e o fornecedor de serviços interagem com base em informações do serviço de descrição publicada pelo fornecedor. Nesta figura o serviço foi descoberto pelo solicitante através de uma agência de descoberta (Diretório de serviço).

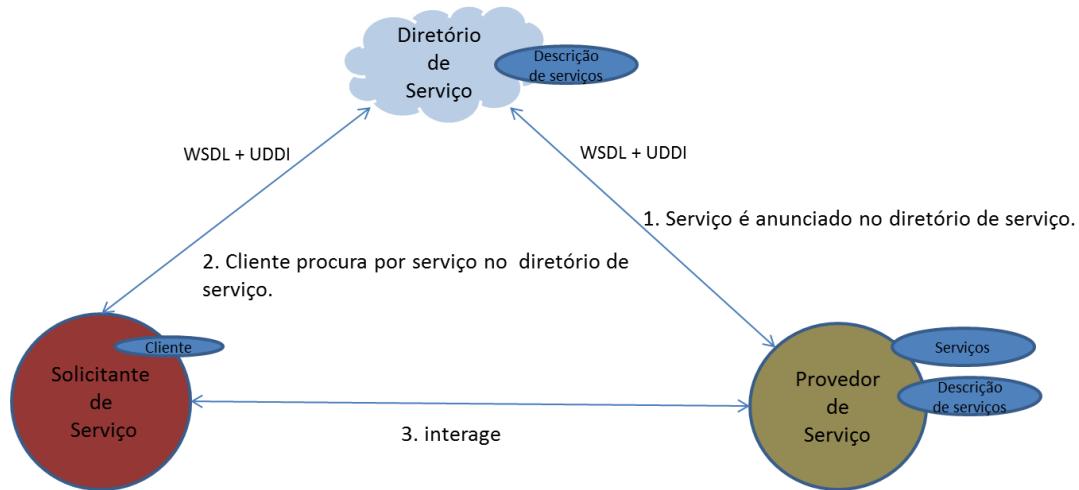


Figura 5.8 - Arquitetura básica de um *Web service*.

5.2. Open Geospatial Consortium (OGC)

No ano de 1994 foi fundado o consórcio *Open Geospatial Consortium* (OGC), que é uma organização voluntária internacional de padrões acordados, com a finalidade de promover a interoperabilidade de informações geoespaciais. Trata-se de um consórcio internacional que conta com a participação de mais de 400 empresas, agências governamentais e universidades que através de um processo consensual se propõe a desenvolver padrões abertos para interfaces de especificações públicas que permitam a interoperabilidade entre as diferentes geotecnologias (“OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - OGC”, [s.d.]).

Esses padrões abertos permitem acesso e uso de informações geoespaciais e melhoram a interoperabilidade de tecnologias geoespaciais (em qualquer dispositivo,

plataforma, sistema, rede ou empresa) para atender as necessidades da comunidade global (PERCIVALL, 2010).

O programa de especificação OGC define documentos, opiniões, mantém padrões de interfaces, protocolos e codificações geralmente desenvolvidos no Programa de Interoperabilidade. O Comitê Técnico e de Planejamento então aprovam estes como especificações *OpenGIS* para o público.

Como os dados geoespaciais e serviços são uma parte cada vez mais crítica de quase todos os sistemas de informação, o OGC trabalha em estreita colaboração com outros organismos de normatização, como a *International Organization for Standardization* (ISO), *World Wide Web Consortium* (W3C), *Internet Engineering Task Force* (IETF) e *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) (PERCIVALL, 2006).

A arquitetura de referência OGC é uma arquitetura orientada a serviços baseada no paradigma de *Web Services* (ROSE, 2004). A arquitetura *OGC Web Services* (OWS), baseia-se fundamentalmente nos papéis do provedor de serviços e consumidor de serviços dentro de um sistema de computação distribuída. As propriedades significativas da arquitetura OWS incluem (PERCIVALL, 2006):

1. Os serviços são auto descritivos, suportando ligação dinâmica de serviços:
publicar – encontrar – ligar.
2. Os componentes de serviço são organizados em camadas, por exemplo, clientes, serviços de processamento, gerenciamento de informação de serviços, gerenciamento de fluxo de trabalho.
3. O uso de serviços é muitas vezes encadeado para produzir resultados adequados para apoio à decisão.
4. Serviços de comunicação usam padrões abertos da Internet, por exemplo, HTTP, URL, MIME e XML.
5. Desenvolvimento de servidor e cliente não são limitados, ou seja, a arquitetura é neutra em relação à linguagem de programação, sistema operacional e *hardware* de computação.

O fundamento do OWS é um conjunto de especificações de implementação *OpenGIS*. No Quadro 5.3, alguns exemplos de padrões da *openGIS* que são importantes no âmbito de IDEs. Esses padrões usam dois métodos do protocolo HTTP: *GET* e

POST. Além disso, funcionam como um *proxy* da aplicação executora destes serviços recebendo requisições e redistribuindo para a operação interna requisitada.

Quadro 5.3 - Exemplos de serviços do OGC.

Principais Serviços	Descrição	Principais operações
Catalog Service for the Web (CSW)	Um perfil do OGC <i>Service Catalog</i> , que define as interfaces comuns para descobrir, navegar e consultar sobre metadados de dados, serviços e outros recursos potenciais.	<i>GetCapabilities</i> , <i>DescribeRecord</i> , <i>GetRecordById</i> , <i>GetRecords</i> , <i>Harvest</i> , <i>Transaction</i>
Web Map Service (WMS)	Define uma sintaxe e uma interface para obter mapas que são representações de feições em formatos de imagem.	<i>GetCapabilities</i> , <i>GetMap</i> , <i>GetFeatureInfo</i> , <i>DescribeLayer</i> , <i>GetLegendGraphic</i>
Web Feature Service (WFS)	Define uma sintaxe e uma interface de um serviço que permite acessar e manipular dados geográficos codificados em GML ¹⁹ na Internet. <ul style="list-style-type: none"> • WFS Básico: implementa operações somente de leitura, que permitem obter os dados espaciais. • WFS Transacional (WFS-T): implementa as operações transacionais, usadas para manipular os dados remotamente. 	<i>GetCapabilities</i> , <i>DescribeFeatureType</i> , <i>GetFeature</i> , <i>LockFeature</i> , <i>Transaction</i> , <i>GetProperty</i> , <i>GetFeatureWithLock</i> , <i>CreateStoredQuery</i>
Web Coverage Service (WCS)	Define uma sintaxe e uma interface para obter partes de um conjunto de dados <i>raster</i> em um formato <i>raster</i> .	<i>GetCapabilities</i> , <i>DescribeCoverage</i> , <i>GetCoverage</i>
Web Process Service(WPS)	Define regras para padronizar como um cliente pode solicitar a execução de um processo como um serviço da Web e como sua saída é tratada. Um processo geoespacial inclui qualquer processamento como uma operação de superposição entre camadas ou um algoritmo de cálculo.	<i>GetCapabilities</i> , <i>DescribeProcess</i> , <i>Execute</i>
Sensor Observation Service (SOS)	Define uma sintaxe e interface de um serviço que permite acessar e manipular observações de sensores e de sistemas de sensores, incluindo sensores remotos, <i>in situ</i> , fixos e móveis.	<i>GetCapabilities</i> , <i>GetObservation</i> , <i>DescribeSensor</i> , <i>RegisterSensor</i> , <i>InsertObservation</i> , <i>GetFeatureOfInterest</i>
Web Map Tile Service (WMTS)	Define uma sintaxe e interface de um serviço que objetiva servir mapas divididos em <i>tiles</i> individuais.	<i>GetCapabilities</i> , <i>GetTile</i> , <i>GetFeatureInfo</i>

Além destes padrões a arquitetura OCG tem outros como os seguintes elementos apresentados no Quadro 5.4 que também são relevantes no contexto de uma IDE.

¹⁹ Geography Markup Language (GML) é um tipo de XML cujo objetivo é fornecer um meio para trocar e manipular informações geográficas de uma forma padrão.

Quadro 5.4 - Outros padrões.

Outros Padrões	Descrição
Geography Markup Language (GML)	É uma linguagem para codificar conteúdo empregando XML para descrever características e propriedades espaciais de objetos geográficos.
Style Layer Descriptors (SLD)	Define uma codificação que estende o padrão WMS para permitir que o usuário defina símbolos e cores de feições geográficas (<i>raster</i> ou vetor). SLD é capaz de controlar a representação visual dos dados geoespaciais. A capacidade de definir regras de estilo se dá através da linguagem de estilo padronizada, <i>Symbology Encoding</i> (SE), para a interação entre o cliente e o servidor. Além disso, SLD define uma operação para o acesso padronizado aos símbolos de legenda.
Filter Encoding	Define uma codificação XML para expressar filtros para consultas espaciais a fim de selecionar um subconjunto de feições com base em atributos específicos.
Simple Feature Access (SFA)	É um padrão OGC e ISO 19125 que especifica um modelo comum de armazenamento e acesso de geometrias como, por exemplo, ponto, linha, polígono, multiponto, multilinha etc. Este documento possui duas partes. A primeira define um modelo conceitual e a segunda formas para implementar em SQL, CORBA e OLE/DCOM.

Para ilustrar, a Figura 5.9 apresenta uma visão simplificada do diagrama de classe da SFA exibindo somente as operações de algumas classes.

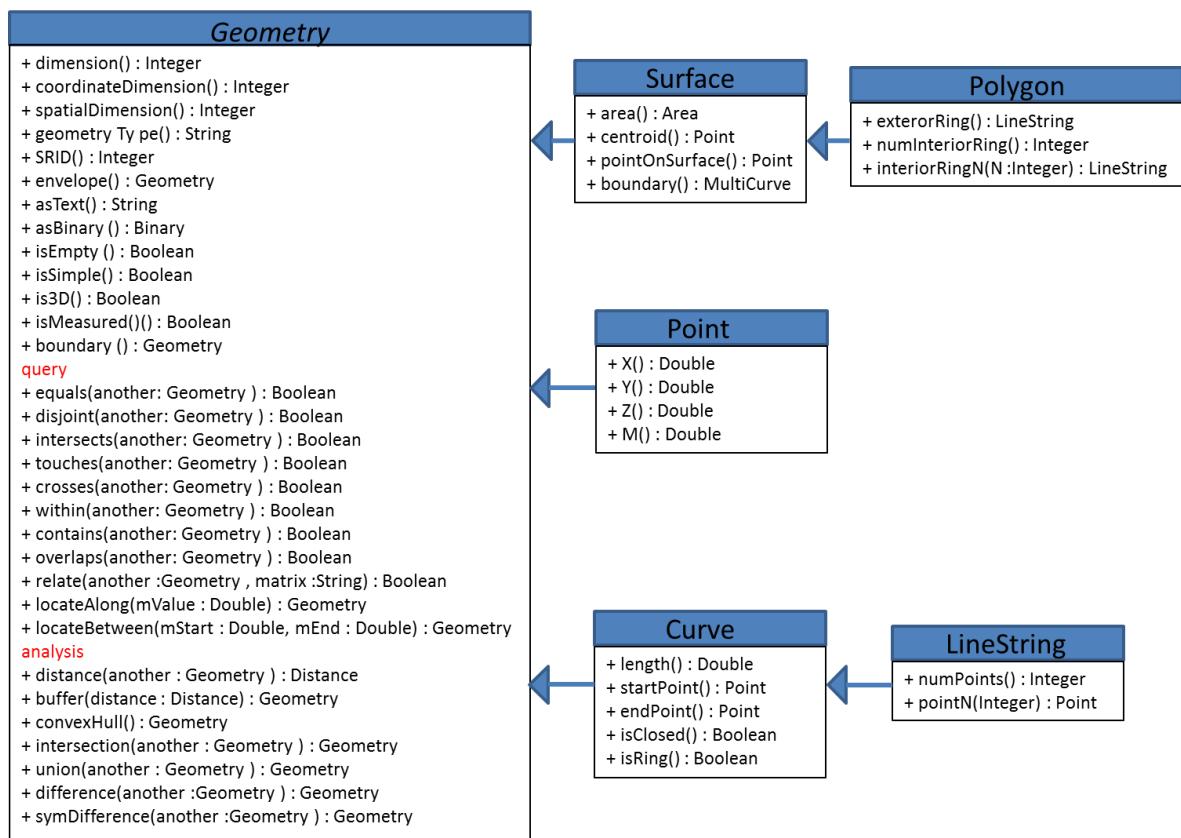


Figura 5.9 - Visão simplificada do modelo conceitual SFA do OGC. Adaptado de SFA parte 1.

Fonte: (“SIMPLE FEATURE ACCESS - PART 1: COMMON ARCHITECTURE”, 2011).

O OGC atualmente é a organização mundial mais importante no que tange padrões, especificações, formatos e outras soluções na composição do *framework*

tecnológico para a comunidade de especialistas em SIG e para as IDEs ao redor do mundo. Instituições responsáveis por IDEs adotam e incentivam e até obrigam o uso destes padrões. Isto pode ser visto, pelas implementações de serviços de IDEs, por exemplo, na Europa através da diretiva INSPIRE cujos padrões seguidos, ao nível das disposições de execução do INSPIRE, resultam do trabalho do OGC (SILVA e CUNHA, 2013). Isto também é observado no Brasil através da CONCAR e da ePING (<http://www.governoeletronico.gov.br/acoes-e-projetos/e-ping-padroes-de-interoperabilidade/o-que-e-interoperabilidade>).

De fato, as IDEs atualmente podem ser consideradas como exemplo do paradigma SOA na *Web*, vistas como um projeto e implementação concretos dos princípios SOA e, especialmente, no conceito de serviço como uma unidade de computação (BERNABÉ-POVEDA e LÓPEZ-VÁZQUEZ, 2012).

5.2.1. OGC Web Services (OWS) e Web Services

Conforme dito, as tecnologias mais utilizadas para fornecer interoperabilidade na Comunidade de Informação Geoespacial são baseadas nos serviços do OGC (AMIRIAN *et al.*, 2010) que utiliza os princípios SOA. Os serviços *Web* geoespaciais são peças centrais, por exemplo, nos nós das Infraestruturas de Dados Espaciais, permitindo os usuários acessarem, gerenciarem e processarem dados geoespaciais de forma distribuída via serviços que são descritos em termos de interfaces padrão OGC (GRANELL *et al.*, 2014).

LUCCHI *et al.* (2008) afirmam que os OWS são todos baseados no estilo de programação Chamada de Procedimento Remoto (RPC) e ligações de serviço (*bind*) via, por exemplo, os métodos *GET* e *POST* do HTTP e SOAP que usa o método *POST* do HTTP. No caso da requisição *GET*, a forma de interação com os serviços é no formato de pares de chave e valor (*Key Value Pair – KVP*) direto no URL. Para as requisições do tipo *POST* também é usado KVP codificado como *form-data* ou *x-www-form-urlencoded* no *body* da mensagem. No caso de uso do SOAP, um arquivo em XML é enviado pelas requisições em *POST*.

AMIRIAN *et al.* (2010) sugerem a necessidade de aumentar a interoperabilidade do serviços OGC e argumentam que para aumentá-la na comunidade mais ampla de Tecnologia de Informação, soluções baseadas em tecnologias *Web Services* devem ser desenvolvidas, uma vez que os serviços W3C e do OGC não são compatíveis

diretamente (IOUP *et al.*, 2008), prejudicando assim a interoperabilidade entre estas comunidades. Apesar de partilhar os mesmos objetivos, ambos os serviços são baseados em normas diferentes. Os serviços W3C baseiam-se principalmente nos padrões SOAP e WSDL, enquanto as especificações de serviços OGC são baseadas em padrões desenvolvidos independentemente do SOAP ou WSDL, fato que torna a tarefa de compatibilização complexa e desafiadora (DI GIOVANNI *et al.*, 2014). Em particular, cada serviço OGC representa um padrão separado projetado para lidar com um tipo específico de dados (DI GIOVANNI *et al.*, 2014) conforme apresentado no Quadro 5.3.

Outra questão é que os OWS não utilizam o protocolo HTTP como um protocolo da camada de aplicação e sim como um mero transportador de dados. Conforme também frisado, normalmente apenas os métodos *GET* e *POST* do protocolo HTTP são utilizados para interação entre cliente e servidor. Isto traz consequências negativas para esta arquitetura apresentadas na seção a seguir.

5.2.2. Uma análise dos serviços do OGC

Uma questão atualmente consagrada no contexto das IDEs clássicas é que o acesso às informações disponibilizadas é via serviços criados a partir das especificações técnicas do OGC. No Brasil, na Europa e em várias outras regiões, os padrões são amplamente adotados e seguidos quase religiosamente. Por exemplo, a INDE do Brasil, da Espanha, de Portugal e de vários outros países adotam estes padrões, envolvendo dezenas de instituições, empresas e movimentando milhões de dólares todos os anos.

Embora relativamente estáveis e consolidados como um caso de sucesso, os serviços do OGC não são adotados de maneira satisfatória e por vezes desconhecidos fora do ambiente geoespacial especializado. Percebe-se que as IDEs ainda são ilhas isoladas quando levado em consideração outros tipos de infraestrutura de informação que não utilizam as mesmas especificações e padrões utilizados na IDEs. Em outras palavras, a interoperabilidade é garantida, porém restritiva visto que é desenvolvida para o nicho geoespacial, em conformidade com o OGC, dificultando a integração com outros serviços e sem levar em consideração as características de uma *Web* moderna. Assim, mesmo que as infraestruturas de dados de governos utilizem os serviços do W3C não haveria compatibilidade direta com os serviços OGC. IOUP *et al.* (2008) abordam bem esta questão ao sugerirem alternativas para compatibilizá-los, mas argumentando que desafios precisam ser resolvidos.

Também é importante mencionar que os serviços W3C não fazem uso de maneira apropriada do protocolo HTTP e neste caso igualmente limitados aos serviços do OGC. A título de exemplo, as mensagens em SOAP para requisição de recurso são normalmente enviadas através do método POST e consequentemente ignorando os benefícios da *Web* como *cache*. Além do mais, ao enviar mensagens em SOAP, redundâncias são criadas uma vez que a *Web* já provê mensagens em envelope com metadados no cabeçalho e *body* pertencentes ao protocolo HTTP.

A *GeoWeb*, que é mais voltada para serviços orientados a recursos (*Web APIs*), desconhece ou ignora as especificações do OGC. Há também dificuldades para a integração entre os serviços OGC e o uso da *Web 2.0* e *Web 3.0* que trazem mais interatividade para os clientes.

Outra lacuna é a dificuldade das máquinas de busca em indexar os serviços OGC, fato que prejudica a busca e recuperação por eles. Sabe-se a que principal maneira de navegação/busca na *Web* é via máquinas de busca (CONNOLLY e HOAR, 2015) que usam um processo de navegação chamado *Web Crawling* para a coleta de conteúdo (ABITEBOUL *et al.*, 2011) que não é usado nos serviços OGC.

Além do mais, os serviços OGC não são simples de uso e nem de implementar do ponto de vista dos usuários comuns, pesquisadores e desenvolvedores. Embora, a maioria possa ser usada diretamente em *browser*, normalmente é necessário o uso de aplicações clientes especializadas, tanto para *browser* quanto para um aplicativo *desktop* ou *mobile* devido à sua dificuldade de uso. TAMAYO *et al.* (2012) sugerem que estes padrões estão se tornando cada vez mais complexos e consequentemente tornando suas implementações uma tarefa árdua.

A seguir, com base no consumo de alguns serviços das INDEs do Brasil, dos EUA e da Espanha apresentamos alguns sintomas dos serviços do OGC:

5.2.2.1. Sintaxe complexa e com muitos parâmetros

A maioria das operações nos serviços do OGC envolve vários parâmetros, no formato, pares de chave e valor ou em arquivo em XML, aumentando a complexidade de entendimento, uso e de implementação destas operações. Para mostrar, seja o exemplo 1, ilustrado na Figura 5.10 em que é efetuada uma solicitação das unidades federativas no padrão WMS do catálogo de serviços do IBGE na INDE-BR. Uma

simples requisição em WMS da operação *getMap* pode envolver até 16 parâmetros, sendo 8 obrigatórios.

Requisição:	Resposta:
<pre>http://www.geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/CCAR/wms? service=WMS& version=1.1.0& request=GetMap& layers=CCAR:BC250_Unidade_Federacao_A& styles=& bbox=-73.9904499689999,-33.752081271,-28.8359076289999,5.27184107700009& width=512&height=442& srs=EPSG:4674& format=image/png</pre>	

Figura 5.10 – Requisição *getMap* do serviço WMS.

Como é possível observar uma simples requisição em WMS envolve vários parâmetros necessários para a execução da requisição. Alguns clientes encapsulam estes parâmetros dos usuários, mas isto tem outras implicações, como por exemplo, mais complexidade para os especialistas em desenvolvimento. Por exemplo, seja a solicitação de apenas o município de São Paulo no padrão WFS do catálogo de serviços do IBGE na INDE-BR. A requisição em WFS da operação *getFeature* requer no mínimo 4 parâmetros, podendo ter até 11 parâmetros. Neste exemplo, foi usado um parâmetro *Filter* para buscar o município São Paulo. A Figura 5.11 ilustra este caso.

Requisição:	Resposta:
<pre>Http://www.geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/CCAR/ows? service=WFS& version=1.0.0& request=GetFeature& typeName=CETE:T_LM_MUNICIPIOS_2010& maxFeatures=50& Filter=<PropertyIsEqualTo> <PropertyName>CCAR:sigla</PropertyName> <Literal>SP</Literal> </PropertyIsEqualTo></pre>	

Figura 5.11 – Requisição *getFeature* com filtro do serviço WFS.

No caso de operações de análises espaciais isto é mais complexo. Para ilustrar, seja um terceiro exemplo, apresentado na Figura 5.12 para a execução de um serviço WPS que cria um *buffer* através do método POST do HTTP usando a ferramenta CURL que é apropriada para realizar requisições em HTTP em linha de comando. Essa consulta (Figura 5.12) é realizada usando o software Geoserver localmente através do

plugin WPS que também precisa ser instalado uma vez que por *default* este serviço não vem instalado no Geoserver. No caso da INDE-BR, o Geoserver não possui este serviço configurado e existem outros que também exigem autenticação para acessar o serviço.

Salienta-se que para algumas requisições mais complexas, a recomendação é usar o método POST do HTTP, conforme o exemplo da Figura 5.12 que simplesmente cria um *buffer* usando a operação *Execute* do serviço WPS. Conforme pode ser visto nessa Figura, a criação de um buffer via WPS, não é trivial.

Requisição:	Resposta:
<pre>curl -u admin:geoserver -H 'Content-type:xml' -XPOST -d@'wps-buffer.xml' http://localhost:8080/geoserver/wps/</pre> <p>Conteúdo do arquivo wps-buffer.xml</p> <pre><?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <wps:Execute version="1.0.0" service="WPS" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns="http://www.opengis.net/wps/1.0.0" xmlns:wfs="http://www.opengis.net/wfs" xmlns:wps="http://www.opengis.net/wps/1.0.0" xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows/1.1" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:wcs="http://www.opengis.net/wcs/1.1.1" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wps/1.0.0 http://schemas.opengis.net/wps/1.0.0/wpsAll.xsd"> <ows:Identifier>IT5:buffer</ows:Identifier> <wps:Inputs> <wps:Input> <ows:Identifier>geom</ows:Identifier> <wps:Data> <wps:ComplexData mimeType="application/wkt"><![CDATA[POINT(0 0)]]></wps:ComplexData> </wps:Data> </wps:Input> <wps:Input> <ows:Identifier>distance</ows:Identifier> <wps:Data> <wps:LiteralData>10</wps:LiteralData> </wps:Data> </wps:Input> <wps:Input> <ows:Identifier>quadrantSegments</ows:Identifier> <wps:Data> <wps:LiteralData>1</wps:LiteralData> </wps:Data> </wps:Input> <wps:Input> <ows:Identifier>capStyle</ows:Identifier> <wps:Data> <wps:LiteralData>flat</wps:LiteralData> </wps:Data> </wps:Input> </wps:Inputs> <wps:ResponseForm> <wps:RawDataOutput mimeType="application/gml-3.1.1"> <ows:Identifier>result</ows:Identifier> </wps:RawDataOutput> </wps:ResponseForm> </wps:Execute></pre>	<pre><?xml version="1.0" encoding="utf-8"?> <gml:Polygon xmlns:sch="http://www.ascc.net/xml/schematron" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"> <gml:exterior> <gml:LinearRing> <gml:posList> 10.0 0.0 0.0 -10.0 -10.0 0.0 0.0 10.0 10.0 0.0 </gml:posList> </gml:LinearRing> </gml:exterior> </gml:Polygon></pre>

Figura 5.12 – Requisição da operação *Execute*, para criar um *buffer*, do serviço WPS.

5.2.2.2. Legibilidade e intuitividade afetados

Por envolver vários parâmetros em suas operações, conforme apresentado na Figura 5.13, a legibilidade dos serviços OGC e da semântica da aplicação do ponto de vista humano são prejudicadas. Da mesma maneira, para um usuário com pouca experiência na sintaxe OWS, a compreensão dos serviços OGC é prejudicada. Em

outras palavras, os serviços do OGC não são intuitivos nem exploráveis exigindo de seus usuários um profundo conhecimento para poder utilizá-los adequadamente.

Requisição:
<code>http://www.geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/CCAR/wms? service=WMS& version=1.1.0& request=GetMap& layers=CCAR:BC250_Unidade_Federacao_A& styles=& bbox=-73.9904499689999,-33.752081271,-28.8359076289999,5.27184107700009& width=512& height=442& srs=EPSG:4674& format=image/png</code>

Figura 5.13 – Dificuldade da leitura dos parâmetros de um serviço OGC.

5.2.2.3. Uso inapropriado do protocolo HTTP

O protocolo HTTP é usado de forma inapropriada nos serviços OGC. Para ilustrar seja o exemplo de duas consultas apresentadas nas Figuras 5.14 e 5.15 que são efetuadas no catálogo de metadados da INDE do Brasil e dos EUA para buscar um elemento que não existe (id=16bbf4f8-8e88-45c6-a76b-6af51b2b3555z não existe). O *status* da requisição *GET* da operação *getRecordById* retornou 200 nas duas consultas. O fato é que o *status* retornado deveria ser 404, mas como o serviço não utiliza o protocolo HTTP de maneira adequada ele envia o código 200, ocorrência que prejudica a interoperabilidade. Para descobrir se há algum problema é necessário examinar o conteúdo do *Body*. Nestes exemplos, foi empregada a ferramenta POSTMAN *on line* que é amigável e oferece eficiência para trabalhar com APIs.

Requisição no catálogo do Brasil:	Resposta:
<code>http://www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/csw? service=CSW& version=2.0.2& request=GetRecordById& id=16bbf4f8-8e88-45c6-a76b-6af51b2b3555z& elementsetname=full</code>	 <p>The screenshot shows the POSTMAN interface with a successful GET request to the巴西元数据catalogo. The status is 200 OK and the response body shows XML code.</p> <pre> <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <csw:GetRecordByIdResponse xmlns:csw="http://www.opengis.net/cat/csw/2.0.2" /></pre>

Figura 5.14 - Busca de metadados no catálogo de metadados da INDE-BR pelo ID.

Figura 5.15 - Busca de metadados no catálogo de metadados da INDE-EUA pelo ID.

Outra questão é que não há nenhuma meta informação nos IRIIs de entrada dos servidores Geoespaciais. O exemplo ilustrado no Quadro 5.5 refere-se a duas requisições do tipo *Head* nos catálogos de geoserviços das INDEs da Espanha e do Brasil.

Quadro 5.5 - Requisições aos endereços de entrada Endpoint²⁰

País	IRI do Catálogo	Header da Resposta
Espanha	http://wms.mapama.es/sig/Agricultura/TurcSecano/wms.aspx? request=GetCapabilities& service=WMS& version=1.3.0	Cache-Control →private Content-Length →8531 Content-Type →text/XML; charset=utf-8 Date →Thu, 26 Jan 2017 12:07:31 GMT Server →Microsoft-IIS/6.0 X-AspNet-Version →4.0.30319 X-Powered-By →ASP.NET
Brasil	http://geoservicos.inde.gov.br/geoserver/ows? request=GetCapabilities & service=WMS& version=1.3.0	Content-Disposition →inline; filename=GetCapabilities_1.3.0.XML Content-Length →0 Content-Type →text/XML Date →Thu, 26 Jan 2017 12:30:11 GMT Server →Apache-Coyote/1.1

O Quadro 5.5 mostra a situação em que não há nenhuma meta informação no *Header* de resposta para que uma máquina ao fazer esta requisição entenda o servidor como um ponto de entrada do provedor de geoserviços. Por se tratar de padrão OGC, seria necessário fazer uma requisição do tipo *GET* e analisar o conteúdo de retorno *body* da Resposta para entender que se trata de um ponto de entrada do servidor GEO.

²⁰ O termo *EndPoint* significa o URL de entrada de um provedor de serviços. O termo *EntryPoint* neste trabalho é considerado sinônimo de *EndPoint*.

No Quadro 5.6, ao fazer uma requisição do tipo Header não há nada que indique que os IRIs da Espanha e do Brasil são pontos de entrada para fazer as requisições nos serviços. Uma consequência disto é que não haveria uma forma automática de descobrir qual é o endereço de entrada para realizar as requisições considerando a arquitetura da Web moderna.

Quadro 5.6 - Endereços de *EndPoint*. Ponto de entrada sem identificação.

País	EndPoint
Espanha	http://wms.mapama.es/sig/Agricultura/TurcSecano/wms.aspx
Brasil	http://geoservicos.inde.gov.br/geoserver/ows

5.2.3. Questões no OWS

Os sintomas apresentados não somente minam utilização dos padrões OGC para geoserviços, como também afugentam usuários, pesquisadores e desenvolvedores que muitas vezes utilizam outros padrões e formatos para trabalhar de maneira mais simples em suas atividades. Apenas com poucos exemplos expostos é possível mostrar que a tarefa de usar os serviços do OGC não é simples e as evidências das dificuldades de uso são claras.

A maioria dos serviços OGC foi concebida para relação máquina a máquina. MAZZETTI *et al.* (2009) afirmam que a maioria das soluções disponíveis para compartilhamento de dados geoespaciais, aplicando especificações de padrão do OGC, requerem infraestruturas complexas orientadas a serviços que apesar de serem poderosas e extensíveis, geralmente são difíceis de implantar e gerenciar para equipes de pesquisa.

Outro problema, conforme visto, por tratar o protocolo HTTP como um mero transportador de dados, não se pode usar servidores intermediários nem *cache* que não esteja acoplado diretamente na aplicação. Isto implica em problemas de escalabilidade e desempenho. Outro problema é a falta de uso ou uso inapropriado do protocolo HTTP. Além disso, o uso do método POST não está de acordo com sua semântica. Em outras palavras, o uso deste método é para criar recursos não obtê-los.

Também é de conhecimento que o desenvolvimento de *softwares* aderentes às especificações do OGC depende de profissionais altamente especializados, pois são complexos. Cabe destacar que uma das necessidades é justamente encapsular a complexidade das operações dos serviços. Além do mais, para cada serviço existe uma interface diferente e consequentemente exigindo implementação diferente para cada

uma delas. A título de exemplo, considere a operação *getCapabilities*, ainda que seja a que mais se repete nos serviços do OGC, ela é específica de cada serviço do OGC, não sendo utilizada fora deste contexto, além disso ela é válida somente para o servidor tornando, por exemplo, um recurso (imagem/vetor/XML) como elemento de segunda classe.

Um desenvolvedor comum, sem habilidade e experiência nesta tecnologia teria muita dificuldade de desenvolver soluções baseadas nos padrões de serviço do OGC. Além do mais, este tipo de profissional especializado é escasso. Outro fato, por serem serviços bem específicos à interoperabilidade, ela é restringida, posto que quanto mais especializado menor é a chance de compatibilidade e reuso. VINOSKI (2008a) apresenta uma argumentação muita boa sobre isto, chamada de “*Serendipitous Reuse*”.

Outra questão é que, de maneira geral, os serviços do OGC não são muito utilizados ou são parcialmente utilizados, inclusive na comunidade de especialistas em SIG, embora reconhecendo uso mais amplo em IDEs. A título de exemplo, o serviço WFS com suporte a transação (WFS-T) é pouco utilizado, ainda que a questão de edição remota por diferentes atores seja importante. Certamente o serviço WMS é o maior caso de sucesso e mais utilizado. Todavia, tal serviço é voltado apenas para visualização, uma vez que o dado é entregue em formatos de imagem, como *png* e *jpeg* tornando as IDEs clássicas grandes visualizadores de dados geoespaciais.

Por último, os serviços do OGC em termos RESTful fica classificado no nível 0 do Modelo de Maturidade de Richardson (RICHARDSON e RUBY 2008), conforme será apresentado nas seções a seguir e ilustrado na Figura 5.21.

5.3. REpresentational State Transfer (REST)

Atualmente a forma de desenvolvimento de sistemas distribuídos que mais cresce é o REST. REST é uma abstração sobre a *Web*, para a construção de sistemas distribuídos governados por hipermídias.

O termo REST foi cunhado por Roy Fielding em sua tese de doutorado (FIELDING, 2000). De acordo com este autor, REST é um estilo arquitetural para desenvolvimento de aplicações distribuídas, que consiste de um conjunto de restrições de projeto que endereça uniformidade, visibilidade, confiabilidade, escalabilidade e desempenho. (FIELDING, 2000) afirma que REST tem, potencialmente, um papel importante para desempenhar ao endereçar questões de escalabilidade das interações de

componentes, generalidade de interfaces, implantação independente de componentes e componentes intermediários para reduzir a latência, o reforço da segurança e o encapsulamento de sistemas legados.

Em essência, o estilo arquitetural do REST descreve como uma aplicação *Web* deve se comportar para maximizar as propriedades como simplicidade, capacidade de evoluir e desempenho (ZUZAK *et al.*, 2011). Todavia, REST não é uma tecnologia no sentido de usar XML, HTTP, JSON²¹ ou qualquer outro elemento. De fato, qualquer outra tecnologia poderia ser utilizada, pois seu estilo arquitetural definindo restrições é que necessita ser seguido, assim podendo ser empregado em qualquer outra arquitetura de sistemas distribuídos. PAUTASSO *et al.* (2014) afirmam que este estilo de arquitetura definiu os atributos de qualidade arquitetônicos da *Web*, visto como um sistema de hipermídia, fracamente acoplada, maciçamente distribuído, descentralizado e aberto.

REST é descrito usando seis restrições arquiteturais, quatro sub-restrições de interface e três elementos de arquitetura (FIELDING, 2000; GOURLEY *et al.*, 2002; FIELDING e TAYLOR, 2002; VINOSKI, 2008a; WEBBER *et al.*, 2010; AMUNDSEN, 2011; VERBORGH *et al.*, 2015). As restrições e sub-restrições de interface arquiteturais são:

1. Cliente-servidor: Um cliente faz uma requisição e o servidor responde com um conteúdo. Aqui há uma separação entre as funções e interesses de cliente e servidor. A título de exemplo, um servidor *Web* provê um conteúdo mínimo requerido para um cliente que é responsável pela apresentação deste conteúdo.
2. Interface uniforme: A interface uniforme faz quaisquer dos serviços tão semelhantes quantos quaisquer dois *sites*. A abstração dos métodos do protocolo HTTP (*GET*, *HEAD*, *POST*, *PUT*, *DELETE*, *PATCH*, *OPTIONS* etc) são os mesmos métodos utilizados para a manipulação de recursos. Significa que o acesso a qualquer recurso apresenta a mesma interface para os clientes. Cabe ressaltar que interface uniforme significa um equilíbrio entre o genérico e a especificidade. Por exemplo, a semântica do método *GET* diz que ele é seguro, pois não há efeito colateral no servidor, e idempotente, pois sucessivas requisições causam o mesmo efeito que uma única requisição no servidor. Em outras palavras, no método *GET* não há modificação do recurso no servidor, ainda que haja sucessivas requisições, a resposta é sempre a

²¹ JavaScript Object Notation (JSON) é um formato leve de intercâmbio de dados baseado em um subconjunto do JavaScript que é fácil para os seres humanos ler e escrever e também para as máquinas analisar e gerar.

mesma. Esta restrição, interface uniforme, expande para quatro sub-restrições de interface:

2.1. Identificação dos recursos: todos os recursos têm ao menos um nome administrados pela autoridade de nomeação (normalmente o servidor). De maneira geral um recurso é associado a um IRI que o identifica e endereça. Entretanto, pode haver mais de um IRI para sua identificação e endereçamento. Por exemplo, os endereços identificadores (URIs): <http://idehco3/ibge/unidades-federativas/33> e <http://idehco3/ibge/unidades-federativas/rj> identificam o mesmo recurso. A Figura 5.16 exibe a relação entre URI (IRI) e Recurso.



Figura 5.16 - Relacionamento entre IRI e Recurso.

2.2. Manipulação de recursos através de representações: A representação de um recurso é separada de sua identificação e pode mudar ao longo do tempo. Esta sub-restrição diz respeito em como a informação é transmitida entre cliente e servidor. Uma propriedade essencial de arquitetura REST é que o recurso não é transferido propriamente, em vez disso, o cliente recebe uma representação do recurso como resposta do servidor em função da requisição efetuada pelo cliente. A representação pode ser qualquer documento legível por máquina contendo qualquer informação sobre um recurso. Assim, por exemplo, um servidor baseado na requisição do cliente, pode enviar como resposta uma representação no formato de uma imagem ou JSON. A Figura 5.17 ilustra esta relação.



Figura 5.17 - Relacionamento entre Recurso e Representação.

- 2.3. Mensagens auto descritivas: as mensagens devem conter metadados que descrevam como ler a mensagem, por exemplo, tipos de MIME do HTTP e outros cabeçalhos. Assim é possível que intermediários processem também a mensagem.
- 2.4. Hipermídia como o motor do estado da aplicação (HATEOS - *Hypermedia as the Engine of Application State*): As representações também devem

conter dados para conduzir o estado da aplicação. Isso permite que os clientes sejam fracamente acoplados aos servidores, e não requeiram conhecimento prévio (*hard-coded*) de como interagir com um determinado recurso. Em outras palavras, faz-se uso de *hiperlinks* em representações de recursos como uma maneira de navegar na máquina de estado de uma aplicação.

3. **Sistema em camadas:** Emprega camadas, por exemplo, o uso de cliente (camada cliente), uso de servidores intermediários, tais como: servidores *proxies*, *proxies* reversos e servidores de origem. As camadas interagem somente com as adjacentes trazendo assim mais simplicidade. Os servidores intermediários podem melhorar a escalabilidade do sistema, permitindo平衡amento de carga e fornecendo *caches* compartilhados, além de poderem impor políticas de segurança. A Figura 5.18 ilustra este caso. Neste exemplo o *firewall* é uma camada de segurança, o *gateway* é outra camada que faz traduções de requisição para redirecionamento, o servidor HTTP (losango) é outra camada no papel de um servidor *proxy* reverso, que recebe requisições e repassa para um dos três outros servidores de acordo com a requisição de um cliente. Além do mais, um cliente normalmente não pode dizer se está conectado diretamente ao servidor de origem, ou a um intermediário ao longo do caminho.



Figura 5.18 - Sistemas em camadas.

4. **Cache:** Permite que computadores intermediários, em um ambiente distribuído, armazenem requisições. Assim, um cliente ao realizar uma requisição, esta pode ser atendida por um servidor intermediário. Desta forma, o servidor deve indicar se os dados podem ser “*cacheados*” (armazenados em memória temporariamente) e reutilizados entre requisições. Importante mencionar que o uso de *cache* contribui significante com o desempenho e escalabilidade, uma vez que endereça as questões da latência e do tráfego de rede. A questão de latência é no sentido de o recurso

requisitado poder ficar próximo ao solicitante e a questão do tráfego de rede é de não precisar fazer todo o caminho de requisição para obter a resposta. A Figura 5.19 exemplifica o mecanismo de *cache*. No cenário A um dispositivo de comunicação faz uma requisição de um conteúdo que percorre um caminho até chegar ao servidor de origem que responde com o conteúdo solicitado que é colocado no *cache* de um servidor intermediário. No cenário B, a mesma requisição é realizada, mas agora respondida pelo servidor *Cache*. Desta forma:

- O objetivo do *cache* é minimizar que as requisições alcancem o servidor de origem, ou seja, não precisar ter que gerar a mesma resposta às chamadas subsequentes a um mesmo URI requisitado. A vantagem de fazer isso é ganhar velocidade e reduzir a carga do servidor de origem. A melhor maneira de armazenar *cache* em uma API é colocar um *cache gateway* (ou *proxy reverso*) na frente dele.
- Quando um método seguro, por exemplo, *GET* ou *HEAD*, é usado em um URI de recursos, um *proxy reverso* poderia armazenar em *cache* a resposta que é retornado do servidor HTTP de origem da API. Então, usar essa resposta em *cache*, para que todas as requisições subsequentes para o mesmo recurso sejam respondidas pela *cache* sem a necessidade de solicitar ao servidor de origem da API. Quando um método inseguro, por exemplo, *POST* é usado em um URI de recursos, o *cache* ignora e passa para o servidor de origem da API. O servidor de origem da API é responsável por certificar-se de que o recurso em *cache* seja invalidado.

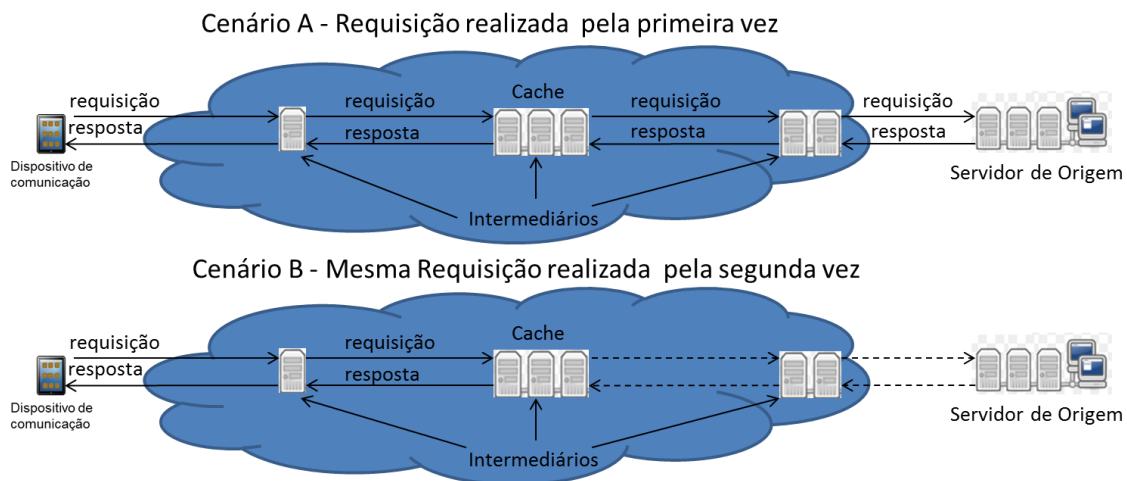


Figura 5.19. Ilustração do mecanismo de *cache*.

5. Sem estado: O servidor não deve armazenar o estado do cliente entre as requisições. Uma requisição é independente de outra. Por exemplo, um servidor responde uma requisição e não guarda a informação de quem fez a requisição. Neste sentido, toda a informação necessária para execução de uma determinada atividade deve estar na requisição enviada, que é de responsabilidade do cliente. Neste sentido há uma divisão de responsabilidades. Servidores guardam o estado do recurso, já os clientes guardam o estado da aplicação. Isto traz simplicidade e mais facilidade para gerenciar os recursos e escalabilidade do servidor. O *trade-off* é a necessidade de clientes mais complexos. A combinação da interface uniforme e da restrição sem estado torna possível aos intermediários armazenar em *cache* as respostas dos servidores, o que melhora significativamente a escalabilidade.
6. Código sob demanda: Possibilita o uso de linguagens no cliente, como por exemplo, *javascript* que dá mais funcionalidades e interatividade aos *browsers*. Cabe ressaltar que esta restrição é opcional na arquitetura.

Os elementos arquiteturais do REST são:

1. Elementos de dados: permitem que a informação seja transferida a partir de onde ela é armazenada para onde ela irá ser utilizada. Elementos de dados são descritos por Recursos, Identificadores de recursos e Representações, constituídos de:
 - 1.1. Recursos: são conteúdos que podem nomear com exclusividade uma solicitação para um recurso, pode retornar uma representação ou um conjunto de identificadores de recursos, ou uma combinação dos dois, por exemplo, uma página HTML ou imagem na Web, ou uma instância de objeto em um aplicativo;
 - 1.2. Identificadores de recursos: são os nomes dados aos recursos, por exemplo, um URI do HTTP;
 - 1.3. Representações: uma representação é o que é transferido entre os componentes do REST;
 - 1.4. Metadado da representação: *media type*, *last-modified time*;
 - 1.5. Metadado do recurso: *source link*, *alternates*, *vary*; e
 - 1.6. Controle de Dado: *if-modified-since*, *cache-control*
2. Conectores: encapsulam as atividades de acesso a recursos e transferência de representações, ou seja, gerenciam a comunicação na rede para componentes, podendo ser formado por.

- 2.1. Cliente: um cliente inicia pedidos de informação. Exemplo: libwww-perl;
 - 2.2. Servidor: Um servidor escuta e responde aos pedidos requisitados. Exemplo: Apache;
 - 2.3. *Cache*: pode ser acoplada em clientes, servidores e intermediários. É usado para acelerar interações. Por exemplo, o *cache* do *browser*; e
 - 2.4. Resolvedor (Resolver): ajuda a encontrar recursos para estabelecer a comunicação entre componentes, por exemplo, BIND.
3. Componentes: são os diferentes papéis em um sistema. Componentes utilizam um ou mais conectores para interações com outros componentes. Estes podem ser:
 - 3.1. Servidor de Origem: usa um conector de servidor para gerenciar uma coleção de recursos;
 - 3.2. *Gateway*: um componente de *gateway* é um *proxy* reverso. Ele executa funções comuns em servidores, como a autenticação;
 - 3.3. *Proxy*: é um componente intermediário escolhido pelo cliente, para executar funções comuns;
 - 3.4. Agente de usuário: usa conectores de cliente para iniciar solicitações e receber representações de recursos dos servidores.

O REST emprega metadados para controlar muitas propriedades da interação, como a autenticação do cliente no servidor, controle de acesso, compressão de dados e armazenamento em *cache* (PAUTASSO, 2009). Em função disso, VINOISKY (2007) cita algumas características marcantes do REST que são:

- Coloca problemas de sistemas distribuídos como latência e falhas parciais diretamente como questões centrais;
- Especifica claramente os *trade-offs* e restrições que ajudam a endereçar esses problemas;
- Independente verdadeiramente de linguagem de programação;
- Redução da necessidade de *middlewares* especializados e caros.

5.3.1. Web APIs e REST

Uma *Web API*²² é um conjunto de protocolos oferecidos por uma aplicação *Web* através do quais aplicativos *Web* ou *softwares* de aplicativos de terceiros podem interagir com esta aplicação (VERBORGH *et al.*, 2015). Em outras palavras, é um

²² No contexto do REST, serviços *Web* são chamados de *Web APIs*.

software que torna possível programas/aplicativos interagirem uns com os outros e compartilhar dados através da *Web*.

Normalmente *Web APIs* têm em comum o uso de um conjunto pequeno de padrões. Na maioria das vezes, consiste apenas do protocolo HTTP e formatos padrões para transporte e serialização de dados como o XML ou JSON. Este último formato atualmente é o preferido. Um dos motivos para a proliferação de *Web APIs* está na simplicidade e facilidade de implementá-las. De fato qualquer desenvolvedor que programe aplicativos para *Web* é capaz de criar *Web APIs* sem muita dificuldade.

A simplicidade de uso e consumo também é outra motivação. A Figura 5.20 ilustra o ciclo de requisição e resposta de uma *Web API*. Neste exemplo, um cliente está requisitando ao servidor um recurso no caso, unidade federativa (Rio de Janeiro) cujo formato é uma imagem do tipo png, via HTTP/1.1. O servidor responde ao cliente com código de *status* 200 de OK (sucesso), um tipo de conteúdo, o tamanho e o conteúdo propriamente dito. Importante citar que a requisição pode ser atendida por um servidor intermediário que esteja fazendo o papel de um *cache* e esteja situado em algum ponto anterior ao servidor de origem. Assim a requisição não chegaria ao servidor.

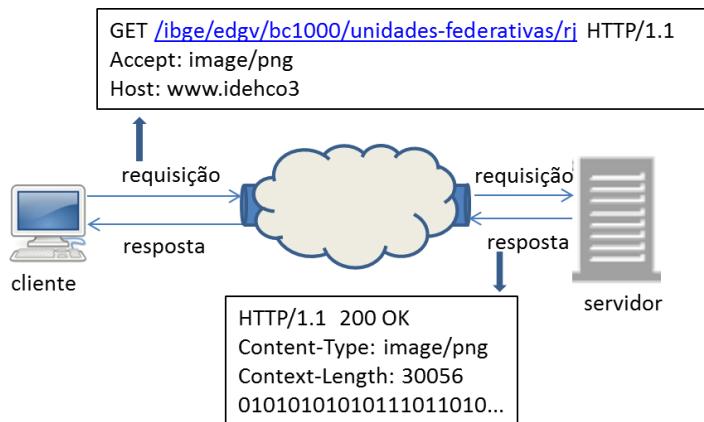


Figura 5.20 - Ciclo de requisição e reposta através de uma *Web API*.

Cabe destacar que REST atualmente é uma *buzzword* muito utilizada no contexto de *Web APIs*, pois frequentemente é usado como um termo para descrever qualquer URL que retorna um conteúdo, principalmente, nos formatos JSON e XML sobre o protocolo HTTP. RICHARDSON *et al.* (2013) sugerem que muitos utilizam o termo simplesmente para separar os defensores do SOAP dos defensores de REST, em outras palavras, qualquer *Web API* que não usa SOAP é dita como REST. Isto tem trazido algumas consequências e entendimentos equivocados sobre o assunto. Por exemplo, ADAMCZYK *et al.* (2011) argumentam que a maioria dos serviços da *Web* não usam a interface uniforme do REST corretamente e (NAVON e FERNANDEZ,

2011) afirmam que ainda há necessidade geral de compreensão dos seus fundamentos como um estilo arquitetural. Nesta mesma linha, LANTHALER e GÜTL (2012) citam que algumas restrições do REST são raramente obedecidas.

ZUZAK *et al.* (2011) expressam que a falta de explicações formais tem causado efeitos negativos, como a confusão na compreensão de conceitos do REST, o mau uso da terminologia e a ignorância dos benefícios do estilo arquitetural. Existem algumas explicações para isto. Por exemplo, por ter se tornado uma *buzzword* é fácil encontrar em *sites*, *blogs*, apresentações e vídeos com interpretações confusas e muitas vezes equivocadas de seus conceitos.

Outra questão é o aspecto marcante da arquitetura que efetivamente considera o meio de comunicação distribuído, requerendo um conhecimento mínimo do ponto de vista do desenvolvedor, administrador e provedor relacionado à escalabilidade, tolerância a falhas, caches, servidores *proxy*, *proxy reverso*, *firewall* que são questões chaves endereçadas nas restrições do REST.

5.3.2. O Modelo de Maturidade de Richardson (MMR)

Embora o estilo arquitetural do REST tenha sido uma abstração definida e fundamentada a partir das características da *Web Moderna*, qualquer arquitetura que satisfaça as restrições REST são consideradas arquiteturas baseadas neste estilo (RICHARDSON e RUBY, 2008) e, portanto RESTful.

RICHARDSON e RUBY (2008) exemplificam que termo "RESTful" é como o termo "Orientado a objeto". Uma linguagem, um *framework* ou um aplicativo pode ser projetado de uma maneira orientada a objeto, mas isso não torna a arquitetura orientada a objeto (RICHARDSON e RUBY, 2008). Por exemplo, é possível escrever um programa na linguagem de programação java que não é orientado a objeto, apesar de a linguagem ser orientada a objeto. Em outras palavras, o que torna um sistema mais RESTful não é a tecnologia utilizada e sim a aderência às restrições imposta pelo estilo arquitetural. Entretanto o termo REST é tão frequentemente usado de forma incorreta, que recentemente os *Web services* baseados em HTTP passaram a ser chamados simplesmente de *Web APIs* e os serviços que obedecem à restrição de hipermídia do REST, o termo Hipermídia API, tornou-se popular (LANTHALER e GÜTL, 2012).

Dessa forma, a *Web Moderna* pode ser compreendida como uma instância do emprego das restrições do estilo arquitetural REST, consequentemente, quanto maior

for a aderência às restrições, maior é a conformidade com as características da *Web* que é considerada o maior exemplo no mundo de um sistema distribuído.

Nesse sentido, Leonard Richardson²³ propôs um modelo de maturidade, que se popularizou no meio, para classificar serviços REST na *Web*. Este modelo, apresentado na Figura 5.21, leva em consideração: recursos, interface uniforme (métodos do HTTP) e controle por hipermídia.

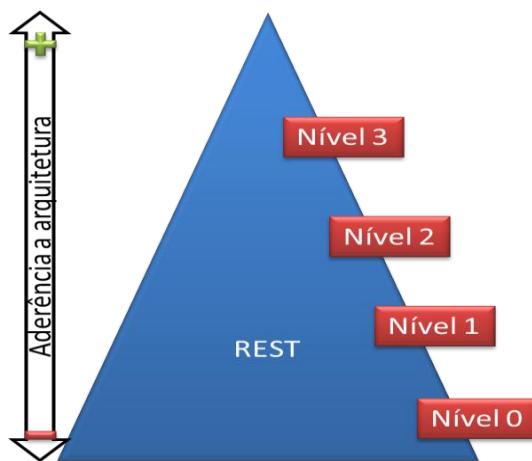


Figura 5.21 - Modelo de Maturidade de Richardson.

O modelo de maturidade de Richardson permite afirmar o quanto uma aplicação *Web* é RESTful, ao disponibilizar serviços (*Web APIs*). Isto é, o termo RESTful diz respeito ao nível de aderência de uma aplicação, disponibilizando serviços, ao estilo arquitetural REST e desta forma distinguindo quatro níveis:

➤ **Nível 0: Ambiente do XML-RPC(*Remote Procedure Call*) e Plain Old XML (POX)**

O nível mais básico do modelo é caracterizado por aqueles serviços que têm um único URI e que usa um único método HTTP (normalmente POST). Por exemplo, muitos dos *Web services* baseados em SOA (WS - *) usam um único URI para identificar um ponto de entrada e o método *POST* do HTTP para transferir dados baseados em SOAP, ignorando efetivamente o resto dos verbos HTTP. O protocolo HTTP é usado como se fosse um protocolo da camada de transporte e não da aplicação, um mero transportador. Em outras palavras, não se utiliza de toda sua capacidade e de sua semântica. Além disso, não se utiliza o conceito de recursos para os conteúdos disponibilizados na *Web*. AMUNDSEN (2012) ressalta que a

²³ <https://www.crummy.com/writing/speaking/2008-QCon>

maioria das implementações de *Web API* continua usando o estilo XML-RPC. A Figura 5.22 exemplifica esta situação.

POST /servicos/getCamada?tipo=UnidadeFederativa HTTP/1.1 Host: www.INDE.org
POST /servicos/getCamada?tipo=Municipio&nome= 'varzea da palma' HTTP/1.1 Host: www.INDE.org
POST /servicos/createCamada?tipo=Riacho&nome='rio limpo'&geom=polygon(...) HTTP/1.1 Host: www.INDE.org
POST /servicos/deleteCamada?tipo=Municipio?&nome='rio limpo' HTTP/1.1 Host: www.INDE.org
POST /servicos/updateCamada?tipo=Municipio&id=1001&setNome='Nova del rei' HTTP/1.1 Host: www.INDE.org

Figura 5.22 - Todas as requisições para um único método (POST) e um único *Endpoint*.

Do ponto de vista da facilidade de uso, estes serviços parecem ser razoavelmente simples de usar. Porém, veja que todos utilizam um único *Endpoint*²⁴, www.inde.org/servicos, e somente o método POST, seja para criar, atualizar ou remover um recurso. Além do mais, aprender usar esta *Web API* não ajuda aprender a usar outra, uma vez que não é usado um padrão aberto externamente adotado. Uma analogia poderia ser feita com a atual arquitetura de serviços das IDEs que em geral utiliza um *Endpoint* para cada tipo de serviço, entretanto através de um conjunto de serviços e operações padronizadas internacionalmente e convencionalmente adotados. Por exemplo, o catálogo de serviços de dados e metadados do Nô IBGE na INDE são respectivamente:

- <http://www.geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/ows>
- http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/csw

➤ Nível 1: Recursos

Enquanto no nível 0, de modo geral, todas as requisições são realizadas para um único *Endpoint* de serviço, o nível 1 introduz o conceito de recursos individuais. Todavia, não se faz o uso adequado da interface uniforme do estilo arquitetural do REST e de maneira geral, usa-se apenas um método para utilização de serviços. A Figura 5.23 ilustra este caso.

²⁴ Endereço básico de entrada de uma *Web Service*.

POST /servicos/unidades-federativas HTTP/1.1
Host: www.INDE.org
POST /servicos/municpios?nome= 'varzea da palma' HTTP/1.1
Host: www.INDE.org
POST /servicos/riachos/create?nome='rio limpo'&geom=polygon(...) HTTP/1.1
Host: www.INDE.org
POST /servicos/municpios/delete?&nome='rio limpo' HTTP/1.1
Host: www.INDE.org
POST /servicos/municpios/update?id=1001&setNome='Nova del rei' HTTP/1.1
Host: www.INDE.org

Figura 5.23 - Manipulação de recursos via método *POST*.

Observe que na Figura 5.23 o primeiro item busca todas as Unidades Federativas. O segundo item faz um filtro, buscando os municípios cujo nome é igual a ‘varzea da palma’. O terceiro item cria um recurso do tipo riacho. O quarto exclui um recurso município e o quinto atualiza o nome de um município cujo id é igual a 1001. Observe que há diferentes recursos, porém não se faz o uso correto da restrição interface uniforme.

Casos como este que desobedecem à restrição de interface uniforme estão espalhados pela *Web*. Um exemplo famoso é o Flickr (<https://www.flickr.com>), um *site* popular para hospedagem e compartilhamento de fotos e vídeos. A Figura 5.24 ilustra o caso de exclusão de um recurso do tipo foto.

The screenshot shows the Flickr API documentation for the `flickr.photos.delete` method. The page has a header with links to 'App Garden', 'Criar um aplicativo', 'Documentação API', 'Feeds', and 'O que é o App Garden?'. The main content is titled 'flickr.photos.delete' and includes the following sections:

- Descrição:** Delete a photo from flickr.
- Autenticação:** This method requires `authentication` with 'delete' permission.
- Nota:** Este método exige uma solicitação HTTP POST.
- Argumentos:**
 - `api_key` (Necessário) Your API application key. [See here](#) for more details.
 - `photo_id` (Necessário) The id of the photo to delete.
- Resposta de exemplo:** Este método não tem resposta específica. Ele retorna uma resposta de sucesso vazia, caso seja concluído sem erro.
- Códigos de erro:**
 - 1: Photo not found** The photo id was not the id of a photo belonging to the calling user.
 - 95: SSL is required** SSL is required to access the Flickr API.
 - 96: Invalid signature** The passed signature was invalid.
 - 97: Missing signature** The call required signing but no signature was sent.
 - 98: Login failed / Invalid auth token** The login details or auth token passed were invalid.
 - 99: User not logged in / Insufficient permissions** The method requires user authentication but the user was not logged in, or the authenticated method call did not have the required permissions.

Figura 5.24 - Exclusão de recurso via método *POST*.

Fonte: <https://www.flickr.com/services/api/flickr.photos.delete.html>.

