



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15301-TDI/1353

**SERVIÇOS GEOGRÁFICOS BASEADOS EM
MEDIADORES E PADRÕES ABERTOS PARA
MONITORAMENTO AMBIENTAL PARTICIPATIVO NA
AMAZÔNIA**

Emerson Magnus de Araújo Xavier

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada,
orientada pelos Drs. Antônio Miguel Vieira Monteiro e Gilberto Câmara Neto,
aprovada em 28 de abril de 2008

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/04.15.14.46>>

INPE
São José dos Campos
2008

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva e Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15301-TDI/1353

**SERVIÇOS GEOGRÁFICOS BASEADOS EM
MEDIADORES E PADRÕES ABERTOS PARA
MONITORAMENTO AMBIENTAL PARTICIPATIVO NA
AMAZÔNIA**

Emerson Magnus de Araújo Xavier

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada,
orientada pelos Drs. Antônio Miguel Vieira Monteiro e Gilberto Câmara Neto,
aprovada em 28 de abril de 2008

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/04.15.14.46>>

INPE
São José dos Campos
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

X19s Xavier, Emerson Magnus de Araújo.

Serviços geográficos baseados em mediadores e padrões abertos para monitoramento ambiental participativo na Amazônia/ Emerson Magnus de Araújo Xavier. – São José dos Campos: INPE, 2008.

104p. ; (INPE-15301-TDI/1353)

1. Web service. 2. Arquitetura de mediação. 3. Padrões abertos. 4. Base de dados geoespacial. 5. Trabalho colaborativo. I. Título.

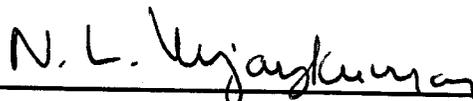
CDU (004.777)

Copyright © 2008 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, microfílmico, reprográfico ou outros, sem a permissão escrita da Editora, com exceção de qualquer material fornecido especificamente no propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2008 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, microfilming, recording or otherwise, without written permission from the Publisher, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

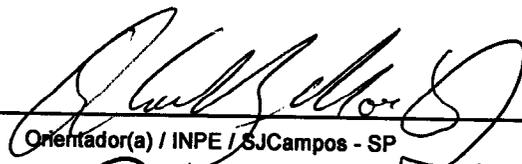
Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em
Computação Aplicada

Dr. Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar



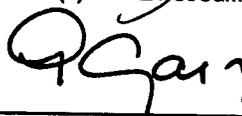
Presidente / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro



Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Gilberto Câmara



Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira



Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Dalton de Morisson Valeriano



Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Marco Antônio Casanova



Convidado(a) / PUC- RIO / Rio de Janeiro - RJ

Aluno (a): Emerson Magnus de Araújo Xavier

São José dos Campos, 28 de abril de 2008

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela vida e por enviar o Divino Espírito Santo nos momentos em que tudo parecia não dar certo.

Aos meus pais pelo amor depositado nos filhos ao longo de tantos anos.

Aos professores da Seção de Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia, em especial Dr. Oscar Vergara e Dr. Felipe Ferreira, que incentivaram ainda na graduação minha ida ao INPE.

Aos meus orientadores Dr. Miguel Monteiro e Dr. Gilberto Câmara, pela confiança, direção e oportunidade. Incluo aqui minha gratidão aos seus discípulos do Grupo Geopro, pelo apoio, orientação e, principalmente, pela amizade.

Ao pessoal do TerraLib Web Services Group, pelas idéias, dicas, comentários e discussões bastante oportunas.

A todos os integrantes da Divisão de Processamento de Imagens, que nestes dois anos de convivência propiciaram um excelente ambiente de trabalho e estudo.

Não poderia deixar de agradecer ao amigo Gilberto Ribeiro, que me ensinou muito sobre computação.

Por fim, agradeço à minha amada esposa Carol, que trouxe apoio nos momentos de fraqueza e compreensão nas dificuldades.