Observe que a Figura 5.24 apresenta uma maneira de manipular um recurso, no caso a exclusão, via método POST. Importante também salientar que os códigos de erro são exclusivos da Web API do flickr. Isto implica em um alto acoplamento a esta Web API. Do ponto de vista de um desenvolvedor que está utilizando somente esta Web API em um projeto de seu interesse, fica tudo razoavelmente simples, necessitando apenas de entendimento de como usá-la. Entretanto qualquer outro interessado em usar tal API também necessitará conhecer seus detalhes, ou seja, não existe uma maneira genérica de acesso a esta API. Outra questão é o uso incorreto da semântica do método *POST* que é empregada para a criação de recurso, não remoção. Neste caso, o método correto do HTTP é o *DELETE*. Uma analogia poderia ser feita em um ambiente de IDE onde cada provedor de serviço disponibilizaria seus recursos de acordo com seus próprios termos forçando a cada participante entender detalhes da API disponibilizada por cada um de seus participantes. Isto é impraticável para ambiente de IDEs, uma vez que todos integrantes deveriam entender da API de todos os nós para poderem interoperar seus serviços.

➤ **Nível 2: Métodos da Interface Uniforme**

No nível 2, a Web é um provedor de conteúdo distribuído de recursos, as aplicações fazem uso correto dos métodos da interface uniforme em relação às requisições e respostas, considerando, por exemplo, negociação de conteúdo e código de resposta. Abstraídos do protocolo HTTP, estes métodos são traduzidos, por exemplo, em: *GET*, *POST*, *DELETE* e *PUT*. A Figura 5.25 apresenta algumas interações com recursos de acordo com o nível 2. O primeiro item faz uma requisição das Unidades Federativas solicitando a representação do recurso no formato Image/png. O segundo item requisita os municípios cujo geocódigo é igual a 2203859. O terceiro item cria um novo recurso, no caso uma aldeia indígena. O quarto item remove o município de geocódigo 410309. O último item altera as informações do município de geocódigo = 3103857.

GET /instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/ HTTP/1.1
Host: idehco4.tk
Accept: Image/png
GET /instituicoes/ibge/bcim/municipios?geocodigo= 2203859 HTTP/1.1
Host: idehco4.tk
POST /instituicoes/ibge/bcim/aldeias-indigenas HTTP/1.1
Host: idehco4.tk
Content-Type=application/json
{nome='Tamaios', nomeAbrev='Tamoios', codigofunai='cod012', geom=polygon(...)}
DELETE /instituicoes/ibge/bcim/municipios/410309 HTTP/1.1
Host: www.INDE.org
PUT /instituicoes/ibge/bcim/municipios/3103857
Host: idehco4.tk
Content-Type=application/json
id=1001&setNome='Nova del rei', nomeabrev= 'Del rei', geocodigo= '...' HTTP/1.1

Figura 5.25 - REST no nível 2: os métodos são usados de maneira correta.

Neste nível, porém, uma *Web API* após estar pronta para consumo, precisaria de documentação auxiliar para que terceiros possam interagir com ela. Em outras palavras, as APIs são disponibilizadas através de interfaces estáticas que devem ser conhecidas antecipadamente para uso, ou seja, não há como conhecê-las em tempo de execução, dificultando assim a interação e naveabilidade. Em uma analogia com ambiente de IDEs, qualquer nó de maneira padronizada e convencionalmente divulgaria um *Endpoint* que traria a lista de recursos disponibilizados. O conjunto de *EndPoint* poderia ser registrado em um Portal principal para disseminação e consumo (Figura 5.26).

```

1  [
2    "aglomerados rurais de extensao urbana": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/aglomerados-rurais-de-extensao-urbana/",
3    "aglomerados rurais isolado": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/aglomerados-rurais-isolado/",
4    "aldeias indigenas": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/aldeias-indigenas/",
5    "areas de desenvolvimento de controle": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/areas-de-desenvolvimento-de-controle/",
6    "areas edificadas": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/areas-edificadas/",
7    "bancos de areia": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/bancos-de-areia/",
8    "barragens": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/barragens/",
9    "blocos": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/blocos/",
10   "brejos e pantanos": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/brejos-e-pantanatos/",
11   "capitais": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/capitais/",
12   "cidades": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/cidades/",
13   "corredeiras": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/corredeiras/",
14   "curvas batimetricas": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/curvas-batimetricas/",
15   "curvas de nivel": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/curvas-de-nivel/",
16   "dunas": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/dunas/",
17   "eclusas": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/eclusas/",
18   "edificacoes agropecuarias de extracao vegetal e pesca": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-agropecuarias-de-extracao-vegetal-e-pesca/",
19   "edificacoes de construcao aeroportuaria": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-de-construcao-aeroportuaria/",
20   "edificacoes de construcao portuaria": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-de-construcao-portuaria/",
21   "edificacoes de metro ferroviaria": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-metro-ferroviaria/",
22   "edificacoes industrial": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-industrial/",
23   "edificacoes publica militar": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-publica-militar/",
24   "edificacoes religiosa": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-religiosa/",
25   "elementos fisiografico natural": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/elementos-fisiografico-natural/",
26   "estacoes geradoras de energia eletrica": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/estacoes-geradoras-de-energia-eletrica/",
27   "extracoes minerais": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/extracoes-minerais/",
28   "fozes maritima": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/fozes-maritima/",
29   "fundeadores": "http://idehco4.tk/instituicoes/ibge/bcim/fundeadores/"
  
```

Figura 5.26 - Conjunto de recursos (serviços) disponibilizados na forma chave e valor em JSON de maneira padronizada.

➤ **Nível 3: Guiado por hiperlinks (Hipermídia Web API)**

O nível 3 considera as restrições do nível 2 e vai além ao considerar navegabilidade e ligações entre os recursos. Por exemplo, recursos contêm *links* para outros recursos relacionados, estejam na forma de dados ou metadados. Neste nível há também *links* para executar ações sobre os próprios recursos. De acordo com LANTHALER (2014), um dos princípios fundamentais do REST é o uso de hipermídia para transmitir transições de estado válidas em tempo de execução em vez de acordos baseados em contratos estáticos em tempo de projeto, obrigando conhecimento prévio do cliente sobre a API que um servidor expõe. Em outras palavras, um cliente recebe os dados acompanhados de controles como, por exemplo, *links* para guiar a interação do cliente com o servidor.

No nível 3, as APIs são auto documentadas, detectáveis e exploráveis por máquinas e indivíduos. Em outras palavras, tudo que é necessário para um cliente, humano ou sistema computadorizado, utilizar e interagir com a *Web API* está na própria API. É a restrição *Hipermídia as the Engine of Application State* (HATEOAS). Isto permite que o uso e a interação possam ser realizados em tempo de execução. Trata-se de uma diferença marcante em relação ao nível 2 que necessidade de conhecimento prévio, por exemplo da documentação da API, para uso e interação.

Fazendo uma analogia com ambiente de IDEs, no caso da Figura 5.26, seria necessário mais informações para a interação com a URL de entrada fornecida para que não somente humanos, mas também máquinas possam interagir de maneira mais enriquecedora. Desta forma, elevar os serviços das IDEs ao nível 3 é uma das contribuições deste trabalho.

5.3.3. Hipermídias e o MMR

Hipermídia é uma maneira de um servidor comunicar ao cliente que ações podem ser executadas em um determinado recurso. A programação para ambientes hipermídia distribuídos geralmente significa que as transferências de mensagens devem transportar mais do que apenas dados. Elas devem levar informações adicionais, incluindo metadados e opções de controle de fluxo do aplicativo (AMUNDSEN, 2011). A *Web* prospera neste estilo de hipermídia, e é importante projetar APIs que suportem esse método de compartilhamento de compreensão dos dados enviados entre os participantes da rede (AMUNDSEN, 2011). Em outras palavras, as mensagens em

hipermídia além dos dados brutos, devem conter metadados sobre esses dados e metadados sobre o estado da aplicação.

Para RICHARDSON *et al.* (2013), na programação por hipermídia os dados brutos são apenas parte do processo de criação de hipermídia. Outra tarefa importante é incluir metadados sobre o estado do aplicativo em si. Esta disponibilidade de metadados do aplicativo na mensagem é o que transforma um tipo de mídia comum em um tipo hipermídia. A Figura 5.27 ilustra o caso de uma API disponibilizando um conjunto de dados brutos sem metadados e outro conjunto enriquecido usando o padrão JSON-LD que será visto mais adiante.

Dados sem metadados	Dados com metadados e controle
<pre>["Barack Obama", "Barack", "Obama", "44th President of the United States", "https://www.wikidata.org/wiki/Q76", "https://commons.wikimedia.org/wiki/File:President_Barrack_Obama.jpg"]</pre>	 <pre>{ "@context": ["http://schema.org"], "image": { "@id": "schema:image", "@type": "@id" } }, "id": "https://www.wikidata.org/wiki/Q76", "type": "Person", "name": "Barack Obama", "givenName": "Barack", "familyName": "Obama", "jobTitle": "44th President of the United States", "image": "https://commons.wikimedia.org/wiki/File:President_Barrack_Obama.jpg" }</pre>

Figura 5.27 - API disponibilizando um conjunto de dados brutos sem metadados e outro conjunto enriquecido usando o padrão JSON-LD.

Adaptado de <http://json-ld.org/spec/latest/json-ld-api-best-practices>.

Observe que do lado esquerdo da Figura 5.27 não há nenhuma informação sobre o conjunto de dados. Um ser humano poderia até deduzir do que se trata, mas para máquinas é necessário mais informações. No lado direito da Figura 5.27, o conjunto de dados foi enriquecido com metadados e um possível fluxo de controle da aplicação foi disponibilizado pela API no caso o atributo *image* que representa um IRI que deve ser desreferenciado (*@type* = *@id*). Nesta situação uma máquina poderia interpretar os dados. Certamente uma pessoa também com muito mais facilidade quando comparado com o lado esquerdo da figura.

A ilustração do lado direito da Figura 5.27 é simples dando significado ao conjunto de dados para qualquer cliente que entenda o contexto Schema.org. Porém não exibe informações de metadados da aplicação. Por exemplo, de que maneira poderia ser criado um novo elemento? É possível realizar algum tipo de filtro? É possível ordenar? Que operações poderiam ser invocadas? Etc. Estes tipos de informação permitem que um cliente tenha uma maior interação com a aplicação e possa modificar o estado da aplicação, além de saber os possíveis estados da aplicação. Em outras palavras, estes

metadados permitem que clientes saibam quais possíveis ações podem ser executadas e desta maneira modificar e controlar o estado da aplicação. Isto é hipermídia como motor do estado de aplicação – HATEOAS (RICHARDSON *et al.*, 2013). Em resumo, de acordo com RICHARDSON *et al.* (2013) os controles Hipermídia têm três tarefas:

- Eles dizem ao cliente como construir uma solicitação HTTP: qual método HTTP usar, qual URL usar, quais elementos do cabeçalho HTTP e/ou *Body* para enviar;
- Eles fazem promessas sobre a resposta HTTP, sugerindo o código de *status*, quais elementos do cabeçalho HTTP e/ou os dados que o servidor provavelmente enviará em resposta a uma solicitação; e
- Eles sugerem como o cliente deve integrar a resposta em seu fluxo de trabalho.

5.3.4. Análise e discussão da semântica nos níveis do MMR

Algumas *sites* como, *Foursquare*, *Wikimapia*, *Google* e *Twitter* disponibilizam APIs RESTful que possuem algumas similaridades, mas seus objetivos são muito diferentes. Não há preocupação em colaboração entre eles. Na verdade muitas vezes eles competem entre si. Isto vai de encontro com um ambiente de IDE que visa maximizar a colaboração, reutilização e a racionalização de recursos. Para PETERSON (2012), o desenvolvimento de APIs ainda está em uma fase inicial e está progredindo de forma aleatória. O autor argumenta que embora sejam muito semelhantes, as chamadas de função usadas pelos principais provedores, as *Web APIs* têm pequenas diferenças que as tornam incompatíveis e o processo de reescrever o código para cada uma é demorado.

Neste Capítulo foi exemplificado um caso da *Web API* do *flickr*, que se repete em centenas na *Web*. Na verdade, muitas destas APIs não miram a interoperabilidade como um importante fator, e sim objetivam atender apenas aos seus negócios, muitas vezes forçando uma relação de dependência de seus clientes. De acordo com MALESHKOVA *et al.* (2010) existem três tipos principais de descrições da API *Web*: RESTful, estilo RPC e híbrido.

Em geral os desenvolvedores preferem descrever APIs em termos de operações, em vez de recursos. Para estes autores poucas APIs são altamente reutilizadas, enquanto a maioria não é reutilizável. WILDE e PAUTASSO (2011) argumentam que isto é decorrente do cenário atual dos métodos de projeto em REST e das plataformas de

implementação que ainda estão em desenvolvimento e continuam a ser vistos como esforços de pesquisa.

Outra questão importante sobre uma API é sua granularidade. A granularidade dos recursos disponibilizados e manipulados de maneira útil e correta é muito importante para que tenha o impacto desejado. Existem *Web APIs* que disponibilizam muitos recursos e outras poucos recursos. A título de exemplo, embora o OSM possua mais de duzentas categorias para classificar seus elementos geoespaciais, sua API disponibiliza somente três recursos geoespaciais (http://wiki.openstreetmap.org/wiki/API_v0.6): *node*, *way* ou *relation*. Não obstante seja possível realizar filtros via *bbox*, ainda sim estes recursos geoespaciais retornados através de um filtro podem ser qualquer coisa, desde um ponto representando uma capital até um polígono representando uma lagoa. Em outras palavras, a API não disponibiliza uma maneira para filtrar um determinado tipo de elemento geoespacial, por exemplo, somente as igrejas. Nesta situação seria mais fácil fazer o *download* do banco de dados e trabalhar direto nele.

No nível 2 do MMR, para a interação humana é necessário documentação, mas se a API tende a ser estável sem alterações, isto não seria um impedimento. Do lado da máquina este cenário fica mais complicado exigindo um alto acoplamento do cliente em relação à API. Neste sentido o cliente precisaria tratar de informações específicas relacionadas à API. Por exemplo, seja um cenário em que um servidor disponibilize um recurso no seguinte IRI: <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/>. Se não houver uma documentação afirmando que este IRI corresponde ao recurso Municípios e que para acessar um município específico é necessário o geocódigo (neste exemplo 2203859) seria difícil a interação com este recurso uma vez que não há semântica, sendo sua chamada dada por: <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/2203859/>.

Outra questão importante sobre o nível 2 é que as APIs seriam semelhantes, porém diferentes uma vez que cada API tem seu próprio IRI com seus respectivos recursos e semânticas. Por exemplo, o IRI <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/> utiliza os mesmos métodos do IRI <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/>, mas são diferentes. Para o ser humano é fácil perceber isto e através de uma boa documentação ele consegue interagir com a API. O problema se torna aparente quando uma máquina precisa interpretar esses dois IRIs. Neste caso, é preciso programá-la em detalhes para

que seja possível reconhecer as diferenças e a consequência disto é o alto acoplamento da máquina em relação a esta API. Este problema se repetiria para todas as outras APIs.

O estilo arquitetural do REST assume que o cliente e o servidor formam um contrato a respeito da negociação de conteúdo, não somente sobre o formato de dados, mas também implicitamente sobre a semântica dos dados comunicados, isto é, um acordo sobre como os dados devem ser interpretados (WEBBER *et al.*, 2010). Uma vez que o acordo sobre a semântica é apenas implícito, programadores desenvolvendo aplicações clientes precisam manualmente adquirir um profundo conhecimento de várias APIs de diferentes provedores (VERBORGH *et al.*, 2014). Uma solução para este problema seria tornar os IRIs auto descritivos que tratariam de informações adicionais para que uma máquina pudesse interpretar. Neste ponto é preciso ir para o nível 3, assim as APIs disponibilizadas por IDEs passariam ser dirigidas por hipermídias.

5.3.5. W3C Service e REST

A comunidade da *Web* questionou a pilha de protocolos WS-* (SOAP, WSDL e correlatos) devido à complexidade percebida nessas tecnologias (WEBBER *et al.*, 2010). Para VINOSKI (2008a) e GUINARD *et al.* (2009) a complexidade destes protocolos subjacentes implica em uma curva de aprendizagem íngreme e voltada para engenheiros de *software* especializados apoiados por ferramentas que os usuários médios não possuem.

THIES e VOSSEN (2008) afirmam que existem inúmeros padrões disponíveis no contexto de SOA, mas em vez de facilitar, eles normalmente tornam a sua realização mais complicada. Já FIELDING e TAYLOR (2002) sugerem que REST é direcionado, de maneira simples, especificamente para sistemas de informação distribuídos e que a colaboração entre cliente e servidor no REST é mais explícita quando comparada a SOA.

RODRIGUEZ (2008) refere-se à REST como uma forma de projetar *Web services* com menos dependência de *middleware* proprietário (por exemplo, um servidor de aplicativos) do que o tipo baseado em SOAP e WSDL. PAUTASSO *et al.* (2008) afirmavam que REST era mais adequado para cenários básicos de integração *ad hoc*, enquanto o WS-* seria mais flexível e atenderia a requisitos avançados de qualidade de serviço que geralmente ocorrem em ambiente de computação corporativa. Todavia, passado alguns anos, PAUTASSO *et al.* (2008) passaram afirmar que REST em grande parte é considerado como uma maneira mais simples e mais *Web* de expor interfaces de

serviço, em particular quando comparado com abordagens anteriores, tais como os complexos e pesados SOAP/WS-* e protocolos similares inspirados em RPC. VERBORGH *et al.* (2015) em seus achados argumentam que o modelo de recursos e representações do REST é uma forma sustentável de gestão dos recursos da *Web* num contexto de constantes evoluções tecnológicas.

WILDE e PAUTASSO (2011) argumentam que vários anos se passaram até que se tornou claramente visível que o modelo de *Web Services* baseados na pilha WS-* ganhou um concorrente sério, REST, na forma de serviços que melhor se adaptou aos princípios arquitetônicos da *Web*. De fato, esta demora está relacionada aos milhões de dólares investidos por grandes *players* como IBM, Oracle, Microsoft e outros na arquitetura orientada a serviço que atraiu outras empresas, interessados e pesquisadores. Tal tendência começou a inverter a partir da *Web 2.0* que trouxe mudanças no lado cliente que passou a oferecer mais interatividade aos usuários. A título de exemplo, a Figura 5.28 apresenta indícios desta mudança que coincide com algumas das pesquisas citadas nesse trabalho.



Figura 5.28 - Comparação da tendência entre SOA e REST.

5.3.6. OWS e REST

Conforme visto, há evidências que a tendência é usar o estilo arquitetural do REST como uma forma mais simples de criar e manter sistemas distribuídos. O tópico anterior sobre W3C *Service* e REST traz alguns fundamentos sobre esta questão. Todavia, no contexto das IDEs, atualmente a arquitetura orientada a serviço através do OWS reinam, mas de maneira geral os serviços OGC sofrem de alguns dos problemas da pilha de tecnologia SOAP/WS-* e de outros específicos.

ROUACHED *et al.* (2012) fazem um estudo sobre o padrão *Sensor Web Enablement* (SWE) e apontam lacunas relacionadas principalmente ao formato dos dados e ao estilo arquitetônico seguido pela implementação dos serviços SWE e

sugerem o uso de REST para trabalhar com sensores. Segundo os autores, o uso do estilo arquitetural do REST é mais eficiente e leve para este fim, principalmente por conta das limitações dos sensores (ROUACHED *et al.*, 2012).

Nesta mesma linha, GUINARD *et al.* (2009) afirmam que REST é mais adequado para trabalhar com sensores quando comparada à arquitetura orientada a serviço. MAZZETTI *et al.* (2009) sugerem que o REST pode se encaixar em trabalhos que envolvam Cobertura (Coverage). No entanto, os autores argumentam que a escolha de arquitetura SOAP ou REST depende de uma análise caso a caso.

GRANELLI *et al.* (2014) avaliam os mecanismos e funcionalidade dos serviços de geoprocessamento baseados em WPS a partir da perspectiva do REST. Os autores sugerem que a adoção de princípios REST, especialmente para aproveitar os mecanismos internos do protocolo de aplicação HTTP, pode ser benéfica em cenários onde a composição *ad hoc* de serviços de geoprocessamento é necessária, comum para a maioria dos usuários não especializados em Infraestruturas de informações geoespaciais (GRANELLI *et al.*, 2014).

Cabe destacar que a própria OGC foi ao encontro do REST com uma proposta de padrão pela OGC chamada "*GeoServices REST API*" que infelizmente não passa do nível 1 do MMR e que foi duramente criticado pela comunidade conforme pode ser visto em “Geoservices REST API - OSGeo Wiki” (2013). Embora haja o reconhecimento de falhas na proposta do OGC, de certa forma, tal discussão reforça o conceito de caminho de dependência (KNOBEL, 2007) cuja adoção generalizada de determinadas tecnologias inferiores a torna tão dominante que a adoção de outras tecnologias superiores não possa derrubá-la.

TAYLOR (2015) afirma que os padrões OWS provavelmente estarão presentes por muito tempo, mas outros padrões também oferecem uma plataforma para novas abordagens tecnológicas que não são limitadas pelo paradigma dos serviços baseado na SOA. Para o autor, atualmente, REST, *Linked Data*, e a *Web Semântica* oferecem novas possibilidades e um caminho para o futuro. Ainda de acordo com este mesmo autor, estes complementam os padrões OWS com novas abordagens. De um modo geral, aplicações REST são mais fáceis de desenvolver do que soluções baseadas na SOA e no futuro, os dados ligados e a *Web Semântica* fornecerão um salto quântico para um novo nível de percepção espacial (TAYLOR, 2015).

5.4. Web dos Dados e Dados Ligados integrando ao REST

Os termos *Web* dos dados e Dados Ligados são muito semelhantes e estão diretamente ligados. O primeiro não prescreve nenhuma tecnologia e incentiva o uso de vocabulários ou esquemas para dar mais semântica aos dados. O segundo é mais incisivo no aspecto tecnológico. O fato é que transformar um dado bruto em um “*smart data*” é algo muito desejável e devendo ser considerado em ambientes de IDEs modernos.

O estilo arquitetural do REST juntamente com os princípios de Dados Ligados e da *Web* dos Dados oferecem oportunidades para avançar na *Web* de máquinas de forma semelhante à que o hipertexto fez para a *Web* humana. Recentemente, os serviços RESTful ganharam atenção como uma abordagem mais simples para apoiar na questão da semântica à *Web* (BELTRAN *et al.*, 2014).

5.4.1. Web dos dados

Os Princípios da *Web* dos dados são definidos em cinco diretrizes sobre como tornar a informação estruturada mais útil na *Web* sem entrar em detalhes de tecnologias específicas (<http://Webdata.systems/>), conforme apresentado no Quadro 5.29.

Quadro 5.7 - Princípios da Web dos Dados.

Princípio	Descrição
Endereçável 	Os documentos precisam ter identificadores globais estáveis e detectáveis.
Parseável  	Os documentos devem usar metamodelos de dados padronizados, como CSV, XML, RDF ou JSON, para que possam ser facilmente analisados pelos consumidores usando um software padrão.
Compreensível   	Os documentos devem usar vocabulários /esquemas bem conhecidos ou pelo menos bem documentados.
Ligado    	Para que seus documentos sejam parte da <i>Web</i> , devem ser vinculados a outros documentos sempre que possível. Sempre use identificadores globais ao vincular documentos, para que os identificadores de link possam ser retirados do contexto e compartilhados globalmente.
Usável     	Rotule o conteúdo com uma licença, para que outros saibam como podem usá-lo.

Fonte: <http://Webdata.systems/>

5.4.2. Dados Ligados (*Linked Data*)

O termo Dados Ligados refere-se a um conjunto de melhores práticas para publicar e interligar dados estruturados na *Web* (MEHTA e BUCH, 2016). Apesar dos

benefícios que a *Web* oferece, até recentemente os mesmos princípios que permitiram a *Web* de documentos florescer não foram aplicados aos dados (BIZER *et al.*, 2009). Tradicionalmente, os dados publicados na *Web* foram disponibilizados em formatos como CSV ou XML, ou marcados como tabelas HTML, sacrificando grande parte de sua estrutura e semântica (BIZER *et al.*, 2009). Tecnicamente, os Dados Ligados referem-se a dados publicados na *Web* de tal forma que são legíveis por máquina e seus significados são explicitamente definidos, além de estarem ligados a outros conjuntos de dados externos (LANTHALER e GÜTL, 2013).

Dados Ligados têm relação com a *Web Semântica* (SHADBOLT *et al.*, 2006) e definem quatro princípios básicos (BIZER *et al.*, 2008):

- 1) Use URIs para nomear as coisas;
- 2) Use URIs HTTP para que as pessoas possam procurar o desejado;
- 3) URI deve retornar informações úteis quando pesquisada através de padrões como *Resource Description Framework* (RDF) e SPARQL; e
- 4) Incluir *links* para outros URIs, para que se possa descobrir e explorar mais as coisas.

No ambiente de IDEs o termo tem ganhado interesse conforme apresentado por ABBAS e OJO (2013) que fazem uma análise das arquiteturas de IDEs existentes e propõem uma arquitetura de referência para a construção de IDEs interoperáveis e ligadas. Todavia os autores sugerem a necessidade de uso concreto da arquitetura proposta visando fornecer *feedbacks* úteis para seu refinamento e evolução. CAMBOIM (2013) traz as experiências em projetos de dados ligados de agências de mapeamento nos EUA, França, Reino Unido e Espanha, todas utilizando RDF e também traz uma proposta de dados interligados via RDF e serviços em WFS. JONES *et al.* (2014), também, apoiados no serviço WFS do OGC, propõem o uso de serviço WFS como um adaptador para integrar com dados ligados. SCHADE *et al.* (2010) fazem uma proposta em cima dos padrões da OWS, especificamente WFS e CSW para ligar dados via RDF em ambientes de IDEs. SCHADE e COX (2010) apresentam uma forma de ligar dados em IDEs através de RDF ou GML, sendo neste último caso como um serviço WFS avançado.

GRANELLO *et al.* (2011) efetuam uma comparação entre IDEs e Dados Ligados abordando quatro dimensões: Modelo de dados, Acesso aos Dados, Descoberta e Disseminação. Para os Dados ligados os autores consideraram RDF e SPARQL e

apontaram algumas vantagens e desvantagens como, por exemplo, necessidade de alto nível de especialização e interfaces de clientes não amigáveis para manipular os dados. Para LANTHALER e GÜTL (2012) há uma relutância de desenvolvedores *Web* em geral em adotar tecnologias voltadas para a *Web* semântica.

Este trabalho defende uma arquitetura híbrida de serviços para ambientes de IDEs que leva em consideração a arquitetura OWS, mas também traça um novo caminho alinhado com o estilo arquitetural do REST para disponibilizar serviços de maneira mais simples ao mesmo tempo em que considera a interoperabilidade como fundamento estrutural. Além disso, o objetivo de qualquer IDE é compor o maior número possível de participantes. Isto envolve diferentes atores com níveis de conhecimento e capacidade bastante heterogêneos. Neste sentido, é preciso buscar soluções mais simples, mas que ao mesmo tempo estejam alinhadas a proposta do modelo conceitual IDEH-Co⁴ apresentado no Capítulo 4.

Como uma forma alternativa e evolutiva este trabalho traz uma abordagem diferente para tratar parte dos serviços oferecidos em uma IDE e se afasta das adaptações realizadas nos serviços OWS para lidar com dados ligados por entender que existem mecanismos mais simples e eficazes para tratar de dados geoespaciais. Desta forma não considera RDF, SPARQL, GEOSPARQL ou ontologias em *Web Ontology Language* (OWL) no contexto, embora seja possível, por exemplo, gerar RDFs a partir de tecnologias empregadas neste trabalho como JSON-LD. Isto é, neste trabalho a abordagem empregada facilita a pavimentação para as tecnologias supracitadas.

5.5. JavaScript Object Notation - Linked Data (JSON-LD)

Atualmente uma forma compacta e eficiente de efetuar o intercâmbio de fragmentos de objetos de dados estruturados (listas, pares de valores chaves) na *Web* e em aplicativos para *smartphones*, sem a necessidade de recarregar a página, é com o uso de JSON e JSON-LD.

5.5.1. JSON

Conforme já citado JSON (json.org) é um formato simples e leve de intercâmbio de dados que se tornou muito popular nos últimos anos na *Web*, principalmente para aqueles que trabalham com *Web APIs*. Um JSON está sempre no formato KVP e nada mais, conforme ilustrado na Figura 5.29. Para BELTRAN *et al.* (2014) esta

simplicidade levou muitos desenvolvedores a adotar o JSON, resultando no crescimento de APIs baseadas em JSON e na diminuição de APIs baseadas em XML.

Recentemente sugeriram algumas variações como, por exemplo, para dados espaciais GEOJSON e TOPOJSON que são tipos de JSON. Uma comparação entre estes dois formatos pode ser visto em JAVIER (2013). Outra variação do JSON que surgiu para suprir algumas deficiências do JSON foi o padrão o JSON-LD que visa dar semântica e alguns controles de hipermídia ao JSON.

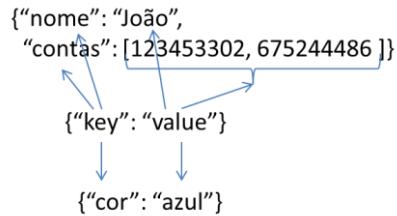


Figura 5.29 – Dois JSON. Todo JSON segue o formato par de chave e valor.

5.5.2. JSON-LD

JSON-LD é uma sintaxe leve para serializar Dados Ligados, seu *design* permite que arquivos em JSON existentes sejam interpretados como Dados Ligados com mudanças mínimas em ambientes de programação baseados na *Web*, para construção de *Web APIs* interoperáveis (SPORNY *et al.*, 2014). Como o JSON-LD é 100% compatível com o JSON, um grande número de analisadores e bibliotecas JSON disponíveis nos dias atuais pode ser reutilizado (SPORNY *et al.*, 2014).

JSON-LD é uma extensão do JSON para anotações semânticas. Ele suporta *hiperlinks*, identificadores universais para entidades e suas propriedades na forma de: IIRIs, internacionalizadas, definição e uso de tipos de dados arbitrários, suporte para conjuntos não ordenados e listas ordenadas, grafos nomeados (LANTHALER, 2013). Estes recursos não só simplificam a integração de dados, que é o problema subjacente em muitos cenários de uso da API da *Web*, mas também permitem que os desenvolvedores expressem seus dados com uma semântica muito mais adequada (LANTHALER, 2013).

JSON-LD permite combinar um documento legível por máquina chamado de contexto com um documento JSON comum. Isso facilita a definição de um perfil para uma API existente sem alterar o formato do documento (RICHARDSON *et al.*, 2013).

JSON-LD pode também gerar RDF de maneira simples, mas este perfil foi criado para as pessoas que não estavam usando tecnologias como RDF, SPARQL e

correlatas. Em um trecho desta discussão um dos autores do JSON-LD trouxe a seguinte afirmação:

“I’ve heard many people say that JSONLD is primarily about the Semantic Web, but I disagree, it’s not about that at all. JSONLD was created for Web Developers that are working with data that is important to other people and must interoperate across the Web.”

Sporny (2014)

Para RICHARDSON *et al.* (2013), JSON-LD é indiscutivelmente um dos mais importantes padrões para trabalhar com Dados Ligados. MEHTA e BUCH (2016) sugerem que JSON-LD é a mais recente abordagem recomendada para superar as complexidades da *Web* semântica e que é bem adaptada e apreciada por pesquisadores e pela comunidade. A Figura 5.30 apresenta um conteúdo em JSON-LD. O @context faz parte do protocolo do JSON-LD para interpretar sua semântica. Por exemplo, *Image* tem seu significado descrito no endereço <http://schema.org/image> e o conteúdo é do tipo IRI, descrito por: <http://manu.sporny.org/images/manu.png>.

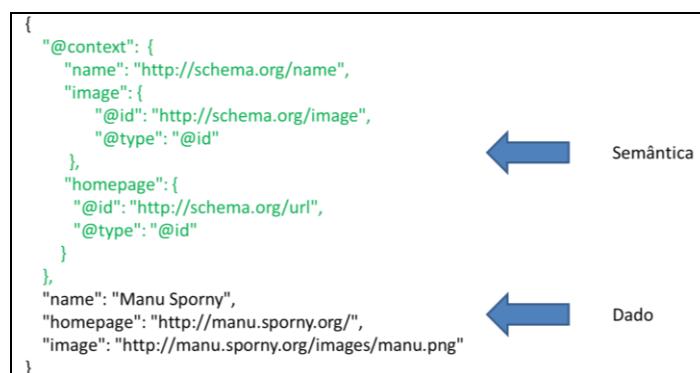


Figura 5.30 - Exemplo de um JSON-LD.

Fonte: <https://www.w3.org/TR/json-ld/>.

No contexto de IDEs uma das questões que ainda está aberta é justamente a ligação entre as diversas informações (geo ou não) que poderiam estar integradas e fundamentadas na interoperabilidade, mas de maneira mais simples em que mais interessados possam usar. REST combinado com JSON-LD pode trazer o apoio necessário a esta integração de forma mais simples e interoperável quando comparado a outras abordagens já citadas para IDEs.

5.6. *Hypermedia-Driven API (Hydra)*

JSON-LD fornece um tipo de mídia genérica para Dados Ligados, mas para elaborar uma API concreta, também é necessário um vocabulário compartilhado, a ser

entendido pelo servidor expondo a API e para o cliente que a consome (LANTHALER, 2014). *Hydra* é uma tentativa de definir um vocabulário mínimo para alcançar exatamente isso, especificando alguns conceitos que são comumente usados em *Web APIs* que podem ser usado como a fundação para construir APIs verdadeiramente RESTful (LANTHALER, 2014). *Hydra* define um protocolo simples e autocontido que se alinha aos princípios de Dados Ligados e adota uma abordagem focada em recursos para descrever APIs RESTful (BELTRAN *et al.*, 2014). Ao especificar conceitos comumente usados em *Web APIs* como controles de hipermídia com sua semântica explícita, o *Hydra* permite a criação de clientes genéricos para APIs. Por exemplo, permite que um servidor anuncie transições de estado válidas seguindo as melhores práticas do REST para que humanos ou máquinas clientes possam interagir com o servidor (MIHINDUKULASOORIYA e GARCIA-CASTRO, 2015), em outras palavras, isto é definido como Hipermídia *Web API*.

Conforme visto no tópico sobre *Web APIs* e MMR, a interação com a maioria das APIs atuais depende fortemente de informações de fora, como, por exemplo, documentação explicando como interagir com a API. *Hydra* permite que os dados sejam enriquecidos com *affordances* legíveis por máquina para interoperar com máquinas. O fato de permitir a criação de contratos componíveis (interfaces descobertas em tempo de execução) significa que os modelos de interação de APIs da *Web* podem ser reutilizados em uma granularidade sem precedentes (LANTHALER, 2017).

Para maior compreensão, a Figura 5.31 ilustra um elemento em JSON-LD e outro em *Hydra*. Observe que no primeiro caso que a *string comments* tem um significado que está descrito no endereço <http://api.example.com/vocab#comments> e é do tipo @Id, isto é, um tipo de controle hipermídia, que significa que o seu conteúdo é um IRI: <http://api.example.com/an-issue/comments> que pode ser desreferenciado. No segundo caso, observe o controle de hipermídia *operation* em que um cliente que entenda *Hydra* poderia executar.

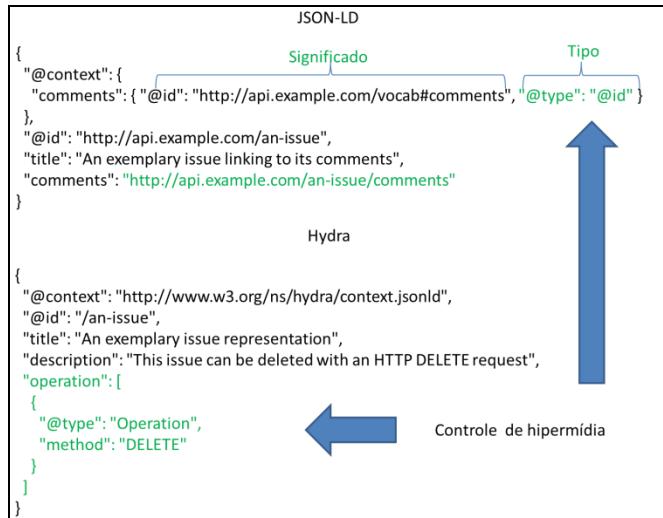


Figura 5.31 - Exemplos de JSON-LD e *Hydra*. Adaptado de: (“HYDRA CORE VOCABULARY”, 2015).

O *Hydra* define um protocolo de comunicação que estende o JSON-LD para oferecer mais funcionalidades que podem ser descobertas em tempo de execução. Neste sentido, com auxílio de vocabulários comuns é possível criar *Web APIs* altamente interoperáveis.

5.7. Vocabulários Universais (Esquemas globais)

Modelos de dados normalmente são modelados e abstraídos de um domínio específico para atender um determinado sistema enquanto que vocabulários universais são focados em sistemas abertos e distribuídos. Vocabulários universais visam combater a heterogeneidade semântica ao criar termos comuns em escala mundial. Eles são menos formais quando comparados a outras formas de definição de domínios como, ontologias. A título de exemplo, a Figura 5.32 traz o que significa a propriedade name no IRI schema.org/name, além de apontar para uma quantidade aproximada de domínios que este atributo poderia ser empregado.

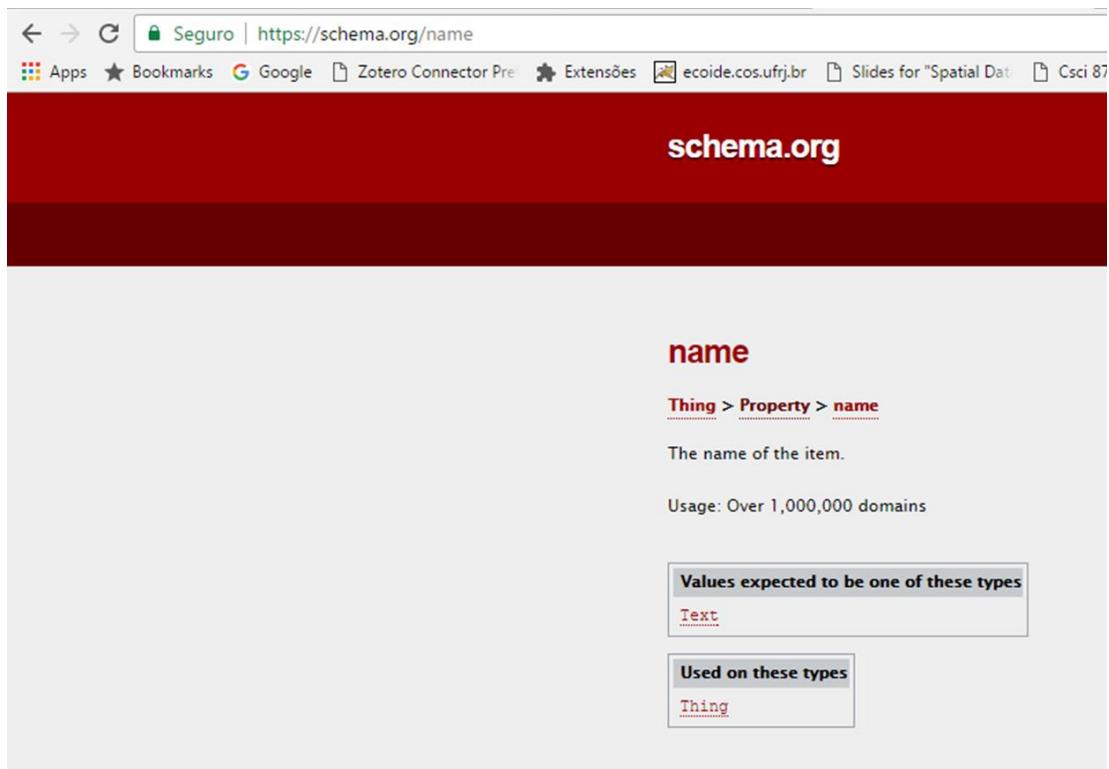


Figura 5.32 - Significado da propriedade *name* no *Schema.org*

Uma maneira de simplificar a integração de dados e o reuso é justamente através do uso de vocabulários padronizados. Provedores poderiam modelar seus sistemas com base em vocabulários universais e consumidores poderiam desenvolver acesso a API do provedor considerando a semântica do vocabulário universal. Desta forma a relação de dependência ficaria no vocabulário.

Destarte, vocabulários como *Schema.org* (<https://schema.org/>), *Activity Vocabulary* (<https://www.w3.org/TR/activitystreams-vocabulary/>), *FOAF Vocabulary Specification* (<http://XMLns.com/foaf/spec/>) e outros são um tentativa de criar um meio comum para que clientes e provedores utilizem um mesmo protocolo de comunicação e significado. A Figura 5.30 utiliza o vocabulário <http://schema.org> para descrever seu conteúdo: *name*, *image* e *url*. Importante mencionar que o *Schema.org* é patrocinado pelas empresas *Google*, *Microsoft*, *Yahoo* e *Yandex* que adicionaram suporte a este vocabulário em seus motores de busca de modo a extrair dados estruturados de páginas *Web*, com o objetivo de melhorar a precisão dos resultados de pesquisa e apresentar resultados de uma forma visualmente mais atraente.

5.8. Considerações finais

Observa-se que final do século XX, o ambiente de IDEs sofreram uma guinada a partir da adoção de padrões tecnológicos que permitiam o aumento da interoperabilidade considerando a *Web* como principal meio. O OGC através de suas especificações e padrões e alinhamento com a arquitetura orientada a serviço propiciou uma maneira de sistemas distribuídos se comunicarem na *Web* independente de detalhes de implementação como linguagens de programação e banco de dados.

De maneira geral, nas comunidades de especialistas em SIG e em ambientes de IDEs, os serviços OGC prosperaram. Mas isto teve um alto preço, que foi a complexidade tanto do ponto de vista do desenvolvedor que programa os serviços do OGC quanto do uso por parte de profissionais, pesquisadores e usuários em geral. Uma segunda questão, também abordada neste capítulo, foi o isolamento das IDES que ainda são percebidas como ilhas isoladas, já que as especificações de serviços não são compatíveis com a pilha de serviço W3C nem com nenhuma outra tecnologia. Todavia, cabe destacar uma terceira questão importante que é a relação entre informação geoespacial e não geoespacial cuja integração é difícil, principalmente por conta da maneira como os geoserviços são implementados e consumidos.

O modelo arquitetural de serviços no ambiente de qualquer IDE, por ser fundamentado na arquitetura orientada a serviço do OGC, tem como característica principal a relação de dependência entre o cliente e o servidor fornecedor de serviços. Neste ambiente os atributos de qualidade da *Web* moderna como fraco acoplamento, manutenibilidade, redução de latência, evolutivo e escalabilidade são negligenciados e de difícil alcance. Importante ressaltar novamente que este modelo cria uma relação de dependência entre sistemas cliente e provedor que é específica à arquitetura OWS, prejudicando a interoperabilidade externa ao ambiente. A Figura 5.33 apresenta este modelo OWS que é adotado pelas IDEs. Neste modelo, algumas características do meio provedor de comunicação são ignoradas tornando a arquitetura de comunicação como um mero ambiente para transportar dados, como se sistemas clientes e servidores estivessem interagindo sem absolutamente nada entre eles.

Por outro lado, FIELDING (2000) provou que REST é uma solução viável para transformar ilhas de dados em uma rede integrada de dados quando o conjunto de restrições arquitetônicas é aplicado como um todo. A evidência é clara, basta observar a *Web*, o maior sistema distribuído do planeta, embora nem todos os sistemas adotem

completamente as restrições arquiteturais. Destarte, no contexto de IDE o uso de REST combinado com tecnologias mais simples que permitam guiar clientes humanos e máquinas ao tratar com *Web APIs* é algo que traria uma nova maneira de interação com as IDEs.



Figura 5.33 - Modelo arquitetural de comunicação clássico de serviços para IDEs.

Tecnologias como JSON-LD, Hydra e vocabulários universais empregadas juntamente com o estilo arquitetural do REST poderiam transformar os nós formadores das IDEs em verdadeiras bibliotecas distribuídas interoperáveis habilitadas para programação para desenvolvedores e para os usuários comuns fornecendo experiências mais enriquecedoras e interativas através de clientes mais “*smarts*”. Além do mais, conforme citado, isto facilita o caminho para o uso de outras tecnologias como, por exemplo, RDF, SPARQL e OWL.

Assim, a forma de disponibilizar serviços e consequentemente a maneira como as IDEs são implementadas atualmente foi repensada na proposta IDEH-Co⁴ empregando o estilo arquitetural do REST de modo a endereçar a ambientes externos e a sistemas colaborativos que em geral fazem parte da *Web 2.0*, além de integrar com outras infraestruturas de governo através da *Web dos Dados*, conforme retratado na Figura 4.9 do Capítulo 4.

Capítulo 6: Arquitetura híbrida para o ecossistema IDEH-CO4: integrando informações de ambos os lados

Este capítulo propõe a arquitetura híbrida de serviços para o ecossistema da IDEH-Co⁴ e desenvolve o protótipo visando confirmar as seguintes questões: (i) Ser possível implementar geoserviços *Web* sem implementar OWS com alto grau de interoperabilidade; (ii) Ser possível transformar os nós de uma IDE que disponibilizam serviços em efetivas bibliotecas de recursos geoespaciais, ou seja, em *Web APIs* interoperáveis; (iii) Ser possível contribuir na direção de uma infraestrutura de serviços que seja mais intuitiva, fácil de usar, para descobrir, buscar, compartilhar, reutilizar e integrar do ponto de vista dos interessados (usuários comuns, desenvolvedores, pesquisadores, instituições etc) não somente pertencente as comunidades de GIS, mas também aos que estão fora e assim favorecendo também ao alinhamento de infraestruturas de informação mais amplas.

Destarte, o desenvolvimento de serviços e do protótipo é endereçado aos seguintes objetivos:

- **Objetivo 1:** Possibilitar que a geoinformação seja explorável de forma mais simples;
- **Objetivo 2:** Permitir que máquinas de busca indexem os serviços disponibilizados;
- **Objetivo 3:** Possibilitar que a geoinformação seja associada a não geo e vice-versa;
- **Objetivo 4:** Possibilitar a integração a outros serviços de governo não geo.

6.1. Arquitetura proposta para a comunicação de serviços

A arquitetura proposta para o ecossistema IDEH-Co⁴ preconiza a utilização e integração de serviços baseados no estilo arquitetural REST como uma abordagem complementar, alternativa e evolutiva à arquitetura OWS. Primeiro, para que os requisitos não funcionais do REST sejam atendidos alinhados aos atributos de qualidade da *Web*. Segundo, para endereçar as questões tecnológicas abertas específicas às IDEs, como por exemplo, a simplicidade no uso de serviços, a descoberta de serviços, o reuso

e a integração entre geoinformação e a informação. E terceiro, o alinhamento com a arquitetura da *Web* 2.0 e a *Web* dos Dados.

A arquitetura de comunicação de serviços proposta para o ecossistema da IDEH-Co⁴, apresentada na Figura 6.1, é evolutiva, todavia considera de grande importância todo o legado existente atualmente que é baseado na arquitetura OWS. Trata-se de uma arquitetura genérica que pode ser aplicada a qualquer IDE. Além do mais é possível integrar os serviços RESTful com os OWS quando estes são utilizados na maneira KVP e possuem identificadores. Sendo assim, neste caso, os serviços RESTful, em suas estruturas internas, fariam o papel de um *Adapter*²⁵ para os serviços OGC.

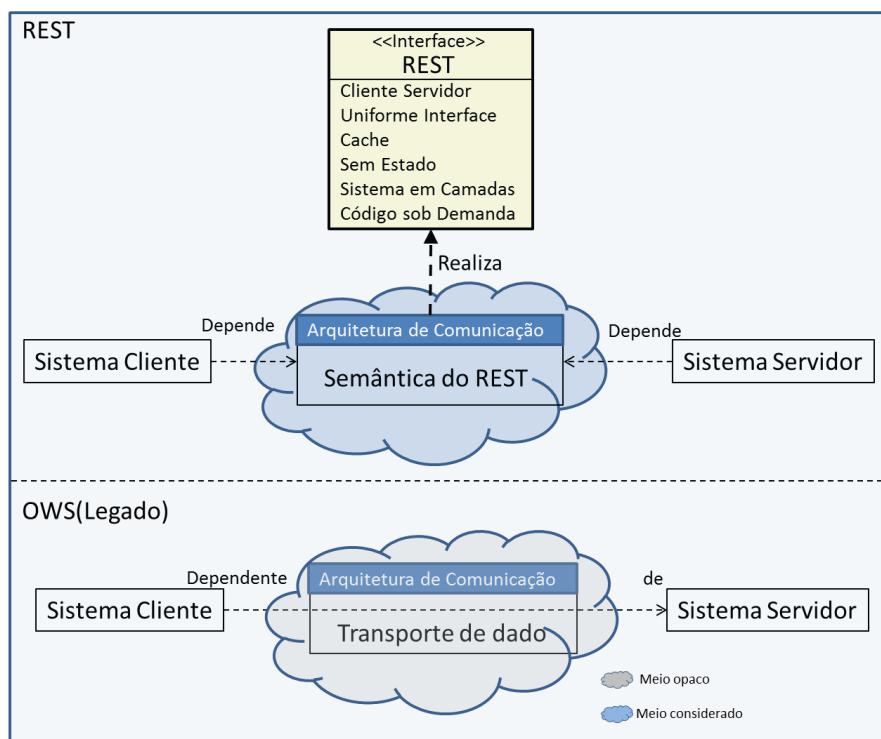


Figura 6.1 - Arquitetura de comunicação de serviços evolutiva e genérica para IDEs considerando a arquitetura OWS.

Na Figura 6.1, a arquitetura de comunicação OWS é considerada como ativo importante, mas a inovação está no uso do REST como uma maneira alternativa e evolutiva de construir sistemas distribuídos que sustentam as IDEs e se integram com outros sistemas de maneira mais simples. Cabe destacar que no REST a relação de dependência está na arquitetura de comunicação. Sistemas Clientes e Servidores dependem da arquitetura para interagirem. A consequência disto é que ambos têm uma forte dependência da arquitetura de comunicação, mas mudanças nos sistemas clientes e

²⁵ Adapter - é um padrão de projeto em orientação a objeto em que um intermediador recebe solicitações do cliente e converte essas solicitações em uma padrão que o fornecedor entenda (GAMMA et al., 1995).

servidores não devem provocar falhas na comunicação e interação, uma vez alinhadas com as restrições arquiteturais do REST. Por outro lado, no Legado (OWS) há uma forte relação de dependência entre o cliente e o servidor, qualquer alteração neles pode quebrar a comunicação e a interação. Além do mais, mudanças na arquitetura de comunicação interferem tanto no REST quanto no OWS.

Neste capítulo, argumentamos que as qualidades do estilo arquitetural REST para sistemas distribuídos também são válidas para ambientes de IDEs e neste caso sendo uma solução mais adequada para o desenvolvimento de IDEs contemporâneas quando levado em consideração a arquitetura moderna da *Web*. Além do mais, é possível programar serviços *Web* com alto grau de interoperabilidade e que não sejam derivados da arquitetura OWS.

6.2. Arquitetura híbrida de serviços para IDEs

Conforme já citado, o ecossistema IDEH-Co⁴ considera o legado existente que está em atividade em dezenas de instituições que disponibilizam suas informações baseadas nos serviços do OGC. Por outro lado, o REST é inserido na arquitetura como uma solução mais adequada para construção de sistemas distribuídos na *Web* e, consequentemente, para as IDEs que podem ser entendidas como sistema de sistemas distribuídos.

Desta forma, a arquitetura de base para a construção de serviços para IDEs modernas, apresentada na Figura 6.2, é concebida de maneira incremental dos Serviços em REST, propondo que o nível de aderência seja o nível 3 do MMR, mas com um período de transição do nível 2 para o nível 3.

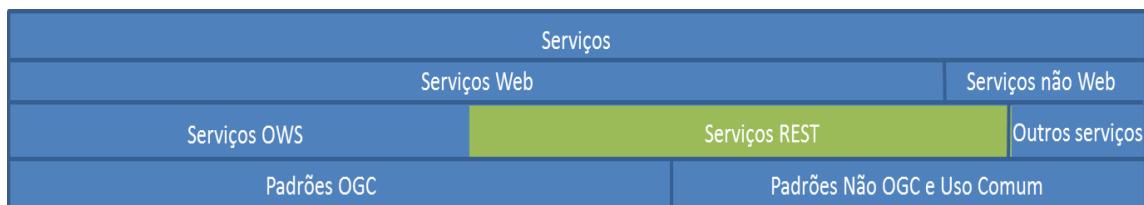


Figura 6.2 - Arquitetura híbrida de serviços para IDEs.

Assim, a arquitetura proposta é formada por camadas que podem ser sustentadas e se comunicam com outras camadas, tendo cada uma delas um papel definido, a saber:

- **Padrões OGC:** são padrões definidos pela OGC que podem ser utilizados nas camadas OWS e REST ou em outros softwares. Por exemplo, o *Simple Feature Access* é um padrão OGC que é implementado em alguns bancos de dados como

Oracle Spatial e Postgresql/Postgis. Já o GML é um padrão para transportar dado geoespacial.

- **Padrões Não OGC e Uso Comum:** são padrões não pertencentes à OGC e que são de uso comum. Por exemplo, JSON e GEOJSON podem ser utilizados pela camada REST ou diretamente.
- **Serviços OWS:** São os serviços OGC como, por exemplo, WMS, WFS, CSW, entre outros.
- **Serviços em REST:** É o principal elemento que torna a arquitetura híbrida visando transformar as IDEs mais interoperáveis e com mais facilidades para endereçar a *Web* 2.0 e a *Web* dos Dados. Desta forma, facilitando a integração com ambientes externos e possibilitando a ligação com outras infraestruturas de informação de Governo.
- **Outros Serviços:** São outros tipos de serviços que não são *Web* como, por exemplo, *File Transfer Protocol* (FTP), *Secure Shell* (SSH), mas que muitas vezes são úteis e necessários aos ambientes de IDEs.
- **Serviços Web:** É a camada de abstração sobre os serviços OWS e REST.
- **Serviços não Web:** É a camada de abstração sobre serviços não *Web* e qualquer outro tipo de serviço que respeite o estilo arquitetural do REST.
- **Serviços:** É a camada de interface sobre todos os serviços que são disponibilizados. Por exemplo, serviço de visualização, serviço de *download*, serviço de mapeamento etc.

6.3. Serviços em REST do ecossistema IDEH-Co⁴ – Hipermídia *Web* API

Uma questão importante que precisa ser endereçada no trato com *Web APIs* para ambiente de IDEs é justamente a padronização. Se cada nó pertencente a uma IDE disponibilizar seus serviços sem um padrão e/ou convenções praticamente inviabilizaria o uso de *Web APIs*, pois cada nó precisaria entender as APIs disponibilizadas pelos outros nós. A Figura 6.3 representa este problema, onde cada nó estaria disponibilizando uma interface própria de comunicação da API, resultando nesse cenário 30 interfaces, uma vez que com apenas seis nós, cada nó precisaria entender cinco APIs.

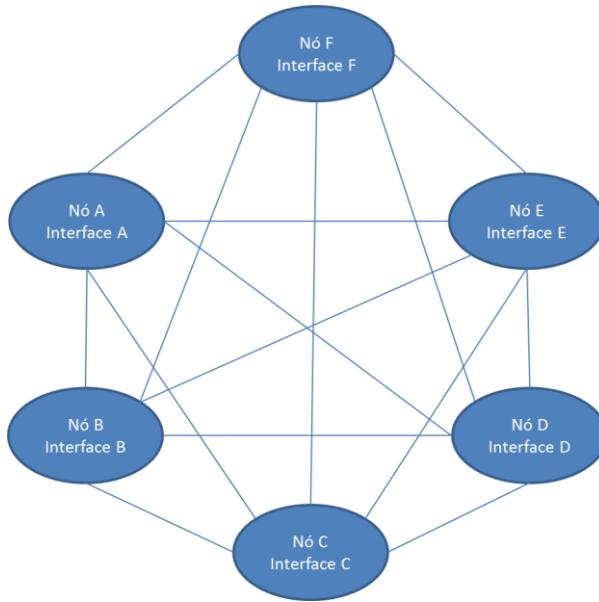


Figura 6.3 - Nós em uma IDE: cada nó disponibiliza sua própria API sem padrões e convenções.

Conforme visto no capítulo anterior, isto de certa maneira já ocorre fora do ambiente de IDEs. Por exemplo, a Figura 6.4 apresenta algumas APIs que precisam ser desenvolvidas em clientes para que seja possível usar suas funcionalidades. Em outras palavras, caso um cliente queira usar a API do *Google Maps* precisaria programar as chamadas às funções desta API. Se este mesmo cliente tem interesse em usar a API do *Foursquare* precisaria implementar também as chamadas às funções que certamente diferem de outras APIs. Ou seja, aprender e desenvolver uma API não ajuda na interação com outra API.

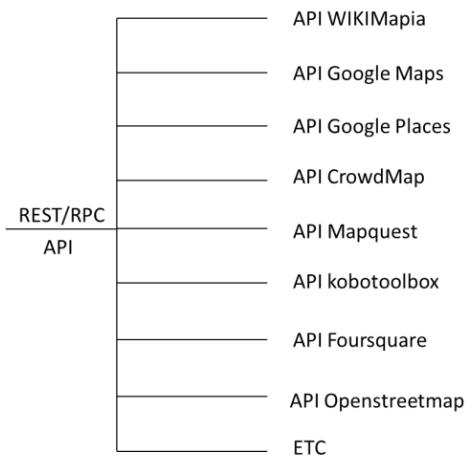


Figura 6.4 - Diferentes APIs e diferentes implementações em clientes.

A solução para resolver este tipo de problema em ambiente de IDEs pode ser endereçada pelos seguintes itens:

1. Uso do REST no nível 3 do MMR em conjunto com vocabulários universais que disponibilizaria para os clientes *affordances* para a manipulação dos recursos;

2. Orientação a recurso com uma granularidade adequada para acesso aos recursos; e
3. Padronização de elementos nas mensagens trocadas entre clientes e servidores.

6.3.1. Uso de REST no nível 3 do MMR em conjunto com vocabulários universais

Conforme visto no capítulo anterior a *Web* foi o grande objeto de estudo que permitiu a abstração para construção das seis restrições gerais do estilo arquitetural do REST. Importante mencionar também a restrição HATEOAS, muito ignorada ou não compreendida, que foi inspirada inicialmente nos controles de hipermídia do HTML e que tornam as *Web APIs* auto-documentáveis e exploráveis por máquinas e humanos, atributos que seriam importantes para os nós que fazem parte de IDEs.

Um fato importante é que para criar uma *Web API* no nível 2 é simples. Atualmente há ferramentas como, por exemplo, *Swagger* (“SWAGGER”, [s.d.]), *LoopBack* (“LOOPBACK - NODEJS FRAMEWORK”, [s.d.]) entre diversas outras que permitem construir *Web APIs* neste nível de maneira praticamente automatizada. A questão do nível 2 é que a maioria das aplicações disponibilizam apenas interfaces *Create, Read, Update e Delete* (“CRUD”, 2016) para a manipulação de recursos. Todavia, para dar mais funcionalidades e atender as necessidades do mundo real é preciso avançar para o último nível do REST. Por outro lado, a partir do nível 2 é possível atingir o nível 3 de maneira incremental, ou seja, este nível pavimenta o caminho para chegar ao último nível.

Ressalta-se que o nível 3 exige um pouco mais dos desenvolvedores, posto que a API precisa utilizar contexto para dar a semântica e controles de hipermídias na *Web API*. Recentemente esta área tem sido foco de pesquisa (VERBORGH *et al.*, 2015; PAUTASSO *et al.*, 2014) e já existem algumas tentativas para criar este contexto de maneira simples. Por exemplo, JSON-LD e Hydra são uma tentativa quando acompanhados de vocabulários universais. Esta questão do vocabulário universal é relevante e conforme ilustrada na Figura 6.5, no cenário 1 é difícil entender o que são xpto e nm, enquanto no cenário 2, com a inclusão do contexto, ambos foram devidamente entendidos.

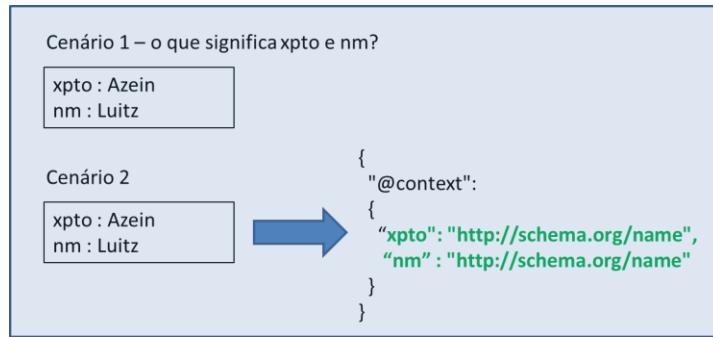


Figura 6.5 - Informação sem contexto e com contexto.

A importância do contexto está no fato de aplicações distintas terem um meio comum e compartilhável para se comunicarem de maneira inequívoca e o uso de vocabulários universais é uma forma de apoiar esta comunicação. Isto traz à tona, por parte das instituições, a necessidade de atingir o nível quatro da escala de acessibilidade da informação apresentada no Capítulo 4. Por outro lado, o uso de vocabulários universais cria uma relação de dependência para as aplicações, mas os benefícios são maiores ao estabelecerem protocolos comuns de comunicação que atendam a diferentes aplicações. Neste sentido, propomos vocabulários universais para ambiente de IDEs no tratamento de Web APIs. A Figura 6.6 apresenta uma visão genérica de utilização de vocabulários universais por diferentes aplicações, APIs, plataformas e ferramentas.

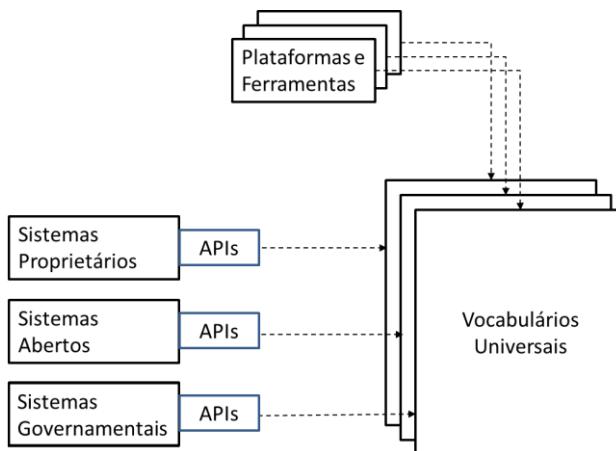


Figura 6.6 - Vocabulários universais compartilháveis entre diferentes aplicações.

Um problema atual é a necessidade de vocabulários universais voltados para o domínio de geoinformação uma vez que vocabulários como *Schema.org*, *Activity Vocabulary*, *FOAF*, *Dublin Core* não cobrem várias informações deste domínio. No Brasil há uma tentativa de transformar a EDGV em um vocabulário nacional (<http://vocab.e.gov.br/>) para mapeamento sistemático terrestre básico, mas assim como o Brasil, outros países e continentes também têm modelos conceituais para dados geoespaciais. Uma solução ideal seria a criação de vocabulários universais. Importante

também citar que existe uma iniciativa de se criar o vocabulário GeoJSON (“GeoJSON-LD”, [s.d.]) para representação de elementos básicos geométricos e que estamos usando no ecossistema IDEH-Co⁴ para mapear os elementos geoespaciais. Por outro lado, a OGC poderia prover vocabulários nos moldes do *Schema.org* objetivando dar mais visibilidade e disseminar a geoinformação.

No ecossistema da IDEH-Co⁴ propomos disponibilizar as interfaces definidas para os elementos geométricos do SFA *Vocabulary* na forma de vocabulários universais, já que tais interfaces são estáveis e universais. Assim, a Figura 6.7 ilustra uma simulação da proposta em que as aplicações poderiam até ter nomes diferentes para as funções, mas o contexto garantiria o entendimento comum para a execução destas operações. A partir do momento em que o significado da operação é explicitado é possível utilizá-la de forma automática por máquinas em diferentes cenários, como por exemplo, composição de serviços e descoberta. Da mesma forma, os dados do tipo *Raster* poderiam se aproveitar de um vocabulário universal, visto que também possuem uma interface básica estável e universal. De fato o OGC poderia propor vocabulários universais para o trato da geoinformação.

http://operation.schema.org/
http://operation.schema.org/dimension
http://operation.schema.org/geometryType
http://operation.schema.org/intersects
http://operation.schema.org/within
http://operation.schema.org/union
http://operation.schema.org/envelope
http://operation.schema.org/buffer
...

Figura 6.7 - Proposta de inclusão de vocabulário universal para interfaces universais em vetor.

Além do mais, uma API no nível 2, em transição para o nível 3, também poderia se beneficiar ao seguir um vocabulário universal e algumas convenções e padronizações. Por exemplo, ao invés de chamar uma operação de uma API de *geoWithin* chamaria de *within*, conforme a proposta de vocabulário universal para interfaces (*operation.schema.org/within*).

Outro fato importante sobre REST é que um interessado ao aprender este estilo arquitetural, programa para uma rede distribuída e não fica dependente de detalhes específicos no cliente ou no servidor. Em outras palavras, independe do negócio que está sendo endereçado, seja geoespacial ou não geoespacial, efetivamente independe de *frameworks* e linguagens de programação. O preço disto é a necessidade de respeitar as restrições arquiteturais e focar nas mensagens que são passadas pela rede usando a

interface uniforme. Embora pareça uma desvantagem, na verdade isto se traduz em mais interoperabilidade ao comparar com a arquitetura OWS.

O ambiente de IDEs, pela sua necessidade de acordos, normas e padrões e de sua natureza distribuída, ao empregar o estilo arquitetural do REST, possibilita uma maneira mais simples para disponibilização e interação com recursos geoespaciais e de uma maneira mais aderente a *Web 2.0* e *Web dos Dados*. Atualmente esta é uma demanda real bem como por serviços mais fáceis de construir, acessar e interoperar.

6.3.2. Orientação a recurso: modelo conceitual de recursos para o ecossistema IDEH-Co⁴

Para endereçar a camada de Serviços em REST, o modelo conceitual de recursos de referência é apresentado na Figura 6.8 cujas classes são descritas no Quadro 6.1. Em linhas gerais, este modelo tenta transmitir a informação que qualquer recurso pode estar associado a outros recursos, tem representação, pode estar associado aos metadados de proveniência²⁶ e a um contexto. Cabe destacar que o modelo proposto difere da arquitetura OWS que descreve a API através de operações por serviços. Este modelo transforma os recursos em elementos de primeira classe. O modelo conceitual de recurso serve de referência para que possa ser especializado conforme o tipo de recurso utilizado, visando uma granularidade do recurso que seja adequada para uso.

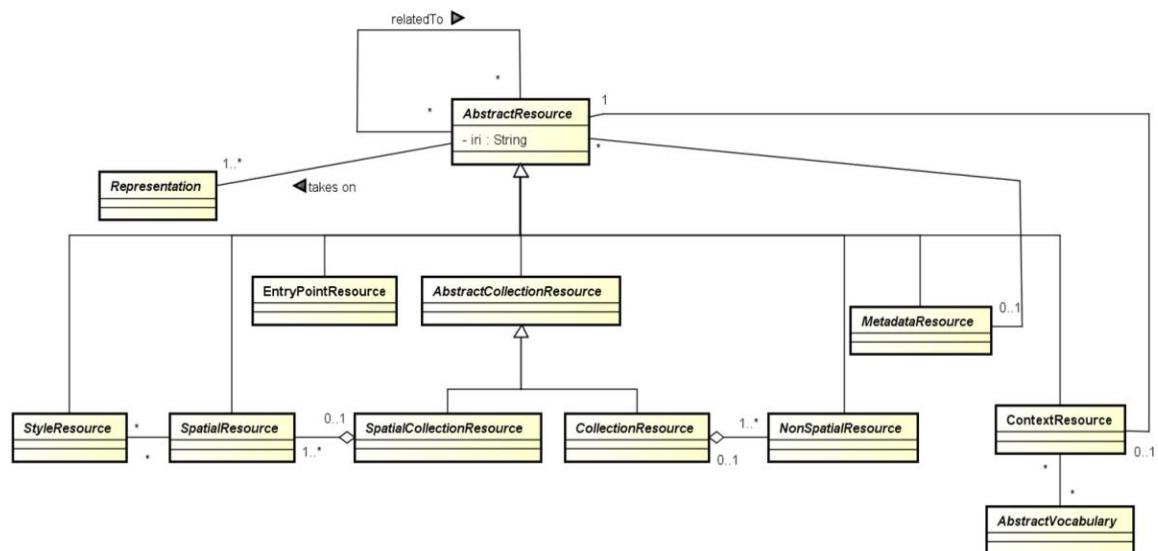


Figura 6.8 - Modelo conceitual para o trato de recursos em Infraestrutura de dados.

²⁶ Metadados de proveniência são as informações que um produtor disponibiliza para que interessados possam conhecer um produto. Exemplo é o perfil brasileiro de metadados, baseado na ISO 19115, que é usado para descrever produtos geoespaciais.

Outra questão importante sobre o recurso é que uma analogia com objeto da orientação a objeto poderia ser feita, visto que um recurso pode ter propriedades e comportamento. Mas diferente do objeto, o que trafega entre as aplicações é a representação de um recurso embutido em mensagens trocadas, entre aplicações, que podem conter *affordances*, enviadas pelo servidor, para a manipulação e fluxos de controle no cliente.

Quadro 6.1 - Descrição das classes do modelo conceitual para o trato de recursos em Infraestrutura de dados.

Classe	Descrição
<i>AbstractResource</i>	É uma classe abstrata para a representação de qualquer tipo de recurso em ambientes de infraestruturas.
<i>Representation</i>	Esta classe abstrata que denota as representações que um recurso pode ter. Por exemplo, uma unidade federativa pode ter sua representação como uma imagem no formato png ou um arquivo em GeoJSON.
<i>AbstractCollectionResource</i>	Esta classe abstrata representa um conjunto de recursos semelhantes.
<i>SpatialCollectionResource</i>	Esta classe abstrata representa um conjunto de recursos geoespaciais que possuem normalmente semelhanças. Por exemplo, conjunto de municípios
<i>SpatialResource</i>	Esta classe abstrata representa um recurso geoespacial. Por exemplo, uma edificação militar.
<i>StyleResource</i>	Esta classe abstrata denota a forma de representação visual de um recurso geoespacial. Por exemplo, dependendo do número de habitantes, um município pode ter representações visuais diferentes. Dentro do contexto cartográfico, ele é importante para diferenciar os diferentes estilos de elementos cartográficos. Sem esta representação, por exemplo, seria difícil diferenciar visualmente se um elemento geométrico é de um tipo cartográfico ou outro.
<i>CollectionResource</i>	Esta classe abstrata representa um conjunto de recursos não geoespaciais que possuem normalmente semelhanças. Por exemplo, Conjunto de Taxa de cambio diário na Web.
<i>NonSpatialResource</i>	Esta classe abstrata representa um recurso não geoespacial. Por exemplo, um financiamento concedido pelo programa de financiamento estudantil (FIES) na Web representado em um JSON.
<i>MetadadoResource</i>	Esta classe abstrata representa os metadados de proveniência de um recurso. Por exemplo, o catálogo de dado geoespacial da INDE segue o padrão ISO 19115 (“ISO 19115-1”, [s.d.]). Para dados estatísticos usa-se o padrão SDMX (“SDMX – Statistical Data and Metadata eXchange”, [s.d.]).
<i>ContextResource</i>	Esta classe tem a responsabilidade de dar significado e informações de controle a um recurso para que um cliente possa interagir com o recurso no servidor. Pode vir acompanhada de um recurso do tipo vocabulário para aumentar a semântica do recurso.
<i>AbstractVocabulary</i>	Esta classe tem a responsabilidade de prover vocabulários para apoiar a classe <i>ContextResource</i> , na tarefa de dar significado e informações de controle a um recurso para que um cliente possa interagir com o recurso. Por exemplo, schema.org é um vocabulário universal e que poderia ser empregado junto com <i>ContextResource</i> .

6.3.3. Padronização de elementos nas mensagens trocadas entre clientes e servidores

Alguns elementos da *Web*, como o protocolo HTTP, são usados plenamente para comunicação com computadores *desktop*, servidores, *tablets*, *smartphones*, sensores etc. No caso do protocolo HTTP, há uma interface uniforme que traz métodos com finalidade e com semântica adequada para aplicações distribuídas. Ele tem seu ciclo bem definido em requisição e resposta, conforme ciclo apresentado na Figura 6.9.

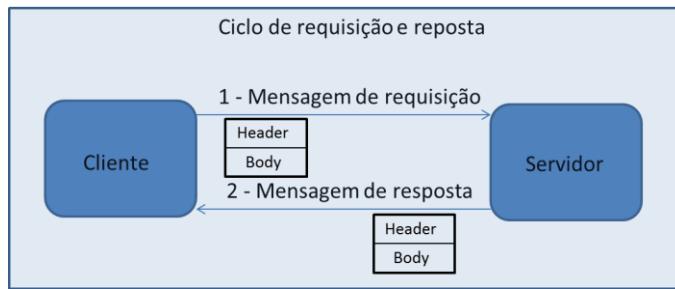


Figura 6.9 - Ciclo de requisição e resposta do protocolo HTTP.

Ressalta-se a importância em conhecer seus detalhes e usá-lo corretamente ao criar mensagens de requisição do lado do cliente e enviá-las ao servidor para obter a representação de um recurso ou para modificar o estado de um recurso no servidor. Em contrapartida, do lado do servidor, construir mensagens de resposta adequadas e enviá-las ao cliente. Isto no mínimo exige entender que este ciclo requisição/resposta carrega informações importantes no *Header* e/ou no *Body* das mensagens que transitam entre servidores e clientes.

Um exemplo de uso incorreto segundo as restrições do REST é usar o método *POST* para executar a operação de busca de um recurso. Importante mencionar que os serviços do OGC utilizam tanto o *GET* quanto o *POST* em operações de busca em seus serviços. A semântica do método *POST* é para a criação de recursos, logo o correto seria utilizar somente o método *GET*, embora neste caso o protocolo HTTP seja um mero transportador de dados, já que a arquitetura OWS baseia-se na SOA. Exemplos como este e outros vistos no capítulo anterior acabam confundindo quanto ao uso adequado do protocolo HTTP.

Destarte propomos algumas convenções e padronizações de alguns dos métodos da interface uniforme do REST objetivando criar *Web APIs* genéricas para IDEs sem a necessidade de codificar detalhes específicos do servidor em cliente, conforme a seguir.

6.3.3.1. Convencionando o IRI de entrada para Web APIs: *EntryPointResource*

A partir do ano de 2000, tornou-se claro que os humanos não seriam os únicos consumidores na *Web* (VERBORGH *et al.*, 2015). Dado apenas um URI, máquinas e pessoas devem ser capazes de recuperar uma descrição sobre este URI para que possam interagir com a *Web API*.

Independente da tecnologia utilizada, em ambiente de IDEs é preciso que algumas convenções sejam seguidas para que todos possam se comunicar de maneira adequada e padronizada. No caso dos recursos é preciso que os IRIs de entradas sejam informados. Isto não é diferente de quando uma instituição disponibiliza os serviços OGC. Ela precisa indicar o URI de entrada de um servidor que provê o serviço, seja WMS ou WFS ou qualquer outro que o servidor é capaz de fornecer.

Por exemplo, no nó da INDE, o URI `http://geoservicos.inde.gov.br:80/geoserver/ows?SERVICE={SERVIÇO}` é a entrada para montar as requisições de acordo com as operações desejadas do tipo de serviço (WMS, WFS etc). Assim se alguém quiser saber qual é a capacidade do servidor em relação ao serviço WMS a operação *getCapabilities* precisa estar na requisição via método *GET/POST*. Mesmo procedimento para os outros serviços OGC com suas respectivas operações. No caso do OGC um contrato é previamente estabelecido entre o servidor e o cliente para que a comunicação e a interação sejam estabelecidas e informações possam ser trocadas e consumidas.

Nos serviços em REST também é necessário que alguém informe um IRI de entrada para que um cliente possa interagir com um servidor. A Figura 6.10 ilustra um diagrama de caso de uso dos métodos que propomos para ser executados em um *EntryPointResource* por um cliente humano ou máquina. Mas é de responsabilidade do servidor permitir executar ou disponibilizar estes métodos e outros.

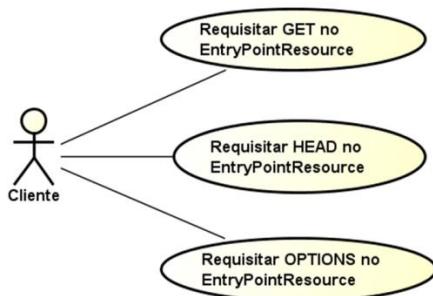


Figura 6.10 - Diagrama de caso de uso para manipulação do recurso de entrada nos métodos *GET*, *POST* e *OPTIONS*.

6.3.3.2. Requisitar *GET* no *EntryPointResource* - Genérico

Um cliente, ao realizar uma requisição *GET* no servidor, é convencionado que no *Header* da resposta da requisição de um IRI de entrada, o campo *Link* (NOTTINGHAM, 2010) será utilizado para informar que se trata de um IRI de entrada para busca dos recursos que um servidor pode prover sob este IRI. O campo *Link* permite a inserção de controles de hipermídia simples aos recursos que não suportam hipermídia diretamente como o caso de arquivos binários e JSONs puros (RICHARDSON *et al.*, 2013).

Para uma melhor compreensão, a Figura 6.11 exemplifica as mensagens de requisição e resposta onde um cliente faz uma requisição do método *GET* no *path recursos* no servidor *um.servidor.xyz*. Neste trabalho propomos o uso de JSON-LD/Hydra para tratar do contexto nas mensagens trocadas entre servidor e cliente, pela simplicidade e pela maneira incremental que pode ser adotada para disponibilizar *Web APIs*. A importância do contexto está no estabelecimento de um protocolo comum para que clientes e servidores se entendam e possam interagir e trocar informações.

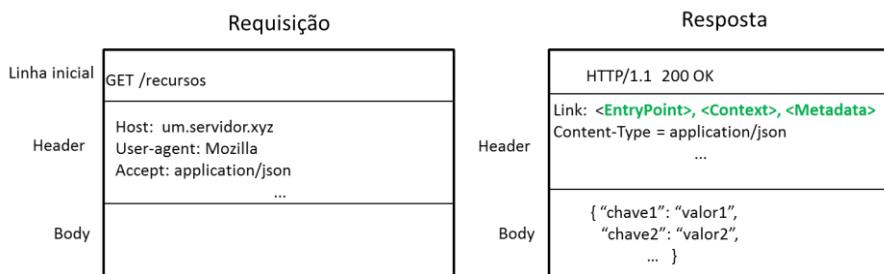


Figura 6.11 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para *GET*.

O campo *Link* no *Header* da mensagem de resposta além de vir com uma identificação de *EntryPoint*, também terá um item no *Link*, para o contexto, *Context* (*ContextResource*), que tem a responsabilidade de passar para o cliente controles de hipermídia para acesso e manipulação dos recursos pertencentes ao URL de entrada. Outro importante item do *Link* é para os metadados de proveniência, *Metadata* (*MetadataResource*) caso exista.

Para a simplificação os itens *<EntryPoint>*, *<Context>* e *<Metadata>*, na Figura 6.11 correspondem respectivamente a:

- a) *<http://servidor/path/>; rel="http://schema.org/EntryPoint"*
- b) *<http://servidor/path/contexts/aName.jsonld>; rel="http://www.w3.org/ns/json-ld#context"; type="application/ld+json"*
- c) *<http://servidor/path>; rel="metadata"*

Importante mencionar que na *Request for Comments* (RFC) 5988, que trata de *Web Linking*, não foi encontrado o atributo de relacionamento “metadata”. Deste modo, estamos propondo a criação dele para o ecossistema da IDEH-Co⁴ devido a sua importância.

Em relação ao atributo de relacionamento (*rel*) o uso do URI <http://schema.org/EntryPoint> parece mais apropriado do que o atributo de relacionamento *bookmark* existente na RFC 5988 que pode significar um *bookmark* ou *EntryPoint* nesta mesma RFC.

O *Body* da resposta da requisição deverá retornar uma resposta no formato KVP, onde a chave é o nome/descrição do recurso e o valor o URI do recurso. Por *default*, assume-se o *Content-Type* do tipo *application/json*, mas o cliente pode negociar o conteúdo através do campo do *Header* da requisição no campo *Accept*. Ou seja, o *Content-Type* pode vir com outro formato.

Embora para uma pessoa seja trivial reconhecer o padrão KVP, para uma máquina isto é mais complicado se não houver alguma pista que permita o entendimento sobre este conteúdo retornado. Neste ponto, o uso do contexto é essencial uma vez que ele deve dar significado e informações de controle para que um cliente possa interagir com o recurso. Em outras palavras, uso de hipermídia, com a finalidade de permitir que clientes possam interagir e conduzir o estado do aplicativo no servidor.

6.3.3.3. Requisitar HEAD no *EntryPointResource*

A realização de uma requisição *HEAD* segue as mesmas convenções do método *GET*. A única diferença é não ter um *BODY*. A Figura 6.12 apresenta a requisição e a resposta.

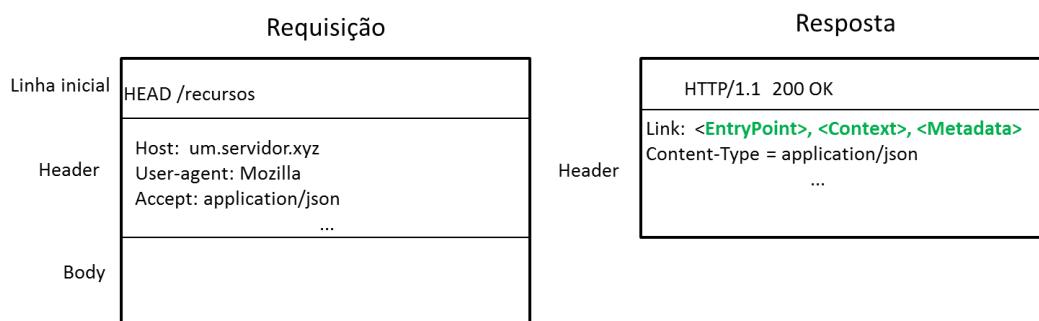


Figura 6.12 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para *HEAD*.

6.3.3.4. Requisitar *OPTIONS* no EntryPointResource

No caso do método *OPTIONS*, o item *Link* do *Header* permanece o mesmo, mas o *Body* disponibiliza o conteúdo do *Context* para que o cliente saiba como interagir com o recurso, conforme ilustrado na Figura 6.13.

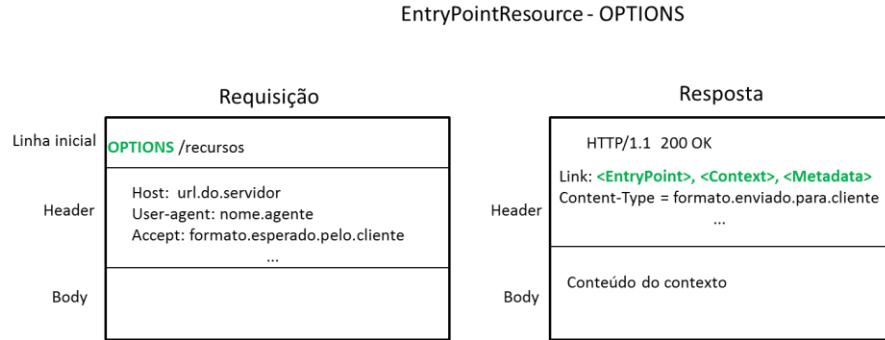


Figura 6.13 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para *OPTIONS*.

6.3.4. Convencionando e concretizando o modelo conceitual de recursos: o caso *Raster*

Em termos computacionais arquivos matriciais (*rasters*) podem estar representados de maneira binária, como por exemplo, um arquivo no formato tiff. Para tratar de *raster*, uma classe abstrata chamada *RasterResource* foi criada e especializada de *SpatialResource* para servir de referência para recursos do tipo *Raster*. No caso específico do formato tiff, uma classe concreta *TiffResource* foi criada, conforme representado na Figura 6.14, que especializa a classe *RasterResource*. Esta classe é usada para tratar especificamente da representação de arquivo do tipo *Tiff*. Ela tem uma relação de composição com a classe *Tiff* que realiza a interface *ITiff*.

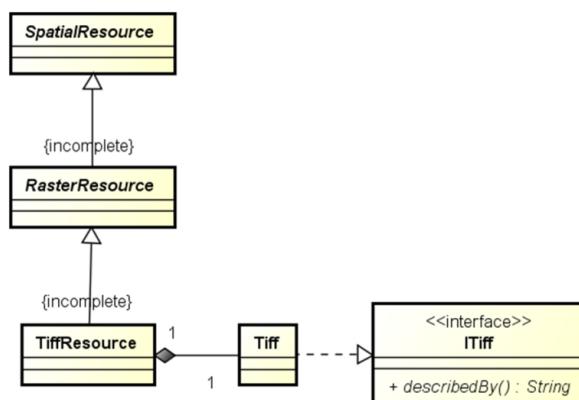


Figura 6.14 - Classe *TiffResource* que especializa *RasterResource* e tem forte relação como *Tiff*.

Cabe citar, novamente, que da mesma maneira que foi proposto a criação de um vocabulário para o SFA do OGC, também poderia ser criado um vocabulário para *raster* e a interface *ITiff* ter as assinaturas das operações de acordo com este vocabulário.

6.3.5. Padronizando as mensagens para *Raster* – *EntryPoint*

O diagrama de caso de uso da Figura 6.15 exibe os métodos propostos para ser executados em um *EntryPointResource* do tipo *Raster* por um cliente humano ou máquina. Ressalta-se que é de responsabilidade do servidor permitir executar ou disponibilizar estes métodos e outros.

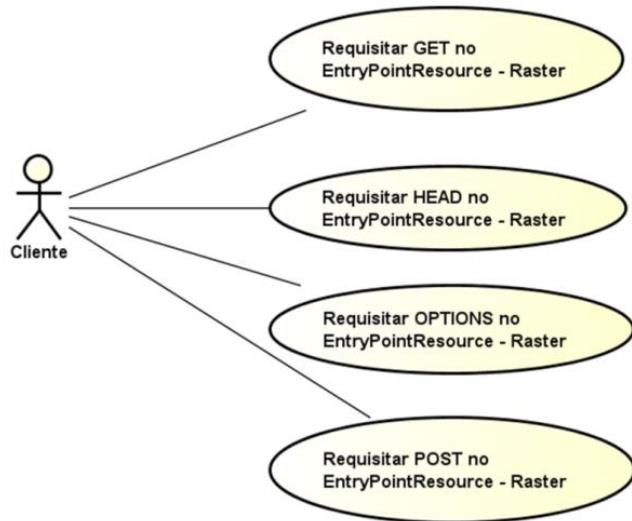


Figura 6.15 - Diagrama de caso de uso para manipulação do recurso de entrada - *Raster*.

Observe que não faz muito sentido o uso de outros métodos como *DELETE* e *PUT* neste caso. O primeiro iria excluir o URI de entrada ocasionando a exclusão da API e o segundo precisaria atualizar todos os recursos ancorados no URI de entrada.

6.3.5.1. Requisitar *GET* no *EntryPointResource* para *Raster*

Esta requisição segue a mesma convenção definida para *EntryPointResource* Genérico. A Figura 6.16 apresenta uma requisição *GET* e a padronização e convenção destacadas na mensagem de resposta. Na parte inferior da Figura 6.16 uma generalização é realizada para qualquer tipo de recurso do tipo *Raster*.

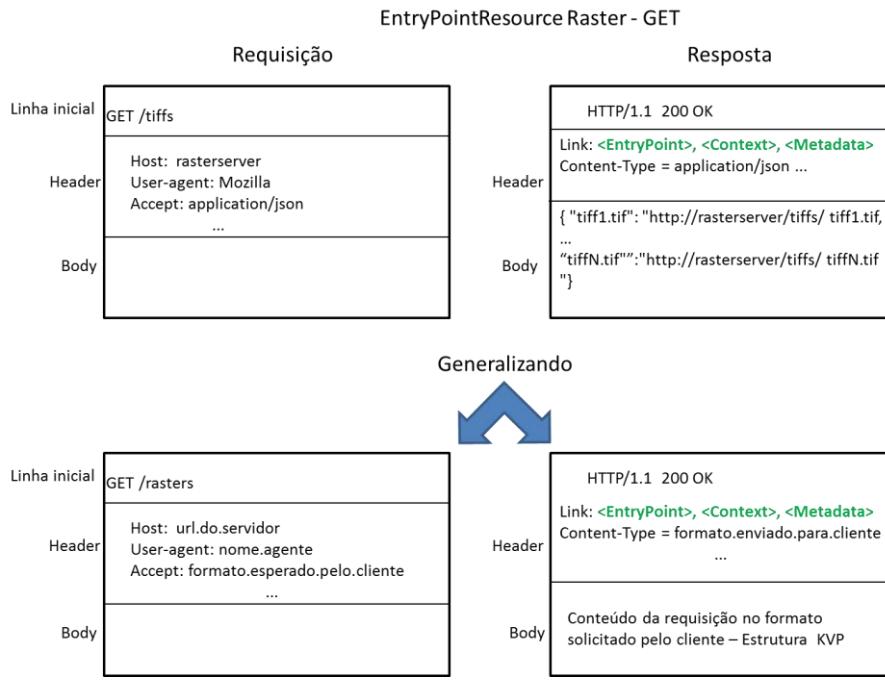


Figura 6.16 - Padronização da mensagem de resposta do método *GET* para *EntryPointResource-Raster*.

6.3.5.2. Requisitar *HEAD* no *EntryPointResource* para *Raster*

Caso o método utilizado seja o *HEAD* a única diferença é a ausência do *Body*, posto que este método somente retorna o *Header*, conforme ilustrado na Figura 6.17.

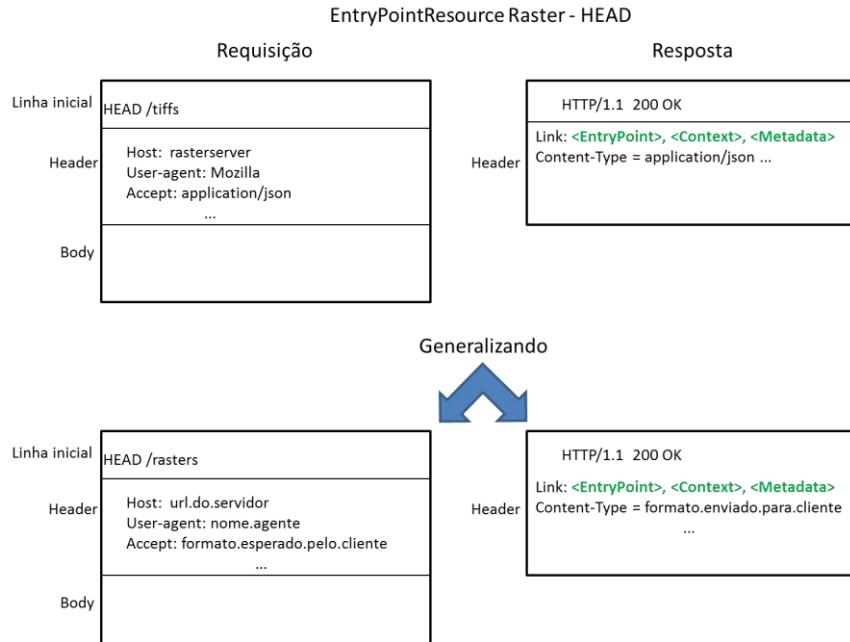


Figura 6.17 - Padronização da mensagem de resposta do método *HEAD* para *EntryPointResource - Raster*.

6.3.5.3. Requisitar *OPTIONS* no *EntryPointResource* para *Raster*

No caso do método *OPTIONS* no URL *EntryPoint*, o *Header* retorna quais métodos são permitidos executar. Já o item *Link* permanece com os itens *EntryPoint*, *Context* e *Metadada*. O *Body* disponibiliza o conteúdo do *Context*, no padrão JSON-LD/Hydra por *default*, para que o cliente saiba como interagir com o recurso. A Figura 6.18 mostra esta padronização, apresentando na sua parte inferior a generalização.

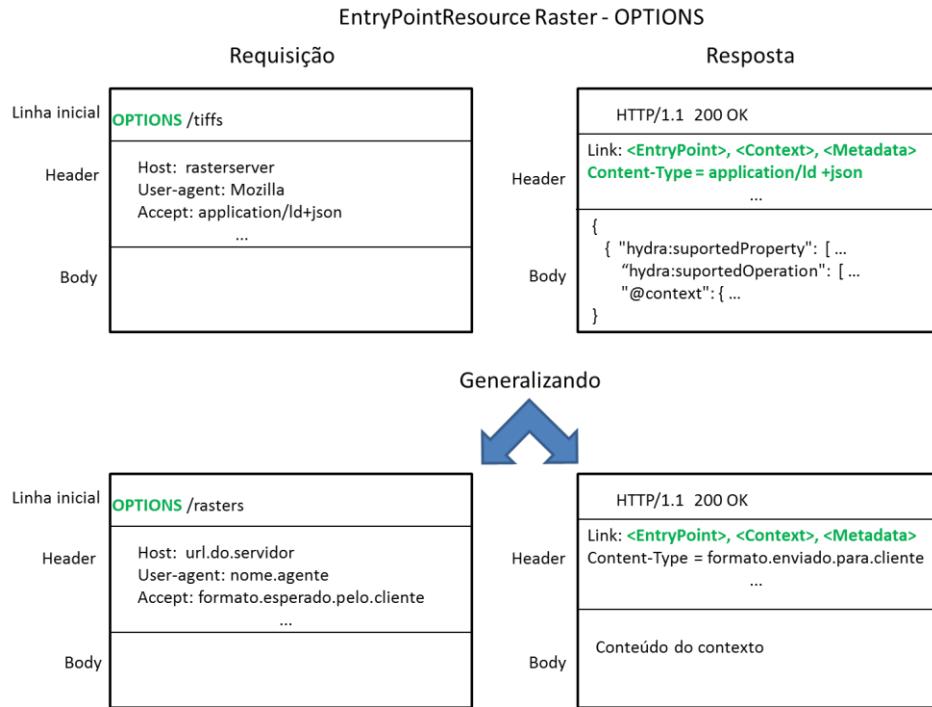


Figura 6.18 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *OPTIONS* no *EntryPointResource - Raster*.

6.3.5.4. Requisitar *POST* no *EntryPointResource* para *Raster*

Este método é utilizado para criação de um recurso do tipo *Raster*. Um cliente ao criar um arquivo *Raster* executaria o método *POST* para armazenamento no servidor que responderia com *status* de criado, a localização e outras informações no *Header*. A Figura 6.19 mostra esta padronização, ilustrando em sua parte inferior a generalização.

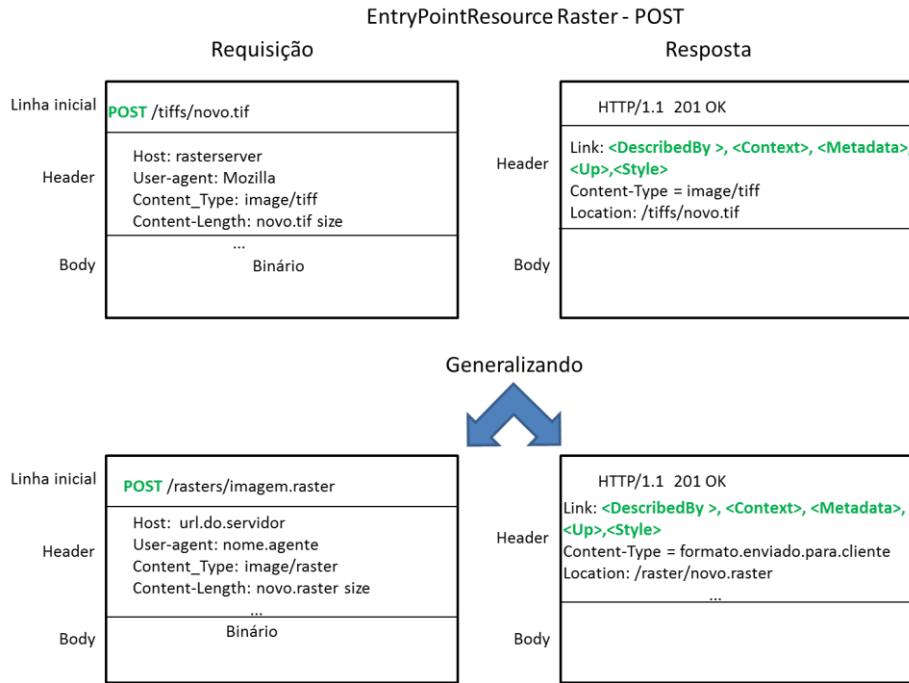


Figura 6.19 - Padronização das mensagens de requisição e resposta do método *POST* no *EntryPointResource - Raster*.

O item *DescribedBy* aponta para um recurso que descreve algumas características do *TiffResource*. O item *Style* aponta para um estilo, caso exista para o *Tiff*. O item *Up* aponta para o IRI do pai. Para a simplificação o item *<DescribedBy>* corresponde a: *<http://servidor/path>; rel="describedBy"*. *describedBy* faz parte dos itens de relacionamento da RFC 5988.

O item *Style* corresponde a: *<http://servidor/path>; rel="stylesheet"*. O item *Up* corresponde a: *<http://servidor/path>; rel="up"*. Ambos fazem parte dos itens de relacionamento da RFC 5988.

6.3.6. Padronização das Mensagens para *TiffResource*

Convencionamos que os seguintes métodos podem ser executados no *Tiff*: *GET*, *HEAD*, *OPTIONS*, *PUT* e *DELETE*. A Figura 6.20 exibe o diagrama de caso de uso. Mas é de responsabilidade do servidor permitir executar ou disponibilizar estes métodos e outros.

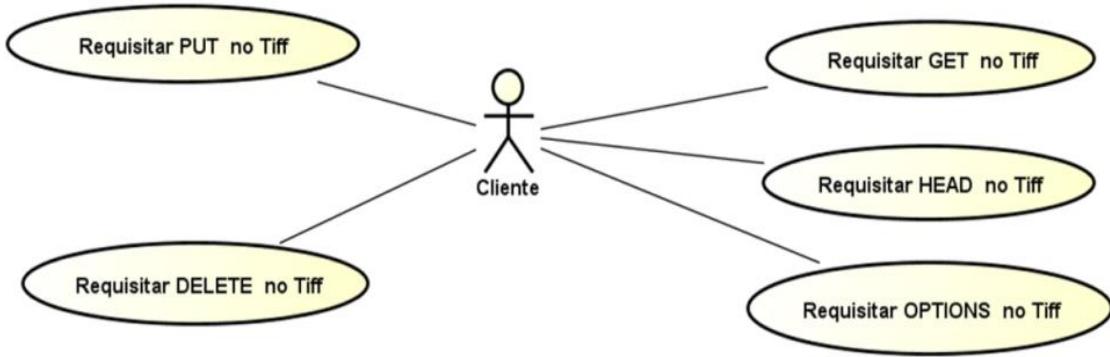


Figura 6.20 - Convenção dos métodos que podem ser executados sobre o recurso *TiffResource*.

6.3.6.1. Requisitar *GET* no *TiffResource*

Um *TiffResource* aponta para o endereço de um arquivo do tipo *Tiff*. Convencionou-se que no *Header* da mensagem de resposta da requisição, o campo *Link* poderá vir com os seguintes itens: *DescribedBy*, *Context*, *Metadata*, *Up* e *Style*. *DescribedBy* aponta para um recurso que descreve algumas características do *TiffResource*. Este recurso descritor também é um recurso e tem um contexto. *Context* (*ContextResource*) tem a responsabilidade de passar para o cliente controles de hipermídia para acesso e manipulação do recurso. *Metadata* (*MetadataResource*) aponta para o metadado de proveniência que também é um recurso. *Up* aponta para o IRI pai. *Style* é um estilo que pode ser aplicado ao *Raster*, caso exista.

A Figura 6.21 apresenta esta padronização e convenção destacada na mensagem de resposta, para uma requisição *GET*. Na parte inferior da Figura uma generalização é realizada para qualquer tipo de recurso do tipo *Raster*.

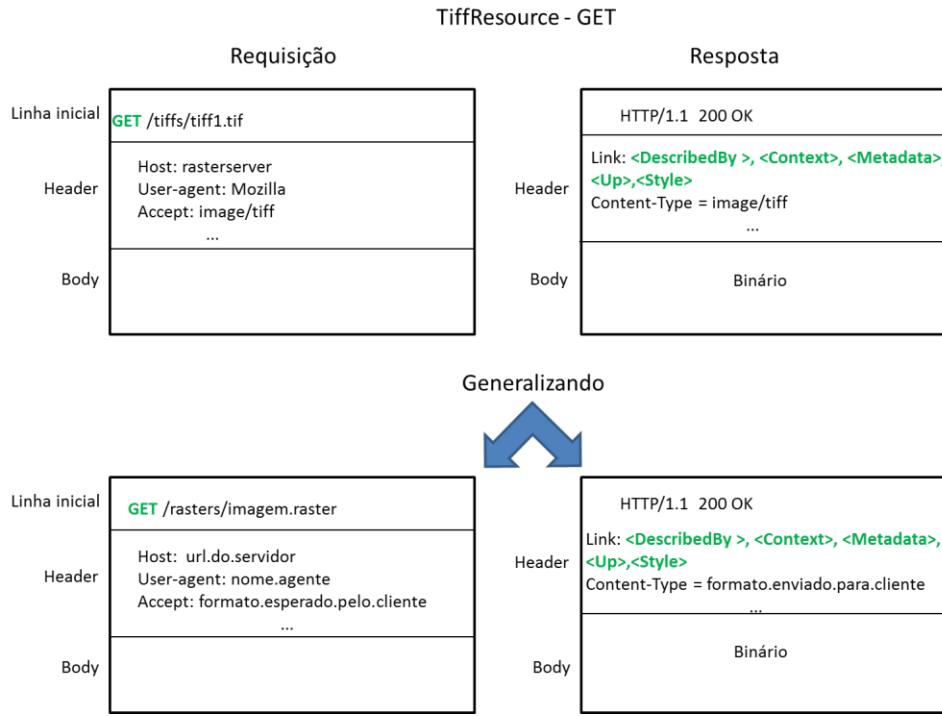


Figura 6.21 - Padronização da mensagem de resposta do método *GET* para *TiffResource*.

6.3.6.2. Requisitar *HEAD* no *TiffResource*

No caso o método *HEAD*, a única diferença em relação ao *GET* é a ausência do *Body* (Figura 6.22), uma vez que este método somente retorna o *Header*.

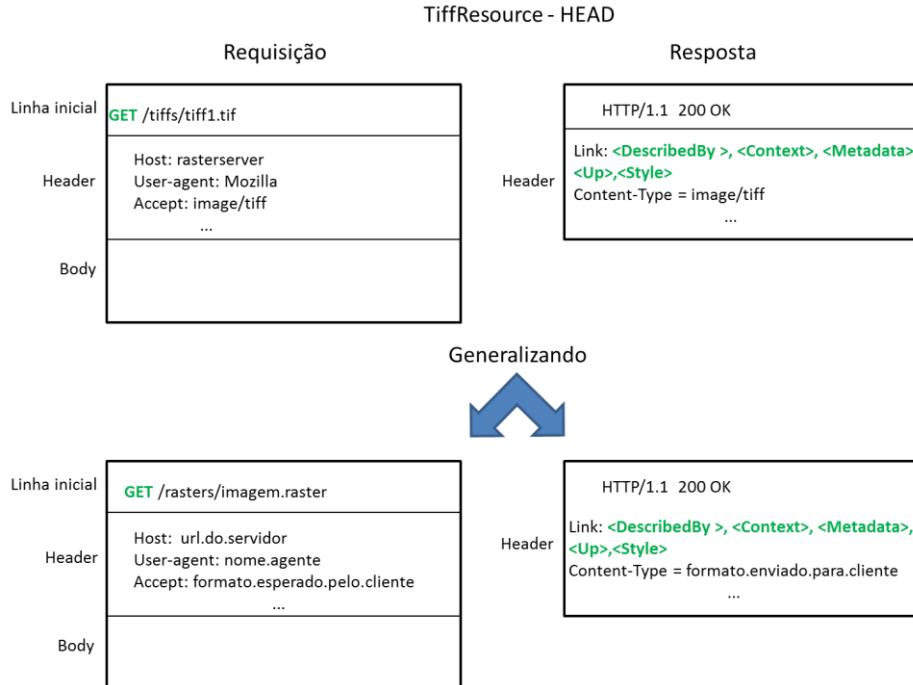


Figura 6.22 - Padronização da mensagem de resposta do método *HEAD* para *TiffResource*.

6.3.6.3. Requisitar *OPTIONS* no *TiffResource*

Na mensagem de resposta do método *OPTIONS*, o *Header* retorna quais métodos são permitidos executar, além de outras informações básicas do *Header*. Já o item *Link* permanece com os itens *EntryPoint*, *Context*, *Metadada*, *Up* e *Style* embora não obrigatórios, dado que podem vir no *Body*. O *Body* disponibiliza o conteúdo do *Context*, controles de hipermídia, por *default*, JSON-LD/Hydra, para que o cliente saiba como interagir com o recurso. A parte inferior da Figura 6.23 traz a generalização.

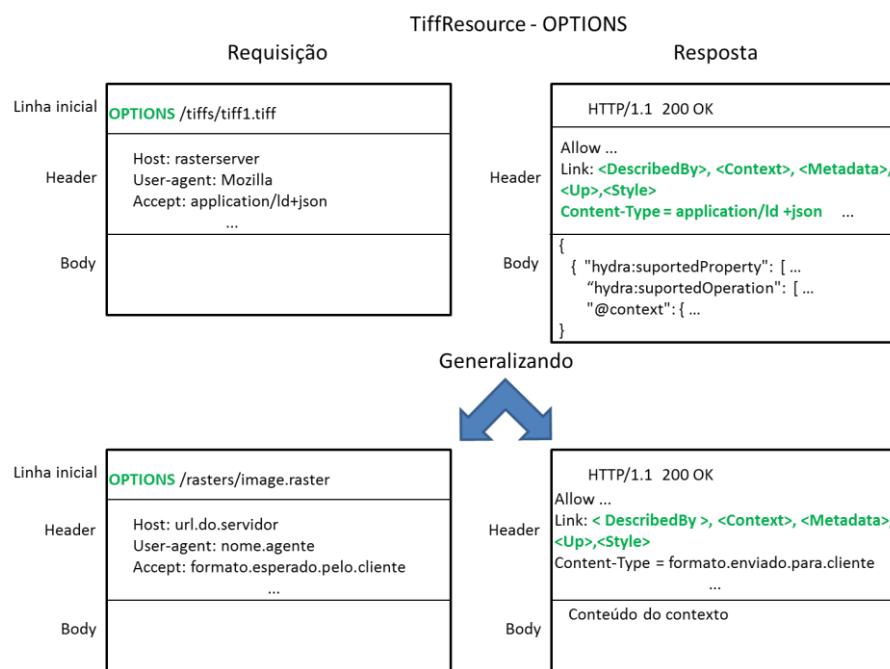


Figura 6.23 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *OPTIONS* para *TiffResource*.

6.3.6.4. Requisitar *DELETE* no *TiffResource*

O método *DELETE* é para destruir/remover/apagar um recurso. Por *default* o código de status 204, sem conteúdo, é o preferencial, conforme Figura 6.24, mas pode ser que algum serviço prefira uma representação de estado final para um recurso. Neste caso a mensagem de resposta deve ser 200 com o *Content-Type* do *Header* da resposta conforme o *Accept* do *Header* do cliente.

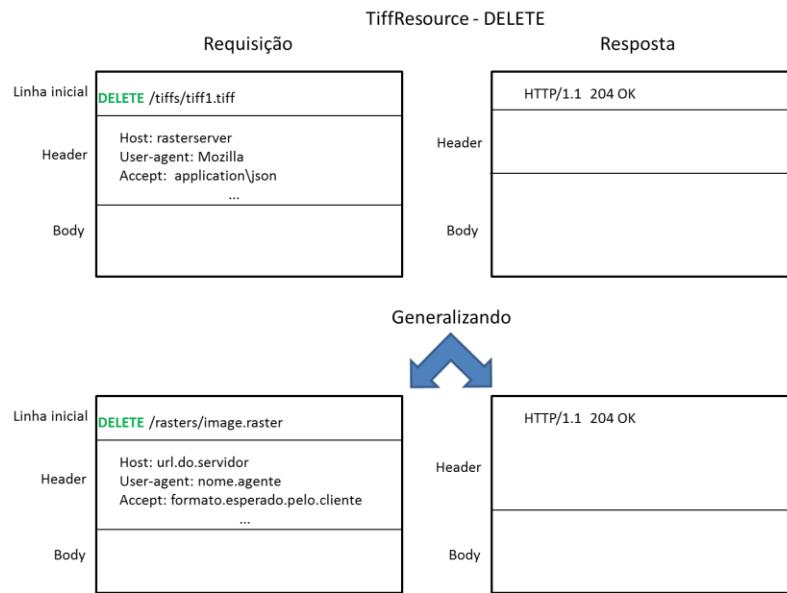


Figura 6.24 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *DELETE* no tipo *TiffResource*.

6.3.6.5. Requisitar *PUT* no *TiffResource*

O método *PUT* é utilizado principalmente para alterar um recurso. Se não há nada para relatar, use o código de *status* 204, sem conteúdo. Se tiver algo para relatar use o código de *status* 200, e incluir no *Body* o conteúdo esperado pelo cliente. A Figura 6.25 apresenta este caso.

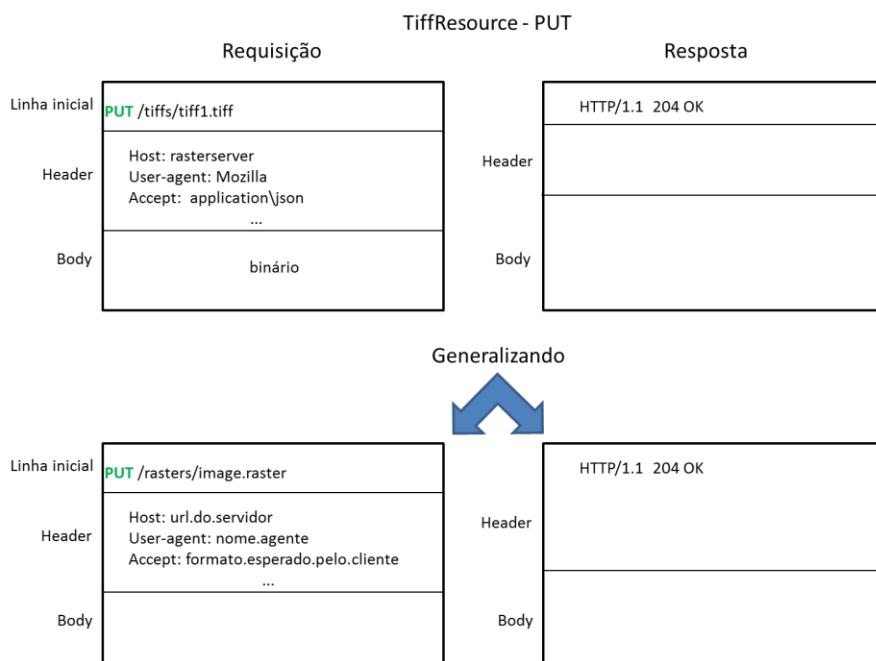


Figura 6.25 - Padronização do conteúdo da mensagem de requisição e resposta do método *PUT* no tipo *TiffResource*.

6.3.7. Convencionando e concretizando o modelo conceitual de recursos: o caso Vetor

As convenções criadas para IRI de entrada, em termos de requisições e respostas, também são as mesmas para Vetor. No caso na lista KVP, a chave é o nome/descrição de um recurso e o valor um recurso do tipo coleção.

Nesse sentido, para o Vetor uma classe abstrata chamada *ResourceFeature* foi especializada de *SpatialResource* para servir de referência para tratar da representação de recursos do tipo vetor. Uma classe abstrata *FeatureCollectionResource* também foi criada e especializada de *SpatialCollectionResource* para o tratamento da representação de coleção de recursos. Enquanto uma classe *FeatureResource* comporta-se como um elemento geométrico que possui propriedades alfanuméricas, a classe *FeatureCollectionResource* comporta-se como um elemento organizador de *FeatureResource*. As classes *FeatureCollectionResource* e *FeatureResource* são então especializadas em classes concretas que tratam da representação dos recursos efetivamente. A Figura 6.26 ilustra esta situação ao criar duas classes concretas que especializam estas classes:

<i>ConcreteCollectionResource</i>	<i>ConcreteResource</i>	
(<i>UnidadeFederativaCollectionResource</i>)	e	(<i>UnidadeFederativaResource</i>)

A interface *IGeometry* vem do SFA do OGC/ISO que por sua vez é a motivação para proposta de criação de vocabulário para vetor, conforme visto na Figura 6.7. A classe *Geometry* é responsável pela realização desta interface e possui uma forte relação (composição) com a classe *FeatureResource*. Ressaltamos que a classe *Geometry* também é especializada conforme o modelo SFA.

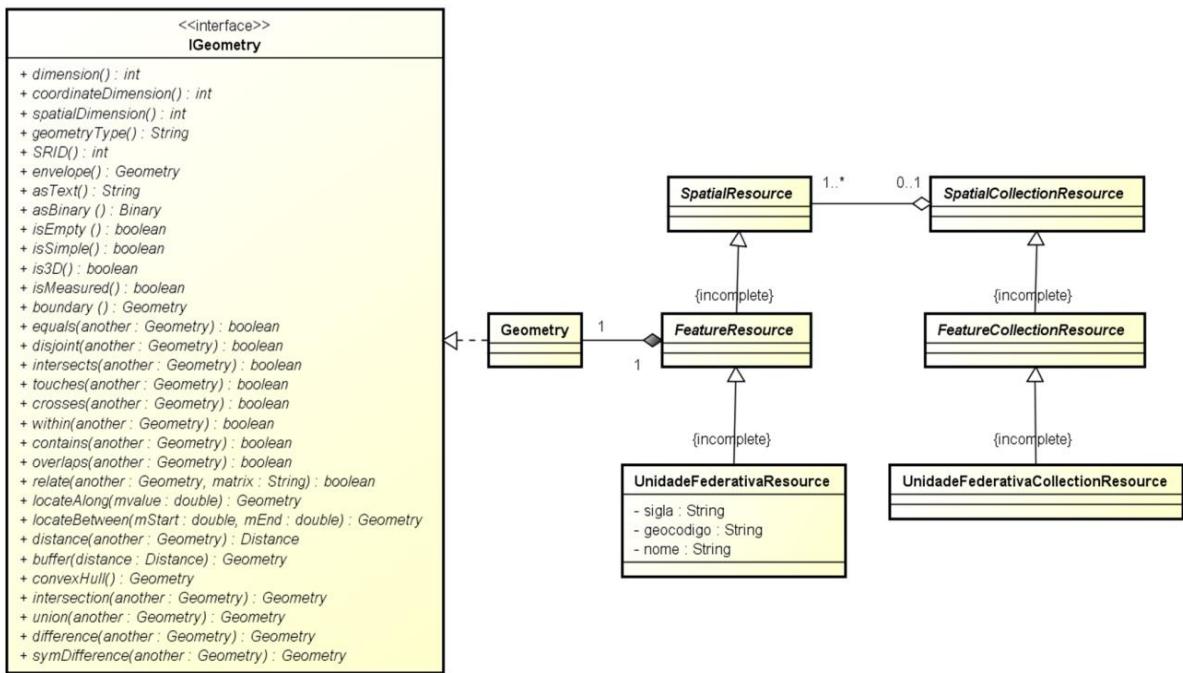


Figura 6.26 - Classes e interfaces para tratamento de vetor.

6.3.8. Padronização da mensagem de requisição/resposta

EntryPointResource - Vetor

Além dos arquivos em *Raster*, outro tipo de arquivo muito importante para qualquer IDE é o vetor. Neste ponto, sugerimos algumas padronizações e convenções para tornar os produtos em formato vetor em *Web APIs* para ambiente de IDEs. Propomos que os seguintes métodos possam ser executados: *GET*, *HEAD* e *OPTIONS*. O diagrama de caso de uso da Figura 6.27 ilustra esta situação. Cabe destacar que é responsabilidade do servidor permitir executar ou disponibilizar estes métodos e outros.

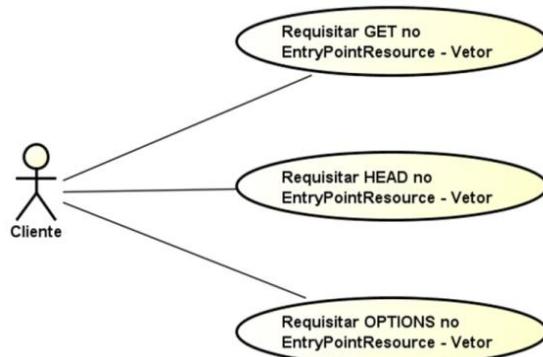


Figura 6.27 - Diagrama de caso de uso para manipulação do recurso de entrada.

6.3.8.1. Requisitar GET no *EntryPointResource* para Vetor

Para uma requisição *GET*, o IRI *EntryPoint* não apresenta mudanças em relação ao *EntryPoint* para *Raster*. O *Link* na mensagem de resposta contém os mesmos itens do *Raster*. Um item *EntryPoint* para designar como IRI de entrada, um item *Context* para informar que há um contexto relacionado para dar semântica e controle para a manipulação de recursos e um item *Metadata* para apontar para os metadados de proveniência do produto geral caso exista. O *Body* usa o padrão KVP onde o nome/descrição é a chave e o valor um URI para uma coleção. A Figura 6.28 apresenta este caso.

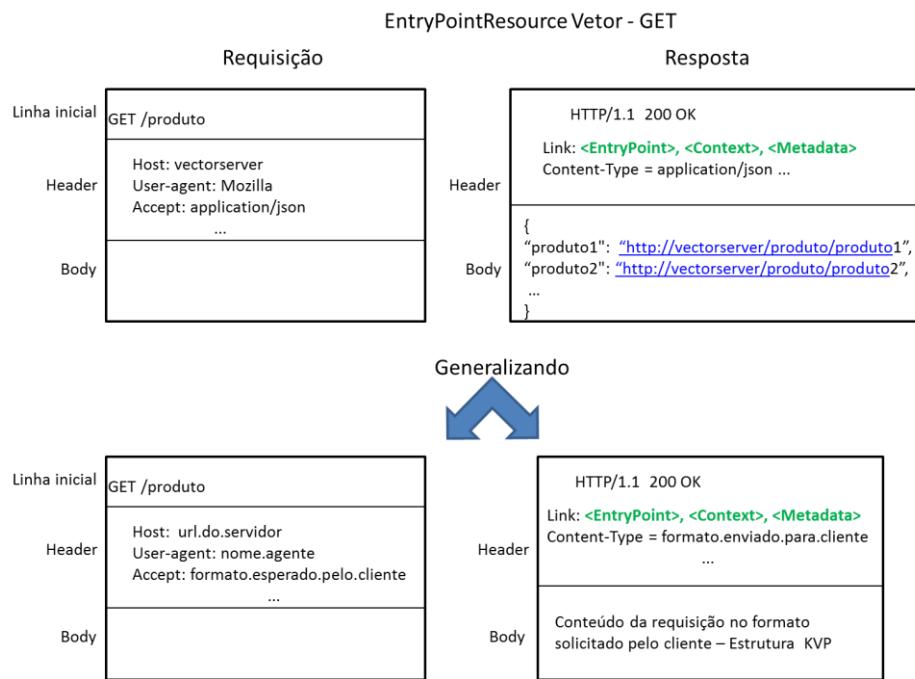


Figura 6.28 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para *GET* para vetor.