RESUMO

O INPE criou e atualmente opera três projetos que auxiliam no monitoramento da Amazônia. Esses sistemas são efetivamente utilizados pelo governo brasileiro para apoio à tomada de decisões em relação à proteção da região amazônica. O mecanismo de disseminação dos dados desses sistemas em operação não está integrada, nem permite que usuários insiram suas contribuições às bases. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é definir uma arquitetura que possa integrar diferentes fontes de dados geográficos e permitir uma maior interação dos usuários com essas bases. A hipótese formulada aponta que utilizar uma estratégia de integração apoiada em uma arquitetura mediada, em conjunto com o emprego de padrões abertos, configuram uma solução adequada para este objetivo. Para validar esta hipótese foram usados os dados dos sistemas de monitoramento ambiental operados pelo INPE. Foi desenvolvida uma arquitetura mediada que engloba o processamento de consultas distribuídas. Esta arquitetura também contempla a participação dos usuários na tarefa de monitorar a paisagem amazônica. A participação é provida por módulos que possibilitam o gerenciamento de sessões e usuários, avaliação de políticas de acesso, e propriedade dos dados inseridos.

GEOGRAPHICAL SERVICES BASED ON MEDIATORS AND OPEN STANDARDS FOR PARTICIPATIVE FOREST MONITORING : THE CASE OF AMAZONIA

ABSTRACT

Brazil's National Institute for Space Research (INPE) created and currently operates three projects that assist in the monitoring of Amazonia. These systems are effectively used by the Brazilian government to support decision-making in relation to the protection of this region. The data dissemination mechanism of these systems is not integrated, and does not let users insert their contributions to the bases. In this context, the objective of this study is to define an architecture that can integrate different sources of geographic data and allow greater interaction with users of these databases. The hypothesis formulated indicates that using a strategy of integration supported in a mediated architecture, together with the use of open standards, set an appropriate framework for this purpose. To validate this hypothesis, data from three environmental monitoring systems operated by INPE: PRODES, DETER and BDQUEIMADAS, were used. The proposed architecture encompasses distributed query processing capabilities. This architecture also includes the participation of users in the task of monitoring the Amazonia landscape. Participation is provided by modules that enable session and user management, access policies evaluation and ownership of entered data.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	
LISTA DE SÍMBOLOS	
1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Motivação.....	22
1.1.1 Inserção na agenda científica nacional e relevância institucional.....	22
1.2 Caracterização do problema.....	23
1.2.1 Definição do problema: cenários de uso e questão principal.....	23
1.2.2 Hipótese de trabalho.....	24
1.3 Contribuição: uma arquitetura para SIG em monitoramento ambiental participativo	25
1.3.1 Serviços Geográficos com base em mediação e padrões abertos.....	25
1.3.2 Prova de conceito: experimento AMAZÔNIA.....	26
1.4 Organização da dissertação.....	27
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
2.1 Sistemas de monitoramento da Amazônia Legal.....	29
2.2 Serviços baseados em mediadores.....	31
2.2.1 Processamento de consultas distribuídas.....	33
2.3 Especificações OGC.....	34
2.3.1 OGC e W3C: em busca de convergência.....	35
2.4 SIG participativo.....	36
2.4.1 Segurança e políticas de acesso.....	38
2.5 Trabalhos relacionados.....	39
3 UMA ARQUITETURA PARA SISTEMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARTICIPATIVO.....	41
3.1 Arquitetura proposta.....	41

3.2 Componente Adaptador.....	42
3.3 Componente Mediador.....	45
3.3.1 Módulo de Integração.....	46
3.3.2 Módulo de Otimização.....	46
3.3.3 Módulo de Execução.....	52
3.4 Componente de habilitação para Monitoramento Participativo.....	54
3.4.1 Módulo de Sessões.....	55
3.4.2 Módulo de Autenticação.....	58
3.4.3 Módulo de Políticas.....	59
3.4.4 Módulo de Propriedade.....	63
4 PROVA DE CONCEITO: EXPERIMENTO AMAZÔNIA.....	65
4.1 Descrição dos dados.....	66
4.2 Processamento de consultas distribuídas.....	68
4.3 Participação de usuários nos sistemas de monitoramento ambiental	70
4.4 Dificuldades encontradas nas especificações OGC para as necessidades desta Classe de Sistemas.....	75
4.4.1 Limitações da especificação WFS.....	75
4.4.2 Deficiências nos esquemas OGC.....	77
4.5 Avaliação geral dos aspectos funcionais da arquitetura.....	78
5 CONCLUSÕES.....	81
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
7 APÊNDICE A – EXPERIMENTO: PROCESSAMENTO DE CONSULTAS DISTRIBUÍDAS.....	95
8 APÊNDICE B – EXPERIMENTO: PARTICIPAÇÃO DE USUÁRIOS.....	101