6.3.8.2. Requisitar HEAD no *EntryPointResource* para Vetor

Caso o método utilizado seja o *HEAD* a única diferença do *GET* é a ausência do *Body*, uma vez que este método somente retorna o *Header*. A Figura 6.29 ilustra este caso.

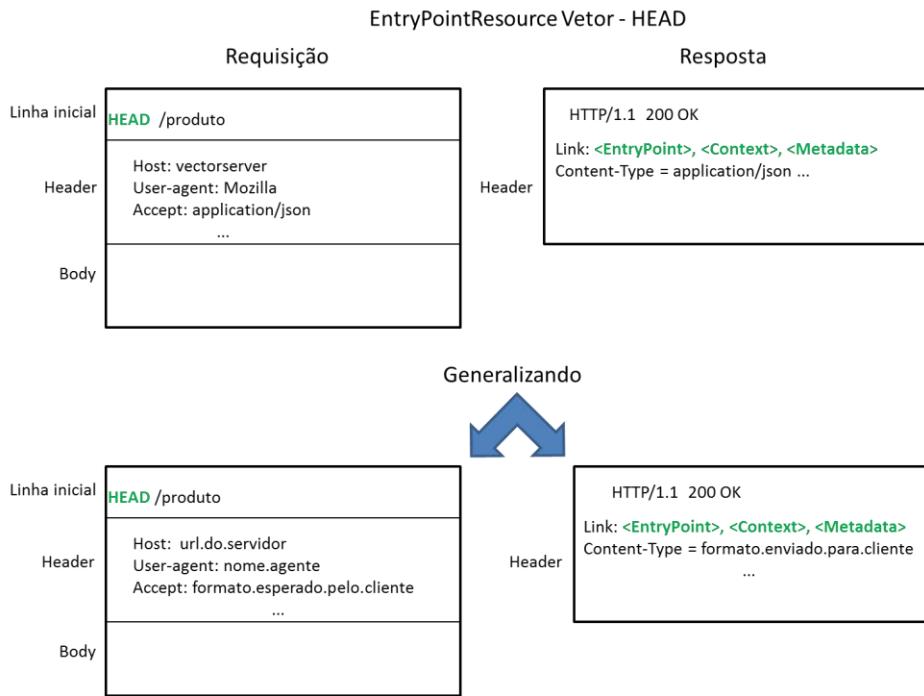


Figura 6.29 - Convenção para o formato de uma mensagem de Resposta para HEAD para vetor.

6.3.8.3. Requisitar *OPTIONS* no *EntryPointResource* para Vetor

Na mensagem de resposta do método *OPTIONS*, o *Header* retorna quais métodos do protocolo HTTP são permitidos executar, além de outras informações básicas do *Header*. Já o item *Link* permanece com os itens *EntryPoint*, *Context* e *Metadada*. O *Content-Type*, por *default*, é preenchido com JSON-LD/Hydra. O *Body* disponibiliza o conteúdo do *Context*, os controles de hipermídia, para que o cliente saiba como interagir com o recurso. Na parte superior da Figura 6.30 o cliente espera que o servidor envie o conteúdo, no caso contexto no padrão JSON-LD/Hydra. Na parte inferior da mesma figura é apresentada a generalização.

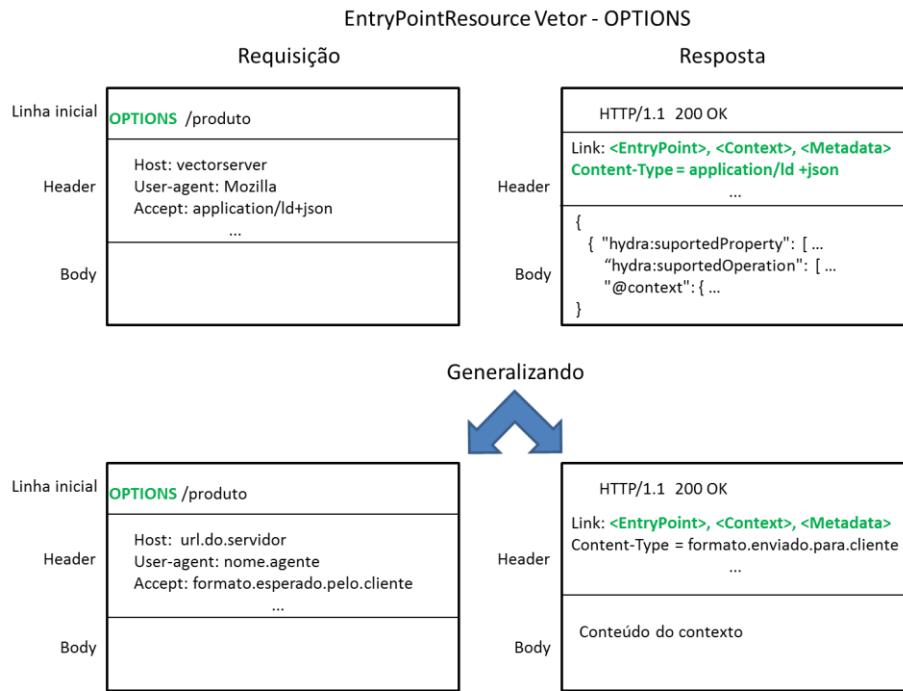


Figura 6.30 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *OPTIONS*.

6.3.9. Padronização da mensagem de requisição/resposta - *FeatureCollectionResource*

FeatureCollectionResource tem a responsabilidade de manter uma lista de *FeatureResource*. Uma classe concreta que especializar *FeatureCollectionResource* tem a responsabilidade também de criar instâncias da classe concreta que especializa a classe *FeatureResource*. Convencionamos que os seguintes métodos possam ser executados: *GET*, *HEAD*, *OPTIONS*, *POST* e *DELETE*, conforme diagrama de caso de uso da Figura 6.31. É responsabilidade de o servidor permitir executar ou disponibilizar estes métodos e outros. Por exemplo, pode não ser interessante permitir a remoção de uma coleção inteira.

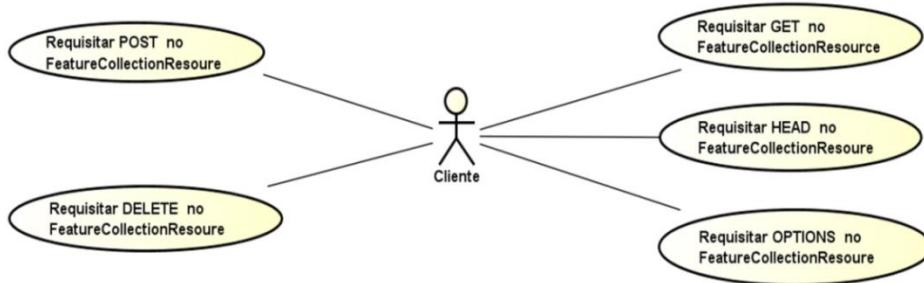


Figura 6.31 - Diagrama de caso de uso para manipulação de recurso do tipo *FeatureCollectionResource*.

6.3.9.1. Requisitar GET no FeatureCollectionResource

Nesta requisição, convencionou-se que no *Header* da mensagem de resposta da requisição, o campo *Link* deverá vir com os seguintes itens: *Up*, *Context*, *Metadata* e *Style*. Todos estes itens já foram descritos anteriormente. O *Body* vem com o conteúdo em *json*, por *default*, contendo a representação de uma coleção de *features*. No caso da Figura 6.32, o *json* no *Body* está no formato GeoJSON que é usado para codificar uma estrutura de dado geoespacial. Importante mencionar que a representação do recurso pode ser negociada de acordo com o item *Accept* no *Header* da requisição do cliente. Por exemplo, um cliente poderia solicitar um arquivo no formato GML ou PNG. Em ambos os casos o conteúdo do *Body* viria conforme a sua estrutura, ou seja, uma no formato XML e a outra em binário.

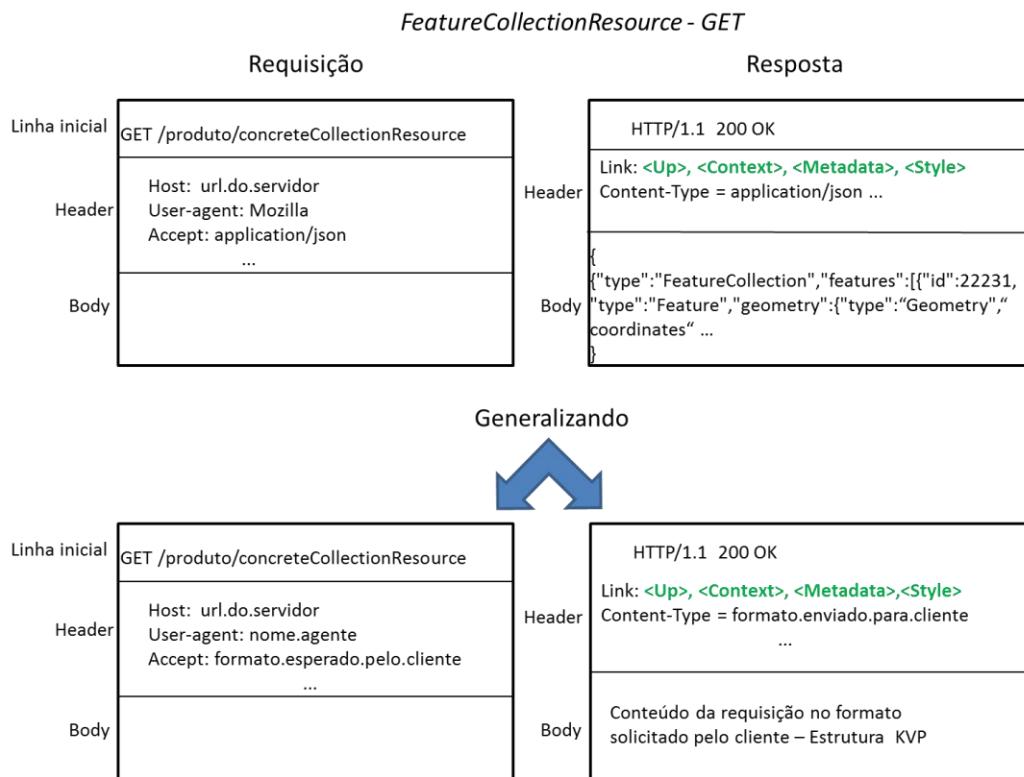


Figura 6.32 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *GET* no tipo *FeatureCollectionResource*.

6.3.9.2. Requisitar HEAD no FeatureCollectionResource

Caso o método utilizado seja o *HEAD* na requisição do cliente, a única diferença da requisição *GET* é a ausência do *Body* na mensagem de resposta. A Figura 6.33 exemplifica o caso.

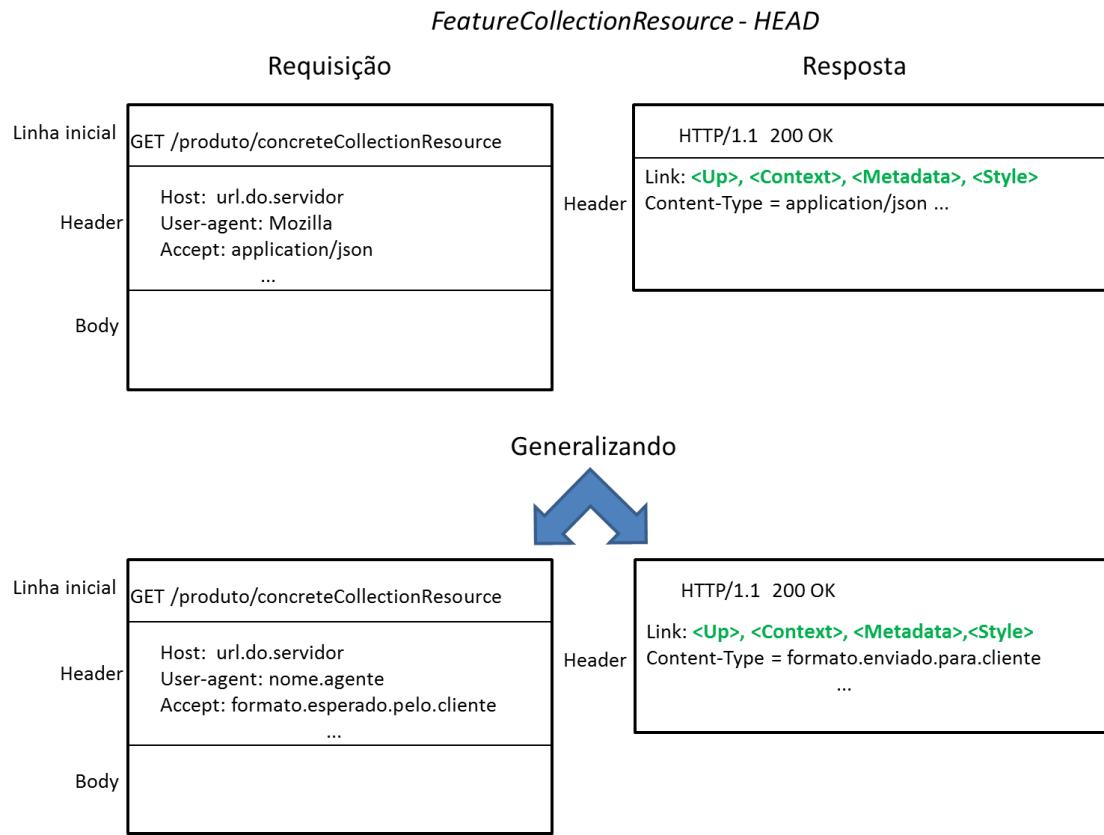


Figura 6.33 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *HEAD* no tipo *FeatureCollectionResource*.

6.3.9.3. Requisitar *OPTIONS* no *FeatureCollectionResource*

A mensagem de resposta do método *OPTIONS* deve responder a capacidade do recurso. No *Header* algumas informações são padrões, por exemplo, informações sobre quais métodos podem ser executados. O *Body* traz o contexto contendo os controles de hipermídia para o cliente manipular os recursos do tipo *FeatureResource*. Tais controles permitem ao cliente saber como criar um *FeatureResource*, desreferenciar recursos do tipo *FeatureResource*, conhecer a estrutura de dados e o significado dos atributos desta estrutura pertencente ao recurso, além de indicar quais métodos e operações podem ser executados.

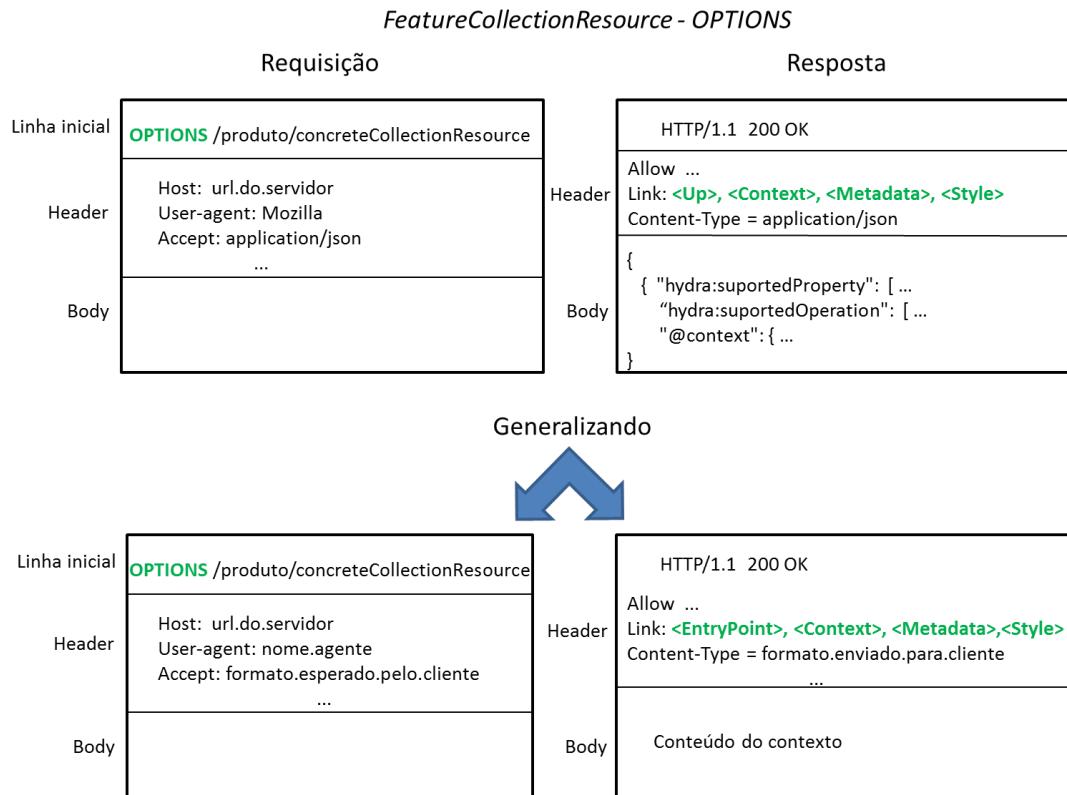


Figura 6.34 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *OPTIONS* no tipo *FeatureCollectionResource*.

6.3.9.4. Requisitar *POST* no *FeatureCollectionResource*

Este tipo de requisição cria um novo recurso do tipo *FeatureResource*. As informações para a criação de um objeto do tipo *FeatureResource* estão no *Context* da classe do tipo *FeatureCollectionResource*. Isto significa que previamente o cliente precisa realizar uma requisição do tipo *HEAD*, *GET* ou *OPTIONS* para entender o contexto e consequentemente como construir o recurso. No *Header* da mensagem de resposta os itens *Context*, *Metadata*, *Up* e *Style* estão presentes no *Link*. O elemento *Location* no *Header* significa o IRI deste novo recurso criado.

FeatureCollectionResource - POST		
	Requisição	Resposta
Linha inicial	POST /produto/concreteCollectionResource	
Header	Host: : url.do.servidor User-agent: Mozilla Content_Type: application/json Content-Length: ...	Header HTTP/1.1 201 OK Link: <Context>, <Metadata>, <Up>, <Style> Content-Type = application/json Location: /produto/concreteCollectionResource/newfeicao
Body	{ atributo1=valor1, atributo2=valor2... }	Body

Generalizando		
	Requisição	Resposta
Linha inicial	POST /produto/concreteCollectionResource	
Header	Host: url.do.servidor User-agent: nome.agente Content_Type: formato.enviado Content-Length: ..	Header HTTP/1.1 201 OK Link: <Context>, <Metadata>, <Up>, <Style> Content-Type = formato.enviado.para.cliente Location: /produto/concreteCollectionResource/newresource ...
Body	novo recurso	Body

Figura 6.35 - Padronização do conteúdo da mensagem de requisição e resposta do método *POST* no tipo *FeatureCollectionResource*.

6.3.9.5. Requisitar *DELETE* no *FeatureCollectionResource*

O método *DELETE* é usado para destruir/remover/apagar um recurso. Importante citar que a remoção de um recurso tipo *FeatureCollectionResource* deve afetar os tipos de recursos *FeatureResource* aplicando a mesma ação. Por *default* o código de *status* 204, sem conteúdo, é o preferencial na execução do método, mas pode ser que algum serviço prefira uma representação de estado final para um recurso. Neste caso o código *status* deve ser 200, retornando no *Body* informação sobre a ação executada (Figura 6.36).

FeatureCollectionResource - DELETE		
	Requisição	Resposta
Linha inicial	DELETE /produto/concreteCollectionResource	
Header	Host: url.do.servidor User-agent: Mozilla ...	Header HTTP/1.1 204 OK
Body		Body

Figura 6.36 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *DELETE* no tipo *FeatureCollectionResource*.

6.3.10. Padronização da mensagem de requisição/resposta - *FeatureResource*

Propomos para o IDEH-Co⁴ que os seguintes métodos possam ser executados no *FeatureResource*: *GET*, *HEAD*, *OPTIONS*, *PUT* e *DELETE*, conforme diagrama de caso de uso da Figura 6.37. Ressalta-se que é de responsabilidade do servidor permitir executar ou disponibilizar estes métodos e outros.

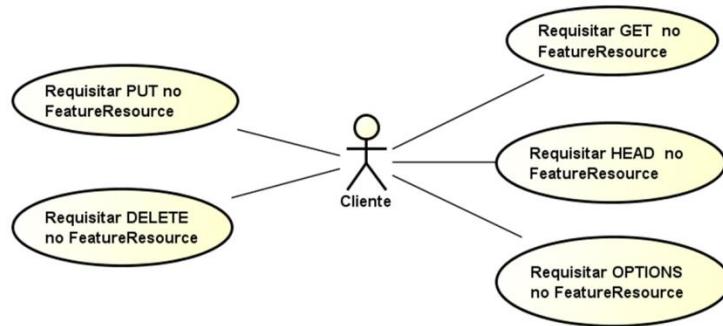


Figura 6.37 - Diagrama de caso de uso para manipulação de recurso do tipo *FeatureResource*.

6.3.10.1 Requisitar *GET* no *FeatureResource*

Nesta requisição, convencionou-se que no *Header* da mensagem de resposta da requisição, o campo *Link* deverá vir com os seguintes itens: *Up*, *Context*, *Metadata* e *Style*. Estes itens já foram descritos anteriormente. O *Body* vem no formato *json*, por *default*, contendo a representação de uma *feature*. No caso da Figura 6.38, o *json* no *Body* está no formato *GeoJSON*. Importante mencionar que a representação do recurso pode ser negociada de acordo com o item *Accept* no *Header* da requisição do cliente, ou seja, o *Content-Type* pode vir em outro formato.

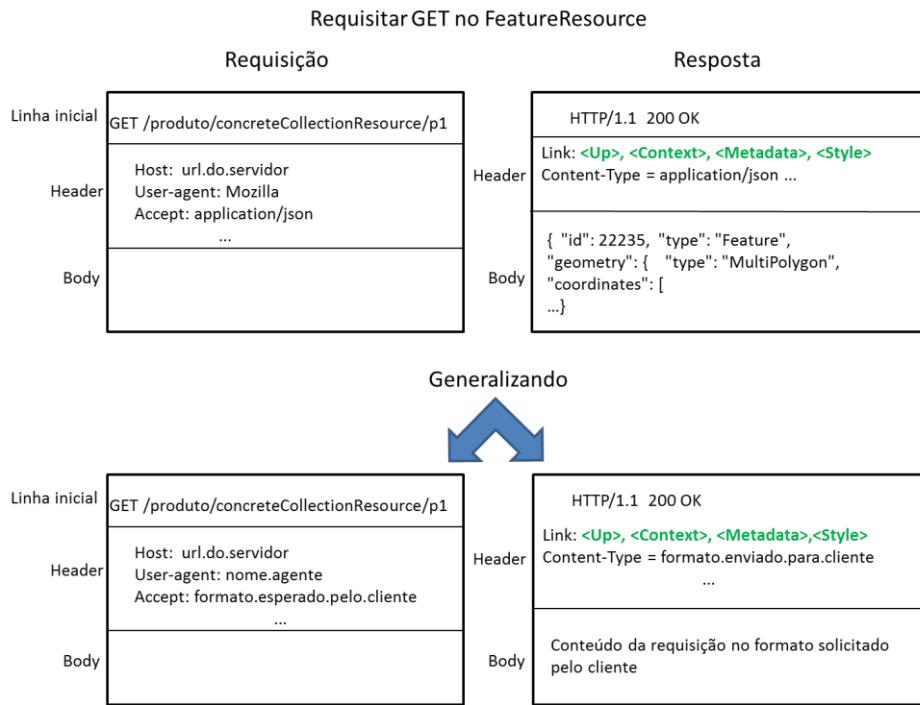


Figura 6.38 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *GET* no tipo *FeatureResource*.

6.3.10.2. Requisitar *HEAD* no *FeatureResource*

Esta requisição, apresentada na Figura 6.39, segue o mesmo padrão do método *GET* para *FeatureResource*. A diferença é a ausência do *Body*.

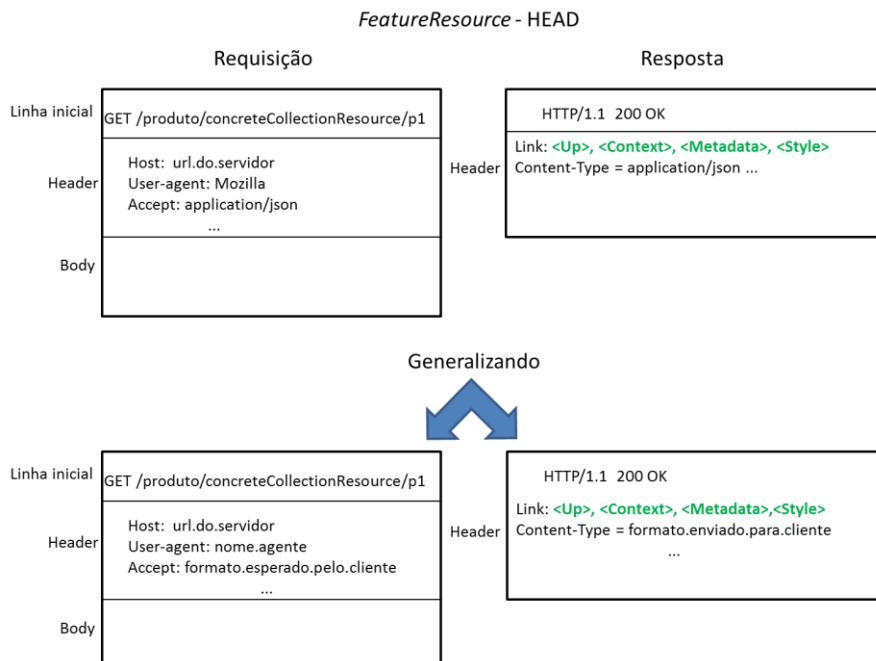


Figura 6.39 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *HEAD* no tipo *FeatureResource*.

6.3.10.3. Requisitar *OPTIONS* no *FeatureResource*

A mensagem de resposta do método *OPTIONS* deve responder a capacidade do recurso (Figura 6.40). No *Header* há algumas informações padrões, por exemplo, informações sobre quais métodos podem ser executados. O *Body* traz o contexto contendo os controles de hipermídia para o cliente manipular os recursos do tipo *FeatureResource*. Tais controles permitem ao cliente conhecer a estrutura de dados e o significado dos atributos desta estrutura pertencente ao recurso, além de indicar quais métodos e operações podem ser executadas.

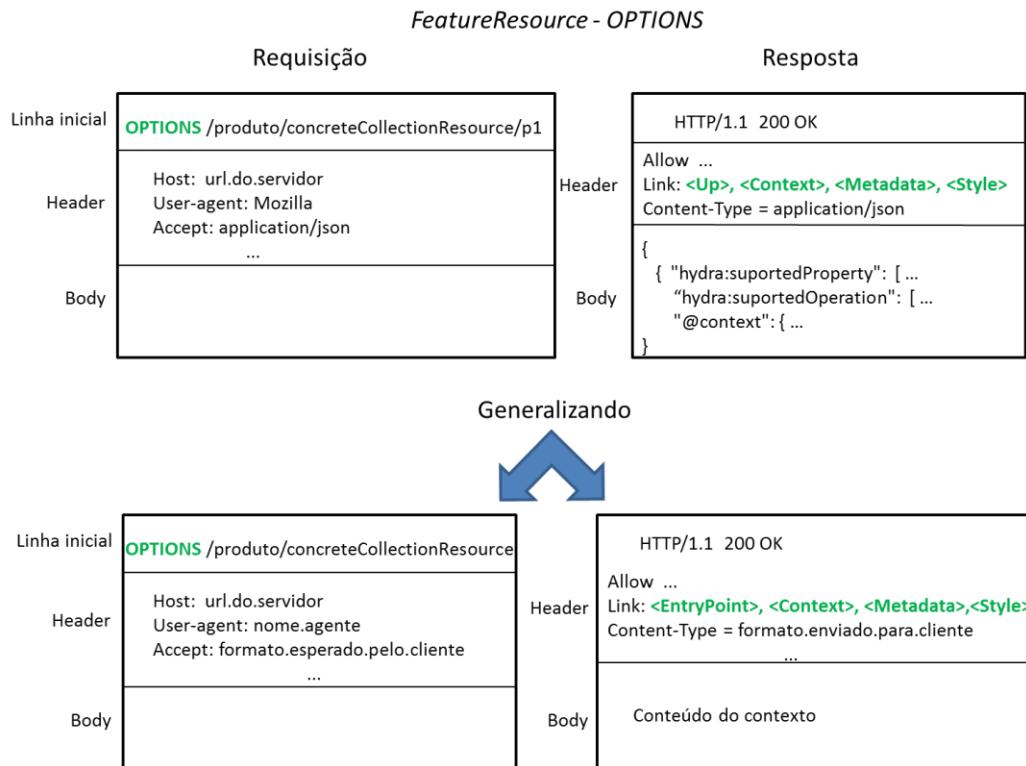


Figura 6.40 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *OPTIONS* no tipo *FeatureResource*.

6.3.10.4. Requisitar *PUT* no *FeatureResource*

O método *PUT* é utilizado principalmente para alterar um recurso do tipo *FeatureResource*. Se não há nada para relatar, use o código de *status* 204, sem conteúdo. Se tiver algo para relatar use o código de *status* 200, e incluir no *Body* o conteúdo esperado pelo cliente. A Figura 6.41 apresenta este caso. Na parte superior dessa figura o cliente está editando um conteúdo em JSON, e na parte inferior indica que pode haver outros formatos, isto depende do servidor e do cliente.

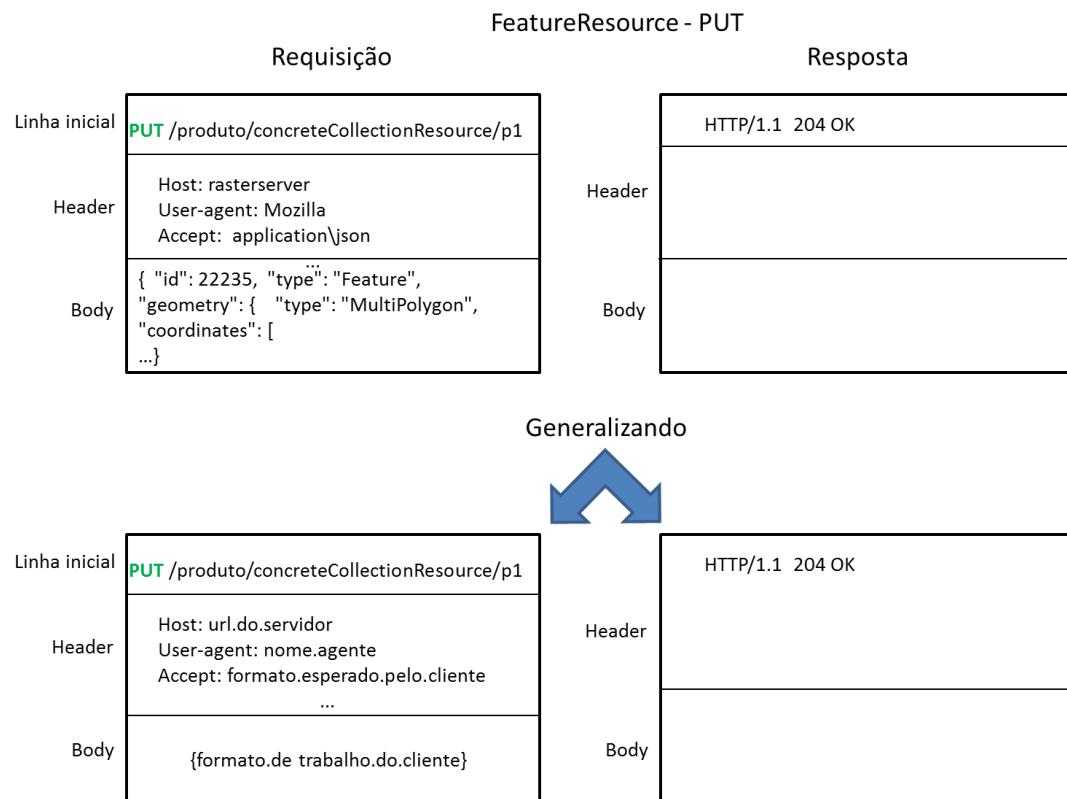


Figura 6.41 - Padronização do conteúdo da mensagem de requisição e resposta do método *PUT* no tipo *FeatureResource*.

6.3.10.5. Requisitar *DELETE* no *FeatureResource*

Este método é usado para destruir/remover/apagar um recurso do tipo *FeatureResource*. Por *default* o código de *status* 204, sem conteúdo, é o preferencial na execução do método, mas pode ser que algum serviço prefira uma representação de estado final para um recurso, neste caso o código *status* deve ser 200, retornando no *Body* informação sobre a representação de estado final. A Figura 6.42 ilustra esse caso.

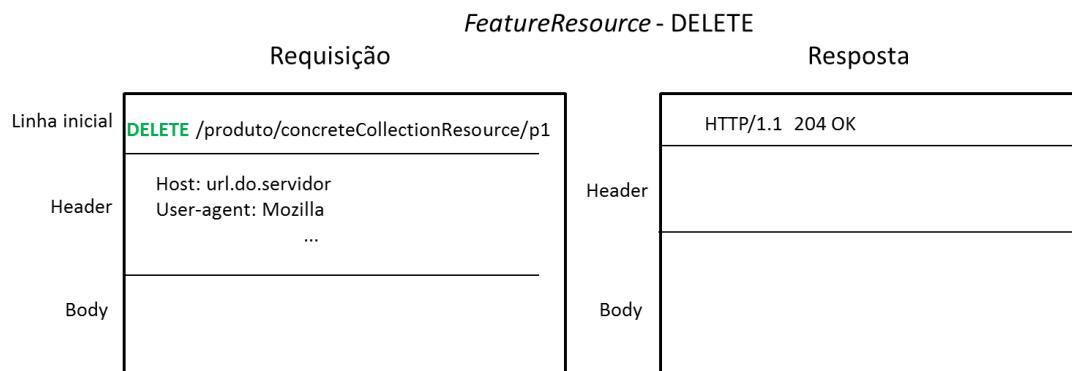


Figura 6.42 - Padronização do conteúdo da mensagem de resposta do método *DELETE*.

6.3.11. Caso de insucesso na troca de mensagens

Em qualquer troca de mensagem entre aplicações, problemas podem ocorrer. De maneira geral, para possíveis problemas de comunicação o protocolo HTTP define um conjunto de códigos que ajudam a identificar o tipo de problema. Por exemplo, a classe 4xx indica algum erro no cliente, já a classe 5xx indica um erro no processamento do servidor. Estes códigos de *status* devem ser usados na ocorrência de algum insucesso nas interações entre clientes e servidores. Por se tratar de códigos padronizados qualquer aplicação RESTful é capaz de entendê-los.

6.3.12. Metodologia para nomeação de URIs e documentação

Embora o projeto de URIs seja desnecessário para APIs no nível 3 do MMR, para aquelas que ainda estão em transição do nível 2 para o nível 3 é importante projetar URIs exploráveis, simples, intuitivas e estáveis para que os humanos possam navegar de maneira fácil e se sintam à vontade quanto a exploração. Além do mais, documentação externa é necessária explicando como navegar na API. Neste sentido baseado em (ALLAMARAJU, 2010; MASSE, 2011; DAVIDSON, 2010) e nas nossas peculiaridades, as seguintes convenções são propostas:

1. Escolher um domínio ou um tema adequado para cada conjunto de URI

Exemplo URI template: http://servidor/{dominio}/{subdominio}*/{id}

<http://ibge.gov.br/cartografia/bases-cartograficas/bc250k/unidades-federativas/sp;>

<http://ibge.gov.br/atlas>; No caso do primeiro exemplo, {id} equivale a sigla da UF.

Este tipo de informação precisa estar documentada para informar como acessar os recursos. Desta forma, na documentação da api para acessar o recurso, ficaria:

<http://ibge.gov.br/cartografia/bases-cartograficas/bc250k/unidades->

[federativas/{sigla}](http://ibge.gov.br/federativas/{sigla}). No segundo caso ficaria: <http://ibge.gov.br/{produto}>, onde {produto} poderia ser, por exemplo: atlas, mapas, bases-cartograficas etc.

2. Usar um formato que seja simples para humano e interpretável por máquina

Exemplo: <http://ibge.gov.br/cartografia/bases-cartograficas/>

3. Usar substantivos para nomear recursos. No plural para indicar coleções e singular para indicar uma instância. Também é aceitável sufixar com o termo lista em coleções no singular. Por exemplo, <http://servidor/fotos> ou <http://servidor/foto-lista>.

4. A barra (/) deve ser usada para indicar uma relação hierárquica
Exemplo: <http://ibama.gov.br/geoapi/imagens/aereas>
5. A barra final (/) não deve ser incluída em URIs. Por exemplo:
<http://ibge.gov.br/bases-cartograficas/1000k/geoapi/vilas/> deve ser substituído por:
<http://ibge.gov.br/geoapi/bases-cartograficas/1000k/vilas>
6. Hifens (-) devem ser usados para melhorar a legibilidade de URIs para nomes longos ou compostos. Por exemplo:
<http://api.ibge.gov.br/hidrografia/escalas/1000k/massas-dagua>
7. Sublinhados (_) não devem ser utilizados em URIs. Aplicações de visualização de texto (navegadores, editores, etc.) muitas vezes sublinham URIs para fornecer uma indicação visual de que eles são clicáveis. Por exemplo, substituir
http://api.ibge.gov.br/produtos/bcim/massas_dagua por
<http://api.ibge.gov.br/hidrografia/massas-dagua>
8. Letras minúsculas devem ser preferidas em URI. Letras maiúsculas podem às vezes causar problemas. Por exemplo: <HTTP://IBGE.GOV.BR/Hidrografia/Massas-dagua> ou <http://ibge.gov.br/produtos/bcim/Massas-Dagua> deve ser substituído por
<http://ibge.gov.br/produtos/bcim/massas-dagua>
9. Extensões de arquivo devem ser evitadas nos URIs. Em vez disso, elas devem confiar no tipo de mídia, informado através do metadado *Content-Type* do cabeçalho para determinar como processar o conteúdo do corpo. Por exemplo:
<http://ibge.gov.br/bcim/aldeias-indigenas/xingu.json> melhor seria usar
<http://ibge.gov.br/bcim /aldeias-indigenas/xingu>
10. Não usar acentos, cedilhas, apóstrofos, espaços em branco, ou aspas nos URIs. Por exemplos: <http://ibge.gov.br/serviços/bcim/massas-d'agua> substituir por:
[http://ibge.gov.br/servicos/bcim/massas-dagua;](http://ibge.gov.br/servicos/bcim/massas-dagua)
http://ibge.gov.br/serviços/bcim/unidades_federativas substituir por
[http://ibge.gov.br/servicos/bcim/unidades-federativas; e](http://ibge.gov.br/servicos/bcim/unidades-federativas)
<http://ibge.gov.br/serviços/bcim/aldeias-indígenas> substituir por
<http://ibge.gov.br/servicos/bcim/aldeias-indigenas>
11. Listar as operações que possam ser executadas nos URIs.
[http://ibge.gov.br/servicos/produto-ista/{id}/{operation}/\[parameters\[&\]\]*](http://ibge.gov.br/servicos/produto-ista/{id}/{operation}/[parameters[&]]*)
Documentar como uma operação pode ser executada. Por exemplo:
<http://ibge.gov.br/servicos/bcim/aldeias-indigenas/821/buffer/1.2>

6.4. Web dos Dados e desreferenciamento

Uma das questões mais interessantes que vai ser possível realizar ao adotar a abordagem tecnológica que propomos no ambiente de IDEs é justamente a habilitação para *Web dos Dados* e montagem da representação de novos recursos a partir da representação de partes de outros recursos disponibilizados pelas diversas instituições que normalmente fazem parte de uma infraestrutura de dados. Por exemplo, as seguintes requisições consomem partes de diferentes recursos:

- 1) <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/5105606/nome>;
- 2) <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/5105606/geom>; e
- 3) <http://ecoide.cos.ufrj.br/pib-municipios/5105606/2013/pib>

Os itens 1 e 2 retornam respectivamente o nome e a geometria de um recurso do tipo *feature* e o item 3 utiliza parte de outro recurso, não espacial, que é o pib (o atributo Produto Interno Bruto). As respostas das requisições são: {"nome":"Matupá"}, {"type":"Polygon","coordinates":[[[....}} e {"pib": 27482.08}.

Neste sentido, interessados poderiam criar seus modelos baseados em partes de recursos que estão em diferentes instituições ou domínios e criar também contextos para que máquinas possam interpretar. A Figura 6.43 apresenta exatamente esta situação, em que um interessado define um modelo, Recurso_Dados_Ligados, e um contexto, em JSON-LD, para que seja interpretado. Em um ambiente de IDEs isto seria muito útil.

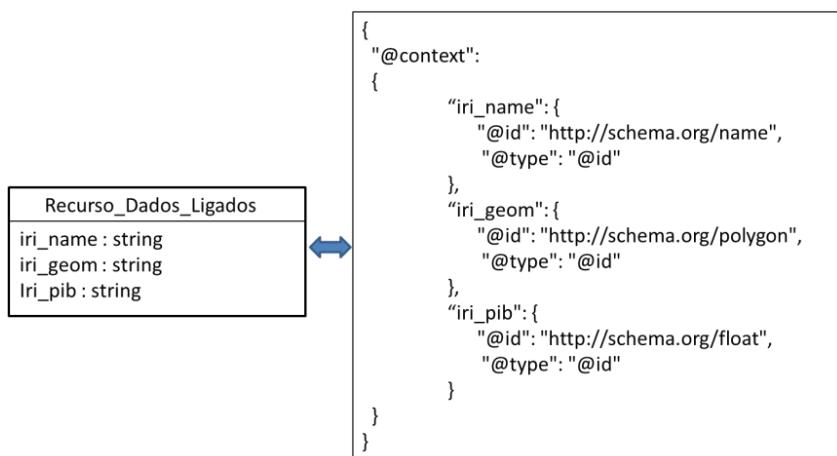


Figura 6.43 - Criação de modelo e contexto baseado em Dados Ligados.

A adoção deste tipo de dados ligados terá algumas consequências em ambientes de IDEs. Primeiro, o reuso efetivo da informação, posto que será possível apontar para partes de outros recursos. Segundo, um maior nível de relacionamento entre as instituições, já que a relação de dependência aumentaria entre elas. Terceiro, isto

também necessitará de IRIs estáveis, uma vez que haverá forte dependência deles. Quarto, a questão do responsável pela produção da informação será mais aparente. É muito comum ver, por exemplo, redundância de determinada camada de informação inclusive dentro de uma mesma organização. Quinto, isto leva a modelagem do domínio de um problema com olhar para fora do limite interno de trabalho do interessado que faz a modelagem. Isto está ligado à escala de acesso organizacional da informação e escala de acessibilidade da informação apresentados no Capítulo 4.

Por último e importante é preciso que clientes entendam o contexto para que os atributos definidos como IRI possam ser desreferenciados. Uma analogia pode ser feita com uma página em HTML que contém *links* para páginas internas e externas, *links* para código em *javascript* e imagens que são carregados pelo simples fato do *browser* entender estes controles de hipermídia.

6.5. Avaliação e resultados

Definido o que e como construir as mensagens RESTful para ambiente de IDEs, o próximo passo é desenvolver aplicações aderentes as estas convenções e padronizações para comprovar e atingir os objetivos deste capítulo. Para isto é simulado com dados reais quatro nós da INDE: *i*) IBGE somente com a Base Cartográfica ao Milionésimo (BCIM), *ii*) o IBAMA, *iii*) a Secretaria Especial de Políticas para as Mulheres (SPM), e *iv*) serviços sobre a base de dados do *OpenStreetMap*, além de serviços em *raster* e de estilos.

6.5.1. Materiais utilizados

Para avaliar a proposta dos serviços foram criados aplicativos e protótipos, para o ecossistema da IDEH-Co⁴ na camada de serviços REST cujos insumos e ambientes são descritos no Quadro 6.2.

- *RasterRESTful*: que serve de base para construção de serviços *RESTful* para dados matriciais;
- *VectorRESTful* que serve de base para construção de serviços *RESTful* para dados vetoriais;
- *BCIMRESTful* baseado no *VectorRESTful*, no nível 3 do MMR;
- *OSMRESTful* baseado no *VectorRESTful*, no nível 2 do MMR;

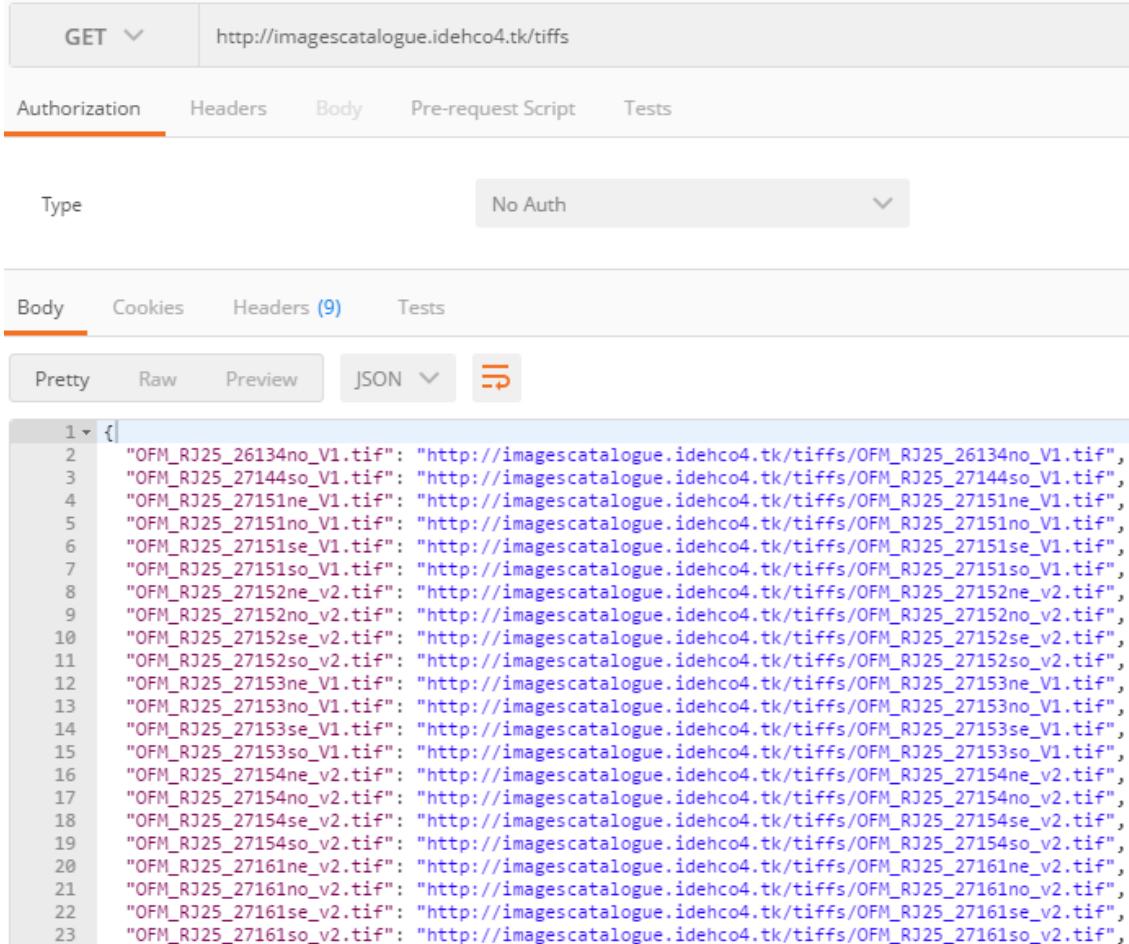
- *StyleRESTful* para consumo de estilos;
- *IbamaRESTful* baseado no *VectorRESTful*, no nível 2 do MMR; e
- *SPMRESTful* baseado no *VectorRESTful*, no nível 2 do MMR.

Quadro 6.2 - Aplicativos desenvolvidos para o protótipo do ecossistema da IDEH-Co⁴ na camada de serviços REST.

Aplicativo	Insumos	Ambiente
<i>RasterRESTful</i>	Para a criação dos serviços um subconjunto de arquivos TIFF do projeto de mapeamento do Rio de Janeiro na escala 1:25.000 que é disponibilizado no site do IBGE será utilizado.	O ambiente de execução é um <i>container</i> baseado em <i>docker</i> (BOETTIGER, 2015) executando dentro de uma máquina virtual em Linux no laboratório de BD do PESC cujo URL é: http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs
<i>BCIMRESTful</i>	Para a criação dos serviços foi utilizado BCIM versão de 2013 disponibilizada na INDE pelo IBGE. A base de dados foi baixada e importada para o SGBD Postgresql/postgis.	O ambiente de execução é um <i>container</i> baseado em <i>docker</i> (BOETTIGER, 2015) executando dentro de uma máquina virtual em Linux no laboratório de BD do PESC, cujo URL é: http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim
<i>OSMRESTful</i>	Foi criada uma metodologia e aplicada para importar a base de dados do OSM do Brasil a partir do site https://www.geofabrik.de , tratada e convertida em tabelas para o Postgresql/Postgis com base nas categorias do OSM.	O ambiente de execução é um <i>container</i> baseado em <i>docker</i> (BOETTIGER, 2015) executando dentro da Amazon, no modelo t2.micro de 1Gb de memória, cujo URL é: http://osm.idehco4.tk/osm_layer-list
<i>StyleRESTful</i>	Arquivos de estilos baseados em SLD e XML de desenvolvimento do IBGE.	O ambiente de execução é um <i>container</i> baseado em <i>docker</i> (BOETTIGER, 2015) executando dentro da Amazon, no modelo t2.micro de 1Gb de memória, cujo URL é: http://styles.idehco4.tk/styles
<i>IbamaRESTful</i>	Para a criação dos serviços foi baixado os arquivos em <i>shape</i> no visualizador da INDE e importados para o SGBD Postgresql/postgis.	O ambiente de execução é um <i>container</i> baseado em <i>docker</i> (BOETTIGER, 2015) executando dentro da Amazon, no modelo t2.micro de 1Gb de memória, cujo URL é: http://ibama1.tk/ibama-list
<i>SPMRESTful</i>	Para a criação dos serviços foi baixado os arquivos em <i>shape</i> no visualizador da INDE e importados para o SGBD Postgresql/Postgis.	O ambiente de execução é um <i>container</i> baseado em <i>docker</i> (BOETTIGER, 2015) executando dentro da Amazon, no modelo t2.micro de 1Gb de memória, cujo URL é: http://spm1.tk/spm-list

6.5.2. Disponibilização, requisição e discussão sobre arquivos *Raster*: o caso *Tiff*

Os recursos em formato *tiff* serão disponibilizados através do IRI <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs>. A Figura 6.44 apresenta a resposta de uma requisição *GET* ao IRI <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs> usando o aplicativo Postman.



```
1 []
2   "OFM_RJ25_26134no_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_26134no_V1.tif",
3   "OFM_RJ25_27144so_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27144so_V1.tif",
4   "OFM_RJ25_27151ne_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27151ne_V1.tif",
5   "OFM_RJ25_27151no_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27151no_V1.tif",
6   "OFM_RJ25_27151se_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27151se_V1.tif",
7   "OFM_RJ25_27151so_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27151so_V1.tif",
8   "OFM_RJ25_27152ne_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27152ne_v2.tif",
9   "OFM_RJ25_27152no_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27152no_v2.tif",
10  "OFM_RJ25_27152se_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27152se_v2.tif",
11  "OFM_RJ25_27152so_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27152so_v2.tif",
12  "OFM_RJ25_27153ne_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27153ne_V1.tif",
13  "OFM_RJ25_27153no_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27153no_V1.tif",
14  "OFM_RJ25_27153se_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27153se_V1.tif",
15  "OFM_RJ25_27153so_V1.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27153so_V1.tif",
16  "OFM_RJ25_27154ne_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27154ne_v2.tif",
17  "OFM_RJ25_27154no_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27154no_v2.tif",
18  "OFM_RJ25_27154se_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27154se_v2.tif",
19  "OFM_RJ25_27154so_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27154so_v2.tif",
20  "OFM_RJ25_27161ne_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27161ne_v2.tif",
21  "OFM_RJ25_27161no_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27161no_v2.tif",
22  "OFM_RJ25_27161se_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27161se_v2.tif",
23  "OFM_RJ25_27161so_v2.tif": "http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/OFM_RJ25_27161so_v2.tif",
```

Figura 6.44 - Requisição *GET* do URL de entrada.

Uma questão importante é que o *path tiffs* no *host imagescatalogue.idehco4.tk* é considerado um URL de entrada, um *EntryPointResource*, para que pessoas e máquinas possam entender como ponto inicial e requisitar seu conteúdo, que no caso é um conjunto de pares de chave e valor, onde a chave é o nome/descrição do recurso e o valor um *link* para o recurso do tipo *Tiff*.

Em uma mensagem de resposta de uma requisição *GET*, o contexto poderia vir em duas localizações: No *Body* ou no *Header* da mensagem. Na resposta a requisição do tipo *GET*, por ser um tipo de recurso cuja representação é binária, o único local apropriado para incluir controle e mais detalhes para que um cliente possa manipular o

recurso é o *Header* da resposta da requisição. Sendo assim, conforme visto, usamos na mensagem de resposta o campo *Link* que é apropriado nas mensagens de resposta, pois permite a inserção de controles de hipermídia simples aos recursos que não suportam hipermídia diretamente como o caso de arquivos binários. Por exemplo, é possível adicionar um *Link* com informação que o endereço <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs> é o endereço inicial de entrada. A Figura 6.45 traz esta situação.

The screenshot shows a Postman request configuration for a GET request to <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs>. The 'Headers' tab is selected, displaying various HTTP headers. The 'Link' header is highlighted with a red box, containing the value: `<http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/>; rel="http://schema.org EntryPoint"`.

Type	No Auth
Body	Cookies
Headers (9)	Tests

Connection → Keep-Alive
Content-Length → 10563
Content-Type → application/json; charset=utf-8
Date → Fri, 10 Feb 2017 22:21:58 GMT
ETag → W/"2943-K/pGEJUB+17EhYuhsgH4ug"
Keep-Alive → timeout=5, max=100
Link → <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/>; rel="http://schema.org EntryPoint"

Figura 6.45 - Campo *link* no *Header* da mensagem de resposta.

A linha *Link* do *Header* em destaque significa que <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs> é o endereço inicial de entrada através do atributo de relacionamento *rel* que aponta para o endereço <http://schema.org/EntryPoint> do vocabulário *Schema.org*. Neste sentido, qualquer cliente que entenda do REST e do vocabulário universal *Schema.org* saberia o significado do *EntryPoint*. Assim uma máquina poderia, por exemplo, identificar quais endereços de uma determinada lista de URLs são de entradas ao examinar em cada o item *rel* do campo *Link* do *Header*. Isto traz consequências que é a necessidade de o cliente entender o vocabulário. No caso do *Schema.org* grandes instituições como o *Google*, *Yahoo*, *Microsoft*, entre outras, patrocinam esta iniciativa como uma forma de obter padrões e significados comuns para alguns termos na *Web* e seus motores de busca indexar.

Ainda a respeito do recurso identificado pelo URL <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs>, haveria duas possibilidade de identificação de *EntryPoint*: no *Header* da mensagem de resposta de uma requisição ou diretamente no *Body* da mensagem de resposta da requisição via *OPTIONS*.

Fazendo um paralelo com o OGC, a operação *GetCapabilities* dos serviços W*S traz informações sobre as opções e detalhes dos elementos (camadas, operações, restrições etc) que um servidor disponibiliza para um cliente poder interagir. Assim, um cliente querendo interagir com o servidor OGC usaria esta operação para entender a capacidade do servidor. Todavia, observe que a operação *GetCapabilties* é específica aos serviços do OGC e que encontraria seu similar no método *OPTIONS* que pertence a interface uniforme do REST e que é mais genérico, pois independe do tipo de aplicação.

Outro problema é o tratamento para o conjunto de KVP conforme ilustrado na Figura 6.44. A questão é o que precisa ser feito para que uma máquina interprete, por exemplo, a linha "modis-001.tiff": <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/modis-001.tiff>. Mais do que isto, quais as opções que um IRI de entrada dá para um cliente sobre os recursos que estão sob o seu domínio?

Primeiro, é importante citar que o formato KVP é apenas uma convenção sugerida pela simplicidade do ponto de vista de uma pessoa explorando a API, mas de fato, para uma máquina, isto é irrelevante, uma vez a máquina capaz de entender a API. Conforme já dito, para *Web APIs* no nível 2 do MMR seria importante seguir uma padronização e esta convenção seria muito útil.

Segundo, é preciso de contexto no IRI de entrada que permita exibir sua capacidade. Então a solução é semelhante ao problema de identificação do *EntryPoint*: uso do método *OPTIONS* descrevendo a capacidade do servidor e ou um *Link* contendo o contexto no *Header* da mensagem de resposta da requisição *GET*.

Conforme já visto, Hydra é uma extensão do JSON-LD que permite que os dados sejam enriquecidos com *affordances* legíveis por máquina para interoperar com máquinas. Neste trabalho adotamos o JSON-LD e Hydra como os elementos para dar contexto e tornar os recursos como APIs, além do uso de vocabulários. Para melhor compreensão a Figura 6.46 ilustra um diagrama de objeto que mostra em um dado instante as relações entre os recursos.

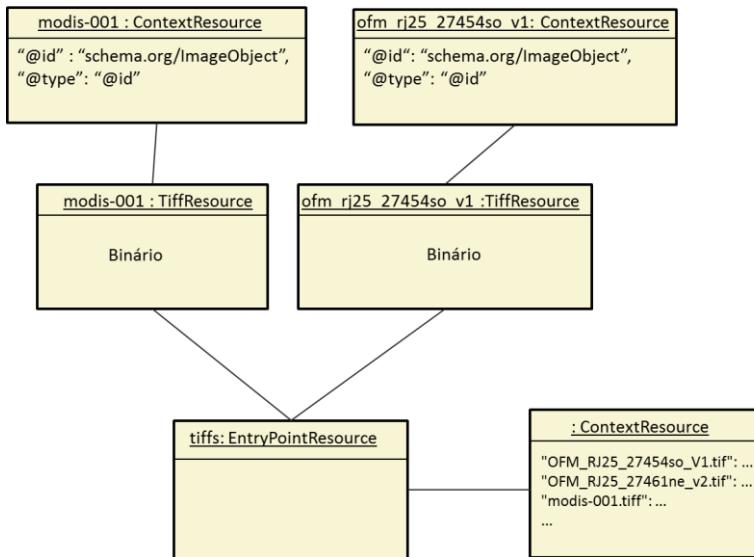


Figura 6.46 - Diagrama de objeto em um dado instante com representação de recursos exploráveis a partir do *EntryPoint*.

Na Figura 6.46, o *EntryPointResource* é o objeto de entrada que faz o papel de coleção para acessar os recursos do tipo *Tiff*. Ele tem um contexto, *ContextResource*, que descreve os recursos do tipo *tiff* que podem ser acessados e como podem ser acessados. Cada *TiffResource* também tem um contexto associado que descreve o que é possível acessar no recurso. *ContextResource* é justamente o tipo de objeto que dá o contexto, ou seja, a semântica de qualquer recurso, através do uso de JSON-LD/Hydra e vocabulário, neste caso *Schema.org*. No contexto do *EntryPointResource* tem-se a lista de *tiffResources* e como manipulá-los. No contexto de cada *TiffResource*, o significado indicado pelo termo *@id*: *schema.org/ImageObject* que significa um objeto do tipo imagem e que é desreferenciável, um IRI, conforme indicado pelo termo *@type*: *@id*. Observa-se que esta sintaxe é do JSON-LD. Maiores detalhes sobre a sintaxe podem ser encontrados em (SPORNY *et al.*, 2014). Cabe ainda ressaltar que os recursos poderiam ter metadados de proveniência associados. Neste caso um *Link* apontando para Metadados. No caso do recurso do tipo *TiffResource* ainda poderia haver um outro recurso associado que traz informações típicas de um arquivo *Raster*, uma espécie de descritor do *tiff*. Estas informações poderiam estar também no cabeçalho de resposta através do campo *Link* usando o atributo *rel* com um valor de *Metadata* e *outro de describedBy*. A Figura 6.47 apresenta a resposta de uma requisição *HEAD* para obter as informações do *Header* de um recurso do tipo *Tiff*. A parte destacada, em vermelho, traz as informações no campo *Link*. Observe que no campo *link* as seguintes informações estão disponibilizadas: o IRI *EntryPoint*, o IRI dos metadados e o IRI do contexto e o IRI do *describedby*.

HEAD ▾ http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/modis-001.tif Params Send ▾ Sa^h

Body Cookies Headers (12) Tests Status: 200 OK Time:

Accept-Ranges → bytes

Cache-Control → public, max-age=0

Connection → Keep-Alive

Content-Length → 1441874

Content-Type → image/tiff

Date → Mon, 20 Feb 2017 19:12:01 GMT

ETag → W/"160052-15a245d5d54"

Keep-Alive → timeout=5, max=100

Last-Modified → Thu, 09 Feb 2017 19:33:02 GMT

Link → <http://imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/>; rel="http://schema.org/EntryPoint", <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/main.home>; rel="metadata", <http://imagescatalogue.idehco4.tk/contexts/modis-001.jsonld>; rel="http://www.w3.org/ns/json-ld#context"; type="application/ld+json", <http://imagescatalogue.idehco4.tk/descriptions/modis-001.json>; rel="describedby"; type="text/json"

Figura 6.47 - Resposta de uma requisição *HEAD* de um recurso do tipo *Tiff*.

Importante ressaltar que a semântica para *rel* e *describedBy* é definida na RFC 5988 (NOTTINGHAM, 2010). Neste exemplo, uma comparação poderia ser feita com o serviço WCS do OGC que possui a operação *GetCoverage* para obter o recurso e *DescribeCoverage* para descrever o recurso em si.

Nesse cenário uma instituição desejando disponibilizar seus arquivos em *Tiff* informaria o URL de entrada dos recursos para que algum cliente interessado escolha o recurso *TiffResource* de acordo com seu interesse e faça a requisição. Detalhes de cada *TiffResource* fica no campo *Link* do cabeçalho da resposta da requisição. Um cliente então poderia examinar o conteúdo do *link* antes de decidir acessar a representação do recurso, no caso a representação binária do *tiff*. A Figura 6.48 mostra exatamente este cenário. No passo 1, a partir do URL de entrada o cliente escolhe o URL do recurso *Tiff* desejado. No passo 2, uma vez escolhido o URL do recurso, uma requisição do tipo *HEAD* é efetuada para saber quais informações sobre o recurso estão disponíveis. No passo 3, uma requisição tipo *GET* é realizada no URL indicado pelo campo *Link* que retorna o conteúdo em JSON, que também é um recurso, sobre detalhes do recurso *TiffResource*.

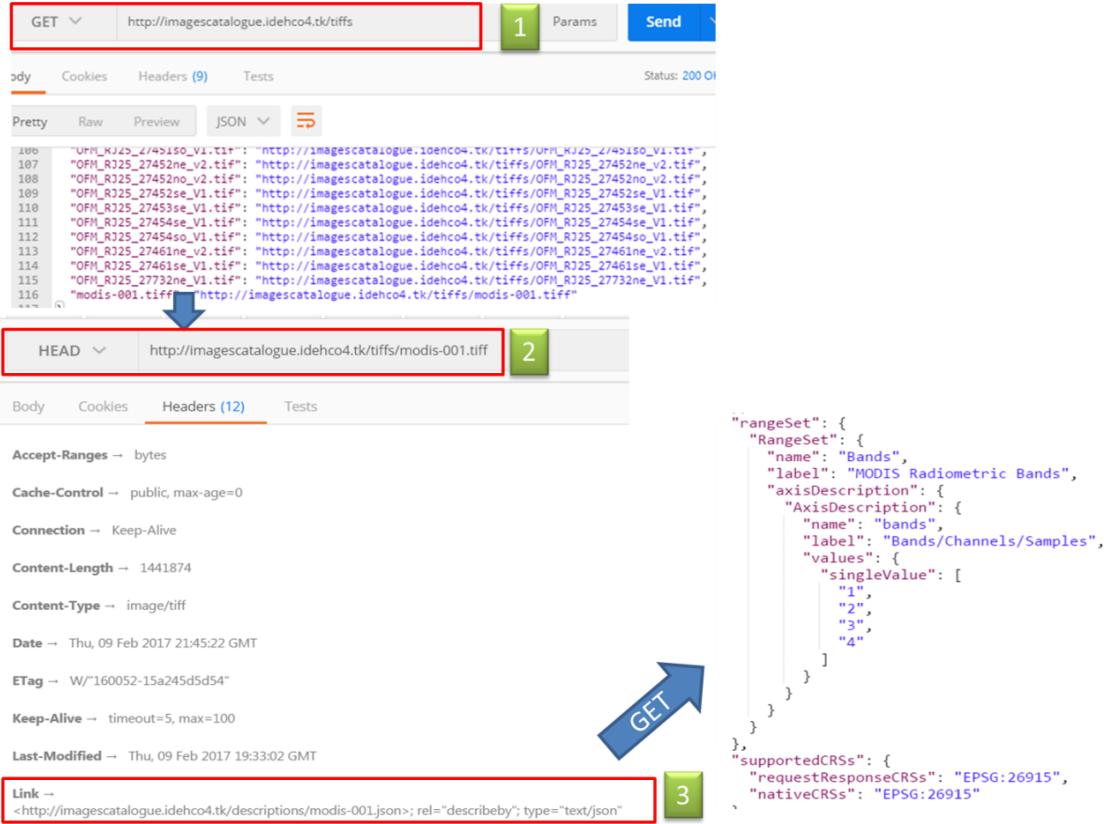


Figura 6.48 - Descoberta dos detalhes de um recurso do tipo *Raster*.

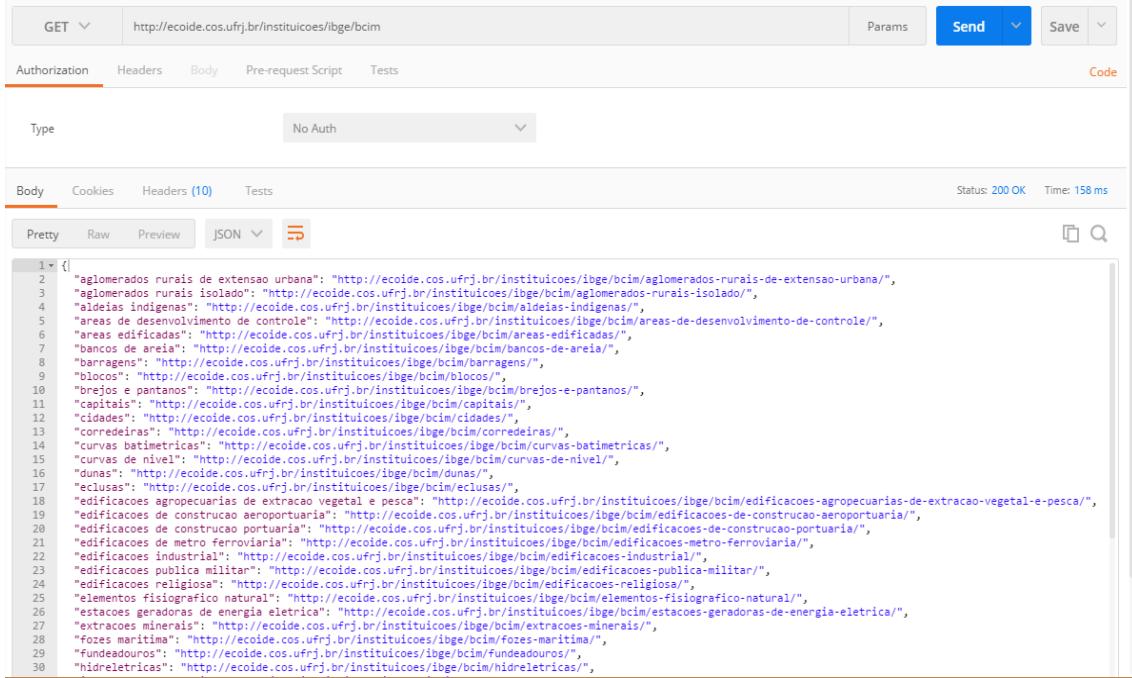
Ressalta-se que este processo descrito poderia ser facilmente automatizado por um cliente e consequentemente tornar o acesso mais amigável para um usuário buscar detalhes de um conteúdo do tipo *Tiff*. Cabe ainda citar uma importante questão que será explorada no caso do Vetor, que é a definição de Vocabulários Universais baseados em operações. Usando um vocabulário comum de operações, um cliente poderia invocar uma operação diretamente no recurso. Por exemplo, no caso do *describedby*, em um cliente, como um *browser*, a seguinte requisição poderia ser executada: *imagescatalogue.idehco4.tk/tiffs/modis-001.tif/describedby*. O Resultado é o mesmo que está no passo três da Figura 6.48. Por último, o descriptor do recurso do tipo *Tiff* é exibido no lado direito da mesma figura.

6.5.3. Disponibilização, requisição e discussão sobre produtos em vetor

A seguir serão apresentadas as funcionalidades que foram habilitadas de maneira mais simples em função do uso do REST no nível 3, do emprego da orientação a recurso e padronizações e convenções na troca de mensagens.

6.5.3.1. Requisição no IRI de entrada

A IRI de entrada para acessar a API do produto BCIM é: <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim>. A Figura 6.49 mostra o conteúdo do Body de uma consulta do tipo *GET* ao *EntryPoint* que retorna na forma de chave e valor. Onde a chave é uma descrição/nome e o valor um IRI.



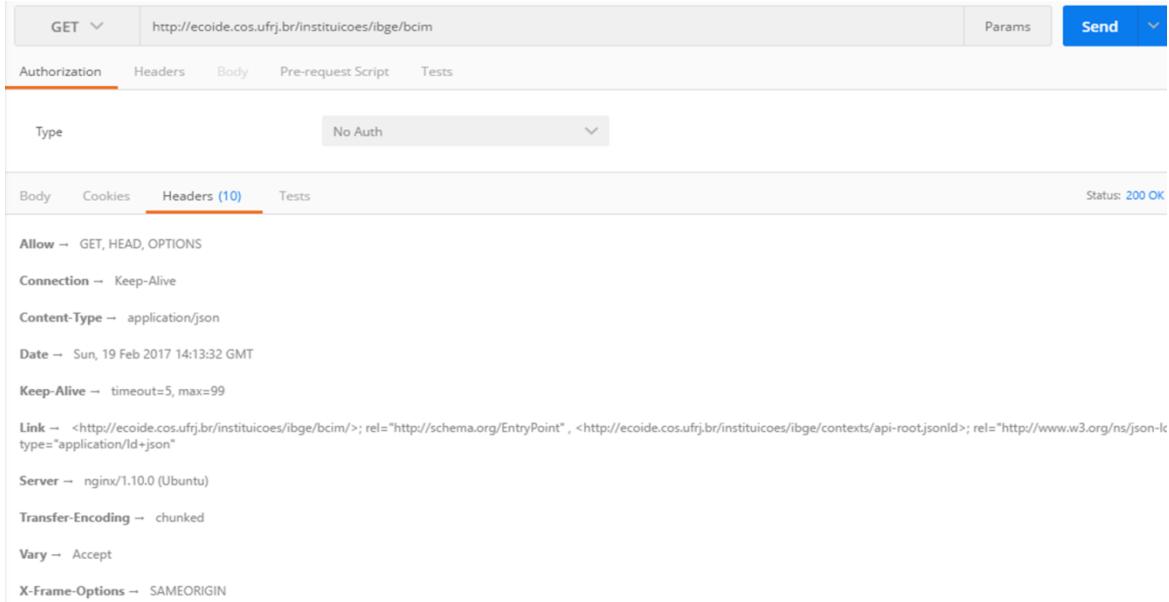
```

1 ↴ {
2   "aglomerados rurais de extensão urbana": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/aglomerados-rurais-de-extensao-urbana/",
3   "aglomerados rurais isolado": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/aglomerados-rurais-isolado/",
4   "áreas indígenas": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/areas-indigenas/",
5   "áreas de desenvolvimento de controle": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/areas-de-desenvolvimento-de-controle/",
6   "áreas edificadas": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/areas-edificadas/",
7   "áreas de praia": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/areas-de-praia/",
8   "bancos": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/bancos/",
9   "barragens": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/barragens/",
10  "blocos": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/blocos/",
11  "brejos e pantanos": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/brejos-e-pantanos/",
12  "capitais": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/capitais/",
13  "cidades": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/cidades/",
14  "corredores": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/corredores/",
15  "curvas batimétricas": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/curvas-batimetricas/",
16  "curvas de nível": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/curvas-de-nivel/",
17  "dunas": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/dunas/",
18  "eclusas": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/eclusas/",
19  "edificações agropecuárias de extração vegetal e pesca": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-agropecuarias-de-extracao-vegetal-e-pesca/",
20  "edificações de construção aeroportuária": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-de-construcao-aeroportuaria/",
21  "edificações de construção portuária": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-de-construcao-portuaria/",
22  "edificações de metro ferroviária": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-metro-ferroviaria/",
23  "edificações industrial": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-industrial/",
24  "edificações pública militar": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-publica-militar/",
25  "edificações religiosa": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/edificacoes-religiosa/",
26  "elementos fisiográfico natural": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/elementos-fisiografico-natural/",
27  "estações geradoras de energia elétrica": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/estacoes-geradoras-de-energia-eletrica/",
28  "extrações minerais": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/extracoes-minerais/",
29  "fozes marítima": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/fozes-maritima/",
30  "fundeadouros": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/fundeadouros/",
31  "hidrelétricas": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/hidrelectricas/"
}

```

Figura 6.49 - Body da resposta da requisição ao *EntryPoint*.

Para saber quais informações esta API tem, basta examinar o *Header* da resposta da requisição conforme exibido na Figura 6.50.



Header	Value
Allow	GET, HEAD, OPTIONS
Connection	Keep-Alive
Content-Type	application/json
Date	Sun, 19 Feb 2017 14:13:32 GMT
Keep-Alive	timeout=5, max=99
Link	<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/>; rel="http://schema.org/EntryPoint", <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contextos/api-root.jsonld>; rel="http://www.w3.org/ns/json-ld#type"="application/ld+json"
Server	nginx/1.10.0 (Ubuntu)
Transfer-Encoding	chunked
Vary	Accept
X-Frame-Options	SAMEORIGIN

Figura 6.50. Header da resposta da requisição do método *GET*.

As informações no campo *Link* do *Header* são:

- 1) <<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim>>;
rel=<http://schema.org/EntryPoint> que diz que esta IRI é um *EntryPoint*.
 - 2) <<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/api-root.jsonld>>;
rel="http://www.w3.org/ns/json-ld#context"; type="application/ld+json" que informa que a API tem um contexto que diz que cada chave é um atributo da API cujo valor é um IRI para ser desreferenciado. Isto pode ser comprovado através de uma requisição *GET* conforme exibido na Figura 6.51 que mostra do lado esquerdo algumas informações como, por exemplo, as propriedades que podem ser lidas da API e do lado direito o significado das propriedades e que seus valores são desreferenciáveis.

GET	http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/lbge/contexts/api-root.jsonld
<p>Body</p> <p>Cookies</p> <p>Headers (9)</p> <p>Tests</p> <p>Pretty</p> <p>Raw</p> <p>Preview</p> <p>JSON</p> <p>Copy</p> <pre>1 { 2 "hydra:supportedProperty": [3 { 4 "hydra:writeable": false, 5 "hydra:property": "unidades_federativas", 6 "hydra:readable": true, 7 "hydra:required": false 8 }, 9 { 10 "hydra:writeable": false, 11 "hydra:property": "municipios", 12 "hydra:readable": true, 13 "hydra:required": false 14 }, 15 { 16 "hydra:writeable": false, 17 "hydra:property": "fozes_maritima", 18 "hydra:readable": true, 19 "hydra:required": false 20 }, 21 { 22 "hydra:writeable": false, 23 "hydra:property": "bancos_de_areia", 24 "hydra:readable": true, 25 "hydra:required": false 26 }, 27 { 28 "hydra:writeable": false, 29 "hydra:property": "edificacoes_agropecuarias_de_extracao_vegetal", 30 "hydra:readable": true, 31 "hydra:required": false 32 }, 33 { 34 "hydra:writeable": false, 35 "hydra:property": "trechos_dutos", 36 "hydra:readable": true, 37 "hydra:required": false 38 }, 39] 40 }</pre>	<p>Cookies</p> <p>Headers (9)</p> <p>Tests</p> <p>Raw</p> <p>Preview</p> <p>JSON</p> <p>Copy</p> <pre>1 { 2 "hydra:description": "", 3 "@context": { 4 "tuneis": { 5 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 6 "@type": "id" 7 }, 8 "recifes": { 9 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 10 "@type": "id" 11 }, 12 "outras_unidades_protegidas": { 13 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 14 "@type": "id" 15 }, 16 "edificacoes_de_construcao_portuaria": { 17 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 18 "@type": "id" 19 }, 20 "torres_de_energia": { 21 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 22 "@type": "id" 23 }, 24 "edificacoes_religiosa": { 25 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 26 "@type": "id" 27 }, 28 "quedas_dagua": { 29 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 30 "@type": "id" 31 }, 32 "edificacoes_publica_militar": { 33 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 34 "@type": "id" 35 }, 36 "unidades_de Conservacao_nao_snuc": { 37 "@id": "http://geojson.org/vocab#FeatureCollection", 38 "@type": "id" 39 }, 40 }</pre>

Figura 6.51 - Trechos do contexto do IRI *EntryPoint*.

A Figura 6.51 apresenta trechos da API que podem ser interpretados por máquinas e humanos. Outra forma de acessar diretamente o contexto é através do método *OPTIONS* diretamente na IRI <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim>. Caso o método usado seja o *HEAD*, apenas o *Header* viria na resposta da requisição.

6.5.3.2. Requisição em um *FeatureCollectionResource*

Uma requisição do tipo *GET* em um *FeatureCollectionResource* deve retornar todas as instâncias, caso não haja algum tipo de limite imposto pela API. Por exemplo, fazer uma requisição *GET* no IRI <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/> traz todos os recursos do tipo Unidade Federativa. A Figura 6.52 do lado esquerdo mostra no *Body* a resposta da requisição e do lado direito o *Header* a resposta da requisição.

Header	Value
Status	200 OK
Time	2
Allow	GET, POST, HEAD, OPTIONS
Connection	Keep-Alive
Content-Type	application/json
Date	Sun, 19 Feb 2017 20:10:40 GMT
Keep-Alive	timeout=5, max=100
Link	<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/>; rel="up", <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/csw?request=GetRecordById&service=CSW&version=2.0.2&elementSetName=full&id=ff2d4215-9843-4137-bad9-c15f2a8caa9e>; rel="metadata", <http://styles.idehco4.tk/styles/unidade_federacao.sld>; rel="style", <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contextos/unidades-federativas.jsonld>; rel="http://www.w3.org/ns/json-ld#context"; type="application/ld+json"
Server	nginx/1.10.0 (Ubuntu)
Transfer-Encoding	chunked
Vary	Accept
X-Frame-Options	SAMEORIGIN

Figura 6.52 - Resposta da Requisição do tipo *GET* com *Body* e *Header*.

Enquanto o lado esquerdo exibe os elementos do tipo Unidade Federativa, o *Header* traz no campo *Link* algumas informações que poderiam ser usadas por máquinas e humanos. Por exemplo, o item *up* aponta para o IRI pai, o item *metadata* aponta para os metadados de proveniência, o item *style* aponta para um estilo que pode ser associado ao elemento geométrico do tipo Unidade Federativa e o item *context* aponta para o contexto que traz as informações sobre Unidade Federativa.

Observe que a partir das informações contidas no *Header* é possível um cliente saber quais são as informações necessárias para a criação de um recurso via *POST*, por exemplo. Para saber como construir o recurso, a máquina ou o humano precisam verificar o contexto. A Figura 6.53 exibe uma requisição do método *OPTIONS* para

obter detalhes de construção do recurso. Nessa figura, do lado esquerdo, estão os atributos que são requeridos e do lado direito o significado de cada atributo.

Um fato importante é que independente do tipo do recurso, qualquer programa cliente que entenda o contexto poderia disponibilizar uma interface gráfica, para a criação de qualquer tipo de recurso que tenha um contexto. Isto significa independência do tipo de recurso e dependência do contexto. Outro fato importante é que este cliente poderia ser *Web*, *Mobile* ou *Desktop* e a única exigência seria trabalhar com REST e entender o contexto.

```

OPTIONS ▾ http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/
Body Cookies Headers (15) Tests
Pretty Raw Preview JSON ▾ 🔍
1 ↴ [{ 2 ↴   "hydra:supportedProperty": [ 3 ↴     { 4 ↴       "hydra:writeable": true, 5 ↴       "hydra:property": "nome", 6 ↴       "hydra:readable": true, 7 ↴       "hydra:required": true 8 ↴     }, 9 ↴     { 10 ↴       "hydra:writeable": true, 11 ↴       "hydra:property": "nomeabrev", 12 ↴       "hydra:readable": true, 13 ↴       "hydra:required": true 14 ↴     }, 15 ↴     { 16 ↴       "hydra:writeable": true, 17 ↴       "hydra:property": "geometriaaproximada", 18 ↴       "hydra:readable": true, 19 ↴       "hydra:required": true 20 ↴     }, 21 ↴     { 22 ↴       "hydra:writeable": true, 23 ↴       "hydra:property": "sigla", 24 ↴       "hydra:readable": true, 25 ↴       "hydra:required": true 26 ↴     }, 27 ↴     { 28 ↴       "hydra:writeable": true, 29 ↴       "hydra:property": "geocodigo", 30 ↴       "hydra:readable": true, 31 ↴       "hydra:required": true 32 ↴     }, 33 ↴     { 34 ↴       "hydra:writeable": true, 35 ↴       "hydra:property": "geom", 36 ↴       "hydra:readable": true, 37 ↴       "hydra:required": true 38 ↴   }
OPTIONS ▾ http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas
Pretty Raw Preview JSON ▾ 🔍
637 ↴   "hydra:context": { 638 ↴     "hydra:statusCode": [], 639 ↴     "hydra:method": "GET", 640 ↴     "hydra:expects": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/cont 641 ↴   } 642 ↴   "hydra:description": "", 643 ↴   "@context": { 644 ↴     "hydra": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/hydra/vocab/", 645 ↴     "geometriaaproximada": { 646 ↴       "@id": "http://schema.org/Thing", 647 ↴       "@type": "http://schema.org/Text" 648 ↴     }, 649 ↴     "geom": { 650 ↴       "@id": "http://geojson.org/geojson-ld/vocab#geometry", 651 ↴       "@type": "http://geojson.org/geojson-ld/vocab#Polygon" 652 ↴     }, 653 ↴     "nome": { 654 ↴       "@id": "http://schema.org/name", 655 ↴       "@type": "http://schema.org/Text" 656 ↴     }, 657 ↴     "geocodigo": { 658 ↴       "@id": "http://schema.org/Thing", 659 ↴       "@type": "http://schema.org/Text" 660 ↴     }, 661 ↴     "nomeabrev": { 662 ↴       "@id": "http://schema.org/name", 663 ↴       "@type": "http://schema.org/Text" 664 ↴     }, 665 ↴     "sigla": { 666 ↴       "@id": "http://schema.org/alternateName", 667 ↴       "@type": "http://schema.org/Text" 668 ↴     }

```

Figura 6.53 - Resposta da requisição *OPTIONS* para saber como construir uma Unidade Federativa.

6.5.3.3. Requisição em um *FeatureResource*

Uma requisição do tipo *GET* em um *FeatureResource* retorna a representação de um recurso do tipo *Feature*. Por exemplo, a invocação do método *GET* em <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/PR> traz o conteúdo exibido na Figura 6.54.

```
GET http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/lbge/bcim/unidades-federativas/PR

Authorization Headers Body Pre-request Script Tests

key value

Body Cookies Headers (10) Tests

Pretty Raw Preview JSON ▾
```

1 ↴ {
2 "id": 22267,
3 "type": "Feature",
4 ↴ "geometry": {
5 "type": "MultiPolygon",
6 ↴ "coordinates": [
7 ↴ [
8 ↴ [[[
9 ↴ -48.39237901201727,
10 -25.321086584442536
11],
12 [[[
13 -48.390469559904645,
14 -25.32148449534641
15],
16 [[[
17 -48.387682054039324,
18 -25.325754168432656
19],
20 [[[
21 -48.38779664707577,
22 -25.327771910754976
23],
24 [[[
25 -48.39159677193191,
26 -25.327840879572552
27],
28 [[[
29 -48.396772581485045,
30 -25.323333276578812
31]]

Figura 6.54 - Resposta da requisição *GET* da unidade federativa do Paraná.

Mas é possível negociar o conteúdo retornado. Por exemplo, no *Header* da requisição *GET*, um cliente pode informar que deseja uma imagem (*Accept = image/png*). A Figura 6.55 ilustra a resposta desta requisição.

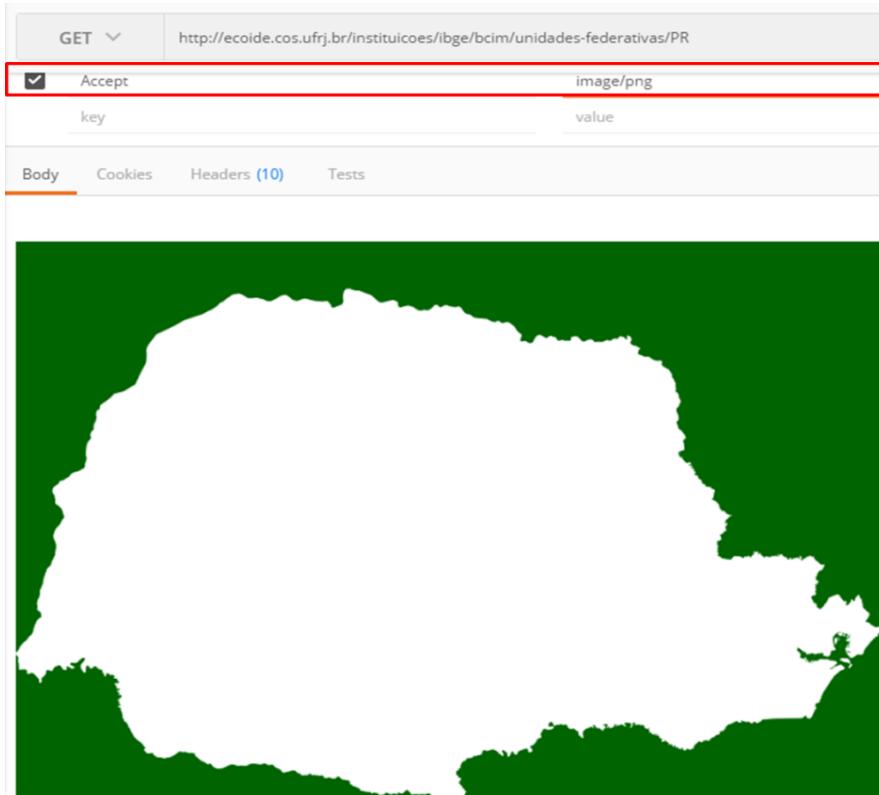
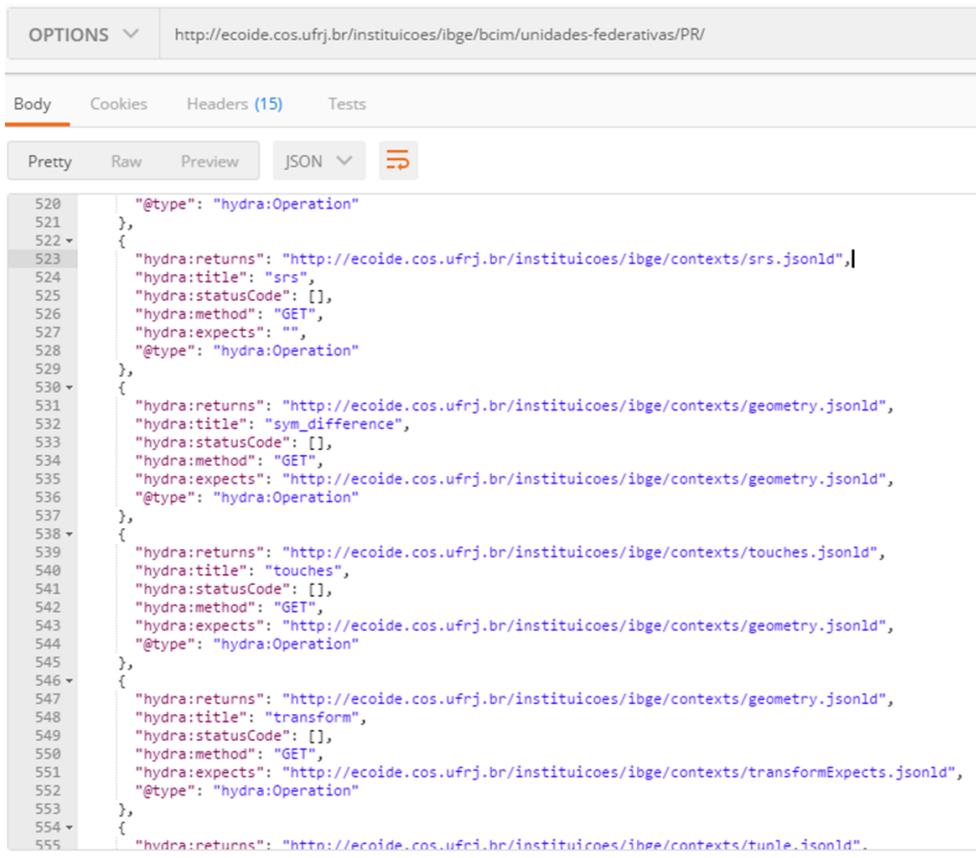


Figura 6.55 - Resposta da requisição *GET* com solicitação de imagem pelo cliente. Unidade Federativa do Paraná.

Para saber quais ações podem ser executadas em um recurso do tipo *feature*, uma máquina ou humano pode realizar uma requisição do tipo *OPTIONS* ou através do campo *context* no *Header* de uma requisição *GET* por exemplo. A Figura 6.56 apresenta um trecho com operações que podem ser executadas no recurso.

Um cliente *Web*, *Mobile* ou *Desktop* poderia automaticamente apresentar sobre determinado recurso quais operações ele suporta. Por exemplo, a partir das operações suportadas, um menu poderia se disponibilizado ou *links* para escolher a operação desejada.



```

OPTIONS ▾ http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/PR/
Body Cookies Headers (15) Tests
Pretty Raw Preview JSON ▾ ⚙️

520      "@type": "hydra:Operation"
521      },
522      {
523      "hydra:returns": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/srs.jsonld",
524      "hydra:title": "srs",
525      "hydra:statusCode": [],
526      "hydra:method": "GET",
527      "hydra:expects": "",
528      "@type": "hydra:Operation"
529      },
530      {
531      "hydra:returns": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/geometry.jsonld",
532      "hydra:title": "sym_difference",
533      "hydra:statusCode": [],
534      "hydra:method": "GET",
535      "hydra:expects": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/geometry.jsonld",
536      "@type": "hydra:Operation"
537      },
538      {
539      "hydra:returns": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/touches.jsonld",
540      "hydra:title": "touches",
541      "hydra:statusCode": [],
542      "hydra:method": "GET",
543      "hydra:expects": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/geometry.jsonld",
544      "@type": "hydra:Operation"
545      },
546      {
547      "hydra:returns": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/geometry.jsonld",
548      "hydra:title": "transform",
549      "hydra:statusCode": [],
550      "hydra:method": "GET",
551      "hydra:expects": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/transformExpects.jsonld",
552      "@type": "hydra:Operation"
553      },
554      {
555      "hydra:returns": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contexts/tuple.jsonld".

```

Figura 6.56 - Resposta da requisição *OPTIONS*.

Outro detalhe importante é que em função dos possíveis estados de um recurso, outras operações poderiam ser executadas. A Figura 6.57 retrata esta situação. Neste cenário, um recurso do tipo *feature* passou pela execução da operação *envelope* logo em seguida passa por outra operação *buffer* que novamente sofre outra operação *transform* que passa pela última operação, *area*, que retorna a representação em *double* para o cliente.

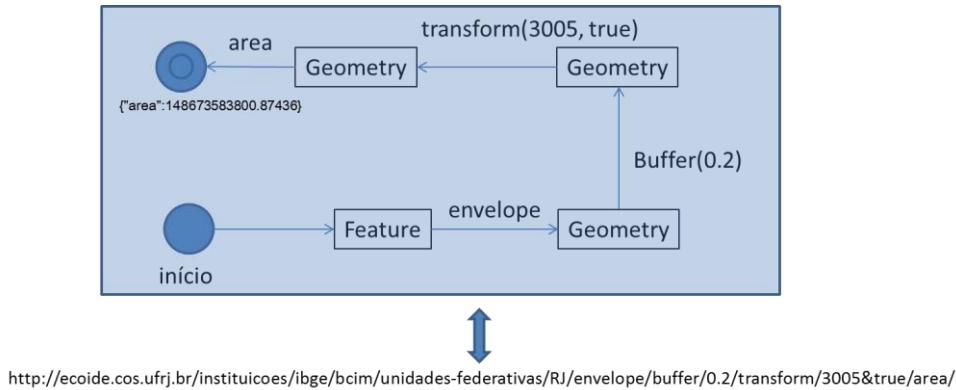


Figura 6.57 - Diferentes estados de um recurso do tipo *feature* ao permitir a execução de diferentes operações.

Um problema atual nas IDEs é a edição remota de elementos geométricos que o REST resolve ao ser empregado para realizar esta funcionalidade. A Figura 6.58 apresenta uma simulação de um cliente fazendo uma edição entre os municípios de São Paulo, Itaquaquecetuba e Suzano.

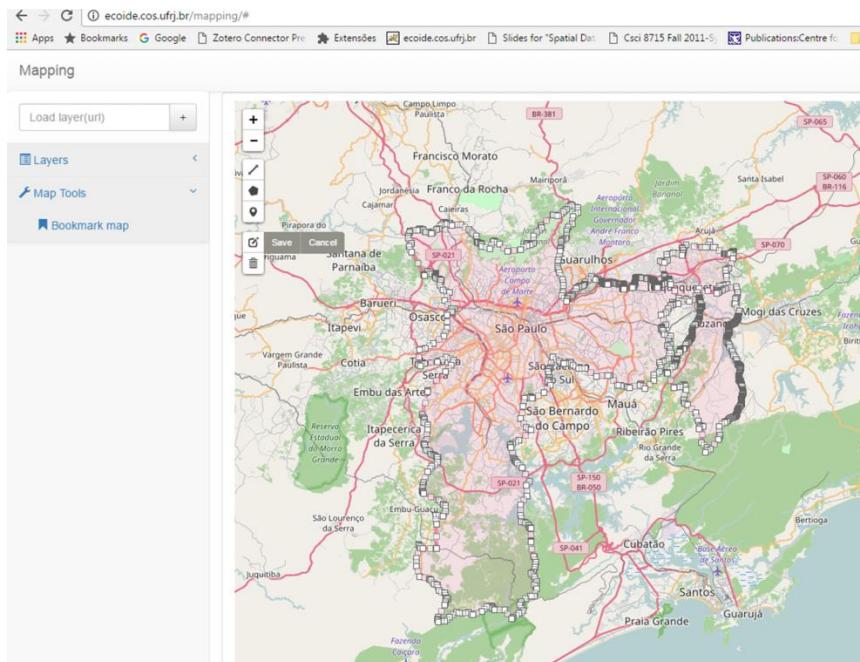


Figura 6.58 - Simulação de edição entre três municípios em São Paulo.

Um cliente que entenda REST poderia interagir e modificar o estado do recurso no servidor através dos métodos *POST*, *PUT* e *DELETE*, inclusive com suporte ao problema de concorrência entre clientes, quando mais de um cliente está editando o mesmo elemento geométrico. Com REST é possível adicionar suporte a *lock otimista*, usando *If Match* no *header* na requisição dos métodos *PUT* e *DELETE*. Por exemplo, suponha clientes buscando um recurso e recebam na resposta de uma requisição *GET* no *Header* o campo *e-tag* igual a "a45bfc13a64729c". Ao requisitar *PUT* ou *DELETE*, o

cliente poderia inserir no *Header* da requisição o campo *If-Match* com o valor "a45bfc13a64729c". Assim a requisição seria efetivada somente se este valor for correspondente no servidor, já que este valor é modificado no servidor a cada alteração do estado do recurso.

6.5.4 Integração com serviços do OGC

Conforme já citado, é possível integrar REST com os serviços do OGC que são expostos na forma de IRI ou ainda KVP com identificador. Como na mensagem de retorno de uma requisição foi convencionado colocar o campo *metadata* do *Header* preenchido com o IRI dos metadados, um cliente poderia examinar este campo e fazer uma requisição para os metadados. A Figura 6.59 exibe este caso. Na parte superior, encontra-se a inspeção do campo *Link* no *Header*. Observe o item *rel= "metadata"* que representa o relacionamento com um URL do servidor de metadados do IBGE. Na parte inferior, é apresentada a resposta da requisição do URL de metadados. Um interessado com facilidade poderia desenvolver clientes mais amigáveis.

The screenshot shows a REST client interface with two requests and their responses.

Request 1:

- Method: GET
- URL: <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/3550308>
- Headers (highlighted in red box):


```
Link → <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/>; rel="up",<http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/csw?request=GetRecordById&service=CSW&version=2.0.2&elementSetName=full&id=3cd8176c-2f59-4eab-8232-3da978d0ecf3>; rel="metadata"<http://styles.idehc04.tk/styles/municipio.sld>; rel="stylesheet", <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contextos/municipios.jsonld>; rel="http://www.w3.org/ns/json-ld#context"; type="application/ld+json"
```
- Buttons: Params, Send, Save

Request 2:

- Method: GET
- URL: http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/csw
- Headers (highlighted in red box):


```
Authorization: No Auth
```
- Buttons: Params, Send, Save

Response:

- Status: 200 OK
- Time: 658 ms
- Content (Preview tab):


```
<dc:identifier>3cd8176c-2f59-4eab-8232-3da978d0ecf3</dc:identifier>
<dc:date>2016-12-06T14:32:05</dc:date>
<dc:title>BCIM - Município - 1:1 000 000 - 2016</dc:title>
<dc:type>dataset</dc:type>
<dc:subject>Brasil 1:1.000.000 BCIM</dc:subject>
<dc:subject>Limites</dc:subject>
<dc:subject>Município</dc:subject>
<dc:subject />
<dct:abstract>A classe Município faz parte da categoria Limites da Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao milionésimo - 1: 1.000.000 (BCIM), é um conjunto de dados geoespaciais de referência, estruturados em bases de dados digitais, permitindo uma visão integrada do território nacional nesta escala. A classe foi gerada a partir da integração da vetorização das folhas da Carta Internacional do Mundo ao milionésimo - (CIM), estruturada , conforme a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET -EDGV), correspondentes aos elementos geográficos que representam o território nacional
```

Figura 6.59 - Integração entre recurso no REST e o serviço CSW do OGC.

Da mesma maneira, observe a integração com o estilo, *municipio.sld* que pode ser associado a um recurso do tipo Município. A Figura 6.60 exibe este caso. Na parte superior encontra-se a inspeção do campo *Link* no *Header*. Observe o item *rel=*

“stylesheet” relacionamento com um URL do servidor de metadados do IBGE. Na parte inferior resposta da requisição do URL de estilo. Um cliente então poderia requisitar o estilo e aplicar no recurso.

```

Link → <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/>; rel="up"
<http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/csw?
request=GetRecordById&service=CSW&version=2.0.2&elementSetName=full&id=3cd8176c-2f59-4eab-8232-3da978d0ecf3>; rel="metadata"
<http://styles.idehco4.tk/styles/municipio.sld>; rel="stylesheet"
<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/contextos/municipios.jsonld>;
rel= http://www.w3.org/ns/json-ld#context ; type= application/n+json"

```

```

<ssld:Stroke>
  <sld:CssParameter name="stroke">
    <ogc:Literal>#AAAAAA</ogc:Literal>
  </sld:CssParameter>
  <sld:CssParameter name="stroke-linecap">
    <ogc:Literal>butt</ogc:Literal>
  </sld:CssParameter>
  <sld:CssParameter name="stroke-linejoin">
    <ogc:Literal>miter</ogc:Literal>
  </sld:CssParameter>
  <sld:CssParameter name="stroke-opacity">
    <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
  </sld:CssParameter>
  <sld:CssParameter name="stroke-width">
    <ogc:Literal>0.25</ogc:Literal>
  </sld:CssParameter>
  <sld:CssParameter name="stroke-dashoffset">
    <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
  </sld:CssParameter>
  <sld:CssParameter name="stroke-dasharray">4.0 4.0 </sld:CssParameter>
</sld:Stroke>

```

Figura 6.60 - Integração entre o recurso no REST e o serviço de estilos em REST.

6.5.5. Funcionalidades espaciais mais acessíveis

Objetivando dar mais clareza das funções espaciais para vetor, a seguir são apresentadas algumas consultas espaciais no IDEH-Co⁴ que podem ser executadas diretamente em um *browser*:

- 1) Quais aldeias indígenas estão dentro de um polígono? A Figura 6.61 mostra a resposta em GeoJson.

[http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/aldeias-indigenas/within/polygon\(\(-41.8 -21.2,-41.8 -17.8,-28.8 -17.8,-28.8 -21.,-41.8 -21.2\)\)](http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/aldeias-indigenas/within/polygon((-41.8 -21.2,-41.8 -17.8,-28.8 -17.8,-28.8 -21.,-41.8 -21.2))/)

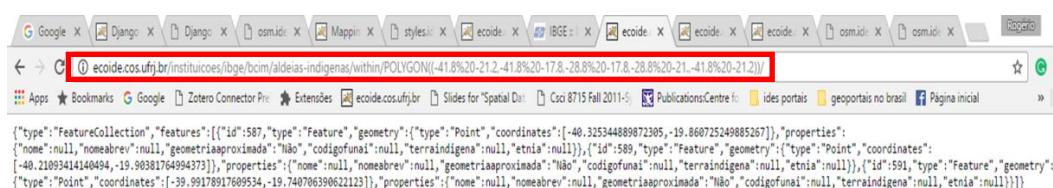


Figura 6.61 - Consulta 1 e resposta.

- 2) Saber que unidade federativa contém um determinado município. A Figura 6.62 mostra a resposta em GeoJson.

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/>
contains/

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municipios/3159407/>

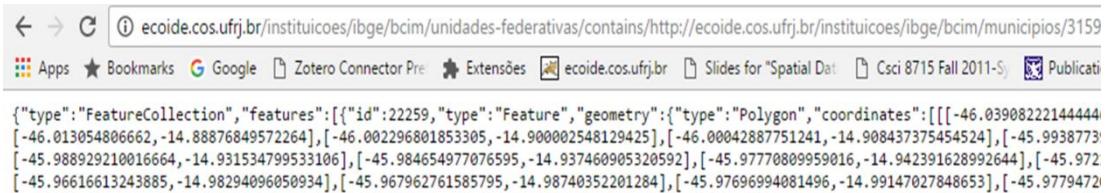


Figura 6.62 - Resposta da consulta 2.

- 3) Quais escolas mapeadas pelo OSM estão no estado do Acre? A Figura 6.63 ilustra a resposta em GeoJson. Observe que esta consulta foi feita entre dois servidores distintos. Um com o OSM e outro com serviços do produto BCIM do IBGE.

http://osm.idehco4.tk/osm_layer-list/pois-school-building-list/
within/

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/AC/>

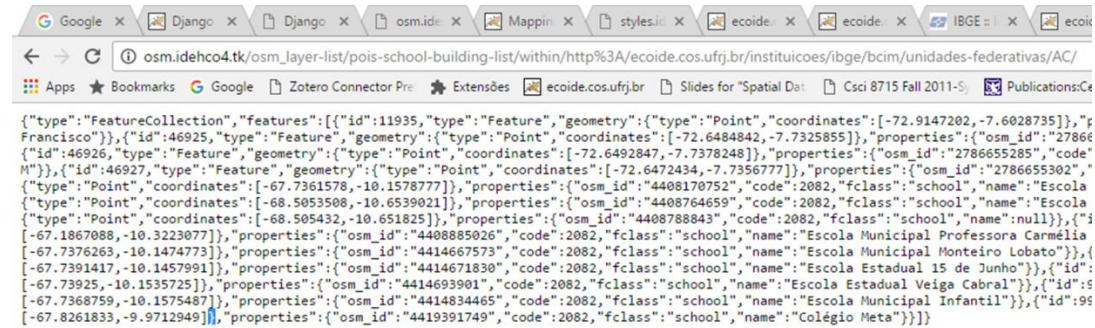


Figura 6.63 - Resposta da consulta 3.

- 4) Qual o sistema de referência da hidrelétrica Usina Hidrelétrica São Luís. Id = 5585? A Figura 6.64 apresenta a resposta em *Well Known Text* (WKT).

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/hidreletricas/5585/crs/>

The screenshot shows a browser window titled "Rogério". The address bar contains the URL <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/hidreletricas/5585/crs/>. Below the address bar, the status bar displays the WKT (Well-Known Text) response:

```
{"crs": "GEOGCS[\"WGS 84\",DATUM[\"WGS_1984\"],SPHEROID[\"WGS 84\",6378137,298.257223563,AUTHORITY[\"EPSG\",\"7030\"]],AUTHORITY[\"EPSG\",\"6326\"]],PRIMEM[\"Greenwich\",0,AUTHORITY[\"EPSG\",\"8901\"]],UNIT[\"degree\",0.0174532925199433,AUTHORITY[\"EPSG\",\"9122\"]],AUTHORITY[\"EPSG\",\"4326\"]]"}
```

Figura 6.64 - Resposta da consulta 4 em WKT.

- 5) Qual é a área do estado de São Paulo? A Figura 6.65 mostra a resposta em m².

Observe que foi usada antes de calcular a área a função *transform* que retorna uma nova geometria com suas coordenadas transformadas no sistema de projeção cartográfica cilíndrica equivalente de Lambert que é passado como parâmetro. No caso 3005, Lambert e True para nova geometria. A ordem dos parâmetros precisa ser obedecida.

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/SP/transform/3005&True/area/>

The screenshot shows a browser window with multiple tabs. The active tab shows the URL <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/SP/transform/3005&True/area/>. The status bar displays the JSON response:

```
{"area": 248365132904.5696}
```

Figura 6.65 - Consulta 5 e resposta.

- 6) Quais universidades mapeadas no OSM estão em MG? A Figura 6.66 mostra a consulta visualmente no aplicativo *mapping* pertencente ao protótipo IDEH-Co⁴.

[http://osm.idehco4.tk/osm_layer-list/pois-university-building-list/_within/](http://osm.idehco4.tk/osm_layer-list/pois-university-building-list_within/)

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/MG/>

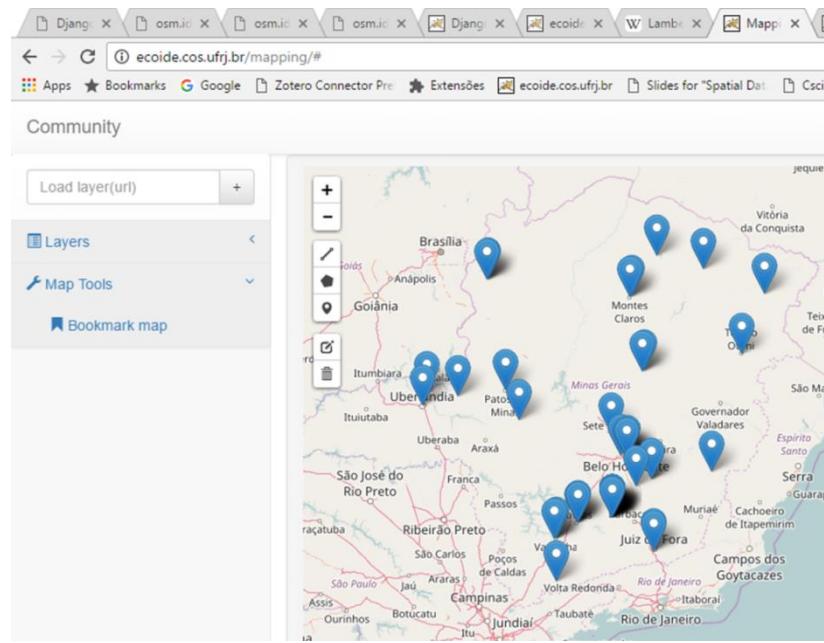


Figura 6.66 - Consulta 6 e resposta.

- 7) Consultar um *buffer* de 0,2 graus decimais ($\approx 22,2$ km) no estado do Rio de Janeiro. A Figura 6.67 ilustra a consulta visualmente.

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/RJ/buffer/0.2/>

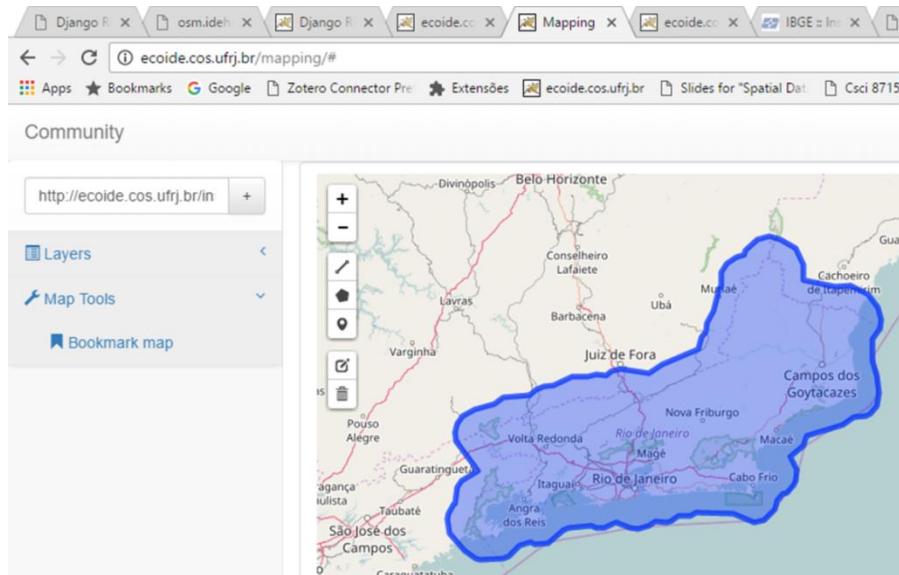
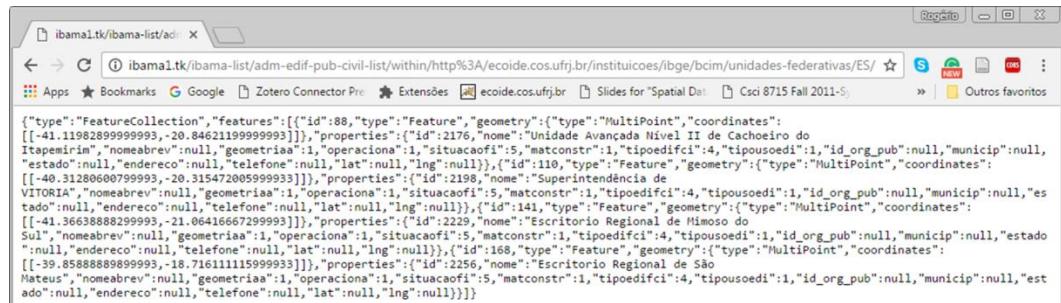


Figura 6.67 - Consulta 7 e resposta.

- 8) Quais unidades administrativas do IBAMA estão no estado do ES? (Figura 6.68)

<http://ibama1.tk/ibama-list/adm-edif-pub-civil-list/within/>

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/ES>



The screenshot shows a browser window with the URL <http://ibama1.tk/ibama-list/adm-edif-pub-civil-list/within/http%3A/ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/ES/>. The page displays a large amount of JSON data representing a FeatureCollection with multiple features, each containing properties like id, name, geometry, and coordinates.

```
{"type": "FeatureCollection", "features": [{"id": 88, "type": "Feature", "geometry": {"type": "MultiPoint", "coordinates": [[-41.11982899999993, -20.84621199999993]]}, "properties": {"id": 2176, "name": "Unidade Avançada Nível II de Cachoeiro do Itapemirim", "nomeabrev": null, "geometria": 1, "operaciona": 1, "situacaoofi": 5, "matconstr": 1, "tipodefci": 4, "tipousuedi": 1, "id_org_pub": null, "municipio": null, "estado": null, "endereco": null, "telefone": null, "lat": null, "lng": null}, {"id": 110, "type": "Feature", "geometry": {"type": "MultiPoint", "coordinates": [[-40.31280600799993, -20.31547200599993]]}, "properties": {"id": 2198, "name": "Superintendência de VITÓRIA", "nomeabrev": null, "geometria": 1, "operaciona": 1, "situacaoofi": 5, "matconstr": 1, "tipodefci": 4, "tipousuedi": 1, "id_org_pub": null, "municipio": null, "estado": null, "endereco": null, "telefone": null, "lat": null, "lng": null}, {"id": 141, "type": "Feature", "geometry": {"type": "MultiPoint", "coordinates": [[-41.36638888299993, -21.06416667299993]]}, "properties": {"id": 2229, "name": "Escritório Regional de Mimoso do Sul", "nomeabrev": null, "geometria": 1, "operaciona": 1, "situacaoofi": 5, "matconstr": 1, "tipodefci": 4, "tipousuedi": 1, "id_org_pub": null, "municipio": null, "estado": null, "endereco": null, "telefone": null, "lat": null, "lng": null}, {"id": 168, "type": "Feature", "geometry": {"type": "MultiPoint", "coordinates": [[-39.85888889899993, -18.71611115999993]]}, "properties": {"id": 2256, "name": "Escritório Regional de São Mateus", "nomeabrev": null, "geometria": 1, "operaciona": 1, "situacaoofi": 5, "matconstr": 1, "tipodefci": 4, "tipousuedi": 1, "id_org_pub": null, "municipio": null, "estado": null, "endereco": null, "telefone": null, "lat": null, "lng": null}}]}
```

Figura 6.68 - Consulta 8 e resposta.

- 9) *Affordance*: Embora a forma correta para um cliente negociar conteúdo seja através do campo *Accept* no *Header* em REST, pensando em um ambiente colaborativo com o intuito de gerar um resultado rápido para humanos no *browser*, foi criado *affordance* para exibir o resultado da consulta em formato de imagem, no caso png. A título de exemplo, a consulta abaixo pode ser visualizada direta no *browser*, conforme Figura 6.69.

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/contains/>

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/aldeias-indigenas/821.png>

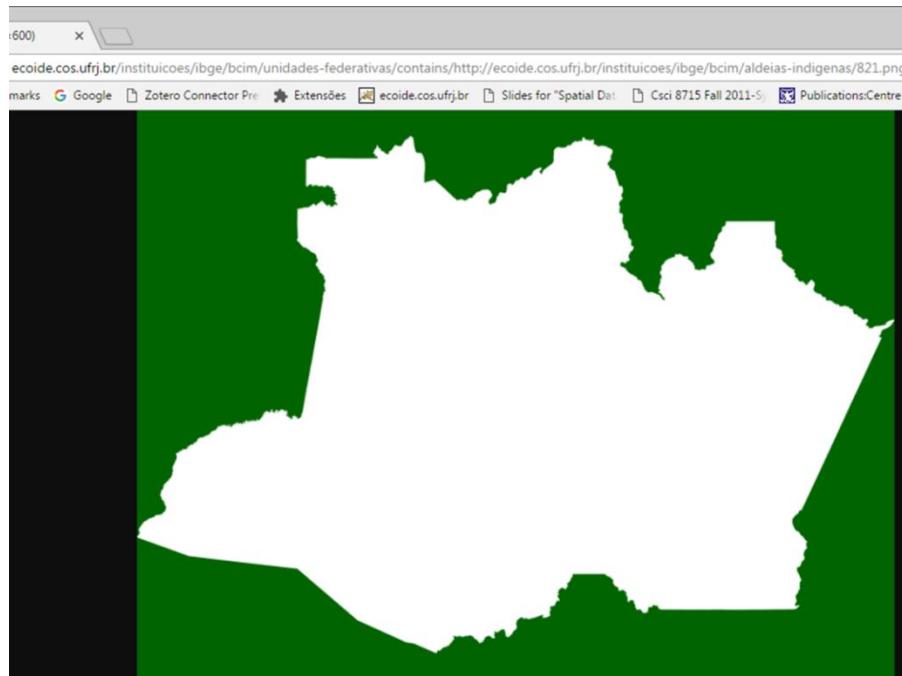


Figura 6.69 - *Affordance* para visualização de consultas em png.

6.6. Discussão

A definição de ter algumas informações no *Header* como, por exemplo, *Metadata* e *Style* das mensagens passadas entre servidor e cliente, está ligada também a maneira incremental de construir os serviços em REST. Certamente uma API no nível 3 poderia trazer estas informações diretamente no contexto, via método *OPTIONS*, ou no campo *Link* do *Header* viria somente com o item *Context* que traria estas informações. Mas conforme dito, construir APIs em REST no nível 2 é simples e serve de transição para atingir o nível 3. Assim uma API ainda no nível 2 poderia apontar para outros recursos, através do campo *Link*, de maneira que máquinas também pudessem interpretar estes outros recursos de acordo com o atributo *rel* do *Link*.

Importante também destacar que um contexto poderia ser criado com qualquer outro tipo de tecnologia. Foi usado JSON-LD/Hydra para o ecossistema da IDEH-Co⁴ devido sua simplicidade de uso, por ser 100% compatível com JSON e por oferecer facilidade para que desenvolvedores passem a utilizar, uma vez que muitos já usam JSON em seus ambientes. Além do mais, dois tipos de pessoas podem ser endereçadas: aquelas que trabalham com JSON e as pessoas que trabalham com dados ligados (*linked data*). Importante mencionar que o uso de JSON-LD e Hydra também pode ser executado de maneira incremental. Um interessado poderia primeiro usar JSON-LD e posteriormente complementar com Hydra que na verdade estende o JSON-LD. Este fraco acoplamento indica que outra tecnologia poderia ser empregada junto ao JSON-LD. Cabe ainda informar que o Hydra não é uma especificação oficial do W3C, e que ainda está como *draft*.

Dentro da *Web*, os clientes mais comuns são os *browsers*, mas é preciso que novos tipos de clientes sejam criados e os existentes sejam aperfeiçoados para tirar melhor proveito desta arquitetura distribuída no que tange a geoinformação. A título de exemplo, aplicações *desktops*, como o QGIS (<http://www.qgis.org/en/site/>) poderiam oferecer funcionalidades mais sofisticadas para trabalhar no contexto do REST. Além disso, aplicações *mobile* poderiam fazer melhor uso desta arquitetura. Por exemplo, a limitação do uso de *cookies* em *mobile* pode ser bem endereçada pela restrição *stateless* do REST no contexto de autenticação e autorização via *tokens*.

Importante ainda reforçar que em um portal de qualquer IDE poderia haver uma área para registros das *Web APIs* para organizar e facilitar o acesso aos geoserviços.

6.6.1. Método *OPTIONS*

Tornamos o método *OPTIONS* mais útil ao dar a responsabilidade de responder sobre o contexto de um recurso. Embora sua semântica esteja relacionada com a capacidade de um recurso, este método é pouco conhecido e utilizado. Normalmente este método apenas responde quais métodos podem ser usados em um recurso. Um fato estranho sobre o método é que ele não é “cacheável” embora seja seguro e idempotente. Além disso, este método sofre restrições em alguns *softwares* ou intermediários, conforme a restrição do REST em sistema em camadas. Isto influenciou na inclusão do item contexto (*Context*) no campo *Link* do *Header* nas mensagens de resposta de requisição.

6.6.2. Método *PATCH*

Embora não tenhamos abordado o método *PATCH*, que faz a atualização de parte de um recurso, acreditamos que ele vai se tornar um importante método, principalmente, por conta do consumo parcial dos recursos conforme visto no tópico sobre *Web* dos Dados.

6.6.3. Estabilidade e Versionamento de *Web APIs*

Da mesma maneira que uma pessoa recebe uma identificação que salvo exceção não muda ao longo da vida, os IRIs dos recursos também devem ser estáveis, principalmente quando uma rede de dependência é criada. Para o caso em que haja mudanças nos recursos é possível usar versionamento da API através do campo *Link* no *Header*. A RFC 5988 traz itens como *predecessor-version*, *successor-version*, *version-history* e outros que são apropriados para tratar de versionamento. Desta forma não seria necessário alterar um IRI de determinado recurso.

6.6.4. Relaxamento da restrição Cliente/Servidor do REST

As IDEs por questões de serem um ambiente padronizado e de conhecimento, relaxamos esta restrição ao permitir passar como parâmetro um IRI de outro IRI. Nesta situação o servidor que recebe o IRI como parâmetro passa a desempenhar o papel de cliente criando assim uma relação *peer-to-peer*. Esta tomada de decisão foi influenciada

por conta dos dados geoespaciais que quase sempre são grandes e pesados por conta da geometria. De acordo com FIELDING (2007) este relaxamento tem como implicações afetar a simplicidade de implementação e potencial confusão em intermediários, mas que é preciso analisar o custo-benefício. No caso de dados geoespaciais achamos útil tornar possível realizar operações como a descrita abaixo diretamente no *browser*:

[http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/RJ/
union/](http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/RJ/union/)

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/MG>

6.6.5. REST não é uma solução para tudo

O estilo arquitetural do REST é considerado, amplamente, como mais simples e aderente a *Web* como forma de expor interfaces de serviços, em particular quando comparado com abordagens anteriores, complexas e pesadas como SOAP / WS-* e protocolos de inspiração RPC semelhantes (PAUTASSO *et al.*, 2014). Serviço em REST é explorável (navegável), mas também consultável (*queryable*), enquanto, por exemplo, os serviços do OGC são apenas consultáveis.

Muitas aplicações distribuídas não seguem os princípios da arquitetura REST, embora muitos ainda digam ser aplicações RESTful (WEBBER *et al.*, 2010). MALESHKOVA *et al.* (2010) ponderam que a atual proliferação de *Web APIs* não é devido ao aumento do uso de princípios do REST, pois de acordo com o estudo dos autores, a maioria das *Web APIs* tem baixa aderência às restrições imposta pelo REST. Os autores ainda argumentam que, a simplicidade e a tendência para a abertura dos dados estão impulsionando a evolução que resulta no mundo dos serviços na *Web* que está sendo cada vez mais dominado por aplicações *Web APIs*, todavia reconhecendo que a maneira como as APIs são descritas não é significativa para reutilização.

VINOSKI (2008b) diz que a relativa simplicidade do REST vem do fato de que ele não só define claramente as suas vantagens e desvantagens e limitações, mas também separa nitidamente preocupações, tais como a identificação de recursos, interfaces de recursos e definições para os dados trocados.

REST de certa forma é contraditório quanto à sua aplicação e entendimento. Se por um lado suas restrições tornam claro seu entendimento e a implementação, por outro, há ainda dúvidas e questões a serem resolvidas. ZUZAK *et al.* (2011) expressam que a falta de explicações formais tem causado efeitos negativos, como a confusão na

compreensão de conceitos do REST, o mal uso da terminologia e a ignorância dos benefícios do estilo arquitetural. Além do mais, por ter se tornado uma *buzzword* é fácil encontrar em *sites*, *blogs*, apresentações e vídeos e interpretações confusas e muitas vezes equivocadas nos conceitos de REST.

Outra questão é o aspecto marcante da arquitetura que efetivamente considera o meio de comunicação distribuído, requerendo um conhecimento mínimo do interessado. Por exemplo, questões de escalabilidade, tolerância a falhas, *caches*, servidores *proxy*, *proxy reverso*, *gateway*, *firewall* são itens importantes endereçadas nas restrições do REST.

Também é de conhecimento que REST não é adequado para aplicativos de baixa latência ou que requeiram respostas instantâneas como, por exemplo, aplicações de tempo real.

6.7. Considerações finais

Uma arquitetura híbrida de serviços para IDEs foi proposta e apresentada para ecossistema IDEH-Co⁴. A proposta tem a preocupação de trilhar um novo caminho complementar e evolutivo através do emprego de REST no nível 3 do Modelo de Maturidade de Richardson (MMR) em ambiente de IDEs. Tal nível torna as *Web APIs* auto-documentáveis e exploráveis por máquinas e humanos, atributos que seriam importantes para os nós que fazem parte de IDEs.

Foram simulados alguns nós e disponibilizados geoserviços apresentados em quatro casos comuns de acesso a serviços em *raster*, vetor, estilo e por último com os metadados da INDE. Neste último caso, foi mostrado que é possível integrar com serviços OGC, no caso o CSW. Também foi demonstrado a integração de dados geoespaciais com não geoespaciais.

Também foi mostrado que é possível implementar serviços *Web geo* sem implementar OWS com alto grau de interoperabilidade através do uso adequado das restrições arquiteturais do REST. Foi comprovado ainda que é possível transformar os nós de uma IDE, que disponibiliza serviços, em efetivas bibliotecas de recursos geoespaciais, ou seja, *Web APIs* interoperáveis. Igualmente foi possível demonstrar a contribuição em direção de uma infraestrutura de serviços mais intuitiva, fácil de usar, para descobrir, buscar, compartilhar, reutilizar e integrar do ponto de vista dos interessados.

Foi sugerido a criação de vocabulários universais voltados para área da geoinformação, como por exemplo, para operações espaciais objetivando dar semântica e padronização para uso em contexto, visto que os vocabulários como *Schema.org*, FOAF entre outros não contemplam vários termos utilizados.

Este capítulo evidenciou que para usar a *Web* de forma mais adequada e tirar proveito de atributos como desempenho, escalabilidade, fraco acoplamento, no âmbito de IDEs, é necessário respeitar as restrições do estilo arquitetural do REST. Neste sentido é preciso que o *framework* tecnológico que dá sustentação as IDEs leve em consideração esta maneira de se construir sistemas que disponibilizam geoserviços.

Por fim, embora este capítulo tenha abordado e avançado na pavimentação para *Web* 3.0 ao dar significado aos recursos via contexto, não se pretendeu neste trabalho aprofundar em assuntos correlacionados como, por exemplo, a ontologias, ao uso de RDF (<https://www.w3.org/TR/2014/NOTE-rdf11-primer-20140225/>), a linguagens de consultas como SPARQL (<https://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-overview-20130321/>), notadamente para *Web* semântica etc. Mas acredita-se que adoção de alguns padrões como JSON-LD/Hydra, Vocabulários Universais ajudam a pavimentar este caminho.

Capítulo 7: Arquitetura de serviços fins proposta para a IDEH-Co⁴

Este capítulo inicialmente mostra como é proposto o relacionamento do ecossistema IDEH-Co⁴ com outras IDEs e seus nós. A seguir, apresenta uma arquitetura de referência de serviços fins como resultado da arquitetura clássica de IDEs, da convergência que considera a computação social e sistemas colaborativos que foram categorizados e abordados no Capítulo 3, no modelo conceitual e de sustentação para o IDEH-Co⁴ proposto no Capítulo 4 e fundamentada na arquitetura híbrida de serviços proposta no Capítulo 6.

Para ilustrar esses serviços são apresentados alguns protótipos e serviços desenvolvidos para um ambiente de IDE moderno, indo além dos tradicionais serviços.

7.1. Ecossistema IDEH-Co⁴ e relacionamentos com IDEs e nós

O modelo conceitual IDEH-Co⁴, apresentado seção 4.6 do Capítulo 4, mostra que é necessário que uma IDE seja um nó assim como as instituições são nós. Ainda a este respeito, foi proposto que o ecossistema para IDEH-Co⁴, no *framework* tecnológico deveria estar em uma nuvem de governo conforme as seções 4.4, 4.5 e 4.7 apresentados no Capítulo 4. A Figura 4.9 traz os elementos formadores do ecossistema.

Neste caso, o IDEH-Co⁴, como nó Hub, atua em harmonia e em parceria com os nós visando o crescimento do ecossistema em que todos participam. Independente da esfera de governo, o IDEH-Co⁴, além de referência, deve prover serviços agregando abordagens formais (institucionais) e informais (voluntários, comunidades abertas, mídias sociais etc). É preciso considerar os diversos projetos que ficariam bem hospedados em um local comum a todos. É preciso levar em consideração que no país a maioria dos municípios não possui recursos para manter uma IDE e, consequentemente, assegurar a sustentabilidade da informação. Por outro lado, é importante citar que estes serviços fins propostos, em um cenário ideal, poderiam estar hospedados também em nuvens estaduais ou municipais. Entretanto, o IDEH-Co⁴ deve estar habilitado para poder receber das instituições públicas de qualquer esfera, os serviços de disseminação e os serviços para projetos conforme vistos na seção 4.4.2.

O ambiente proposto visa uma plataforma que aborda requisitos relativos ao contexto brasileiro. Esta infraestrutura, apoiada pela computação em nuvem, poderia estar disponível e acessível a qualquer entidade que poderia não somente usar, mas também compartilhar e reutilizar através de seus respectivos processos de produção e divulgação. A Figura 7.1 ilustra uma representação do ecossistema IDEH-Co⁴ como um nó de referência que se relaciona com outras IDEs e nós.

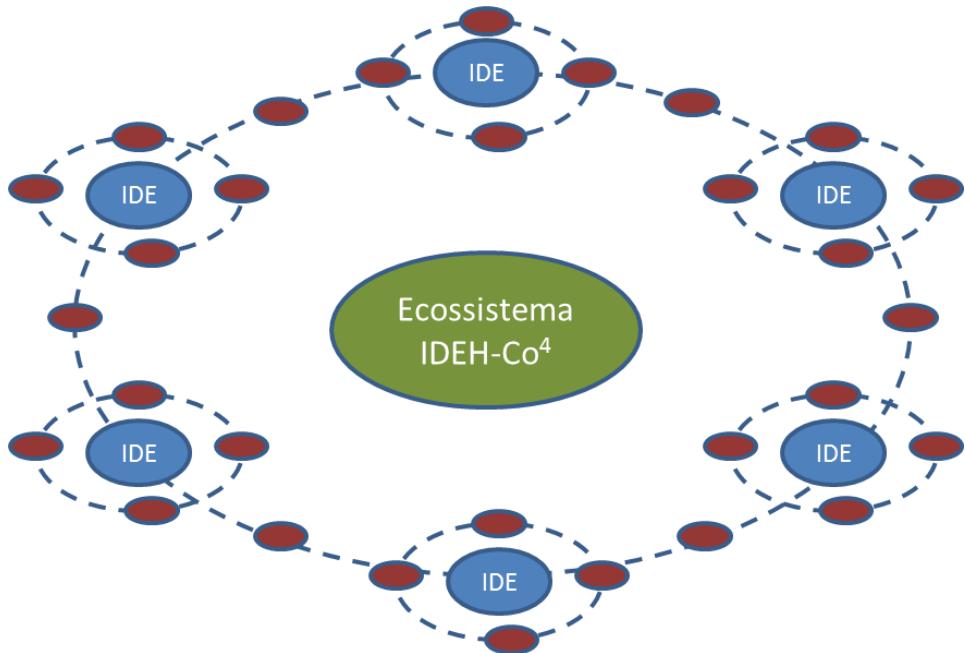


Figura 7.1 - Ecossistema IDEH-Co⁴ e relacionamentos com IDEs e nós.

7.2. Serviços Fins

Os serviços fins que poderiam ser disponibilizados pelo ecossistema IDEH-Co⁴, representados na Figura 7.2, são descritos a seguir:

- **Serviços de Descarga Migração e Conversão:** São serviços para baixar e carregar dados, serviços e *containers*. Vale ressaltar que, em geral, a informação ou conjunto de itens de informação espacial pode estar em formatos proprietários, dificultando o acesso e o compartilhamento e, neste caso, exigindo ferramentas de ETL (*Extract, Transform, and Load*) que poderiam ser oferecidas pelo ambiente IDEH-Co⁴ a fim de facilitar e agilizar a migração e conversão de dados e serviços. Atualmente há ferramentas livres como, por exemplo, *Spatial Talend*, *GeoKettle*, *Stetl* entre outras que poderiam estar sendo empregadas.

- **Serviços de Computação Social:** Este tipo de serviço tem o objetivo de fornecer funcionalidades relacionadas a aspectos de rede social como curtir, compartilhar, seguir, ranquear, reputação e outros no IDEH-Co⁴. Também está relacionado à criação de contas em *sites* de redes sociais para disseminar o ambiente e também para criar relacionamento com pessoas e assim apoiar o entendimento e atendimento das necessidades, bem como pistas deixadas através de comentários. No Capítulo 3, as seções 3.1 e 3.2, tratam das perspectivas apoiadoras. Por fim, a questão do tratamento das funcionalidades de mídias, sociais apontadas na seção 3.2.3 desse mesmo capítulo, tem sua implementação facilitada ao usar REST no nível 3, visto que este tem forte relação com *linked data*.

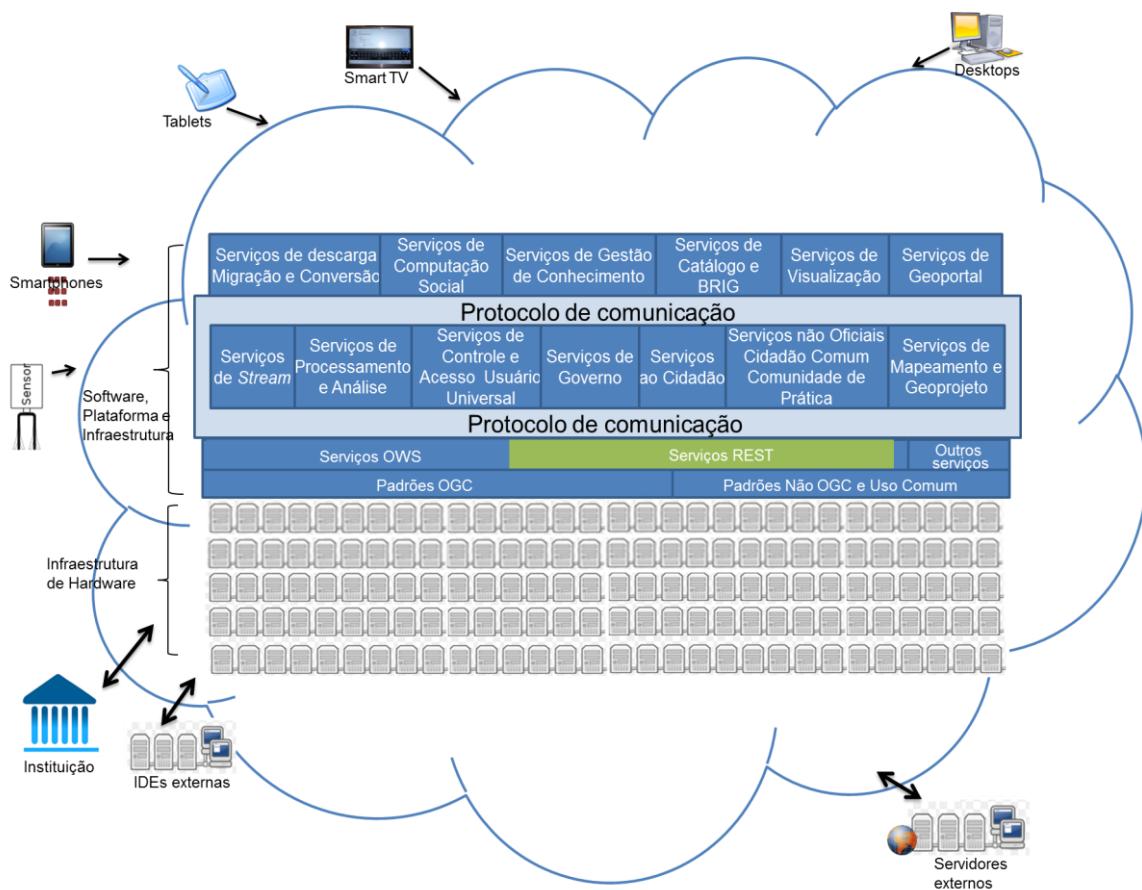


Figura 7.2 - Serviços fins propostos para o ecossistema do IDEH-Co⁴.

- **Serviços de Gestão de Conhecimento:** Este tipo de serviço oferece funcionalidades para gerenciar os recursos (pessoas, organização, camadas, mapas etc) no IDEH-Co⁴, respondendo a questões tais como: (1) Quais são as camadas mais requisitadas, para que são utilizadas e por quem? (2) Quem são essas pessoas (as suas habilidades, perfis)? (3) Quem participou em um determinado projeto? (4) Quem

colaborou mais? etc. Observe que estas atividades também podem ser apoiadas pelo serviço de Computação Social já que a partir dos registros das atividades dos usuários é possível fazer uma análise destas atividades.

- Serviço de Catálogo Busca e Recuperação da Informação Geoespacial (BRIG): São serviços voltados para fornecer funcionalidades relacionadas com o registro, catalogação, busca e recuperação de informação de serviços geoespaciais (dados, metadados e nomes geográficos). Desta forma, as instituições poderiam registrar seus serviços *EntryPoint* baseados na arquitetura OWS e REST no caso *Web APIs*. Para serviços entregues como RESTful é possível usar motores de busca, mas do ponto de vista organizacional é importante uma área para as instituições registrarem seus *EntryPoints* para facilitar a busca e acesso.
- Serviços de Visualização: Estes serviços oferecem funcionalidades para a visualização de informações geoespaciais em forma de mapas em formato vetorial e *raster*, camadas, estilos, etc. Os serviços em REST por serem mais interoperáveis facilitam a visualização em diferentes dispositivos.
- Serviços de Geoportal: Estes serviços relacionam com os demais serviços proporcionando aos visitantes acessos organizados a diversos tipos de informações, recursos, notícias, divulgação e promoção de eventos, *links* para outros lugares, etc. Agregam conteúdos, disponibilizam catálogos de serviços, organização das áreas dos diferentes tipos de serviços, dados e recursos.
- Serviços de Stream: São serviços que fornecem mecanismos para monitorar recursos de informação geoespacial. Por exemplo, seja um sensor medindo a temperatura de um local ao longo do tempo e enviando para o IDEH-Co⁴. Outra forma de *stream* seria através de monitoramento de algum evento de interesse como, por exemplo, o monitoramento de locais com casos de febre amarela apontados via *twitter*.
- Serviços de Processamento e Análise: Consistem em fornecer serviços voltados para o processamento e análise de dados espaciais, como por exemplo, operações espaciais, generalização de camadas, extração de feições automatizadas etc. Note que no caso do REST algumas funções de processamento e análise já estão diretamente no recurso.
- Serviços de Controle e Acesso e Usuário Universal: São os meios para controlar e conceder privilégios aos recursos. Este tipo de serviço também visa disponibilizar

affordances para que pessoas possam se autenticar com perfis externos como, por exemplo, pelo *Facebook* e *Google+*.

- **Serviços de Governo**: Proveem o acesso a informações geoespaciais oficiais fornecidas por instituições públicas. Podem ser em conformidades com a arquitetura OWS ou REST, estando cada tipo catalogado de acordo com sua tecnologia. O ambiente de disseminação das instituições oficiais proposto no Capítulo 4 poderia ser hospedado no IDEH-Co⁴, bem como os serviços para prefeituras e entes sem recursos.
- **Serviços ao Cidadão**: Oferecem um canal direto com os cidadãos em relação à vida cotidiana em eventos da cidade e também fornece ou integra alguns serviços básicos, como, por exemplo, serviços de roteamento. Além disso, eles permitem aos cidadãos o exercício da cidadania por meio de relatórios, reclamações, apontamento de problemas, fiscalização etc. Este tipo de serviço é inspirado na categoria Baseado no Exercício da Cidadania apresentado no Quadro 3.3 do Capítulo 3. Alguns exemplos como *fixMyStreet* e *Colab.re* são inspirações para este tipo de serviço. Uma questão presente nestas aplicações é a interoperabilidade e acesso aos dados, que, por exemplo, não é aberto como no caso do Colab.re. Outra questão é que estes serviços poderiam estar padronizados ao atendimento de prefeituras.
- **Serviços de Mapeamento e GeoProjeto**: Destinam-se a edição de bases de dados geoespaciais no ambiente. Este tipo de serviço alinha-se com a categoria Mapeamento Básico e Temático também apresentado no Quadro 3.3 do Capítulo 3. Interessante observar que os serviços baseados em REST no nível 3 possibilitam a atualização de qualquer recurso externo ao ambiente, uma vez que há contexto ligado ao recurso e bastando para isto os clientes estarem adequados a atualização. Também permitem a criação de novos projetos de mapeamento de colaboração, incluindo a definição de áreas geográficas de trabalho e a composição da equipe que estará envolvida no projeto. Cada projeto pode ser executado entre as partes interessadas (instituições e indivíduos), e apoiado por iniciativa de *Crowdsourcing*, conforme visto no Capítulo 3. Por exemplo, seja um projeto para classificação e análise de imagens ou ainda sejam outros tipos de projetos, baseados em localização, em coleta e *upload* de conteúdo como, *verbi gratia*, na realização da etapa de reambulação em um processo de mapeamento oficial, conforme as categorias Baseado em Localização, Classificação e Análise, e Coleta e *Upload* de Mídia e Conteúdo do Quadro 3.3 do Capítulo 3.

- Serviços Não-oficiais, Cidadão Comum e Comunidade de Práticas: Baseado na categoria Comunidade de Interesse, do Quadro 3.3 do Capítulo 3, para oferecer informações geoespaciais disseminadas como serviços por cidadãos interessados em mapear algo que seja relevante ou de interesse comum. Por exemplo, mapear lixões, mapear trilhas, mapeamento de áreas carentes, entre outras. Este tipo de serviço também serve para acomodar outros serviços baseados em infraestruturas inversas e abertas como, por exemplo, o OSM.

7.3. Relação de dependência e utilização dos serviços fins

Ressalta-se que há uma relação de dependência e utilização dos serviços, como por exemplo, os serviços de Gestão de Conhecimento podem fazer uso dos Serviços de Computação Social, que por sua vez, podem utilizar serviços de Controle e Acesso e Usuário Universal. Conforme citado, estes serviços fins são resultados dos capítulos anteriores e procuram acrescentar outras funcionalidades às IDEs.

7.4. Endereçando os serviços do IDEH-Co⁴

Esta seção apresenta algumas aplicações voltadas para o ecossistema IDEH-Co⁴. Inicialmente são descritos os usos de *contêineres* e microserviços como uma forma para facilitar a disponibilização de serviços. A segunda parte apresenta algumas implementações.

7.4.1. Containers e microserviços

Foram desenvolvidos alguns protótipos, ao longo deste trabalho, mirando o ecossistema IDEH-Co⁴. Esses protótipos baseiam-se em *contêineres* e no uso de microserviços. *Container* é um conceito baseado na virtualização. É possível executar muitas instâncias (*containers*) no topo de um sistema operacional onde o *kernel* é compartilhado entre todos os *contêineres*. No entanto, um *container* é uma instância isolada de qualquer outra instância container. A proposta para o ecossistema é também usar o *Docker* (<https://www.docker.com/>). Trata-se de um projeto *opensource* que permite disponibilizar aplicações dentro de *containers*, para desenvolver e implantar serviços. *Docker* simplifica a forma como as aplicações são compartilhadas,

desenvolvidas e distribuídas (BOETTIGER, 2015). A título de exemplo, as aplicações utilizadas no Capítulo 6 estão em *containers*.

LEWIS e FOWLER (2014) conceituam que microserviços são um estilo de arquitetura para o desenvolvimento de uma aplicação como um conjunto de serviços de pequeno porte (microserviços) em execução no seu próprio processo e que se comunicam através de mecanismos leves, como por exemplo, Web APIs. Em geral, um microserviço é uma pequena aplicação com uma única responsabilidade que pode ser desenvolvida, implantada, dimensionada e testada de forma independente (THONES, 2015). A filosofia de microserviços e *containers* é usada nos protótipos para o IDEH-Co⁴. Isto não só simplifica o ciclo de desenvolvimento, mas também a disponibilidade de serviços, uma vez que microserviços são mais independentes. A Figura 7.3 mostra dois protótipos *Community* e *UniversalUser* usando esta filosofia. Eles estão usando o REST como protocolo de comunicação. Observe que a infraestrutura poderia ser uma nuvem, um servidor ou computador simples.

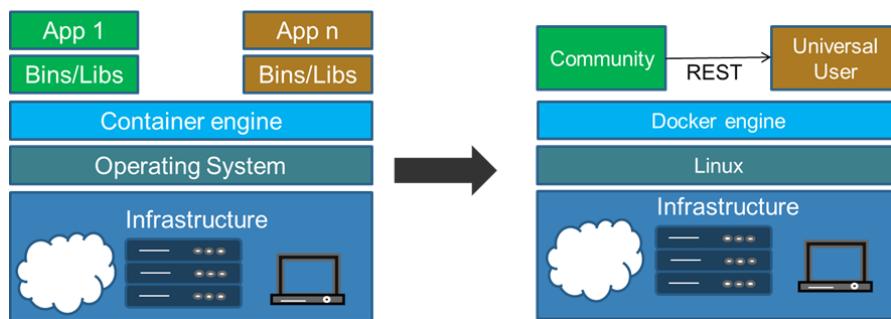


Figura 7.3 - Arquitetura de *contêineres* e microserviços. Adaptado de www.docker.com/what-docker.

O uso de microserviços tem as seguintes vantagens: mais fácil de entender e usar; mais simples de testar e manter; mais fácil o compartilhamento e reuso, maior escalabilidade. A contrapartida é a necessidade de gerenciar uma quantidade maior de pequenas aplicações que também pode trazer complexidade. Um fato constatado sobre o *Docker* é que por compartilhar o *kernel* do sistema operacional, ele se torna muito mais leve quando comparado a uma máquina virtual, inclusive podendo ser executado dentro de uma máquina virtual (BERLICH *et al.*, 2016). Como consequência, é possível executar muito mais *containers* que máquinas virtuais em um mesmo computador. Outra característica importante é que qualquer pessoa pode usar e compartilhar qualquer tipo de imagens *Docker*, utilizando, por exemplo, hub *Docker* sem o "inferno das dependências" conforme apontado por BOETTIGER (2015).

Outra facilidade proporcionada pela tecnologia de *container* é gerar imagem daquele tipo de aplicação que é difícil de configuração, instalação e demanda tempo

desencorajando seu uso. Após a criação de uma imagem para este tipo de aplicação, para execução desta, basta instanciar um *container* a partir da imagem. A Figura 7.4 ilustra algumas imagens geradas que podem ser instanciadas para gerar *containers*. Por exemplo, é possível criar para cada estado/município no Brasil uma instância (*container*) da imagem idehco3/EDGV com um simples comando como este: *Docker run -name {container_name} idehco3/bc_edgv*.

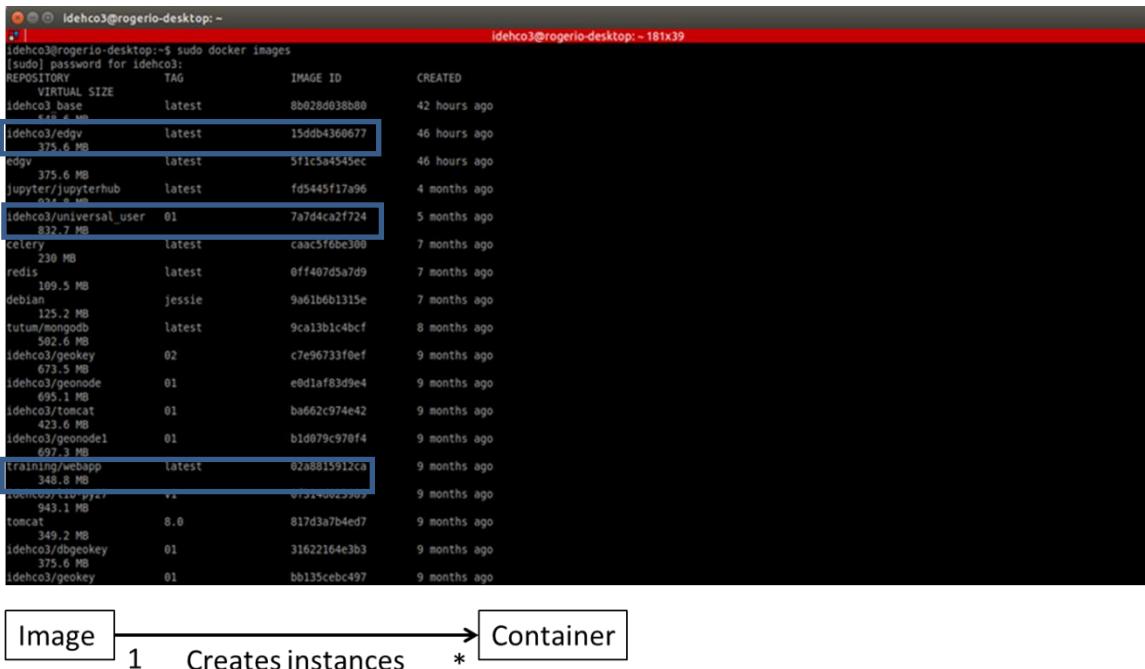


Figura 7.4 - Exemplos de imagens usando *Docker*.

Portanto, uma importante característica para ecossistema IDEH-Co⁴ é a proposta de uso de micro serviços embutidos em *containers* que poderiam estar sendo executados de maneira mais independente ao não privilegiar plataformas monolíticas, embora reconhecendo a questão da granularidade dos serviços. Assim, para o desenvolvimento e implantação do ecossistema IDEH-Co⁴ são sugeridos *contêineres* e microserviços. Outro fato é que microserviço alinha-se com o estilo arquitetural do REST.

7.4.2. Serviços e protótipos

A seguir são apresentados três protótipos desenvolvidos e aplicações propostas para o ecossistema que são entregues como serviços, a saber:

- Protótipo 1: Aplicado a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim;
- Protótipo 2: Informação Geográfica Voluntária no processo de reambulação;

- Protótipo 3: *Geostream-Api* - Uma aplicação colaborativa de monitoramento e consumo de eventos *on-line*;
- Serviço 1: Serviços de Governo;
- Serviço 2: Serviços de Mapeamento e GeoProjeto;
- Serviço 3: Serviços não-oficiais, Cidadão Comum e Comunidade de Práticas;
- Serviço 4: Serviços de Computação Social;
- Serviço 5: Serviços de Processamento e Análise

- **Protótipo 1: Aplicado a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim**

BORBA *et al.* (2015b) para testar e avaliar alguns serviços propostos ao ecossistema IDEH-Co⁴, criaram um protótipo para a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, localizada nas proximidades da Baía de Guanabara. Esta é uma área que a pressão antrópica está a aumentar devido ao desenvolvimento do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) e a estrada Raphael de Almeida Magalhães, construídos nas imediações do grande Rio de Janeiro (anel viário).

O protótipo customizou o *Geonode* (geonode.org) e foi gerada uma imagem base no *Docker* para que *containers* fossem instanciados. A Figura 7.5 exibe a imagem a da área de estudo no *Geonode*. O *Geonode* é uma plataforma para o gerenciamento e publicação de dados geoespaciais para serviços OGC, enriquecida com funcionalidades de mídias sociais de maneira a permitir aos membros comentar, ranquear e compartilhar mapas e camadas na plataforma. Também há funcionalidade para analisar a contribuição, criar fórum de discussão, saber quem contribuiu mais e o perfil de um usuário, ou seja, algumas funcionalidades para gestão de conhecimento. Para este protótipo também foi considerado o uso do *EpiCollect+* (<http://www.epicollect.net/>) que é uma aplicação móvel para projetos de coleta de dados. No caso desta aplicação, os usuários preenchiam um pequeno formulário sobre problemas na região e tiravam uma foto para posterior submissão e tratamentos dos dados.

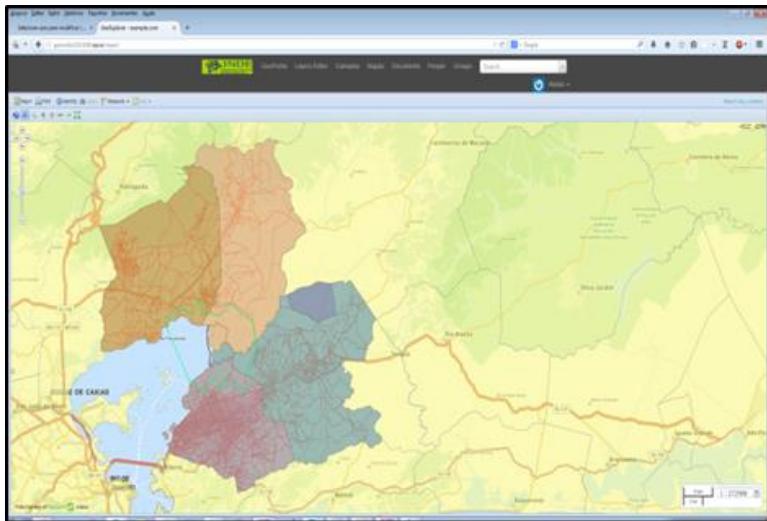


Figura 7.5 - Área de estudo.

Fonte: (BORBA *et al.*, 2015b).

A respeito deste trabalho, embora importante, mostrando que é possível a sociedade local contribuir voluntariamente com o conhecimento do espaço vivido e apontando problemas e soluções, ele serviu de motivação para investigação de outras tecnologias e padrões arquiteturais. A arquitetura do *Geonode* é monolítica e não permite uma integração mais adequada de seus dados não espaciais com outras aplicações. Já os serviços geoespaciais ficam armazenados no *Geoserver* que faz parte da arquitetura do *Geonode* e desta forma possibilitando a integração com outras aplicações via serviços OGC. Outro fato importante, por ter sido gerado uma imagem no *Docker*, tornou-se possível instanciar a partir da imagem do protótipo, *containers* para outras finalidades de maneira simples. Desta forma, este ambiente poderia ser instanciado para diferentes interessados como, por exemplo, uma prefeitura.

- **Protótipo 2: Informação Geográfica Voluntária no processo de reambulação**

O trabalho que realizamos em JUNIOR *et al.* (2016) apresentou uma metodologia para a construção de uma base de dados voluntária em um estudo de caso para coletar dados sobre postos de combustíveis de interesse da Agência Nacional de Petróleo (ANP). Este é um tipo de atividade que propomos como serviços de Mapeamento e Geoprojeto, mais precisamente na categoria Coleta e *Upload* de Mídia e Conteúdo. Para isto foi criado um aplicativo/formulário PostoRJ baseado no *EpiCollect+*, que permitia que os usuários respondessem ao questionário e enviassem as informações registradas para o servidor de dados. O objetivo deste Geoprojeto foi

mostrar que a reambulação, uma etapa importante no processo de mapeamento, poderia ser realizada com apoio de voluntários usando *smartphones* e com uma aplicação de coleta de dados instalado. A Figura 7.6 mostra o total de registros coletados. Outro objetivo, além de demonstrar que é possível inserir voluntários na etapa de reambulação, era integrar com os dados do OSM e assim criando uma via de duas mãos, isto é, injeção inversa de dados.



Figura 7.6 - Total de Registros coletados sobre postos de combustíveis.

Fonte: JUNIOR *et al.* (2016).

- **Protótipo 3: Geostream-API - uma aplicação colaborativa de monitoramento e consumo de eventos on-line**

O objetivo desta aplicação consiste em endereçar a necessidade e a colaboração de instituições e pessoas no envolvimento de algum tipo de evento que precisa ser monitorado durante um intervalo de tempo, ou continuamente, e que possa ser consumido através de geoserviços disponibilizados a todos via uma API baseada em REST (BORBA *et al.*, 2016). Neste trabalho foi abordado somente o consumo de *twitters* georreferenciados por pessoas que contraíram Dengue em um determinado local. Ressalta-se que esta aplicação é voltada para dados abertos e cultura participativa. Sendo assim, qualquer evento monitorado fica disponível para que outros possam também consumir e analisar os resultados. As Figuras 7.7 e 7.8 exibem respectivamente a fase de cadastro do termo de monitoramento e de visualização dos *twitters* georreferenciados de acordo com o termo de pesquisa cadastrado.

Monitor Twitter List

POST /streams/twitter/monitors-twitters/

```

HTTP 201 Created
Content-Type: application/json
Vary: Accept
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS

{
    "user": 1,
    "name": "Monitoramento aedes aegypti",
    "description": "Localização das pessoas que foram infectadas pelo mosquito aedes aegypti",
    "search_term": "tivedenguequaiteste",
    "initial_date": "2016-02-01T12:26:08.150330",
    "final_date": "2016-02-01T12:26:08.150330",
    "interval": "00:01:00",
    "since_id": 0,
    "created_on": "2016-02-01T12:26:08.151471Z"
}
  
```

User: rogerio

Name: Monitoramento aedes aegypti

Description: Localização das pessoas que foram infectadas pelo mosquito aedes aegypti

Search term: tivedenguequaiteste

Initial date: 01/02/2016 12:26:08,150

Final date: 01/02/2016 12:26:08,150

Interval: 00:01:00

Figura 7.7 - Cadastro de termo a ser monitorado.

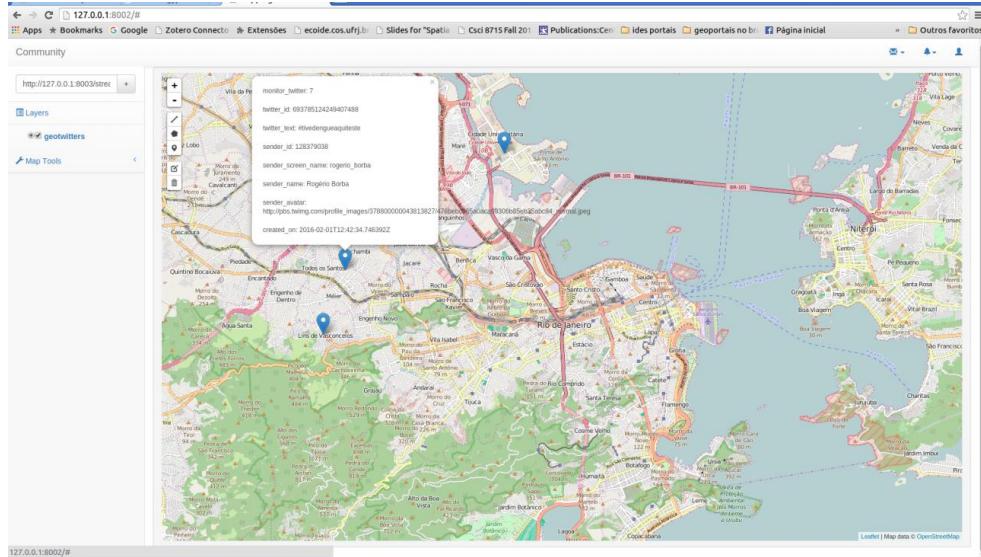


Figura 7.8 - Visualização dos *twitters* georreferenciados de acordo com o termo de pesquisa.

Todos os dados monitorados são acessíveis via REST, de maneira que qualquer pessoa possa consumir os dados. Esta aplicação alinha-se com os serviços de *Stream* propostos para o IDEH-Co⁴.

- **Serviço 1: Serviços de Governo**

Aplicações como IbamaRESTful e VectorRESTful simulam a disponibilização de serviços oficiais no padrão REST. A Figura 7.9 apresenta o consumo de um *EntryPoint*, <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim>, para um produto que seria oficial, no caso a Base Cartográfica Integrada do Brasil a um Milionésimo (BCIM) do IBGE. Os serviços no padrão OGC disponibilizados pelas instituições públicas são categorizados neste tipo de serviço.

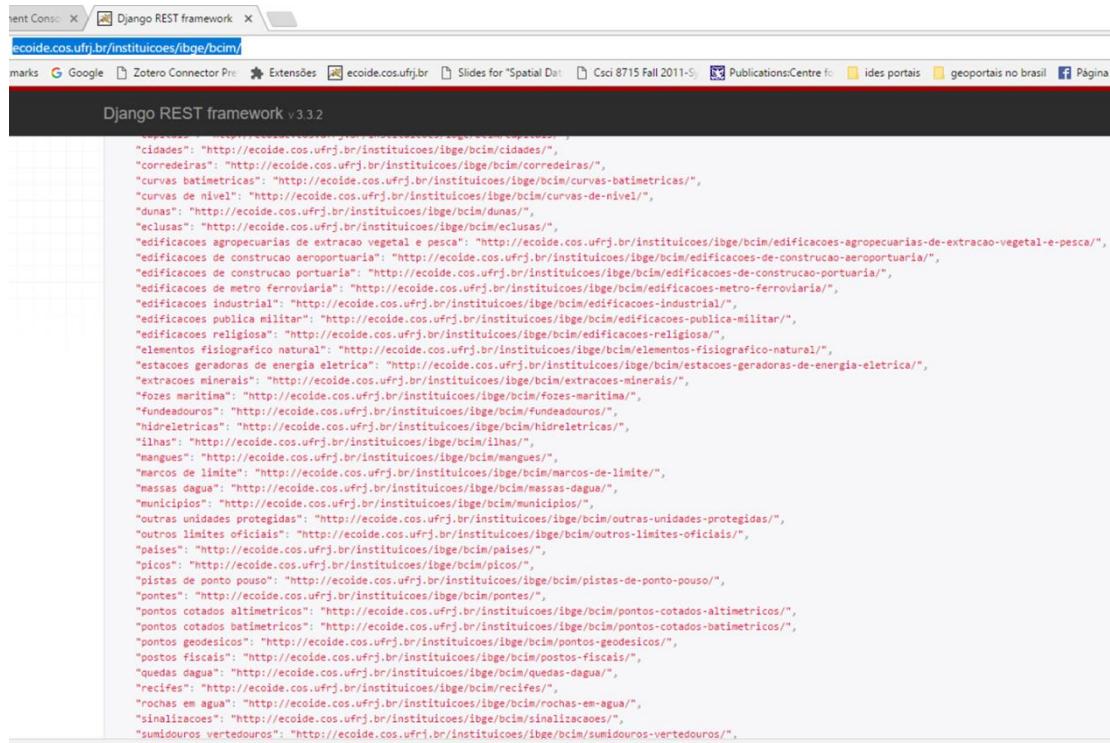


Figura 7.9 - Consumo de *EntryPoint* de governo para produto vetor.

- **Serviço 2: Serviços de Mapeamento e GeoProjeto**

São serviços de auxílio ao mapeamento como, por exemplo, seleção e edição de dados vetoriais em *browsers* e coleta e *upload* de dados. A Figura 7.10 mostra um protótipo simulando a edição de um recurso São João Del Rei que é do tipo município. Para isso, é necessário informar o URI, neste caso: <http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/municios/3162500>. O interessante deste protótipo é que ele é capaz de ler o contexto do recurso e desta maneira entender como exibir e manipular o recurso sem a necessidade de conhecimento prévio, visto que toda a informação necessária para a manipulação do recurso fica no contexto. Ressalta-se, porém, que por ser somente um protótipo muitas funcionalidades estão ausentes. Na

verdade procurou-se privilegiar um cliente entendendo REST no nível 3. Outra questão importante, é que a representação do recurso no formato vetor, GeoJSON, é pesada no *browser*. Por exemplo, embora seja possível trazer somente os recursos de interesse conforme seleção aplicada na Figura 7.10 que trouxe apenas um município, uma tentativa de carregar todos os municípios no protótipo, torna a operação de edição demasiadamente lenta. Isto levanta três questões. Primeiro, a necessidade de criação de um padrão mais leve para tratar de dados vetoriais, principalmente em *browsers* e também das ferramentas usadas no *browser*. Segundo, a criação de outros tipos de clientes para a manipulação deste tipo de informação alinhados com os princípios do REST. Terceiro, uma combinação dos dois. Por exemplo, poderia haver um *plugin* no QGIS para trabalhar com REST no nível 3 e fazer edição remota.

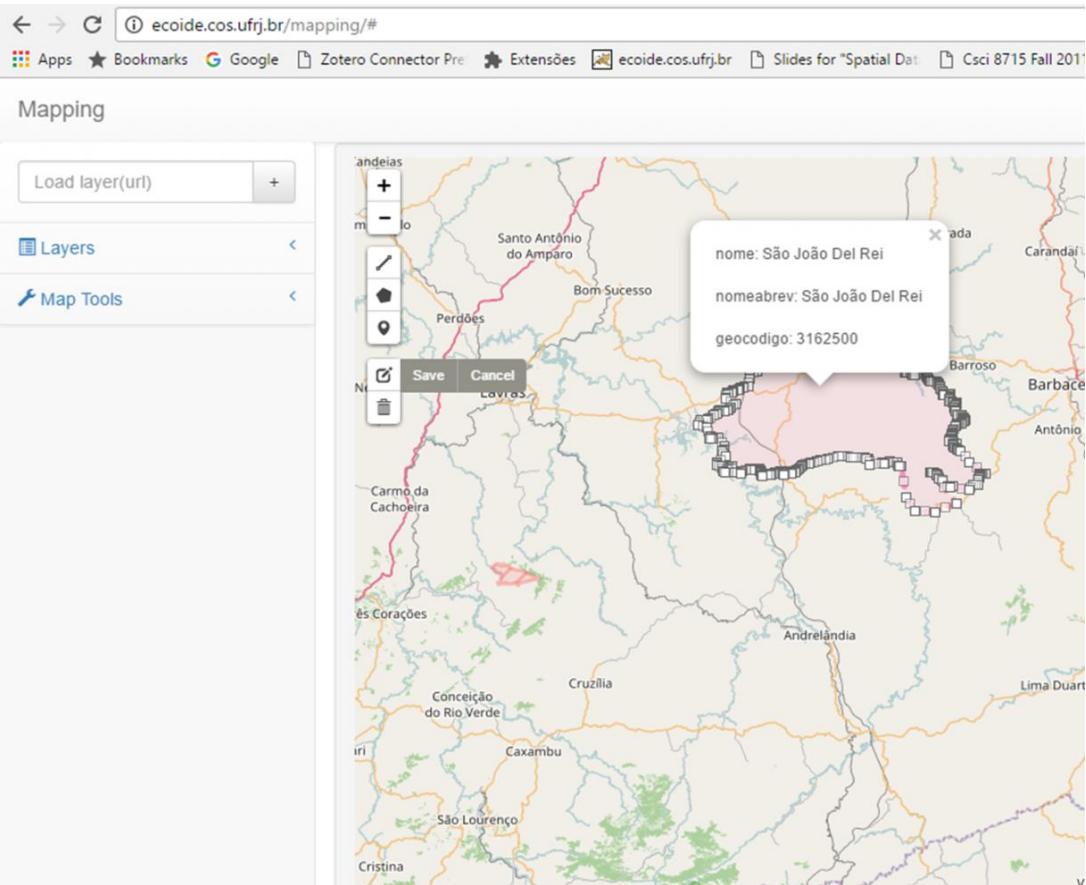


Figura 7.10 - Simulação de edição de um município.

Outro exemplo deste tipo de serviço é o protótipo *UploaderHub* para coleta e *upload* de dados. A Figura 7.11 ilustra o uso de GeoODK Collect (<http://geoodk.com/>). Neste exemplo, é simulado uma atividade de um geoprojeto que conta com a participação de cidadãos coletando informação sobre o *status* de conservação de marcos geodésicos e depois ao finalizar, enviando as informações recolhidas para a aplicação

UploaderHub proposto para o ecossistema IDEH-Co⁴. Os dados carregados são acessíveis através de serviços REST. Neste protótipo, um interessado cria um projeto para coleta de algum tipo de informação no *UploaderHub* enquanto os participantes baixam o formulário de coleta do projeto e executam a atividade de coleta e posteriormente fazem o *upload* dos dados coletados.

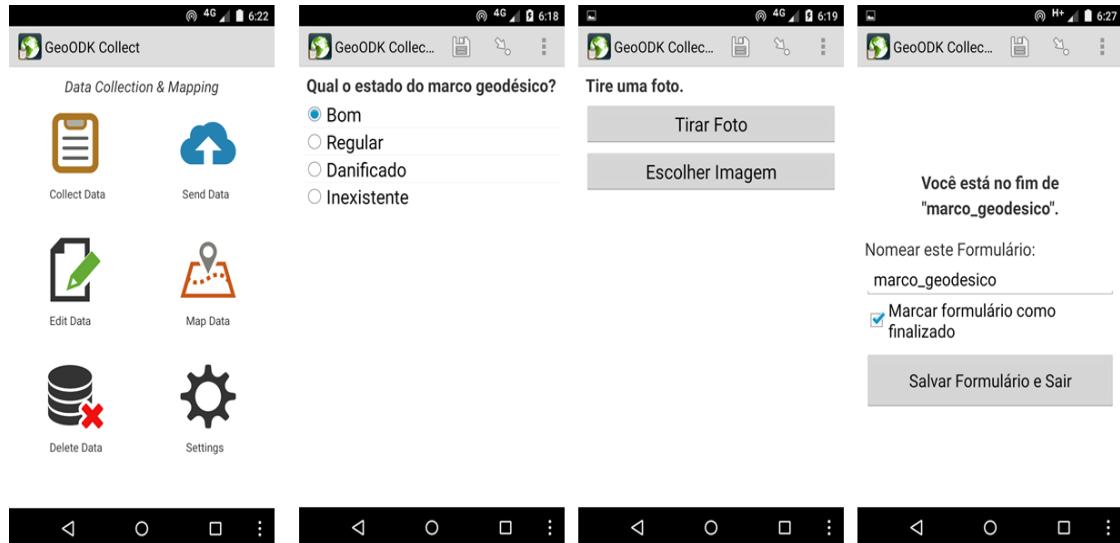


Figura 7.11 - Usando o GeoODK para coletar informações sobre marcos geodésicos.

Uma importante diferença entre o GeoODK e o *EpiCollect+* é que aquele pode funcionar *off-line*. Isto é uma funcionalidade interessante, pois há *locais* onde o *smartphone* fica sem sinal. Para estas regiões que não há sinal, os mapas podem ser “baixados” pelo aplicativo antecipadamente.

- **Serviço 3: Serviços não-oficiais, Cidadão Comum e Comunidade de Práticas**

Estes serviços são voltados para a criação de comunidade de práticas e exercício de injeção inversa de dados. A Figura 7.12 mostra um protótipo proposto para IDEH-Co⁴ objetivando a criação de comunidades de interesse ou mapeamento de algo relevante como, por exemplo, o problema da febre amarela. Para a criação de uma comunidade, o interessado precisa estar cadastrador ou usar uma conta de uma rede social.

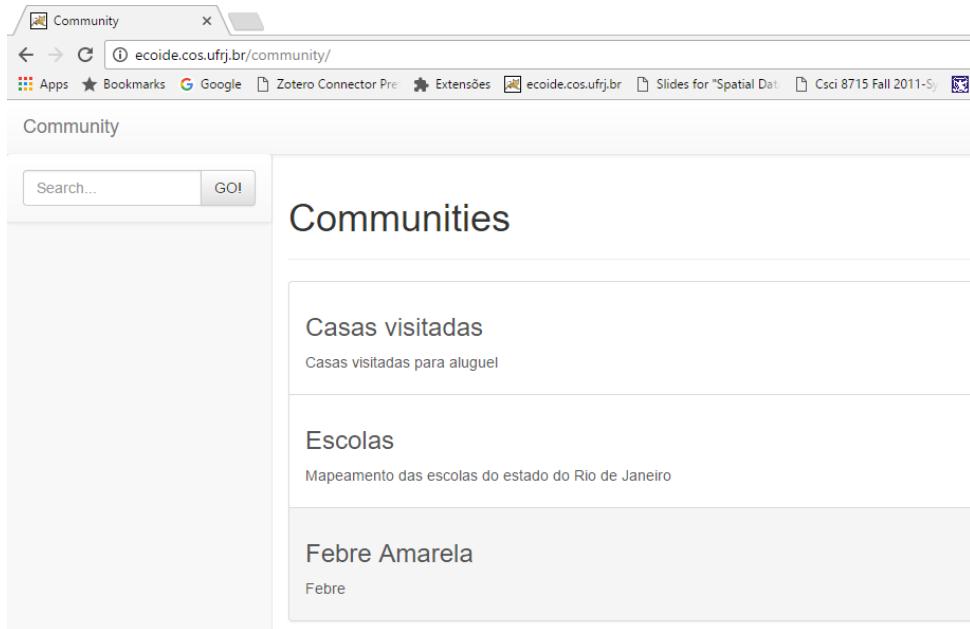


Figura 7.12 - Comunidades criadas por interessados.

A Figura 7.13 exibe a aplicação funcionando em um *smartphone*. Do lado esquerdo, as comunidades já existentes. Do lado direito ilustra uma comunidade selecionada, neste caso, a comunidade para mapear escolas públicas foi escolhida.

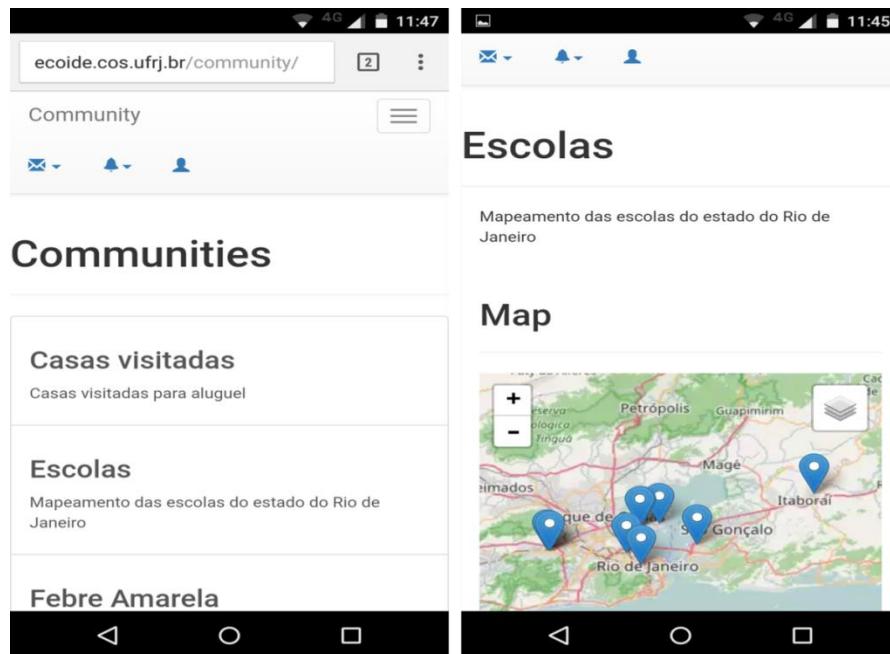


Figura 7.13 - Community executando no smartphone.

- **Serviço 4: Serviços de Computação Social**

Este tipo de serviço permite postar conteúdo em uma rede social, seguir outros membros, curtir, ver comentários etc. A Figura 7.14 exibe a página do IDEH-Co⁴ no

Facebook para disseminação e promoção do ambiente. Por ser uma página do *Facebook* é possível postar conteúdo conforme mostrado na Figura 7.14, por exemplo, postamos a representação das unidades federativas como png.

<http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas.png>

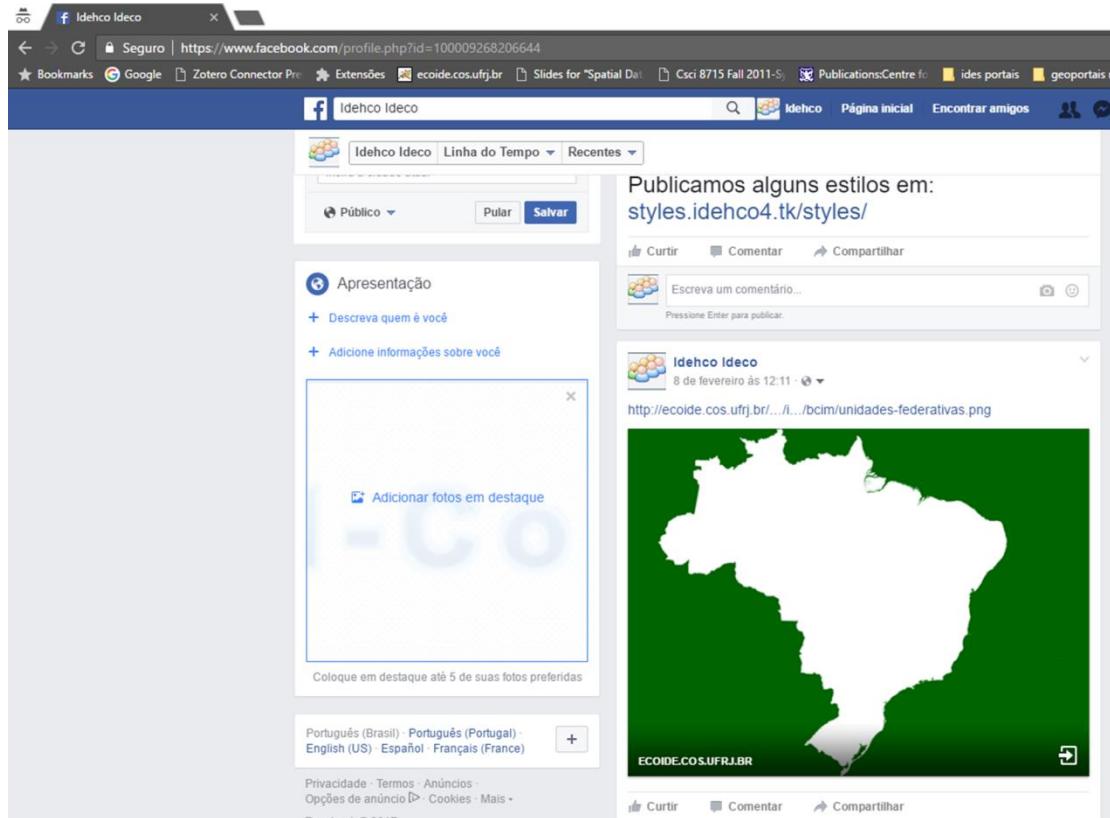


Figura 7.14 - IDEH-Co⁴ no Facebook.

Outro exemplo do uso de funcionalidades sociais para apoiar a gestão de conhecimento são as atividades que podem ser registradas através da interação dos usuários. A Figura 7.15 ilustra exemplos de atividades registradas de acordo com um modelo genérico, AtividadeGenerica com seu contexto.

```

GET ▼ | http://ecoide.cos.ufrj.br/activity/activities/
Type No Auth
Body Cookies Headers (10) Tests
Pretty Raw Preview JSON ▾
1 ↴ [ ]
2 ↴ {
3 ↴   "id": 4,
4 ↴   "iriActor": "http://ecoide.cos.ufrj.br/universaluser/users/26117890-bee0-4a3f-a55f-6c7c0c6ec060",
5 ↴   "iriAction": "https://schema.org/LikeAction",
6 ↴   "iriObject": "http://ecoide.cos.ufrj.br/instituicoes/ibge/bcim/unidades-federativas/ES",
7 ↴   "iriObjectTarget": null
8 ↴ },
9 ↴ {
10 ↴   "id": 5,
11 ↴   "iriActor": "http://ecoide.cos.ufrj.br/universaluser/users/14fcfc931-7f69-4020-b9a9-11402132aa0d",
12 ↴   "iriAction": "https://schema.org/LikeAction",
13 ↴   "iriObject": "http://osm.idehc04.tk/osm_layer-list/",
14 ↴   "iriObjectTarget": null
15 ↴ },
16 ↴ {
17 ↴   "id": 1,
18 ↴   "iriActor": "http://ecoide.cos.ufrj.br/universaluser/users/26117890-bee0-4a3f-a55f-6c7c0c6ec060",
19 ↴   "iriAction": "https://schema.org/FollowAction",
20 ↴   "iriObject": "http://ecoide.cos.ufrj.br/universaluser/users/26117890-bee0-4a3f-a55f-6c7c0c6ec060",
21 ↴   "iriObjectTarget": null
22 ↴ },
23 ↴ {
24 ↴   "id": 3,
25 ↴   "iriActor": "http://ecoide.cos.ufrj.br/universaluser/users/26117890-bee0-4a3f-a55f-6c7c0c6ec060",
26 ↴   "iriAction": "https://schema.org/LikeAction",
27 ↴   "iriObject": "http://osm.idehc04.tk/osm_layer-list/",
28 ↴   "iriObjectTarget": null
29 ↴ }
30 ↴ ]

```

AtividadeGenerica
 iriActor: string
 iriAction : String
 iriObject : string
 iriObjectTarget : string

{
 "@context": {
 "iri_actor": {
 "@id": "http://schema.org/actor",
 "@type": "@id"
 },
 "iri_action": {
 "@id": "http://schema.org/action",
 "@type": "@id"
 },
 "iri_object": {
 "@id": "http://schema.org/object",
 "@type": "@id"
 },
 "iri_object_target": {
 "@id": "https://schema.org/target",
 "@type": "@id"
 }
 }
}

Figura 7.15 - Exemplo de atividades registradas.

- **Serviço 5: Serviços de Processamento e Análise**

São serviços para processamento e análise de dados geoespaciais. A Figura 7.16 mostra, como exemplo, a aplicação da função espacial *buffer* (distância: double) usada para criar uma área de influência ao redor do recurso do tipo aldeia indígena com o identificador 821. Cabe ressaltar que qualquer tipo de cliente, não só navegador, que usa o protocolo HTTP pode acessar um recurso.

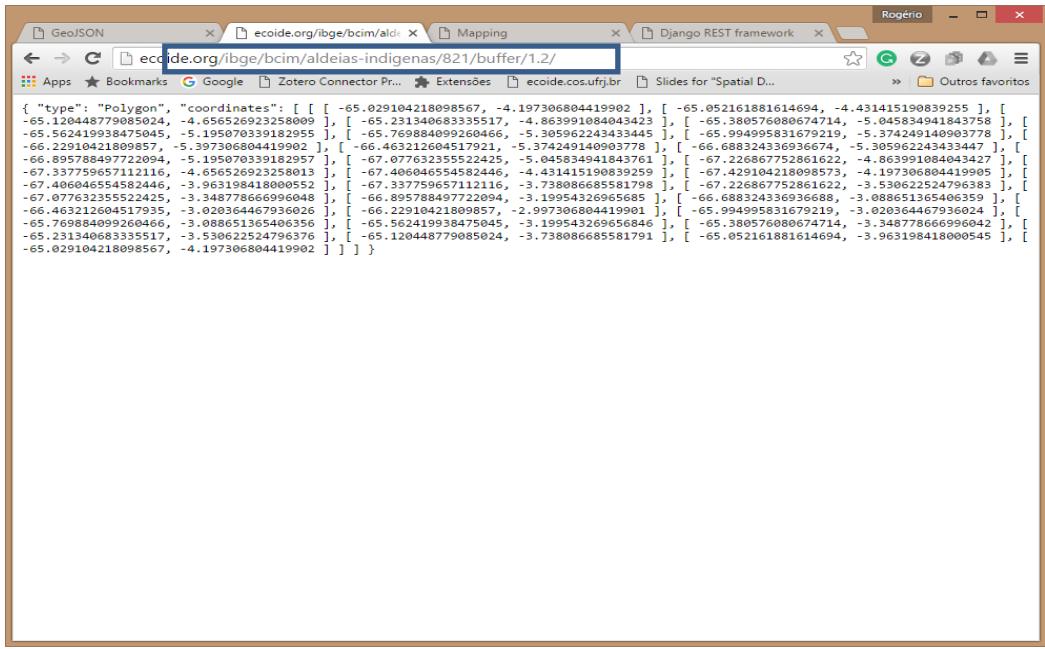


Figura 7.16 - Buffer de um recurso de tipo aldeia indígena.

A Figura 7.17 mostra todos os recursos do tipo aldeia indígena e um buffer em torno do recurso identificado pelo número 821.

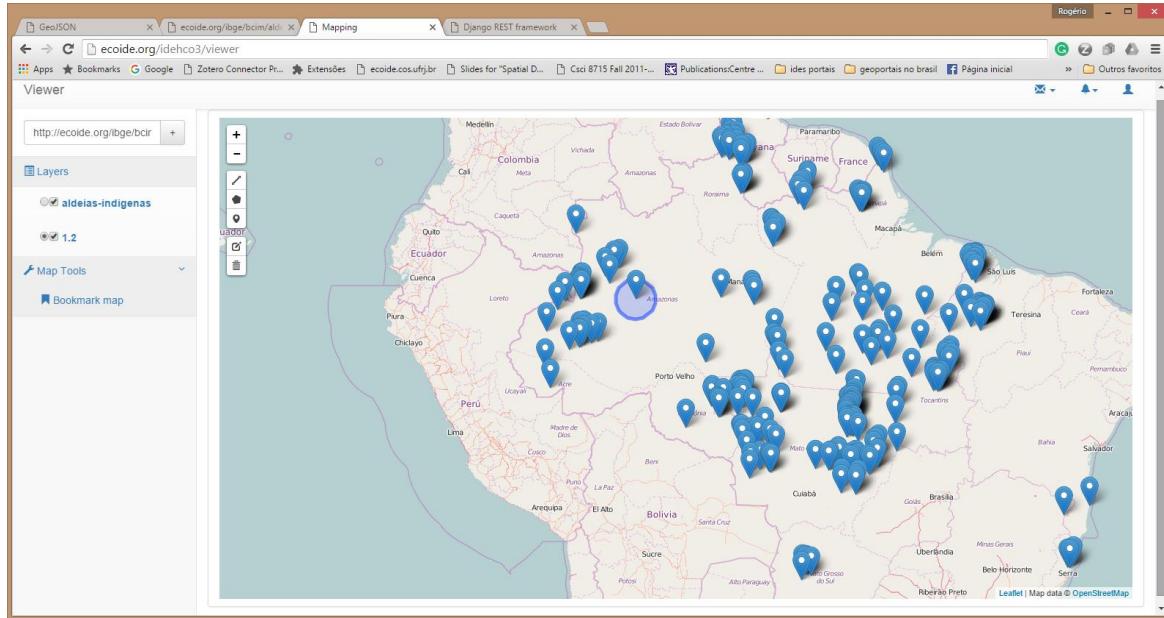


Figura 7.17 - Todos os recursos do tipo aldeia indígena e um buffer em torno de um recurso número 821.

7.5. Discussão

O objetivo deste capítulo foi mostrar os possíveis serviços que poderiam ser disponibilizados por um ambiente de IDE moderno, indo além dos tradicionais serviços. Por exemplo, os serviços Não-oficiais, Cidadão Comum e Comunidade de Práticas poderiam prover os dados do OSM com uma granularidade mais adequada e de uma

forma mais simples de acesso. Isto na verdade, foi realizado, já que o *EntryPoint* http://osm.idehco4.tk/osm_layer-list/ aponta para as camadas do OSM. Este é um tipo de serviço típico que atende a vários interessados e poderia estar hospedado em uma nuvem de governo.

Há também outros casos, como por exemplo, tornar disponível imagens em *tiles* do Brasil e projetos que necessitam diferentes participantes e afetam a todos. Alguém também poderia praticar injeção inversa e disponibilizar como serviços em REST as bases de dados de servidores públicos federais que é livre e a base de dados da Plataforma Lattes. Estes serviços ajudariam na identificação de determinados perfis.

Outra questão muito importante é a necessidade de clientes que entendam REST com controle de hipermídia para poder tirar proveito máximo do estilo arquitetural. O uso de JSON-LD/Hydra é uma solução adequada para negociação entre aplicações clientes e servidoras, embora outro tipo de tecnologia possa ser utilizado para dar contexto e assim facilitando a interação entre cliente e servidor. De fato esta solução dá o contexto para um recurso, elemento que faltava para utilizar REST de maneira adequada no ambiente de IDEs.

Na implementação dos protótipos e serviços ficou claro que a utilização do estilo arquitetural REST facilita o emprego de microserviços e que tem como consequência também uma melhor divisão de responsabilidades nas tarefas de construção e manutenção. Além disso, se por um lado o número de elementos para gerenciar aumenta, pelo outro é possível trabalhar em microserviços que não irão interferir em outros.

Importante também citar que questões de instalação e configuração ficam mais simples ao utilizar o *Docker*. Na confecção deste trabalho vários *softwares* foram investigados e muito esforço foi demandado para instalação e configuração. Sabe-se que muitas vezes perde-se a oportunidade de usar/testar um *software* devido a complexidade de configuração e instalação. O uso do *Docker* simplifica sobremaneira não somente a utilização de *softwares*, mas também o processo de avaliação e teste. Na maioria das vezes, apenas uma simples linha de comando é necessária para ativar um *software* dentro de um *container* e de maneira isolada de qualquer outro *container* ou do computador hospedeiro. A contrapartida é a necessidade de usar Linux e aprender a usar o *Docker*.

7.6. Considerações Finais

A proposta da arquitetura de serviços fins vai ao encontro de IDEs modernas que consideram sociedade e governo espacialmente habilitados. Estes serviços procuram alinhar-se as seguintes características: (1) orientada a usuários; (2) a todos os segmentos da sociedade; (3) a computação em nuvem; (4) a computação social; (5) Sistemas colaborativos e de *Crowdsourcing/VGI*; (6) princípios para uma IDE moderna; e (7) a *Web dos Dados*. Neste sentido, é claro que os *frameworks* legal, institucional e tecnológico são elementos-chave.

Uma das características mais importantes da proposta IDEH-Co⁴ é reunir diferentes tipos de serviços em um ambiente usando o conceito de plataforma, *containers* e *software* como serviços, permitindo que qualquer estado/município ou comunidade que não tenha uma IDE ou necessite de alguma funcionalidade, possa utilizar os recursos oferecidos pelo ecossistema proposto.

Também é importante ressaltar que um dos objetivos da proposta é fornecer serviços abertos, que levam em conta informações oficiais e não-oficiais de instituições públicas e da sociedade. Assim, espera-se reforçar o papel da informação espacial para qualquer campo de tomada de decisão a nível local, regional e nacional, ou simplesmente para uma sociedade melhor e moderna.

Se a criação do ecossistema IDEH-Co⁴ em uma nuvem de governo ou nuvem contratada com algum provedor, com todos os recursos necessários, é caro, por outro lado aponta para uma solução futura mais racionalizada. Além do mais, as seguintes questões poderiam ser levantadas e consideradas: (1) Quanto custa não encontrar uma informação? (2) Quanto custa não compartilhar e não poder reutilizar? (3) Quanto custo refazer um trabalho que foi já foi realizado simplesmente por não ter acesso ou saber onde estava este anteriormente? (4) Quanto custa cada um fazer de sua maneira sem considerar o outro? (5) Quanto custa a dificuldade de integrar as informações? (6) Quanto custa as oportunidades perdidas por se trabalhar de forma isolada? (7) Quanto custa cada um comprar ou buscar sua própria solução ainda que seja similar a outras? (8) De que adianta um ente público ter todo o aparato tecnológico para planejamento ou combate de algum problema se o seu vizinho não tem? (9) Quanto custa não trabalhar de maneira colaborativa? E (10) quanto custo não compartilhar o conhecimento?

É preciso repensar o governo, independente de esfera, como um elemento só, que embora cada ente participante tenha suas especificidades, todos fazem parte de um

mesmo corpo buscando um país melhor, que é patrocinado pela população através dos impostos pagos.

Capítulo 8: Conclusão, considerações finais e trabalhos futuros

Este trabalho teve como objetivo de pesquisa propor um ecossistema para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), denominado de Ecossistema para Infraestrutura de Dados Espaciais Híbrida Coproduzida, Colaborativa, Convergente e Compartilhável (IDEH-Co⁴) endereçando uma sociedade habilitada espacialmente, alinhado com IDEs de terceira geração+, que possibilite as informações de variadas fontes e domínios possam ser integradas, harmonizadas e utilizadas para o desenvolvimento do país e para tomada de decisão ou para o exercício da cidadania.

Para isto, um modelo de sustentação é proposto contemplando um modelo de negócio, um modelo de financiamento e um modelo arquitetural híbrido. O modelo arquitetural proposto é dito híbrido devido a duas características principais: *i*) permitir a integração de dados oficiais de diferentes esferas e não oficiais criados em colaboração com a sociedade; e *ii*) por utilizar serviços desenvolvidos no padrão *Service Oriented Architecture* (SOA) e *Representacional State Transfer* (REST).

Para alcançar o objetivo proposto foi necessário entender o estado da arte sobre IDEs, considerando o contexto brasileiro, uma vez que uma iniciativa de IDE envolve também aspectos específicos de cada País. Os seguintes objetivos específicos foram perseguidos para atingir este objetivo geral:

1. Definir e promover mecanismos que permitam estabelecer arranjos multi-institucionais e estruturas legais comuns e que sejam capazes de acomodar e dar sustentabilidade para dados e informações espaciais de diversos segmentos e interessados (governos de todas as esferas, instituições, academia, centros de pesquisas, comunidades de práticas, cidadãos comuns) (Capítulos 2, 3, 4 e 7);
2. Definir e promover mecanismos que permitam estabelecer parcerias com a sociedade civil e com a iniciativa privada (Capítulo 4);
3. Propor um conjunto de serviços apoiados em padrões de interoperabilidade que torne possível não somente o processo de compartilhamento e disseminação, mas também o processo de coprodução e reuso da informação

geoespacial de maneira colaborativa e integrada entre as esferas de governo (intra e multi-institucionais) (Capítulo 6);

4. Propor mecanismos que facilitem a universalização do tema IDE através de serviços implementados que contemplam o legado da SOA, e consequentemente do OGC, inovando ao incluir o estilo arquitetural do REST em ambiente de IDE para qualquer meio (*smartphone, tablet, desktop etc*) (Capítulos 5, 6 e 7);
 - Foi proposto um conjunto de serviços considerando os níveis do MMR para os serviços REST que: a) possibilite o engajamento da sociedade civil no processo de coprodução e no exercício da sua cidadania; b) facilite a busca por informação; c) visa dar maior transparência na sociedade aumentando a comunidade de participantes; e d) está disponível na nuvem para que instituições públicas sem recursos humanos, computacionais e financeiros possam utilizá-lo no intuito de fomentar a IDE brasileira.
5. Promover a interoperabilidade da plataforma através do uso de formatos abertos e legíveis por máquina para permitir o acesso aos recursos de várias instituições e interessados (Capítulos 4, 5 e 6).

Destarte, esse capítulo revisita as questões propostas na pesquisa apontando ao longo dos capítulos o estado da arte, efetuando algumas sugestões e indicando decisões tomadas para o desenvolvimento do ecossistema IDEH-Co⁴. A seguir são efetuadas as considerações e inovações deste trabalho e suas limitações e ao final algumas reflexões.

8.1 Revisitando as questões de pesquisa

Para o desenvolvimento dos trabalhos foi empregado os métodos abdutivo e dedutivo, conforme apresentado no Capítulo 1, sendo inicialmente efetuadas algumas questões que foram respondidas ao longo do trabalho conforme exposto abaixo.

1. Qual o caminho a INDE precisa trilhar para se tornar mais efetiva e abrangente?

O estudo realizado no Capítulo 2 trouxe uma cronologia e um panorama sobre IDEs, ao investigar conceitos, desenvolvimento, a natureza e a evolução da IDEs. A partir desta investigação foi possível ratificar que as IDEs continuam evoluindo e estão se tornando um modelo em rede que necessita integrar dados oficiais e não oficiais e

que estão se transformando em plataformas habilitadas para a sociedade que transcendem a visão inicial quando foram concebidas. Para isto as IDEs contemporâneas precisam inovar para o alinhamento com outras infraestruturas de informação, considerar o uso de novas tecnologias e maior participação de elementos externos ao ambiente de IDEs. Na questão da consideração e integração de dados não oficiais o Capítulo 3 traz algumas abordagens a este respeito.

2. O que poderia ser feito para o fortalecimento das relações entre os diversos atores da INDE brasileira?

No Capítulo 2, com base na revisão de literatura e características do Brasil, foram apresentados os desafios da INDE no Brasil, quais políticas relevantes que precisam ser levadas em consideração e um diagnóstico da INDE-BR foi apresentado visando melhorias. Ao final deste capítulo é considerada a tendência de fortalecimento das IDEs locais e relacionamentos entre elas na forma de “teia de aranha” (rede) uma vez que reflete mais a distributividade e relações mais contemporâneas entre seus componentes.

O Capítulo 4 apresenta elementos sustentadores dos *frameworks* legal, institucional e tecnológico (Quadro 4.5) que apoiam o fortalecimento da INDE-BR e propõe o uso de princípios para um IDE moderna. Este capítulo também aponta a importância de uma nuvem de governo que certamente ajudaria no fortalecimento das relações entre os diversos atores da INDE brasileira, facilitando a participação e entrada de novos atores.

3. Como contribuir para um modelo que contemple as instituições e a sociedade em geral ampliando o contexto das comunidades de IDEs?

É proposto no Capítulo 4 um modelo conceitual de alto nível (Figura 4.9) inspirado na proposta de HJELMAGER *et al.* (2008) que contempla os princípios para uma IDE moderna e os *frameworks* legal, institucional e tecnológico bem como o ambiente externo. Cabe ressaltar que o ambiente externo apresenta duas vertentes. A primeira no âmbito do governo fora do escopo das IDEs, conforme apresentado na Figura 4.5 a vertente do governo aberto. A segunda considera a mudança comportamental da sociedade com a introdução da computação social e, consequentemente no contexto da Neogeografia, o uso de VGI, *Crowdsourcing*, mídias sociais como forma de fonte alternativa não só pela racionalização de recursos mas

também pela atualização constante dos dados no ambiente de IDE, conforme abordado no Capítulo 3.

Trata-se de um modelo aberto que possibilita o uso, a descoberta, a busca, o compartilhamento, a reutilização e integração de informações geoespaciais e não geo por qualquer usuário, seja desenvolvedor, instituição, cidadão, pesquisador, especialista, dentre outros. Este modelo ainda apresenta a característica de ser alinhado com outras IDEs.

4. Que novos aspectos tecnológicos poderiam ser empregados para apoiar e melhorar o progresso das IDEs para uma sociedade espacialmente habilitada?

Os Capítulos 2 e 5 mostram que a tecnologia utilizada para as IDEs é complexa, está defasada quando considerado a *Web* moderna e precisa ser atualizada para endereçar de forma mais simples e efetiva a *Web* 2.0 e a *Web* dos Dados. Desta forma a próxima geração de IDEs deverá ter capacidade de integrar dados oficiais e não oficiais, ser baseada em processo que enfatiza parcerias, emprego das redes sociais e colaboração multissetorial.

Assim, a forma de disponibilizar serviços e consequentemente a maneira como as IDEs são implementadas foi repensada na proposta IDEH-Co⁴ empregando o estilo arquitetural do REST de modo a endereçar a ambientes externos e a sistemas colaborativos que em geral fazem parte da *Web* 2.0, além de integrar com outras infraestruturas de governo através da *Web* dos Dados.

Dessa forma o Capítulo 6 apresenta uma arquitetura híbrida de serviços propostos para IDEs e desenvolvida para o ecossistema IDEH-Co⁴. A implementação desta arquitetura é detalhada, implementada e avaliada. As implementações e avaliações sugerem que ela é simples e mais interoperável e apontando um novo caminho para disponibilizar serviços em IDEs. O Capítulo 7, baseado nos capítulos anteriores, traz uma proposta de arquitetura de referência de serviços fins para o ecossistema IDEH-Co⁴ que poderiam ser disponibilizados por uma ambiente de IDE moderno.

8.2. Contribuições e ou inovações deste trabalho

Este trabalho traz contribuições conceituais e tecnológicas ao levar em consideração princípios de IDEs modernas, fundamentos para a convergência, colaboração, coprodução, compartilhamento e reuso de dados repensados para o

ecossistema IDEH-Co⁴. Destarte, a proposta do ecossistema IDEH-Co⁴ proporciona as seguintes contribuições e/ou inovações ao:

1. Apontar o rumo que as IDEs estão tomando;
2. Diagnosticar a INDE brasileira;
3. Propor a convergência de diferentes tipos de serviços para ambientes de IDEs;
4. Propor um modelo integrativo de IDEs e soluções para a IDE brasileira;
5. Propor uma plataforma aberta seguindo os princípios para um ambiente de infraestrutura de dados para usuários espacialmente habilitados;
6. Propor *frameworks* no nível institucional, legal e tecnológico recomendado para a governança levando em consideração as características do País;
7. Usar REST como parte de uma arquitetura evolutiva para IDEs contemporâneas.

Este elemento traz novas perspectivas no ambiente de IDEs preenchendo a lacuna tecnológica existente entre as IDEs, *Web 2.0* e *Web dos dados*.

8. Propor uma alternativa de serviços para que IDEs façam parte da *Web dos dados* empregando vocabulários universais e *linked data* para possibilitar seleção de partes de dados de interesse e a mediação semântica uma vez que variáveis com mesmos significados, mas nomes diferentes possam ser encontrados;
9. Propor o uso de vocabulários universais para dados vetoriais através da definição de um vocabulário baseado em operações espaciais estáveis e comuns para efetuar análises espaciais topológicas e de proximidade, tais como *buffer*, *within*, *union*, *intersection*, *distance* etc.
10. Propor serviços fins para o ecossistema IDEH-Co⁴ que contemplem funcionalidades para uma IDE moderna e simulados em protótipos usando *containers* e microserviços para aplicações de VGI, governança, consumo de eventos *on line*, de mapeamento e para práticas cidadãs.

8.3. Limitações

A principal limitação deste trabalho é decorrente dos métodos de pesquisa empregados que são o abdutivo (Capítulos 2, 3, 4) e o dedutivo (Capítulo 6 e 7).

No caso do método abdutivo as limitações são inerentes ao próprio método que foi empregado para tomar as decisões tomadas para o ecossistema IDEH-Co⁴. Estas se deram por meio de uma revisão bibliográfica que apontou a possibilidade de trazer melhorias e contribuições para o desenvolvimento de uma IDE contemporânea

considerando aspectos comportamentais da sociedade em rede, do próprio governo mais aberto e as novas tecnologias.

No caso do método dedutivo se dá por conta da própria avaliação que se restringiu ao desenvolvimento de alguns serviços e protótipos devido à complexidade e extensão da proposta. Tratou-se de uma ambiente controlado formado por dados reais do IBGE, Ibama, da SPM e do *OpenStreetMap*. Cabe destacar ainda nesse contexto que embora tenha sido simulado uma nuvem, usando aplicações e serviços, estes são executados na *Amazon* (<https://aws.amazon.com>) e no laboratório de Banco de Dados do PESC. Um ambiente real envolveria mais atores, nós e variáveis, introduzindo complexidades maiores a serem resolvidas.

Uma restrição que atualmente é uma limitação, devido a própria inovação, é a adoção do REST no nível 3 do MMR, conforme proposto no Capítulo 6. Apesar do OGC já ter efetuado uma proposta para trabalhar com REST, esta endereça somente o nível 1, apresentando os mesmos sintomas apontados nas seções 5.3.5 e 5.3.7, sendo duramente criticada pela comunidade OSGeo.

Do ponto de vista financeiro e político, uma limitação para o desenvolvimento e criação de instância do ecossistema IDEH-Co⁴ é a questão do patrocínio uma vez que isto depende do governo e das instituições aderirem aos padrões e disponibilização de recursos para desenvolvimento dos serviços. Ainda considerando esse ponto de vista, a viabilidade dessa instância requer considerar recursos humanos dedicados a atividades que estimulem a sociedade GIS e não GIS interagirem com o ecossistema IDEH-Co⁴.

Uma quinta limitação é a decorrente dos serviços disponíveis oferecerem funcionalidades básicas concentradas mais do lado do servidor, embora tenham sido implementadas aplicações clientes básicas, como por exemplo o *Community*, o *Mapping* e o *Geo-Stream*.

8.4. Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros são indicados alguns temas de pesquisa que ficaram abertos mas foram levantados ao longo do trabalho, como por exemplo:

- Embora os serviços sejam implementados nos níveis 2 e 3 do MMR para o ecossistema IDEH-Co⁴ é necessário o desenvolvimento de aplicações clientes para o nível 3 que sejam mais intuitivas, fáceis de usar, para descobrir, buscar,

compartilhar, reutilizar e integrar do ponto de vista dos interessados (usuários, desenvolvedores, instituições etc) não somente pertencente às comunidades de GIS, mas também aos externos, e assim favorecendo também ao alinhamento de infraestruturas de informação mais amplas;

- Embora tenha sido utilizados *Schema.org* e *GeoJSON-LD* e efetuada uma proposta de um vocabulário para a interface SFA, é necessário ainda a criação de vocabulários universais para informação geoespacial que contemple representações vetoriais e *raster*;
- Embora apresentado à preocupação com as dimensões de *Crowdsourcing* (Figuras 3.14 e 3.15) e com a qualidade da informação colaborativa externa, ainda há necessidade de realizar mais investigações e desenvolver metodologias para o uso da informação colaborativa não oficial, considerando inclusive questões de credibilidade, segurança, privacidade e direitos autorais;
- No decorrer das implementações foi observado que as aplicações que são executadas nos *browsers* não suportam de modo adequado trabalhar com volumes maiores de dados. Desta forma é preciso avançar em soluções para trabalhar nos *browsers* e em outros clientes de modo que possam consumir vários serviços (camadas) que requerem um volume maior de dados. Um exemplo nessa direção é a solução do VectorTile;
- Uma vez que há contexto associado aos recursos, é possível desenvolver consultas espaciais baseadas em linguagem natural. Por exemplo, quais aldeias indígenas estão localizadas no município de Altamira.

8.5. Reflexões finais

O Brasil, um país de dimensões continentais, com desigualdades em todas as esferas de governo apresenta um enorme desafio: transparência de dados e governança. Desta forma o trabalho apresentado mostra uma forma de democratizar a informação, combater à exclusão digital e contemplar a necessidade de racionalização de recursos considerando alguns princípios, *frameworks* e um modelo de sustentação para IDEs.

Entretanto, cabe destacar que em geral, as agências de governo, principalmente as federais, apresentam certa resistência em considerar ou reconhecer elementos externos as IDEs, como por exemplo, mídias sociais como uma importante fonte de informação para a tomada de decisão, devido a responsabilidade com a autoria dos

dados. Este trabalho mostra que estes elementos são importantes e atualmente precisam ser considerados nos processos de produção oficial da informação geoespacial e que há tecnologia disponível, apesar de muitas vezes subutilizadas.

As IDEs são dinâmicas pela sua própria natureza que demandam novas funcionalidades e requisitos e da contínua evolução tecnológica. Isto torna as IDEs complexas, heterogêneas e em constante evolução. Dessa forma, o ecossistema proposto IDEH-Co⁴ foi concebido pensando nestas questões e em elevar a INDE para uma IDE de terceira geração+ sem deixar de considerar todos os objetivos da instituição da INDE formalizados no decreto 6.666/2008.

O ecossistema propõe um conjunto de serviços que: a) possibilite o engajamento da sociedade civil no processo de coprodução e no exercício da sua cidadania; b) facilite a busca por informação; c) apoie a transparência na sociedade aumentando a comunidade de participantes; e d) possa estar disponível na nuvem para que instituições públicas sem recursos humanos, computacionais e financeiros utilizem o ambiente no intuito de fomentar a IDE brasileira. O ecossistema inova ainda ao considerar a convergência com as mídias sociais e iniciativas de *Crowdsourcing/VGI*, bem como com a integração de dados oficiais e não oficiais.

A lacuna que havia entre a *GeoWeb* e IDEs na dimensão tecnológica foi preenchida ao incluir na arquitetura a proposta do estilo arquitetural REST e demonstrado seu uso através dos serviços. Cabe destacar que a arquitetura é híbrida podendo ser empregada para qualquer ambiente de IDEs. O emprego do REST no nível 3 do MMR mostrou que é possível criar serviços interoperáveis e padronizados que são mais simples de acessar e consumir por humanos e máquinas. Entretanto requer o desenvolvimento de aplicações do lado do cliente para tornar o consumo dos serviços mais amigável e intuitivo.

Foi considerado importante para o desenvolvimento e implantação do ecossistema IDEH-Co⁴ o uso de *contêineres* e microserviços. O uso de container possibilita encapsular qualquer software e dessa forma a solução proposta não precisa se preocupar com processos operacionais ligado a instalação e aquisição de software. Cabe destacar que na arquitetura proposta também é possível encapsular softwares comerciais. O uso de *contêineres* mostrou-se de fácil uso quanto a instalação e utilização, em contrapartida requer uma boa compreensão de como manipulá-los. O uso de microserviços também se mostrou de fácil entendimento, escalável e de fácil

aplicação para testar, manter, compartilhar e reusar; além de se alinhar com o estilo arquitetural do REST.

E para finalizar é importante frisar que qualquer IDE faz parte de uma Infraestrutura de Informação maior que precisa ser efetivamente considerada para busca de um governo e sociedade espacialmente habilitados. O ecossistema IDEH-Co⁴ é um ambiente proposto para atender essa demanda, bem como prover um maior estreitamento da relação entre os atores através de reutilização, compartilhamento e colaboração.

Referências Bibliográficas

- ABBAS, S.; OJO, A. "Towards a Linked Geospatial Data Infrastructure". In: **Technology-Enabled Innovation for Democracy, Government and Governance**, pp. 196–210, Prague, Czech Republic, Ago. 2013.
- ABITEBOUL, S. *et al.*, **Web data management**. 1. ed., New York, Cambridge University Press, 2011.
- ADAMCZYK, P. *et al.*, "Rest and web services: In theory and in practice". In: Wilde, E., Pautasso, C. (eds), **REST: from research to practice**, 1 ed., chapter 2, New York, Springer, 2011.
- ADAMS, B.; GAHEGAN, M. "Emerging data challenges for next-generation spatial data infrastructure". In: **CEUR WORKSHOP PROCEEDINGS.**, pp. 7-9, Canberra, Australia, abr. 2014.
- ALI, A., "What does Spatial Data Infrastructure mean to Pakistan?", **Proceedings of the GSDI 11 World Conference: Spatial data infrastructure convergence: building SDI bridges to address global challenges**, Rotterdam, Holanda, June 2009.
- ALI, A. L., "Tackling the thematic accuracy of areal features in OpenStreetMap". In: Capineri, C., Haklay, M., Huang, H., Antoniou, V., Kettunen, J., *et al.* (eds), **European Handbook of Crowdsourced Geographic Information**, 1 ed., chapter 9, London, ubiquity press, 2016.
- ALLAMARAJU, S., **Restful web services cookbook: solutions for improving scalability and simplicity**. 1 ed. USA, O'Reilly Media, 2010.
- ÁLVAREZ, M., DELGADO F., T., CRUZ I. R., "Social networks and Web 2.0 tools as a good complement to the local SDI's", **Proceedings of the GSDI12**, Singapore, October 19-22. 2010.
- Amazon - Amazon Mechanical Turk - Welcome. Disponível em: <<https://www.mturk.com/mturk/welcome>>. Acesso em: 24 set. 2016.
- AMIRIAN, P., ALESHEIKH, A. A., BASSIRI, A., "Standards-based, interoperable services for accessing urban services data for the city of Tehran", **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 34, n. 4, pp. 309–321, 2010.
- AMUNDSEN, M., **Building Hypermedia APIs with HTML5 and Node**. 1 ed. O'Reilly Media Inc, 2011.
- AMUNDSEN, M. "From APIs to affordances: a new paradigm for web services", **Proceedings of the Third International Workshop on RESTful Design**. Lyon, France, April 2012.
- ANZLIC - THE SPATIAL INFORMATION COUNCIL. Disponível em: <<http://www.crcsi.com.au/assets/Resources/80fe8b41-721d-47b6-80bd-075bc64885b3.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2016.
- ARMBRUST, M., FOX, A., GRIFFITH, R., *et al.*, "A view of cloud computing", **Communications of the ACM**, v. 53, n. 4, pp. 50–58, 2010.

- AROLAS, E., GUEVARA, F., "Towards an integrated crowdsourcing definition", **Journal of Information science**, v. 38, n. 2, pp. 189–200, 2012.
- BARREIROS, G. A. "A Lei de Acesso à Informação e o Facebook: Como a LAI e as Redes Sociais Podem Enfrentar uma Sociedade Desconfiada e a Corrupção Enraizada?", **Revista Digital de Direito Administrativo**, v. 2, n. 1, p. 204–220, 2014.
- BÉJAR, R., LATRE, M. Á., NOGUERAS-ISO, J., *et al.*, "Systems of Systems as a Conceptual Framework for Spatial Data Infrastructures", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 4, n. 4, p. 201–217, Jan. 2009.
- BÉJAR, R., LATRE, M. Á., NOGUERAS-ISO, J., *et al.*, "An RM-ODP enterprise view for spatial data infrastructures", **Computer Standards & Interfaces**, v. 34, n. 2, p. 263–272, 2012.
- BELTRAN, V., ORTIZ, A. M., HUSSEIN, D., *et al.*, "A semantic service creation platform for Social IoT". **Internet of Things, IEEE World Forum**, pp. 283–286, Seoul, Korea, Fev. 2017.
- BERBERIAN, C. DE F. Q., MELLO, P. J. S. M. DE, CAMARGO, R. M. P., "Governo Aberto: a tecnologia contribuindo para maior aproximação entre o Estado e a Sociedade", **Revista do TCU**, v. 0, n. 131, p. 30–39, jan. 2014.
- BERLICH, R., HUG, S., HACKERB, S., *et al.*, "Seamless Integration of Docker-based Applications into Linux Servers", **International Symposium on Grids and Clouds**, Taipei, Taiwan, Mar. 2016.
- BERNABÉ-POVEDA, M. A., LÓPEZ-VÁZQUEZ, C. M., **Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)**, 1 ed. Madrid, UPM Press, 2012.
- BERTOT, J. C., JAEGER, P. T., GRIMES, J. M., "Using ICTs to create a culture of transparency: E-government and social media as openness and anti-corruption tools for societies", **Government information quarterly**, v. 27, n. 3, p. 264–271, 2010.
- BISHR, M., KUHN, W. "Geospatial Information Bottom-Up: A Matter of Trust and Semantics", In: **The European Information Society. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**. Springer, pp. 365–387, Berlin Heidelberg, 2007.
- BIZER, C., HEATH, T., BERNERS-LEE, T., "Linked data: Principles and state of the art", **World wide web conference**, Beijing, China. 2008.
- BIZER, C., HEATH, T., BERNERS-LEE, T. "Linked data-the story so far", **International journal on semantic web and information systems**, v. 5, n. 3, pp. 1–22, 2009.
- BOETTIGER, C. "An introduction to Docker for reproducible research", **ACM SIGOPS Operating Systems Review**, v. 49, n. 1, pp. 71–79, 2015.
- BORBA, R., STRAUCH, J., SOUZA, J., *et al.*, "Architectural and technological aspects for SDI of third generation", **International research symposium on cartography, geospatial science, and visualization in: AUTOCARTO 2014**, Pittsburgh, PA. Out. 2014.
- BORBA, R., STRAUCH, J., JANO SOUZA, *et al.*, "Analysis of OpenStreetMap to support an official hybrid database", **27th International Cartographic Conference 16th General Assembly**, Rio de Janeiro, Aug. 2015a.

- BORBA, R. *et al.* "Uma Proposta para a Nova Geração de Infraestrutura de Dados Espaciais", **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 6, 2015b.
- BORBA, R., STRAUCH, J., FILHO, A., *et al.* "Geostream-Api: Uma Aplicação Colaborativa de Monitoramento e Consumo de Eventos On-Line", **IX Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**, Curitiba, 2016.
- BORBA, R. L., STRAUCH, J. C., ESTEVES, M. G. P., *et al.*, "INDE-Co: Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais Colaborativa", **1º Seminário de Metodologia do IBGE e a XI Reunião IASI sobre Estatística Pública**, Rio de Janeiro, RJ, 2012.
- BORBA, R. L., FERNANDEZ, W. S., STRAUCH, J., *et al.*, "NSDI-BR-a historical and contemporary analysis", **27th International Cartographic Conference: Spatial data infrastructures, standards, open source and open data for geospatial**, Rio de Janeiro, 2015.
- BOSSLER, J. D., FINNIE, T. C., PETCHENIK, B. B., *et al.*, "Spatial data needs: the future of the National Mapping Program", **Cartography & Geographic Information Systems**, v. 17, n. 3, pp. 237–242, 1990.
- BRABHAM, D. C. "Moving the crowd at iStockphoto: The composition of the crowd and motivations for participation in a crowdsourcing application", **First Monday**, v. 13, n. 6, 2008.
- BRABHAM, D. C. "Using crowdsourcing in government", **IBM Center for the Business of Government**, pp. 1–42, Washington, DC. 2013.
- Brazil - Open Government Partnership. Disponível em: <<http://www.opengovpartnership.org/country/brazil>>. Acesso em: 27 fev. 2015.
- BROVELLI, M. A., MINGHINI, M., ZAMBONI, G., "Web-based Participatory GIS with data collection on the field: a prototype architecture", **OSGeo's global conference for open source Geospatial Software**, Nottingham, Sep. 2013.
- BUDHATHOKI, N. R., BRUCE, B., NEDOVIC-BUDIC, Z., "Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure", **GeoJournal**, v. 72, n. 3–4, pp. 149–160, 2008.
- BUDHATHOKI, N. R., NEDOVIC-BUDIC, Z., "Expanding the spatial data infrastructure knowledge base". In: Onsrud, H. (Ed.). **Research and theory in advancing spatial data infrastructure concepts**, pp. 7-32, ESRI Press, Redlands, California, 2007.
- BURKE, J. A., ESTRIN, D., HANSEN, M., *et al.*, "Participatory sensing", **Workshop on World-Sensor-Web (WSW'06): Mobile Device Centric Sensor Networks and Applications**, Colorado, USA, Set 2006.
- BUYYA, R., YEO, C. S., VENUGOPAL, S., *et al.*, "Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility", **Future Generation computer systems**, v. 25, n. 6, pp. 599–616, 2009.
- CÂMARA, G., FONSECA, F., MONTEIRO, A. M., *et al.*, "Networks of innovation and the establishment of a spatial data infrastructure in Brazil", **Information Technology for Development**, v. 12, n. 4, pp. 255–272, 2006.
- CÂMARA, J., LISBOA-FILHO, J., SOUZA, W. D., *et al.*, "Quality Attributes and Methods for VGI", In: Gervasi O. et al. (eds), **Computational Science and Its**

Applications -- ICCSA 2016. vol 9788. **Lecture Notes in Computer Science**, Springer, pp. 306–321, 2016.

CAMBOIM, S. P. **Arquitetura para integração de dados interligados abertos à INDE-BR.** Tese de D.Sc. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2013.

CAMBOIM, S. P., BRAVO, J. V. M., SLUTER, C. R., "An Investigation into the Completeness of, and the Updates to, OpenStreetMap Data in a Heterogeneous Area in Brazil", **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 4, n. 3, pp. 1366–1388, 2015.

CAMPAGNA, M., "Social Media Geographic Information: Why social is special when it goes spatial?". In: Capineri, C., Haklay, M., Huang, H., Antoniou, V., Kettunen, J., *et al.* (eds), **European Handbook of Crowdsourced Geographic Information**, 1 ed., chapter 4, London, ubiquity press, 2016.

CAPINERI, C., "The Nature of Volunteered Geographic Information". In: Capineri, C., Haklay, M., Huang, H., Antoniou, V., Kettunen, J., *et al.* (eds), **European Handbook of Crowdsourced Geographic Information**, 1 ed., chapter 2, London, ubiquity press, 2016.

CARRERA, F., FERREIRA, J., "The Future of Spatial Data Infrastructures: Capacity building for the Emergence of Municipal SDIs", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 2, pp. 49–68, 2007.

CASTELEIN, W., GRUS, L., CROMPVOETS, J., *et al.*, "A characterization of volunteered geographic information", **13th AGILE International Conference on Geographic Information Science**, Guimarães, Portugal, May 2010.

CERBOVA, K., CERBA, O., **SDI, Communities and Social Media**. 1 ed. Prague, Czech Republic, 2012.

CETL, V., LANDEK, I., RON\v{C}EVIC, A., "Build-up of a business model for sustainable NSDI", **International Conference on Spatial Data Infrastructures**. Skopje, Macedonia, Sep 2010. Disponível em: <http://www.evkartenn.com/sdi-2010/pdf/Cetl_Landrek_Roncetic.pdf>.

CHAN, T. O., FEENEY, M.-E., RAJABIFARD, A., *et al.*, "The dynamic nature of spatial data infrastructures: a method of descriptive classification", **Geomatica**, v. 55, n. 1, pp. 65–73, 2001.

CHAVES, M., "Política de TI do Governo Federal: Disponibilização, combinação e utilização de dados sobre Políticas Públicas", **2º Seminário de Metodologia do IBGE**, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:
<<http://eventos.ibge.gov.br/smi2013/atividades/sessoes-tematicas/c6-miriam-chaves-ministerio-do-planejamento-orcamento-e-gestao-politica-de-ti-do-governo-federal-disponibilizacao-combinacao-e-utilizacao-de-dados-sobre-politicas-publicas>>.

CLINTON, K., PURUSHOTMA, R., ROBISON, A. J., *et al.*, "Confronting the challenges of participatory culture: Media education for the 21 st century", **MacArthur Foundation Publication**, v. 1, n. 1, pp. 1–59, 2006.

COETZEE, S., WOLFF-PIGGOTT, B., "A Review of SDI Literature: Searching for Signs of Inverse Infrastructures", In: **Cartography-Maps Connecting the World**, v., **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**, Springer, pp. 113–127, 2015.

- COLEMAN, D. J., "The potential and early limitations of volunteered geographic information", **Geomatica**, v. 64, n. 2, pp. 27–39, 2010.
- COLEMAN, D. J., "Potential Contributions and Challenges of VGI for Conventional Topographic Base-Mapping Programs", In: Sui, D., Elwood, S., Goodchild, M. (eds) **Crowdsourcing Geographic Knowledge**, 1 ed., chapter 14, USA, Springer, 2013.
- COLEMAN, D. J., GEORGIADOU, Y., LABONTE, J., "Volunteered Geographic Information: the nature and motivation of produsers", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 4, n. 1, pp. 332–358, 2009.
- COLEMAN, D. J., MCLAUGHLIN, J. D., "Defining global geospatial data infrastructure (GGDI): components, stakeholders and interfaces", **Geomatica**, Vol. 52, n. 2, pp. 129–143, 1998.
- COLEMAN, D. J., MCLAUGHLIN, J. D., NICHOLS, S., "Building a spatial data infrastructure", **Proceedings of the 64th Permanent Congress Meeting of the Fédération Internationale des Géometres**, Fredericton, 1997. Disponível em: <<http://people.plan.aau.dk/~enemark/kursusmateriale%202005/Christian%20Clausen/Kursusgang%202%20-%20Coleman.pdf>>.
- CÖMERT, C., "Web services and national spatial data infrastructure (NSDI)". In: **Proceedings of Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress**. v. XXXV, pp. 12–23, Istanbul, Turkey, Jul 2004.
- COMMITTEE, M. S., COUNCIL, N. R., **Toward a Coordinated Spatial Data Infrastructure for the Nation**. 1 ed., Washington, D.C., EUA, National Academies Press, 1993.
- COMMITTEE ON SPATIAL DATA ENABLING USG STRATEGIC SCIENCE IN THE 21ST CENTURY. **Advancing Strategic Science: A Spatial Data Infrastructure Roadmap for the U.S. Geological Survey**. 1 ed., Washington, D.C., EUA, National Academy of Sciences, 2012.
- Components of the NSDI — Federal Geographic Data Committee. Disponível em: <<http://www.fgdc.gov/components>>. Acesso em: 5 abr. 2016.
- Components of the NSDI — Federal Geographic Data Committee. Disponível em: <<http://www.fgdc.gov/components>>. Acesso em: 5 abr. 2016.
- CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 14 mar. 2015.
- CONCAR - Plano de Ação para implantação da INDE. Disponível em: <http://www.concar.gov.br/pdf/PlanoDeAcaoINDE.pdf>
- CONNOLLY, R.; HOAR, R. **Fundamentals of Web Development**. 1 ed., New Jersey, Pearson Higher , 2015.
- CONSORTIUM, W. W. W.; OTHERS. RDF 1.1 concepts and abstract syntax. 2014.
- COOPER, A. K., RAPANT, P., HJELMAGER, J., *et al.*, "Extending the formal model of a spatial data infrastructure to include volunteered geographical information", **25th International Cartographic Conference**, Paris, France, 2011.
- COOPER, A. K.; COETZEE, S.; KOURIE, D. G. "Assessing the quality of repositories of

volunteered geographical information". In: **GISSA UKUBUZANA 2012 CONFERENCE**. South Africa, 2012.

CORNEY, J. R., TORRES-SÁNCHEZ, C., JAGADEESAN, A. P., *et al.*, "Outsourcing labour to the cloud", **International Journal of Innovation and Sustainable Development**, v. 4, n. 4, pp. 294–313, 2009.

CRAGLIA, M., GOULD, M., GOODCHILD, M. F., *et al.*, "Next-generation digital earth: A position paper from the vespucci initiative for the advancement of geographic information science", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 3, 2008.

CRAGLIA, M., ANNONI, A., "INSPIRE: An innovative approach to the development of spatial data infrastructures in Europe", In: Onsrud, H. (Ed.). **Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts**, pp. 7-32, ESRI Press, Redlands, California, 2007,

CRAGLIA, M., CAMPAGNA, M., "Advanced regional spatial data infrastructures in Europe" **Luxembourg: Office for official publications of the European Communities**, 2009.

CRAGLIA, M.; CAMPAGNA, M. Advanced regional SDIs in Europe: Comparative cost-benefit evaluation and impact assessment perspectives. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 5, p. 145–167, 2010.

CRISCUOLO, L., CARRARA, P., BORDOGNA, G., *et al.*, "Handling quality in crowdsourced geographic information", In: Capineri, C., Haklay, M., Huang, H., Antoniou, V., Kettunen, J., *et al.* (eds), **European Handbook of Crowdsourced Geographic Information**, 1 ed., chapter 5, London, ubiquity press, 2016.

CROMPVOETS, J., BREGT, A., RAJABIFARD, A., *et al.*, "Assessing the worldwide developments of national spatial data clearinghouses", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 18, n. 7, pp. 665–689, 2004.

CROMPVOETS, J. **National spatial data clearinghouses: worldwide development and impact**. Ph.D Dissertation, Wageningen Universiteit, Guéldria, 2006.

CROMPVOETS, J. *et al.* **A multi-view framework to assess SDIs**. 1 ed., Wageningen University, RGI, 2008.

CROSWELL, P., L., MCKEE, L., HENRY TOM, *et al.* **Spatial Information Technology Standards and System Integration**. 1 ed., USA, Urban and Regional Information Systems Association, 1998.

CRUD. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/CRUD>. Acesso em: 20 out. 2016.

DAVIDSON, P. "Designing uri sets for the uk public sector", **UK Chief Technology Officer Council**, 2010.

DAVIS, J. G., "From crowdsourcing to crowdservicing", **IEEE Internet Computing**, v. 15, n. 3, pp. 92–94, 2011.

DAVIS JR, C. A., ALVES, L. L., "Local Spatial Data Infrastructures based on a service-oriented architecture", **BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS**. Brazil, 2005.

DAVIS JR, C. A.; FONSECA, F. T. **National Spatial Data Infrastructure: The Case of Brazil**. Disponível em: <<http://www.infodev.org/articles/national-spatial-data-infrastructure-case-brazil>>. Acesso em: 9 dez. 2014.

- DAVIS JR, C. A., FONSECA, F. T., CÂMARA, G., "Beyond SDI: integrating science and communities to create environmental policies for the sustainability of the Amazon", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 4, n. 156, pp. e174, 2009a.
- DAVIS JR, C. A., FONSECA, F. T., CÂMARA, G., "Infraestruturas de dados espaciais na integração entre ciência e comunidades para promover a sustentabilidade ambiental", **Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais**, Bento Gonçalves, RS, 2009b.
- DE MAN, E. W. H. Are spatial data infrastructures special. **Research and Theory in Advancing Spatial**, 2007.
- DE MAN, W. E., "The multi-faceted nature of SDIs and their assessment-dealing with dilemmas". In: Crompvoets, J., Rajabifard, A., Van Loenen B., *et al.*(eds.). **A multi-view framework to Assess SDIs**. 1 ed., chapter 2, Melbourne, The Melbourne University Press, 2008.
- DELOU, A., **Estruturação de Bases Cartográficas Para SIG um Estudo Comparativo dos Modelos do IBGE e da DSG**. Dissertação de Mestrado, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.
- DESSERS, E., **Spatial Data Infrastructures at work. A comparative case study on the spatial enablement of public sector processes**. 2012.
- DI GIOVANNI, P., BERTOLOTTO, M., VITIELLO, G., *et al.*, "Web Services Composition and Geographic Information", In: **Geographical Information Systems: Trends and Technologies**, p. 104–141, 2014.
- DÍAZ, L., GRANELL, C., GOULD, M., *et al.*, "Managing user-generated information in geospatial cyberinfrastructures", **Future Generation Computer Systems**, v. 27, n. 3, pp. 304–314, 2011.
- DIAZ, L., REMKE, A., KAUPPINEN, T., *et al.*, "Future SDI–Impulses from Geoinformatics Research and IT Trends", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 7, pp. 378–410, 2012.
- DICKIE, I. B., SANTOS, A. DOS, BOTTANELLI, G., *et al.*, "O Processo de Desenvolvimento De Produtos Via Crowd-Design: oportunidades para a sustentabilidade", **Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. Gramado , Rio Grande do Sul, Set 2014.
- DOAN, A., RAMAKRISHNAN, R., HALEVY, A. Y., "Crowdsourcing systems on the world-wide web", **Communications of the ACM**, v. 54, n. 4, pp. 86–96, 2011.
- DOMINGUE, J., FENSEL, D., GONZÁLEZ-CABERO, R., "Soa4all, Enabling the SOA Revolution on a World Wide Scale", **Semantic Computing, IEEE International Conference**. Santa Clara , California, Aug 2008.
- DONKER, F. W., "Public sector Geo Web Services: which business model will pay for a free lunch?", **SDI convergence**, p. 35, 2009.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. 1 ed., Bookman Editora, 2015.
- EELDERINK, L., CROMPVOETS, J., DE MAN, W. E., "Towards key variables to assess National Spatial Data Infrastructures (NSDIs) in developing countries". In:

- Crompvoets, J., Rajabifard, A., Van Loenen B., *et. al.*(eds.). **A multi-view framework to Assess SDIs.** 1 ed., chapter 15, Melbourne, The Melbourne University Press, 2008.
- EGYEDI, T. M., BERG, V., D., "Analyzing Inverse Infrastructures using a Complex Adaptive Systems Perspective", **CESUN 2012: 3rd International Engineering Systems Symposium**, Netherlands, jun. 2012.
- ELWOOD, S., "Grassroots groups as stakeholders in spatial data infrastructures: challenges and opportunities for local data development and sharing", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 22, n. 1, pp. 71–90, 2008.
- ELWOOD, S., GOODCHILD, M. F., SUI, D. Z. "Researching volunteered geographic information: Spatial data, geographic research, and new social practice", **Annals of the Association of American Geographers**, v. 102, n. 3, pp. 571–590, 2012.
- ENEMARK, S., RAJABIFARD, A., "Spatially Enabled society", **Geoforum Perspektiv**, v. 10, n. 20, 2012.
- e-PING — Programa de Governo Eletrônico Brasileiro - Sítio Oficial. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/acoes-e-projetos/e-ping-padroes-de-interoperabilidade>>. Acesso em: 3 mar. 2015.
- FEENEY, M., RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I. P., "Spatial Data Infrastructure Frameworks to Support Decision-Making for Sustainable Development", **5th Global Spatial Data Infrastructure Conference**. 2001.
- FEENEY, M.-E. F., WILLIAMSON, I. P., BISHOP, I. D. "The role of institutional mechanisms in spatial data infrastructure development that supports decision-making", **Cartography**, v. 31, n. 2, pP. 21–38, 2002.
- FERNÁNDEZ, T. D., IGLESIAS, R. C, "Spatial Data Infrastructure: From national to local level", **GSDI 11 World Conference**, Rotterdam, 2008.
- FERREIRA, R., DE SOUZA, J. M., ESTEVES, M. G. P., *et al.*, "Um Framework Aplicado à Participação da Multidão em Sistemas de E-government para Municípios", **2º SIMPÓSIO DE COMPUTAÇÃO DO SUL CAPIXABA**. Alegre, Espírito Santo, 2013.
- FEUERLICHT, G., GOVARDHAN, S. S., "SOA: Trends and directions", **International Conference on Systems Integration**. pp. 149–155, 2009.
- FIELDING, R., GETTYS, J., MOGUL, J., *et al.*, **Hypertext transfer protocol-HTTP/1.1**, jun. 1999.
- FIELDING, R., "A little REST and Relaxation", **The International Conference on Java Technology**, Zurich, Switzerland, 2007.
- FIELDING, R. T. **Architectural styles and the design of network-based software architectures**. Ph.D. Dissertation, California, University of California, Irvine, 2000.
- FIELDING, R. T., TAYLOR, R. N., "Principled design of the modern Web architecture", **ACM Transactions on Internet Technology**, v. 2, n. 2, pp. 115–150, 2002.
- FISCHER, G. "Understanding, fostering, and supporting cultures of participation", **interactions**, v. 18, n. 3, pp. 42–53, 2011.

FOLGER, P. **Geospatial Information and Geographic Information Systems (GIS): Current Issues and Future Challenges**, 2009.

FRANČULA, N., "G8 Open Data Charter", **Geodetski list: glasilo Hrvatskoga geodetskog društva**, v. 68, n. 2, p. 158–158, 2014.

FRIIS-CHRISTENSEN, A., BERNARD, L., KANELLOPOULOS, I., et al., "Building service oriented applications on top of a spatial data infrastructure—a forest fire assessment example", **AGILE-Shaping the future of Geographic Information Science in Europe**, Visegrád, Hungary, 2006.

GAMMA, E., VLASSIDES, J., HELM, R., et al. **Design patterns: Elements of reusable object-oriented software**, Addison-Wesley, 1995.

GEIGER, D., ROSEMANN, M., FIELT, E., "Crowdsourcing information systems—a systems theory perspective", **Proceedings of the Australiasian Conference on Information Systems**. Sydney, Australia, 2011.

GeoJSON-LD. Disponível em: <<http://geojson.org/geojson-ld/>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

GEORGIADOU, Y., PURI, S. K., SAHAY, S., "Towards a potential research agenda to guide the implementation of Spatial Data Infrastructures—A case study from India", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 19, n. 10, pp. 1113–1130, 2005.

Geoservices REST API - OSGeo Wiki. Disponível em: <http://wiki.osgeo.org/wiki/Geoservices_REST_API>. Acesso em: 13 fev. 2017.

GGIM - A Guide to the Role of Standards in Geospatial Information Management. Disponível em: <http://ggim.un.org/docs/meetings/GGIM4/E-C20-2014-8_Essential%20Standards%20Guide%20for%20UNGGIM.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2016.

GHAEMIA, A. A., SAMADZADEGANB, F., RAJABIFARDC, A., et al., "Implementing a Municipal SDI with Service Oriented Architecture", **GSDI 12 World Conference-Realizing spatially enabled societies**, Singapore, 2010.

GIBBONS, M., LIMOGES, C., NOWOTNY, H., et al. **The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies**. Michael Gibbons, 1994.

GIFF, G., COLEMAN, D., "Funding models for SDI implementation: From local to global", **Proceedings of GSDI6 conference on SDI**, Budapest, Hungary, 2002.

GIFF, G., COLEMAN, D., "Funding Models for SDIs: Are they Applicable in Emerging Nations?", **9th EC GI & GIS Workshop, ESDI Serving the User**, A Coruña, Spain, 2003.

GIRRES, J.-F., TOUYA, G., "Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset", **Transactions in GIS**, v. 14, n. 4, pp. 435–459, 2010.

GSDI - GLOBAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.gsdi.org/>>. Acesso em: 3 mar. 2013.

GONG, C., LIU, J., ZHANG, Q., et al., "The characteristics of cloud computing", **Parallel Processing Workshops. International Conference. 39TH 2010. (ICPPW 2010)**, San Diego, California, 2010.

- GOODCHILD, M., "NeoGeography and the nature of geographic expertise", **Journal of Location Based Services**, v. 3, n. 2, pp. 82–96, 2009.
- GOODCHILD, M. F., "Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information", **GeoFocus**, v. 2, pp. 24–32, 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, 2007b.
- GOODCHILD, M. F., GLENNON, J. A., "Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier", **International Journal of Digital Earth**, v. 3, n. 3, pp. 231–241, 2010.
- Google Map Maker. Disponível em: <<http://www.google.com/mapmaker?hl=pt-BR>>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- Google Map Maker – Wikipédia, a encyclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Map_Maker>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- GOTTSCHALK, K., GRAHAM, S., KREGER, H., *et al.*, "Introduction to web services architecture", **IBM systems Journal**, v. 41, n. 2, p. 170–177, 2002.
- GOULD, M., CRAGLIA, M., GOODCHILD, M. F., *et al.*, "Next-generation digital earth: A position paper from the vespucci initiative for the advancement of geographic information science", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 3, 2008.
- GOURLEY, D., TOTTY, B. **HTTP: The Definitive Guide**. 1 ed. California, O'Reilly Media, 2002.
- GRANELL, C., DÍAZ, L., TAMAYO, A., *et al.*, "Assessment of OGC web processing services for REST principles", **International Journal of Data Mining, Modelling and Management**, v. 6, n. 4, pp. 391–412, 2012.
- GRANELL, C.; SCHADE, S.; HOBONA, G., "Linked Data: Connecting Spatial Data Infrastructures and Volunteered Geographic Information". In: **Geospatial Web Services: Advances in Information Interoperability: Advances**. 1 ed., chapter 9, New York, 2011.
- GRANT, D., "Spatial data infrastructures: the vision for the future and the role of government in underpinning future land administration systems", **Proceedings of UN-FIG International Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development**, 1999.
- GROOT, R., "Spatial data infrastructure (SDI) for sustainable land management", **ITC journal**, v. 3, n. 4, pp. 287–294, 1997.
- GRUS, L., CROMPVOETS, J., BREGT, A., "Defining national spatial data infrastructures as complex adaptive systems", **GSDI-9 conference proceedings**, Santiago, Chile. 2006.
- GRUS, L., CROMPVOETS, J., BREGT, A. K., "Multi-view SDI assessment framework", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 2, pp. 33–53, 2007.
- GRUS, L., CROMPVOETS, J., BREGT, A. K., "Spatial data infrastructures as complex adaptive systems", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 24, n. 3, pp. 439–463, 2010.

- GUINARD, D., TRIFA, V., MATTERN, F., *et al.* "From the internet of things to the web of things: Resource-oriented architecture and best practices" In: Springer, **Architecting the Internet of Things**, 1 ed., chapter 10, 2011.
- GUINARD, D., TRIFA, V., PHAM, T., *et al.*, "Towards physical mashups in the web of things", **Networked Sensing Systems (INSS), Sixth International Conference**, Pittsburgh, Pennsylvania, 2009.
- HAKLAY, M., "How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets", **Environment and planning. B, Planning & design**, v. 37, n. 4, pp. 682, 2010.
- HAKLAY, M. E., ANTONIOU, V., BASIOUKA, S., *et al.* **Crowdsourced Geographic Information Use in Government**. 2014. Disponível em: <<http://discovery.ucl.ac.uk/1433169/>>. Acesso em: 25 nov. 2014.
- HAKLAY, M., SINGLETON, A., PARKER, C., "Web mapping 2.0: The neogeography of the GeoWeb", **Geography Compass**, v. 2, n. 6, pp. 2011–2039, 2008.
- HAKLAY, M., WEBER, P., "Openstreetmap: User-generated street maps", **Pervasive Computing, IEEE**, v. 7, n. 4, pp. 12–18, 2008.
- HALSALL, F., LINKS, D., **Computer Networks and Open Systems**, 3 ed., Addison-Wesley, 1995.
- HARRIS, T. M., LAFONE, H. F., "Toward an informal Spatial Data Infrastructure: Voluntary Geographic Information, Neogeography, and the role of citizen sensors", In: Cerbova K., Cerba, O., (eds.). **SDI, Communities and Social Media**, pp 8-21, Prague, Czech Republic, 2012.
- HARVEY, F., "Developing geographic information infrastructures for local government: The role of trust", **The Canadian Geographer/Le Géographe canadien**, v. 47, n. 1, pp. 28–36, 2003.
- HARVEY, F., TULLOCH, D., "Local-government data sharing: Evaluating the foundations of spatial data infrastructures", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, pp. 743–768, 2006.
- HEIPKE, C., "Crowdsourcing geospatial data", **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 65, n. 6, pp. 550–557, 2010.
- HENDRIKS, P. H. J., DESSERS, E., VAN HOOTEGEM, G., "Reconsidering the definition of a spatial data infrastructure", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 26, n. 8, pp. 1479–1494, 2012.
- HENNIG, S., BELGUI, M., "User-centric SDI: Addressing Users Requirements in Third-Generation SDI, The Example of Nature-SDIplus", **Geoforum Perspektiv**, v. 10, n. 20, 2012.
- HENNIG, S., GRYL, I., VOGLER, R., "Spatial data infrastructures, spatially enabled society and the need for society's education to leverage spatial data", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v.8, pp. 98–127, 2013.
- HJELMAGER, J., MOELLERING, H., COOPER, A., et al., "An initial formal model for spatial data infrastructures", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 22, n. 11–12, p. 1295–1309, 2008.

HOLMES, C., DOYLE, A., WILSON, M., "Towards a free and open source (FOSS) spatial data infrastructure", **From Pharaohs to Geoinformatics**, Cairo, Egypt, 2005.

HOWE, J. **The rise of crowdsourcing**. Disponível em: <<http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>>.

HUDSON-SMITH, A., CROOKS, A., GIBIN, M., et al., "NeoGeography and Web 2.0: concepts, tools and applications", **Journal of Location Based Services**, v. 3, n. 2, p. 118–145, 2009.

HUHNS, M. N., SINGH, M. P., "Service-oriented computing: Key concepts and principles", **Internet Computing, IEEE**, v. 9, n. 1, pp. 75–81, 2005.

Hydra Core Vocabulary. Disponível em: <<http://www.hydra-cg.com/spec/latest/core/>>. Acesso em: 29 nov. 2015.

INDA - Infraestrutura Nacional de Dados Abertos — Programa de Governo Eletrônico Brasileiro - Sítio Oficial. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/acoes-e-projetos/Dados-Abertos/inda-infraestrutura-nacional-de-dados-abertos>>. Acesso em: 8 mar. 2013.

INDE. Disponível em: <<http://www.inde.gov.br>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

Infraestrutura de Dados Espaciais GeoMINAS. Disponível em: <<http://www.ide.ufv.br/geominas/srv/br/about>>. Acesso em: 3 mar. 2013.

INSPIRE - WELCOME TO INSPIRE. Disponível em: <<http://inspire.jrc.ec.europa.eu>>. Acesso em: 3 mar. 2013.

IOUP, E., LIN, B., SAMPLE, J., et al., "Geospatial Web Services: Bridging the Gap Between OGC and Web Services", In: Sample, J.T., Shaw, K., Tu, S., Abdelguerfi, M. (Eds.), **Geospatial Services and Applications for the Internet**. 1 ed., chapter 4, Springer, 2008.

IPEIROTIS, P. G. **Demographics of mechanical turk**. 2010.

ISA, M. Z., "SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE (SDI) FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN AFRICA", **Development**, v. 4, n. 2, 2016.

ISO 19115-1:2014 - Geographic information -- Metadata. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnnumber=53798](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=53798)>. Acesso em: 6 fev. 2017.

JANOWICZ, K., SCHEIDER, S., PEHLE, T., et al., "Geospatial semantics and linked spatiotemporal data—Past, present, and future", **Semantic Web**, v. 3, n. 4, p. 321–332, 2012.

JAVIER, A., "GeoJSON y TopoJSON: comparación entre los formatos de intercambio de Información Geográfica alternativos a GML", **Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales, Toledo**, 2013.

JEFF, H., **Crowdsourcing: Why the power of the crowd is driving the future of business**, Random House Books, New York, 2009.

JONES, J., KUHN, W., KESSLER, C., et al., "Making the web of data available via web feature services", In: **Connecting a Digital Europe Through Location and Place**. Springer, pp. 341–361, 2014.

- JUNIOR, O. G. M., STRAUCH, J. C. M., DO SANTOS, C. J. B., *et al.*, "INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA NO PROCESSO DE REAMBULAÇÃO", **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 4, 2016.
- KAUFMANN, N., SCHULZE, T., VEIT, D., "More than fun and money. worker motivation in crowdsourcing—a study on mechanical turk", **Proceedings of the 17th Americas Conference on Information Systems**, Detroit, Michigan, 2011.
- KERN, R., BAUER, C., THIES, H., *et al.*, "Validating results of human-based electronic services leveraging multiple reviewers", **Proceedings of the 16th Americas Conference on Information Systems (AMCIS)**, Lima, Peru, 2010.
- KIETZMANN, J. H., HERMKENS, K., MCCARTHY, I. P., et al., "Social media? Get serious! Understanding the functional building blocks of social media", **Business horizons**, v. 54, n. 3, pp. 241–251, 2011.
- KIM, S.H., JANG, K.J., "Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR", **International Journal of production economics**, v. 76, n. 2, pp. 121–133, 2002.
- KLIMENT, T., GRANELL, C., CETL, V., *et al.*, "Publishing OGC resources discovered on the mainstream web in an SDI catalogue", **The 16th AGILE International Conference on Geographic Information Science**, Helsinki, Finland, 2013.
- KNOBEL, C. **Understanding infrastructure: Dynamics, tensions, and design**. Disponível em: <http://cohesion.rice.edu/Conferences/Hewlett/emplibrary/UI_Final_Report.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2014.
- KRAFZIG, D., BANKE, K., SLAMA, D. **Enterprise Soa: Service-Oriented Architecture Best Practices**. 1 ed. New Jersey, Prentice Hall Professional, 2005.
- KRUMM, J., DAVIES, N., NARAYANASWAMI, C., "User-generated content. **Pervasive Computing, IEEE**", v. 7, n. 4, pp. 10–11, 2008.
- LANCE, K. T., GEORGIADOU, Y., BREGT, A. K., "Cross-agency coordination in the shadow of hierarchy.“joining up”government geospatial information systems", **International journal of geographical information science**, v. 23, n. 2, pp. 249–269, 2009.
- LANTHALER, M., **Third Generation Web APIs - Bridging the Gap between REST and Linked Data**. Ph.D. Dissertation , Graz University of Technology, Austria, 2013.
- LANTHALER, M., "Leveraging Linked Data to Build Hypermedia-Driven Web APIs", In: Pautasso, C., W., E., Alarcon, R. (Eds.), **REST: Advanced Research Topics and Practical Applications**, 1 ed., chapter 7, California, Springer, 2014.
- LANTHALER, M., Hydra Core Vocabulary. Disponível em: <<http://www.hydracg.com/spec/latest/core/>>. Acesso em: 2 fev. 2017.
- LANTHALER, M., GÜTL, C., "On using JSON-LD to create evolvable RESTful services", **Proceedings of the Third International Workshop on RESTful Design**, Lyon, France, 2012.

LANTHALER, M., GÜTL, C., "Hydra: A Vocabulary for Hypermedia-Driven Web APIs", **Proceedings of the 6th Workshop on Linked Data on the Web**, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.

LATHROP, D., RUMA, L. **Open government: Collaboration, transparency, and participation in practice**, 1 ed., USA, O'Reilly Media, Inc., 2010.

LAYNE, K.; LEE, J. Developing fully functional E-government: A four stage model. **Government information quarterly**, v. 18, n. 2, p. 122–136, 2001.

Lei de acesso a informação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112527.htm>. Acesso em: 15 mar. 2015.

LEIMEISTER, J. M., HUBER, M., BRETSCHNEIDER, U., *et al.*, "Leveraging crowdsourcing: activation-supporting components for IT-based ideas competition", **Journal of management information systems**, v. 26, n. 1, pp. 197–224, 2009.

LEWIS, J., FOWLER, M. Microservices. Disponível em: <<http://martinfowler.com/articles/microservices.html>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

LINDERS, D., "From e-government to we-government: Defining a typology for citizen coproduction in the age of social media", **Government Information Quarterly**, v. 29, n. 4, pp. 446–454, 2012.

LoopBack - Node.js framework. Disponível em: <<https://loopback.io/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

LUCCHI, R.; MILLOT, M.; "ELFERS, C. Resource oriented architecture and REST", **Office for Official Publications of the European Communities**, 2008.

MAGUIRE, D. J., LONGLEY, P. A., "The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures", **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, n. 1, pp. 3–14, 2005.

MALESHKOVA, M., PEDRINACI, C., DOMINGUE, J., "Investigating web apis on the world wide web", **Web Services (ECOWS), IEEE 8th European Conference**, Ayia Napa, 2010.

MapQuest - Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/MapQuest>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

MapQuest Maps - Driving Directions - Map. Disponível em: <<http://www.mapquest.com/>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

Marco civil da internet. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/112965.htm>. Acesso em: 15 mar. 2015.

MASINTER, L., BERNERS-LEE, T., FIELDING, R. T. Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc3986>>. Acesso em: 24 set. 2015.

MASÓ, J., PONS, X., ZABALA, A., "Tuning the second-generation SDI: theoretical aspects and real use cases", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 26, n. 6, pp. 983–1014, 2012.

MASSE, M. **REST API design rulebook**. 1 ed., USA, O'Reilly Media, Inc., 2011.

- MASSER, I., "All shapes and sizes: The first generation of national spatial data infrastructures", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 13, n. 1, pp. 67–84, 1999.
- MASSER, I., "What is a spatial data infrastructure", **4th Global Spatial Data Infrastructure Conference**, Cape Town, South Africa. 2000.
- MASSER, I., "The future of spatial data infrastructures", **ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure, XXXVI**. Hangzhou, China, 2005a
- MASSER, I. **GIS worlds: creating spatial data infrastructures**. 1 ed., California, ESRI press Redlands, 2005b.
- MASSER, I., "What's special about SDI related research", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 1, pp. 14–23, 2006.
- MASSER, I., "Changing notions of a spatial data infrastructure", **Proceedings of the GSDI 11 World Conference, Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to address Global Challenge**, Rotterdam, 2009.
- MASSER, I. "Emerging frameworks in the Information Age: The Spatial Data Infrastructure (SDI) phenomenon", **The SAGE Handbook of GIS and Society. London, Sage Publications**, pp. 271–86, 2011.
- MASSER, I., RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I., "Spatially enabling governments through SDI implementation", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 22, n. 1, pp. 5–20, 2008.
- MAZZETTI, P., NATIVI, S., CARON, J., "RESTful implementation of geospatial services for Earth and Space Science applications", **International Journal of Digital Earth**, v. 2, n. S1, pp. 40–61, 2009.
- MCCARTNEY, E. A., CRAUN, K. J., KORRIS, E., *et al.*, "Crowdsourcing The National Map", **Cartography and Geographic Information Science**, v. 42, n. sup1, pp. 54–57, 2015.
- MCDOUGALL, K., "The potential of citizen volunteered spatial information for building SDI", **Proceedings of the GSDI 11 World Conference, Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to address Global Challenge**, Rotterdam, 2009.
- MCDOUGALL, K., RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I., "A mixed-method approach for evaluating spatial data sharing partnerships for spatial data infrastructure development". In: Onsrud, H. (Ed.). **Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts**, pp. 55-74, ESRI Press, Redlands, California, 2007..
- MCLAUGHLIN, J., NICHOLS, S., "Developing a national spatial data infrastructure", **Journal of Surveying Engineering**, v. 120, n. 2, pp. 62–76, 1994.
- MCLEOD, P.; MARTIN, A.; CROMPVOETS, J. **Spatial Data Infrastructure (SDI) Manual for the Americas**. New York. Disponível em: <<https://lirias.kuleuven.be/handle/123456789/430572>>. Acesso em: 8 out. 2016.
- MEHTA, Y., BUCH, S., "Semantic proximity with linked open data: A concept for social media analytics", **International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)**. GREATER NOIDA, India, 2016.

- MELL, P., GRANCE, T. **The NIST definition of cloud computing**, 2011.
- MERGEL, I., "Social media adoption and resulting tactics in the US federal government", **Government Information Quarterly**, v. 30, n. 2, pp. 123–130, 2013.
- MIHINDUKULASOORIYA, N., GARCIA-CASTRO, R., "Describing Linked Data Platform Applications with the Hydra Core Vocabulary", **proceedings of the Third Workshop on Services and Applications over Linked APIs and Data co-located with the 12th Extended Semantic Web Conference (ESWC 2015)**. Portorož, Slovenia, 2015.
- MOLICK, E., "The dynamics of crowdfunding: An exploratory study", **Journal of business venturing**, v. 29, n. 1, pp. 1–16, 2014.
- MONTALVO, W. **Mapping the determinants of spatial data sharing**. [s.l.] Ashgate Publishing, Ltd., 2003.
- MÜLLER, R. M., THORING, K., OOSTINGA, R., "Crowdsourcing with Semantic Differentials: A Game to Investigate the Meaning of Form", **Proceedings of the 2010 AMCIS**, Lima, Peru, 2010.
- NAVON, J.; FERNANDEZ, F. The essence of rest architectural style. In: Wilde, E., Pautasso, C. (eds), **REST: from research to practice**, 1 ed., chapter 1, New York, Springer, 2011.
- NEBERT, D. **The spatial data infrastructure cookbook**. 1. ed., USA, GSIDI Association Press, 2004.
- NEBERT, D. **The spatial data infrastructure cookbook**. 2. ed., USA, GSIDI Association Press, 2009.
- NEDOVIĆ-BUDIĆ, Z., PINTO, J. K., "Interorganizational GIS: Issues and prospects", **The Annals of Regional Science**, v. 33, n. 2, pp. 183–195, 1999.
- NEDOVIĆ-BUDIĆ, Z., PINTO, J. K., WARNECKE, L., "GIS database development and exchange: interaction mechanisms and motivations", **URISA journal**, v. 16, n. 1, pp. 15–29, 2004.
- NEIS, P., ZIELSTRA, D., ZIPF, A., "Comparison of Volunteered Geographic Information Data Contributions and Community Development for Selected World Regions", **Future Internet**, v. 5, n. 2, pp. 282–300, 2013.
- NOTTINGHAM, M. N. Web Linking. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc5988>>. Acesso em: 9 fev. 2017.
- NOV, O., ARAZY, O., ANDERSON, D., "what drives the quantity and quality of online citizen science participation?", **PloS one**, v. 9, n. 4, pp. e90375, 2014.
- NSDI Data Themes - Federal Geographic Data Committee. Disponível em: <<https://www.fgdc.gov/library/whitepapers-reports/annual%20reports/2008/web-version/AppendixC.html>>. Acesso em: 19 abr. 2016.
- OBLINGER, D., OBLINGER, J., "Is it age or IT: First steps toward understanding the net generation", **Educating the net generation**, v. 2, n. 20, pp. 1–2, 2005.
- OLIVEIRA, I. L., LISBOA FILHO, J., "A Spatial Data Infrastructure Review-Sorting the Actors and Policies from Enterprise Viewpoint", **17th International**

Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS), Barcelona, Spain, 2015.

OLOO, M. J. O., KRAPF, V., "SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE AND VOLUNTARY GEOGRAPHIC INFORMATION", **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology**, v. 2, 2015.

ONSRUD, H. *et al.* "Public commons of geographic data: Research and development challenges". In: Egenhofer M., Freksa C., H., Miller (eds), **Geographic information science**, v. 3234, **Lecture Notes in Computer Science**, Springer, pp. 223-238, 2004.

ONSRUD, H., POORE, B., RUGG, R., *et al.*, "The future of the spatial information infrastructure", In: **A research agenda for geographic information science**. v. 1, pp. 225–255. USA, CRC Press, 2005.

ONSRUD, H. J. A, "global survey of national spatial data infrastructure activities", **University of Maine, Orono, Maine, at: http://www.spatial.maine.edu/onsrud/GSDI.htm**, 1998. Disponível em: <<http://downloads2.esri.com/campus/uploads/library/pdfs/6340.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2014.

ONSRUD, H. J., "Legal interoperability in support of spatially enabling society", **GSDI (Global Spatial Data Infrastructure Association)**, v. 12, 2010.

Open Geospatial Consortium - OGC. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/>>. Acesso em: 3 mar. 2013.

OpenStreetMap. Disponível em: <<http://www.openstreetmap.org/>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

OpenStreetMap - Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

ORDER, E. 12906. Disponível em: <<https://www.archives.gov/files/federal-register/executive-orders/pdf/12906.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2012.

O'REILLY, T., "What is Web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software", **Communications & strategies**, n. 1, pp. 17, 2007.

PAIXÃO, S. K. S., NICHOLS, S., COLEMAN, D., "Towards a Spatial Data Infrastructure: Brazilian Initiatives", **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 60, n. 2, 2009.

PAPAZOGLOU, M. P., "Service-oriented computing: Concepts, characteristics and directions", **Web Information Systems Engineering, 2003. WISE 2003. Proceedings of the Fourth International Conference**. 2003.

PAPAZOGLOU, M. P., VAN DEN HEUVEL, W.-J., "Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues", **The VLDB journal**, v. 16, n. 3, pp. 389–415, 2007.

PARAMESWARAN, M., WHINSTON, A. B., "Social computing: An overview", **Communications of the Association for Information Systems**, v. 19, n. 1, pp. 37, 2007.

PAUDYAL, D. R., MCDOUGALL, K., APAN, A. "Building SDI bridges for catchment management", In: **SDI Convergence: Research, Emerging Trends, and Critical Assessment**, pp. 265-79, 2009.

- PAUTASSO, C., "RESTful Web service composition with BPEL for REST", **Data & Knowledge Engineering**, v. 68, n. 9, pp. 851–866, 2009.
- PAUTASSO, C., WILDE, E., ALARCON, R., **REST: Advanced Research Topics and Practical Applications**. 1 ed., California, Springer, 2014.
- PAUTASSO, C., ZIMMERMANN, O., LEYMAN, F. "Restful web services vs. big'web services: making the right architectural decision", **Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web**, Beijing, China, 2008.
- PERCIVALL, G., "OpenGIS international standards for GEOSS interoperability arrangements", **International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)**, Denver, Colorado, USA, aug 2006.
- PERCIVALL, G., "The application of open standards to enhance the interoperability of geoscience information", **International Journal of Digital Earth**, v.3, n.S1, pp. 14–30, 2010.
- PETERS, M. A., BRITEZ, R. G. **Open education and education for openness**, Sense Publishers, 2008.
- PETERSON, M. P., "Online mapping with APIs", In: **Online Maps with APIs and WebServices**, Springer, pp. 3–12, 2012.
- PICANTO, BRAVO, J., DELAZARI, *et al.*, "OPENSTREETMAP AND OFFICIAL BASE MAP OF CURITIBA – BRAZIL: A STUDY ABOUT COMPLETENESS OF STREETS AND ROADS", **27th International Cartographic Conference**, Rio de Janeiro, ago, 2015.
- Plano de Acao da INDE. Disponível em: <<http://www.concar.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2013.
- POORE, B. S. *et al.* **Structures data collection for the National Map using volunteered geographic information**. [s.l.] US Geological Survey, 2012. Disponível em: <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20121209>>. Acesso em: 19 set. 2016.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Decreto nº 8.777. Acesso em: 11 maio 2016.
- Principles of Open Government Data. Disponível em: <https://public.resource.org/8_principles.html>. Acesso em: 5 fev. 2017.
- PRPIĆ, J., SHUKLA, P. P., KIETZMANN, J. H., *et al.*, "How to work a crowd: Developing crowd capital through crowdsourcing", **Business Horizons**, v. 58, n. 1, p. 77–85, 2015.
- RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I. P., HOLLAND, P., *et al.*, "From Local to Global SDI initiatives: a pyramid building blocks", **4th Global Spatial Data Infrastructure Conference, Cape Town, South Africa**, 2000.
- RAJABIFARD, A., BINNS, A., MASSER, I., *et al.*, "The role of sub-national government and the private sector in future spatial data infrastructures", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, pp. 727–741, 2006.
- RAJABIFARD, A., "A spatial data infrastructure for a spatially enabled government and society" In: **A Multi-View Framework to Assess SDIs**, chapter 1, Melbourne, Australia, The Melbourne University Press, 2008.

- RAJABIFARD, A., BINNS, A., WILLIAMSON, I., "SDI design to facilitate spatially enabled society", **Towards a Spatially Enabled Society**, Melbourne, Australia, The University of Melbourne Press, pp. 219–232, 2007.
- RAJABIFARD, A., FEENEY, M.-E. F., WILLIAMSON, I. P., "Future directions for SDI development", **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 4, n. 1, pp. 11–22, 2002.
- RAJABIFARD, A., KALANTARI SOLTANIEH, S., WILLIAMSON, I., "Spatially enabled land administration: paradigm shift in land information management", **Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2013**. Washington DC, abr 2013.
- RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I. P., "Spatial data infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions", **Proceedings of GEOMATICS'80 Conference**, 2001.
- RAMAGE, S., REICHARDT, M. "User-generated spatial content and the need for SDI standards", In: Cerbova K., Cerba, O., (eds.). **SDI, Communities and Social Media**, pp 33-50, Prague, Czech Republic, 2012.
- REHRL, K., GRÖECHENIG, S., HOCHMAIR, H., *et al.*, "A conceptual model for analyzing contribution patterns in the context of VGI", In: **Progress in location-based services, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**, Springer, pp. 373–388, 2013.
- REYNOSO, L., GROSCLAUDE, E., SANCHEZ, L., *et al.*, "Towards a social interaction-based cognition model: An analysis of Spatial Data Infrastructure", **Cognitive Informatics & Cognitive Computing 2014 - IEEE 13th International Conference**, 2014.
- RICHARDSON, L., AMUNDSEN, M., RUBY, S. **RESTful Web APIs**. 1 ed., USA, O'Reilly Media, Inc., 2013.
- RICHARDSON, L.; RUBY, S. **RESTful web services**. [s.l.] O'Reilly Media, Inc., 2008.
- RICHTER, C., MISCIONE, G., GEORGIADOU, Y., "Conceptualizing people in SDI literature: Implications for SDI research and development", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 5, pp. 286–325, 2010.
- RODRIGUEZ, A., "Restful web services: The basics", **IBM developerWorks**, 2008.
- ROSE, L. Geospatial Portal Reference Architecture. 2004.
- ROUACHED, M., BACCAR, S., ABID, M., "RESTful sensor web enablement services for wireless sensor networks", **IEEE SERVICES 2012 8th IEEE World Congress on Services**, Hawaii, USA, 2012.
- ROUSE, A. C. A, "preliminary taxonomy of crowdsourcing", **ACIS 2010 : Australasian Conference on Information Systems**, 2010.
- SADEGHI-NIARAKI, A., RAJABIFARD, A., KIM, K., *et al.*, "Ontology Based SDI to Facilitate Spatially Enabled Society", **Proceedings 12th GSDI World Conference**, Singapore, 2010.
- SAHIN, K., GUMUSAY, M. U., "Service oriented architecture (SOA) based web services for geographic information systems", **XXII ISPRS Congress**. Beijing, 2008.

SCHADE, S., COX, S., "Linked Data in SDI or How GML is not about Trees", **Proceedings of the 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science-Geospatial Thinking**, Guimarães, Portugal, 2010.

SCHADE, S., GRANELL, C., DÍAZ, L., "Augmenting SDI with linked data", **Workshop On Linked Spatiotemporal Data, in conjunction with the 6th International Conference on Geographic Information Science**, Zurich, Sept 2010.

SCHADE, S., SMITS, P. "Why linked data should not lead to next generation SDI", **Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International**. Munich, Germany, 2012.

SCHENK, E., GUILTARD, C. Crowdsourcing : What can be Outsourced to the Crowd , and Why ?, **Workshop on Open Source Innovation**, Strasbourg, France, 2009.

SCHMIDT, M., KLETTNER, S., STEINMANN, R., "Barriers for contributing to VGI projects", **The 26th International Cartographic Conference**, Dresden, Germany, 2013.

SCHNEIDER, D. **UMA ABORDAGEM DE COMPUTAÇÃO SOCIAL PARA A CONSTRUÇÃO DE HISTÓRIAS E TRAMAS NOTICIOSAS POR MEIO DA CURADORIA SOCIAL**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2015.

SDMX – Statistical Data and Metadata eXchange, [s.d.]. Disponível em: <<https://sdmx.org/>>. Acesso em: 6 fev. 2017

SHADBOLT, N., HALL, W., BERNERS-LEE, T., "The semantic web revisited", **Intelligent Systems, IEEE**, v. 21, n. 3, pp. 96–101, 2006.

SHAKERI, M., ALIMOHAMMADI, A., SADEGHI-NIARAKI, A., et al., "Enriching Spatial Data Infrastructure (SDI) by User Generated Contents for Transportation", **ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 1, n. 3, pp. 383–388, 2013.

SILVA, Á., CUNHA, S. **A Diretiva INSPIRE e os novos formatos OGC no domínio da interoperabilidade de dados geográficos e serviços em meteorologia e climatologia**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Alvaro_Silva13/publication/277716768_A_Diretiva_INSPIRE_e_os_novos_formatos_OGC_no_dominio_da_interoperabilidade_de_dados_geograficos_e_servicos_em_meteorologia_e_climatologia/links/5571a62c08ae2cf790513f4c.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2017.

Simple Feature Access - Part 1: Common Architecture. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/sfa>>. Acesso em: 9 fev. 2017.

SMIT, J., PRESTIGE MAKANGA, K. L., DE VRIES, W., "Exploring relationships between municipal and provincial government SDI implementers in South Africa", **Global Spatial Data Infrastructure (GSDI) 11th World Conference**. Rotterdam, Netherlands, 2009.

SPORNY, M., KELLOGG, G., LANTHALER, M., et al. **JSON-LD 1.0**. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/json-ld/>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

STEFANIDIS, A., CROOKS, A., RADZIKOWSKI, J., "Harvesting ambient geospatial information from social media feeds", **GeoJournal**, p. 1–20, 2012.

- STEUDLER, D., RAJABIFARD, A., **Spatially Enabled Society**. 1a. ed., DK FIG, 2012.
- STEVEN, A. R., "The US National Spatial Data Infrastructure: What is new?", **Proceedings of the ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure**, Hangzhou, China, 2005.
- SUI, D., "Opportunities and Impediments for Open GIS", **Transactions in GIS**, v. 18, n. 1, p. 1–24, 2014.
- SUI, D., ELWOOD, S., GOODCHILD, M., "Crowdsourcing geographic knowledge: volunteered geographic information (VGI) in theory and practice", Springer Science & Business Media, 2013.
- SUI, D., GOODCHILD, M., "The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 25, n. 11, pp. 1737–1748, 2011.
- SUI, D., GOODCHILD, M., ELWOOD, S., "Volunteered Geographic Information, the Exaflood, and the Growing Digital Divide". In: Sui, D., Elwood, S., Goodchild, M. (eds) **Crowdsourcing Geographic Knowledge**, 1 ed., chapter 1, USA, Springer, 2013.
- Swagger. Disponível em: <<http://swagger.io/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- TAMAYO, A., GRANELL, C., HUERTA, J., "Measuring complexity in OGC web services XML schemas: pragmatic use and solutions", **International Journal of Geographical Information Science**, v. 26, n. 6, pp. 1109–1130, 2012.
- TAYLOR, T., "The Role of Standards in Geospatial Information Management for the World, Essential Standards for Developing Spatial Data Infrastructures", **27th International Cartographic Conference**, Rio de Janeiro, Brasil, aug. 2015.
- THIES, G., VOSSEN, G., "Web-oriented architectures: On the impact of web 2.0 on service-oriented architectures", **Asia-Pacific Services Computing Conference, 2008. APSCC'08.** IEEE. 2008. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4780821>. Acesso em: 22 jun. 2016
- THOMAS, E., HEDBERG, O., THOMPSON, B., *et al.*, "A strategy framework to facilitate spatially enabled Victoria", **Proceedings of the GSIDI 11 World Conference, Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to address Global Challenges**, 2009.
- THONES, J. "Microservices", **IEEE Software**, v. 32, n. 1, pp. 116–116, jan, 2015.
- TIAN, W., ZHU, X., LIU, Y., "a Bottom-Up Geosptial Data Update Mechanism for Spatial Data Infrastructure Updating", **ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 1, pp. 445–448, 2012.
- TUMBA, A. G., AHMAD, A., "Geographic Information System and Spatial Data Infrastructure: A Developing Societies' Perception", **Universal Journal of Geoscience**, v. 2, n. 3, pp. 85–92, 2014.
- TURNER, A., **Introduction to neogeography**, 1 ed., USA, O'Reilly Media, 2006.

- Understanding Users' Needs and User-Centred Design. Disponível em: <http://ftp.geogratis.gc.ca/pub/nrcan_rncan/publications/ess_sst/292/292113/cgdi_ip_24e.pdf>. Acesso em: 9 out. 2016
- Ushahidi. Disponível em: <<http://www.ushahidi.com/>>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- Ushahidi - Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Ushahidi>>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- VACCARI, L., SHVAIKO, P., MARCHESE, M., "A geo-service semantic integration in spatial data infrastructures", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 4, pp. 24–51, 2009.
- VAN DIJCK, J., "Users like you? Theorizing agency in user-generated content", **Media, culture, and society**, v. 31, n. 1, pp. 41, 2009.
- VANDENBROUCKE, D., CROMPVOETS, J., JANSSEN, K., et al. **Spatial Data Infrastructures in Europe: State of play, spring, 2011**.
- VANDENBROUCKE, D., JANSSEN, K., "Spatial Data Infrastructures in Europe: State of Play Spring 2005", **Summary report of a study commissioned by the EC (EUROSTAT & DGENV)**, 2005.
- VANDENBROUCKE, D.; JANSSEN, K. Spatial data infrastructures in Europe: State of play 2007. **Summary report by the Spatial Applications Division, KU Leuven R&D**, 2008.
- VERBORGH, R., HARTH, A., MALESHKOVA, M., et al., "Survey of semantic description of rest apis", In: Pautasso, C., W., E., Alarcon, R. (Eds.), **REST: Advanced Research Topics and Practical Applications**. 1 ed., chapter 5, California, USA, Springer, 2014.
- VERBORGH, R., VAN HOOLAND, S., COPE, A. S., et al., "The fallacy of the multi-API culture: Conceptual and practical benefits of representational state transfer (rest)", **Journal of Documentation**, v. 71, n. 2, p. 233–252, 2015.
- VICKERY, G., WUNSCH-VINCENT, S., **Participative web and user-created content: Web 2.0 wikis and social networking**. 1 ed., Sacha Wunsch-Vincent, 2007.
- VINOSKI, S., "REST Eye for the SOA Guy", **IEEE Internet Computing**, n. 1, p. 82–84, 2007.
- VINOSKI, S., "Serendipitous reuse", **IEEE Internet Computing**, n. 1, p. 84–87, 2008a.
- VINOSKI, S., "Restful web services development checklist", **IEEE Internet Computing**, v. 12, n. 6, p. 96–95, 2008 b.
- VLUGT, M. CRC-SI Soapbox Presentation on SDI 2.0. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/MauritsV/crcsi-soapbox-presentation-on-sdi-20>>. Acesso em: 26 ago. 2016.
- VOGELS, W., "Web services are not distributed objects", **Internet Computing, IEEE**, v. 7, n. 6, p. 59–66, 2003.
- Volunteered geographic information (VGI) primer. Ottawa, ON: Hickling Arthurs Low, 2012. Disponível em: <<http://geogratis.gc.ca/api/en/nrcan-rncan/ess-sst/b2f2a224-fc26-5292-82a9-5f62d431a208.html>>. Acesso em: 5 maio. 2015.

- VON ALAN, R. H., MARCH, S. T., PARK, J., *et al.*, "Design science in information systems research", **MIS quarterly**, v. 28, n. 1, pp. 75–105, 2004.
- VON HIPPEL, E., "Open source software projects as user innovation networks", **Open Source Software Economics**, Toulouse, France, 2002.
- VUKOVIC, M., BARTOLINI, C., "Towards a research agenda for enterprise crowdsourcing", **International Symposium On Leveraging Applications of Formal Methods, Verification and Validation**, Springer, 2010.
- VUŠOVIĆ, N., SVRKOTA, I., KRŽANOVIĆ, D., "Spatial data infrastructure", **Mining and Metallurgy Engineering Bor**, n. 3, pp. 159–174, 2013.
- WARNEST, M., RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I. P. A, "Collaborative approach to building national SDI in federated state systems: case study of Australia", **GSDI-8 conference**, Cairo, Egypt, 2005.
- WEBBER, J., PARASTATIDIS, S., ROBINSON, I. **REST in practice: Hypermedia and systems architecture**. 1 ed., USA, O'Reilly Media, Inc., 2010.
- WHITLA, P., "Crowdsourcing and its application in marketing activities", **Contemporary Management Research**, v. 5, n. 1, 2009.
- Wikiloc - GPS trails and waypoints of the World. Disponível em: <<http://en.wikiloc.com/wikiloc/home.do>>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- WikiMapia - Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/WikiMapia>>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- WikiMapps.com. Disponível em: <<http://wikimapps.com/index.php>>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- WILDE, E., PAUTASSO, C. **REST: from research to practice**. 1 ed., New York, Springer Science & Business Media, 2011.
- WILLIAMSON, I., "Building SDIs - The challenges ahead", **Proceedings of the 7th International Conference: Global Spatial Data Infrastructure**, Bangalore India, 2004.
- WILLIAMSON, I. P., CHAN, T. O., EFFENBERG, W., "Development of spatial data infrastructures: lessons learnt from the Australian digital cadastral databases", **Geomatica**, v. 52, pp. 177-178, 1998.
- WILLIAMSON, I. P., ENEMARK, S., WALLACE, J., *et al.* **Land administration for sustainable development**, California, ESRI Press Academic Redlands, 2010.
- WILLIAMSON, I. P., RAJABIFARD, A., BINNS, A., "Challenges and issues for SDI Development", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v.1, pp. 24-35, 2006.
- WILLIAMSON, I. P., RAJABIFARD, A., FEENEY, M.-E. F., **Developing spatial data infrastructures: from concept to reality**. 1 ed., CRC Press, 2003.
- WILLIAMSON, I., RAJABIFARD, A., WALLACE, J., *et al.*, "Spatially enabled society", **Proceedings of the FIGURE Congress 2010,Facing the Challenges - Building the Capacity**, Sydney, 2011.
- WOLF, E. B., POORE, B. S., CARO, H. K., *et al.*, "Volunteer Map Data Collection at the USGS", **US Geological Survey: Reston, VA, USA**, pp. 2, 2011.

- YAWSON, D. O., ARMAH, F. A., DADZIE, S. K. N., "Ghana's Right to Information Bill: Opportunity for SDI as a technical infrastructure", **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 5, p. 326–346, 2010.
- ZHAO, J., COLEMAN, D. J., "GeoDF: Towards a SDI-based PPGIS application for E-Governance", **Proceedings of the GSDI 9 Conference**, Santiago, Chile, 2006.
- ZHAO, Y., ZHU, Q., "Evaluation on crowdsourcing research: Current status and future direction", **Information Systems Frontiers**, pp. 1–18, 2012.
- ZUZAK, I., BUDISELIC, I., DELAC, G., "A finite-state machine approach for modeling and analyzing RESTful systems", **Journal of Web Engineering**, v. 10, n. 4, p. 353, 2011.
- ZWASS, V., "Co-creation: Toward a taxonomy and an integrated research perspective", **International Journal of Electronic Commerce**, v. 15, n. 1, p. 11–48, 2010.

Apêndice A: Sistemas e Plataformas de *Crowdsourcing*

Quadro A.1 - Funcionalidades de Sistemas e plataformas para *Crowdsourcing*.

Sistemas/plataformas	Funcionalidades
<i>Mechanical Turk</i> (mturk.com/mturk/welcome).	Trata-se de uma das plataformas mais populares, desenvolvida pela Amazon. Foi disponibilizada ao público em 2005 (“Amazon Mechanical Turk - Welcome”, [s.d.]). Permite que um trabalho seja oferecido como um conjunto de atividades simples para a realização pela multidão, principalmente atividades que são mais difíceis de serem realizadas por computadores. Exemplo: Em um estudo publicado pela Vermont Complex Systems Center, os pesquisadores investigaram as correlações entre o conteúdo de <i>tweets</i> de todos os EUA e sua origem geográfica. Os pesquisadores usaram a plataforma Mechanical Turk para avaliar o sentimento de 10 milhões de <i>tweets</i> geocodificados colhidos ao longo de um ano. Eles chegaram à conclusão que Napa é a cidade mais feliz dos EUA
<i>Crowdsource(Onespace)</i>	Oferece uma plataforma que não só conecta equipes internas com <i>freelances</i> , mas também fornece uma interface de fluxo de trabalho personalizável para completar projetos orientados a dados. Disponibiliza também suporte para empresas através de serviços gerenciados e plataformas de <i>software-as-a-service</i> para controle sobre o processo de gerenciamento de força de trabalho. O modelo básico de trabalho consiste de cinco passos: (1) Trabalhadores fazem treinamento para se qualificarem; (2) As atividades são disponibilizadas de acordo com o perfil qualificado do trabalhador via catálogo de trabalho. (3) Após escolha da atividade, ela é atribuída ao trabalhador qualificado com instruções para realização da tarefa; (4) As atividades realizadas são avaliadas por um processo que envolve revisores que atestam a qualidade das atividades realizadas, (5) Os trabalhadores são avaliados de acordo com resultados e são recompensados/promovidos ou restringidos; (6) O pagamento feito pelo solicitante é de acordo com as tarefas entregues.
<i>Innocentive</i> (innocentive.com)	É uma plataforma de <i>Crowdsourcing</i> com duas divisões bem distintas: <i>i</i>) solucionador de problemas, que tentar resolver um problema e <i>ii</i>) o desafiador, aquele que posta algum problema para ser solucionado. A plataforma, por meio de uma chamada aberta, tenta promover a inovação, em determinados domínios, premiando apenas as melhores soluções para um dado problema. Pessoas competem para fornecer ideias e soluções para importantes negócios podendo envolver aspectos: social, política, governamental, científica e desafios técnicos.
<i>100Open</i> (100open.com)	É uma plataforma de <i>Crowdsourcing</i> voltada para inovação aberta (<i>open innovation</i>) para criação de produtos e serviços. Para isto a plataforma faz o intermédio entre organizações e pessoas. Ela cria perfis de usuários conforme testes de aptidão. Assim uma força de trabalho pode ser classificada como: Cultivador, Ativador, Explorador, Produtor, Conector e Influente. Para as organizações, além de atividades de <i>Crowdsourcing</i> , a empresa oferece serviços de mineração de dados, de análise de qualidade, pesquisa e outros.
<i>Upwork</i> (upwork.com)	É uma plataforma para empresas que desejam contratar e trabalhar com <i>freelancers</i> ou para profissionais que desejam realizar alguma atividade remunerada. Nesse ambiente é possível contratar pessoas através de uma chamada aberta, avaliar a qualidade do trabalho, interagir de forma

Sistemas/plataformas	Funcionalidades
	colaborativa. Por outro lado, pessoas podem oferecer seus serviços, criar perfis de acordo com as habilidades profissionais.
<i>Kickante</i> (www.kickante.com.br)	É uma plataforma de <i>crowdfunding</i> que permite que pessoas ao se cadastrarem no site possam criar campanhas de produtos que precisam de financiamento. As campanhas podem durar até 60 dias. Basicamente há dois tipos de campanhas: a) Tudo ou nada, em que o dono da campanha somente recebe se atingir ou ultrapassar a meta, caso contrário todo o dinheiro arrecadado é devolvido e b) Flexível, na qual todo o valor arrecadado no término da campanha é recebido, mesmo se não atingir a meta estabelecida. Ambos os casos, há uma taxa de administração que é dependente da situação. Normalmente o contribuinte ao fazer uma contribuição recebe alguma recompensa em troca, como por exemplo, um produto que está sendo lançado pelo usuário solicitante do projeto. As campanhas que recebem doações nas 24 horas iniciais do lançamento são indexadas.
<i>Crowdcrafting</i> (crowdcrafting.org)	É uma plataforma de <i>Crowdsourcing</i> para realizar diferentes tipos de tarefas que requerem, por exemplo, cognição humana, conhecimento ou inteligência em atividades relacionadas à classificação de imagens, transcrição de informações. É um serviço baseado na <i>Web</i> que convida voluntários a contribuir para projetos científicos desenvolvidos por cidadãos, profissionais ou instituições que precisam de ajuda para resolver problemas, analisar dados ou completar tarefas que não podem ser feitas por máquinas sozinhas requerendo inteligência humana.
<i>Wikipédia</i> (www.wikipedia.org)	É um projeto de enciclopédia de conteúdo livre operado pela <i>Wikimedia Foundation</i> e com base em um modelo abertamente editável. <i>Wikipédia</i> é escrito de forma colaborativa por voluntários na Internet em grande parte anônimos e sem remuneração. Qualquer pessoa com acesso à Internet pode escrever e fazer alterações em artigos da <i>Wikipédia</i> . Os usuários podem contribuir de forma anônima, sob um pseudônimo, ou, se quiserem, com a sua verdadeira identidade. É um dos maiores projetos colaborativos e referência para muitas categorias de profissionais e estudantes, embora muitas vezes não sendo citado.

Apêndice B: Classificação de Sistemas Colaborativos para informação geográfica

Para exemplificar a classificação proposta, alguns sistemas, plataformas e aplicações colaborativas que serviram como subsídio e inspiração para o conjunto de serviços fins que é proposto para IDEH-Co⁴ são analisados no Quadro B.1.

Quadro B.1 - Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas analisadas.

Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas	Descrição	Classificação
<i>Google Map Maker</i>	<p>Trata-se de uma ferramenta de <i>Crowdsourcing</i> para mapeamento de dados geoespaciais de maneira colaborativa. Usuários podem adicionar novos lugares (pontos de interesses – escolas, restaurantes, museus, hospitais etc), “vetorizar” uma imagem, editar pontos de interesse, adicionar estradas, desvios de ruas, trilhas, novas obras, estabelecimentos comerciais, mudança de velocidade etc. Isto tudo fica compartilhado, todavia não de maneira aberta (“Google Map Maker”, [s.d.]). O objetivo do projeto é adquirir dados cartográficos de qualidade, através de voluntários, para que sejam publicados no já existente serviço denominado Google Maps (“Google Map Maker – Wikipédia, a enciclopédia livre”, [s.d.]).</p> <p>Observação: o Google Map Maker será desativado em março de 2017.</p>	<p>O diagrama é um hexágono dividido em sete seções hexagonais menores, todas em tons de azul. O centro é escuro e rotulado com "Mapeamento Básico e Temático". As seções adjacentes ao centro são rotuladas com "Baseado em Stream", "Baseado no Exercício da Cidadania" e "Baseado em Localização". As seções externas são rotuladas com "Classificação e Análise", "Comunidade de Interesse" e "Coleta e Upload de mídia e conteúdo".</p>
<i>OpenStreetMap</i>	<p>Uma das ferramentas de <i>Crowdsourcing</i> para dados geoespaciais que mais obteve sucesso. Ela permite a qualquer pessoa trabalhar, com dados geoespaciais, de maneira colaborativa de qualquer lugar do mundo. Nesse projeto os dados geoespaciais são livres e qualquer um pode baixar, atualizar, criar um novo dado, modificar ou apagar um dado existente etc (“OpenStreetMap”, [s.d.]). Em vez do próprio mapa, os dados gerados pelo projeto <i>Crowdsourcing</i> são considerados sua produção primária (“OpenStreetMap - Wikipedia, the free encyclopedia”, [s.d.]).</p>	<p>O diagrama é idêntico ao do Google Map Maker, com o centro rotulado "Mapeamento Básico e Temático" e as seções adjacentes e externas rotuladas respectivamente com "Baseado em Stream", "Baseado no Exercício da Cidadania", "Baseado em Localização", "Classificação e Análise", "Comunidade de Interesse" e "Coleta e Upload de mídia e conteúdo".</p>
<i>Ushahidi</i>	<p>Empresa de tecnologia sem fins lucrativos especializada em software livre para coleta de informações, visualização e mapeamento interativo (“Ushahidi”, [s.d.]). Ela disponibiliza uma plataforma de <i>Crowdsourcing</i> para mapeamento colaborativo. Ushahidi oferece produtos que permitem que os observadores locais submetam relatórios utilizando telefones celulares ou a internet e, simultaneamente, possam criar um arquivo temporal e geoespacial de</p>	<p>O diagrama é idêntico ao dos outros sistemas, com o centro rotulado "Mapeamento Básico e Temático" e as seções adjacentes e externas rotuladas respectivamente com "Baseado em Stream", "Baseado no Exercício da Cidadania", "Baseado em Localização", "Classificação e Análise", "Comunidade de Interesse" e "Coleta e Upload de mídia e conteúdo".</p>

Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas	Descrição	Classificação
	eventos (“Ushahidi - Wikipedia, the free encyclopedia”, [s.d.]). Alguns consideram como uma ferramenta de mapeamento de crise, como por exemplo, os casos de catástrofes como o terremoto no Haiti e no Chile quando a ferramenta foi utilizada no intuito de ajudar nas operações de resgate e resquício. Hoje em dia a empresa disponibiliza planos de serviços.	
<i>EyEOneEarth</i>	É uma rede global de informação pública para a criação e compartilhamento de dados e informações relevantes para o meio ambiente, de forma on-line através aplicativos de mapeamento. O software utilizado é da família <i>Environmental Systems Research Institute</i> (ESRI), portanto proprietário. Este projeto é o resultado de uma parceria público-privada, reunindo expertise da indústria e organizações públicas. A Agência Europeia do Ambiente (AEA), ESRI e Microsoft colaboraram para o lançamento do Eye on Earth Network, que é uma comunidade <i>on-line</i> para compartilhar e descobrir dados sobre meio ambiente (http://eyeonearth.maps.arcgis.com/).	
<i>Maptube</i>	Permite criar, compartilhar e visualizar mapas. Combina a ideia genérica do <i>Youtube</i> com a capacidade de criar mapas onde os usuários podem submeter e compartilhar informações temáticas (http://www.maptube.org/home.aspx).	
<i>Colab.re</i>	Plataforma colaborativa e social voltada para o exercício da cidadania e participação pública (http://www.colab.re/). Nela é possível fazer sugestões de melhorias, denúncias, requisição de algum tipo de ajuste, tudo via aplicação mobile e normalmente acompanhado de uma foto. O aplicativo tem uma interface muito amigável, mas os dados não são livres.	
<i>FixMyStreet</i>	É uma plataforma para relatar um problema na qual o usuário não se preocupa em encontrar a autoridade responsável em tratar o problema. A plataforma FixMyStreet cuida disso usando a localização e categoria do problema, e envia um relatório, por e-mail ou usando um serviço Web baseado em um padrão aberto para reportar problemas em uma cidade (Open311) como por exemplo, buraco na rua, entupimento de um bueiro, lixo na rua etc. Os problemas reportados são enviados pela plataforma para o departamento ou órgão responsável por corrigi-lo (http://fixmystreet.org/).	
<i>Uber</i>	É uma plataforma que usa tecnologia de serviço baseado em localização. Oferece serviço semelhante a um taxi (https://pt.wikipedia.org/wiki/Uber_(empresa)#E-hailing). Cidadãos de posse de aplicativo do Uber, instalado em um mobile, faz uma solicitação de deslocamento via aplicativo que normalmente responde com o motorista mais próximo à solicitação.	

Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas	Descrição	Classificação
	Informações como distância, nome e telefone do motorista são disponibilizadas para o solicitante, que após a viagem pode ranquear o motorista baseado no serviço prestado. Motoristas que desejam trabalhar fazem um cadastramento no Uber com mais informações detalhadas para poder prestar o serviço (uber.com).	
<i>Waze</i>	É uma plataforma baseada em serviço de localização de mapeamento colaborativo que, em rede social, oferece em tempo quase real informações sobre o trânsito em função de seus vários usuários. Nela além de informações sobre o trânsito em tempo real, os usuários podem postar informações sobre qualquer tipo de evento ocorrido como, por exemplo, acidente, animais na pista, polícia etc. O aplicativo vem oferecendo vários outros serviços como, por exemplo, posto de combustível com o melhor preço no trajeto e integração com <i>Facebook</i> (https://www.waze.com/pt-BR/).	
<i>Moovit</i>	É um aplicativo voltado para mobilidade urbana. Nele é possível buscar qualquer destino com passo-a-passo do itinerário do ônibus para local pretendido. É possível receber a hora prevista de chegada e notificações de quando descer do veículo. Ou seja, horários em tempo quase real da linha que o usuário está esperando quando disponível ou os horários programados. Também é possível obter informações sobre uma linha incluindo lista e a localização de ponto de parada, horário etc. Usuários também podem colaborar editando informações sobre um ponto (estação), uma acidente, veículo lotado etc. O aplicativo funciona para mobile ou em algum browser (http://moovitapp.com/).	
<i>Foursquare</i>	É uma empresa de tecnologia que usa localização para criar experiências de consumo e soluções de negócios. A plataforma <i>Foursquare</i> possibilita a descoberta de novos lugares, com recomendações das comunidades, encontrar experiência em qualquer lugar do mundo. É possível saber lugares recomendados por amigos, lugares que foram curtidos, classificação por preços de serviços, se existem promoções, buscar serviços baseado na localização do usuário etc (https://pt.foursquare.com/).	
<i>kobotoolbox</i>	É uma plataforma composta por um conjunto de ferramentas para a coleta de dados de campo. A plataforma permite carregar formulários em um <i>smartphone</i> e submetê-los após a finalização da coleta. Os dados coletados ficam disponíveis para análise e download (http://www.kobotoolbox.org/).	

Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas	Descrição	Classificação
<i>Fotoquest</i>	Plataforma colaborativa de <i>citizen science</i> voltada para análise do uso da terra. Participantes fotografam, coletam informações e são incentivados a participar via pontuação e prêmios (http://fotoquest.at/#)	
<i>Mapeando</i>	É uma plataforma colaborativa da Prefeitura do Rio criada para que as pessoas possam apontar diretamente no mapa as suas demandas por serviços públicos municipais (http://mapeando.rio.gov.br/). A partir destas demandas a prefeitura poderia priorizar ou criar políticas públicas. É o cidadão exercendo sua cidadania. Atualmente o serviço oferece somente opções para o sistema de transporte.	
<i>MapGive</i>	É uma plataforma baseada no <i>OpenStreetMap</i> , na qual um voluntário escolhe uma tarefa de mapeamento a partir de uma lista de tarefas. Todo o conteúdo é salvo no banco de dados do OSM (http://www.mapgive.state.gov/index.html).	
<i>Mapquest</i>	É um serviço de mapeamento <i>online</i> americano de propriedade da <i>American Online</i> (AOL) (“MapQuest - Wikipedia, the free encyclopedia”, [s.d.]). É uma iniciativa que oferece soluções que ajudam qualquer pessoa descobrir e explorar onde ela gostaria de ir, como chegar lá e o que fazer ao longo do caminho e no seu destino. Atende tanto a pessoas quanto empresas. Também fornece recursos para desenvolvedores de soluções em SIG. Há versões para <i>Web</i> e <i>mobile</i> (“MapQuest Maps - Driving Directions - Map”, [s.d.]).	
<i>Mapyourworld</i>	É um projeto multi-plataforma (<i>Web</i> e <i>mobile</i>) que coloca tecnologias nas mãos de jovens, para mapear, monitorar e ajudar na melhoria de suas próprias comunidades. Permite criar e compartilhar histórias sobre um local visando melhorias de maneira colaborativa. A aplicação via <i>smartphones</i> faz uso de tecnologias como <i>Google Maps</i> , formulários de pesquisa customizáveis que após a coleta são enviados para um servidor que permite que sejam visualizados, compartilhados e analisados em uma mapa (http://mapyourworld.org/).	
<i>Unicef-gis.org</i>	Este projeto tem o objetivo de empoderar jovens de forma que eles construam mapas digitais comunicativos e impactantes, utilizando celulares e a internet. Um aplicativo para smartphone possibilita que os jovens produzam um retrato em tempo real de sua comunidade, através de fotos e vídeos georreferenciados, organizados em mapas temáticos (http://unicef-gis.org/).	

Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas	Descrição	Classificação
<i>SIEMA (Sistema de Emergências Ambientais)</i>	<p>É um serviço disponibilizado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) que conta com a colaboração de pessoas para informar sobre acidentes ambientais ou fazer uma denúncia (http://siscom.ibama.gov.br/siema).</p>	<p>O diagrama é um hexágono dividido em sete seções, cada uma representada por um hexágono menor. As seções são: Classificação e Análise (topo), Comunidade de Interesse (canto superior direito), Coleta e Upload de mídia e conteúdo (lado direito), Baseado em Localização (lado inferior direito), Baseado no Exercício da Cidadania (lado inferior esquerdo), Baseado em Stream (lado superior esquerdo) e Mapeamento Básico e Temático (centro).</p>
<i>WikiMapia</i>	<p>É um projeto de conteúdo aberto de mapeamento colaborativo que pretende marcar e descrever todos os objetos geográficos do mundo. Ele combina um mapa interativo na Web com um sistema Wiki geograficamente referenciado (“WikiMapia - Wikipedia, the free encyclopedia”, [s.d.]). É possível compartilhar, criar, editar, excluir elementos cartográficos organizados em categorias (http://wikimapia.org/).</p>	<p>O diagrama é um hexágono dividido em sete seções, cada uma representada por um hexágono menor. As seções são: Classificação e Análise (topo), Comunidade de Interesse (canto superior direito), Coleta e Upload de mídia e conteúdo (lado direito), Baseado em Localização (lado inferior direito), Baseado no Exercício da Cidadania (lado inferior esquerdo), Baseado em Stream (lado superior esquerdo) e Mapeamento Básico e Temático (centro).</p>
<i>Crowdmap</i>	<p>Plataforma que permite a criação de mapas de acordo com o propósito de usuário. É possível pesquisar mapas, compartilhar, postar fotos, textos, seguir um mapa, ver estatísticas, etc. <i>Crowdmap</i> permite que um interessado reúna informações e visualize em um mapa. O site também permite a utilização de APIs para acessar os recursos (https://crowdmap.com/).</p>	<p>O diagrama é um hexágono dividido em sete seções, cada uma representada por um hexágono menor. As seções são: Classificação e Análise (topo), Comunidade de Interesse (canto superior direito), Coleta e Upload de mídia e conteúdo (lado direito), Baseado em Localização (lado inferior direito), Baseado no Exercício da Cidadania (lado inferior esquerdo), Baseado em Stream (lado superior esquerdo) e Mapeamento Básico e Temático (centro).</p>
<i>Geo-wiki.org</i>	<p>É um projeto de uma rede global de voluntários que deseja ajudar a melhorar a qualidade dos mapas globais de cobertura territorial. Voluntários são convidados a analisar mapas de cobertura da terra globais em desacordo e determinam, com base no que é visto no <i>Google Earth</i> e seus conhecimentos do local, se os mapas de cobertura do solo estão corretos ou incorretos. A sua entrada é registrada numa base de dados, juntamente com as fotos enviadas (http://geo-wiki.org/).</p>	<p>O diagrama é um hexágono dividido em sete seções, cada uma representada por um hexágono menor. As seções são: Classificação e Análise (topo), Comunidade de Interesse (canto superior direito), Coleta e Upload de mídia e conteúdo (lado direito), Baseado em Localização (lado inferior direito), Baseado no Exercício da Cidadania (lado inferior esquerdo), Baseado em Stream (lado superior esquerdo) e Mapeamento Básico e Temático (centro).</p>
<i>Wikiloc</i>	<p>É uma plataforma colaborativa para comunidades voltada para atividades esportivas. O objetivo do <i>Wikiloc</i> é ajudar as pessoas a compartilhar e descobrir trilhas de GPS e pontos de todo o mundo de uma forma fácil (“Wikiloc - GPS trails and waypoints of the World”, [s.d.]) (http://pt.wikiloc.com).</p>	<p>O diagrama é um hexágono dividido em sete seções, cada uma representada por um hexágono menor. As seções são: Classificação e Análise (topo), Comunidade de Interesse (canto superior direito), Coleta e Upload de mídia e conteúdo (lado direito), Baseado em Localização (lado inferior direito), Baseado no Exercício da Cidadania (lado inferior esquerdo), Baseado em Stream (lado superior esquerdo) e Mapeamento Básico e Temático (centro).</p>
<i>Wikimaps</i>	<p>É uma ferramenta de mapas colaborativos, brasileira, para localizar pessoas, projetos, negócios, denúncias, atividades, problemas comunitários e sociais etc. Seu objetivo é permitir que grupos de pessoas compartilhem informações associadas a localizações geográficas usando aplicações criadas a partir do site <i>WikiMaps</i> (“WikiMaps.com”, [s.d.]) (http://wikimaps.com).</p>	<p>O diagrama é um hexágono dividido em sete seções, cada uma representada por um hexágono menor. As seções são: Classificação e Análise (topo), Comunidade de Interesse (canto superior direito), Coleta e Upload de mídia e conteúdo (lado direito), Baseado em Localização (lado inferior direito), Baseado no Exercício da Cidadania (lado inferior esquerdo), Baseado em Stream (lado superior esquerdo) e Mapeamento Básico e Temático (centro).</p>

Sistemas, plataformas e aplicações colaborativas	Descrição	Classificação
<i>Wikicrimes</i>	É uma plataforma colaborativa para mapeamento de crimes. Podendo executar em um <i>mobile</i> ou em uma aplicação Web. Nela é possível fazer denuncia de tráfico, violência, registrar um crime. É possível saber de estatísticas inclusive em outros países. (http://www.wikicrimes.org/main.html)	
<i>Google Maps</i>	É uma plataforma voltada para encontrar empresas, locais, saber da condição do trânsito, navegar por uma localidade etc (https://www.google.com.br/maps).	