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
2.1 – Componentes da arquitetura mediada.....	32
3.1 – Visão geral da arquitetura proposta.....	42
3.2 – Camadas do Componente Adaptador.....	43
3.3 – Exemplo de esquema para feição codificada em GML.....	44
3.4 – Exemplo de restrição codificada em OGC Filter.....	45
3.5 – Módulos do Componente Mediador.....	45
3.6 – Fluxograma de processamento de consultas no Módulo de Otimização.....	47
3.7 – Exemplo de consulta WFS com OGC Filter.....	48
3.8 – Árvore de consulta inicial montada a partir da consulta na Figura 3.7.....	50
3.9 – Fluxograma de otimização de consultas distribuídas.....	51
3.10 – Árvore de consulta final montada a partir da árvore na Figura 3.8.....	52
3.11 – Transformações na árvore de consulta ocorridas no Módulo de Execução.....	54
3.12 – Componentes do Módulo de Participação.....	55
3.13 – Interface do serviço de sessões.....	56
3.14 – Exemplo de codificação de política de acesso.....	61
4.1 – Arquitetura proposta utilizada no experimento AMAZÔNIA.....	65
4.2 – Fluxo de tarefas realizadas ao executar um GetFeature.....	69
4.3 – Fluxo de tarefas ao executar uma requisição StartSession.....	71
4.4 – Fluxo de tarefas ao executar uma requisição WFS.....	72
4.5 – Fluxo de tarefas realizadas ao inserir um dado de usuário no mediador.....	74
4.6 – URLs original e com o identificador da sessão em PATH_INFO.....	76
4.7 – Declaração do elemento Distance do OGC Filter.....	77
4.8 – Visão geral da arquitetura usando servidores autônomos.....	79
A.1 – Requisição GetFeature enviada ao mediador.....	95
A.1 – Continuação.....	96
A.1 – Conclusão.....	97
A.2 – Árvore de consulta final montada a partir da consulta Q1.....	97
A.3 – Árvore de consulta final montada a partir da consulta Q2.....	98
A.4 – Resposta para a requisição na Figura A.1.....	98

A.4 – Continuação.....	99
A.4 – Conclusão.....	100
B.1 – Requisição StartSession com credenciais corretas.....	101
B.2 – Requisição StartSession com credenciais erradas.....	101
B.3 – Resposta à requisição na Figura B.1.....	101
B.4 – Resposta à requisição na Figura B.2.....	101
B.5 – Sessão criada a partir da requisição na Figura B.1.....	102
B.6 – Política de acesso para o experimento.....	102
B.6 – Conclusão.....	103
B.7 – Requisição Transaction para inserir contribuição à base viva.....	104
B.8 – Requisição na Figura B.7 convertida para o formato de política.....	104

LISTA DE TABELAS

	Pág.
3.1 – Parâmetros de uma requisição StartSession.....	57
3.2 – Elementos de uma resposta StartSession.....	58
4.1 – Lista de grupos utilizados no experimento.....	70
4.2 – Lista de usuários utilizados no experimento.....	71
4.3 – Descrição das regras na política de acesso.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	Agência de Desenvolvimento da Amazônia
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
BDQueimadas	Banco de Dados de Queimadas
CGI	Common Gateway Interface
CGIS	Collaborative Geographic Information System
CMN	Community Mapping Network
CQL	OGC_Common Catalogue Query Language
DETER	Deteção de Desmatamento em Tempo Real
DETEX	Deteção de Exploração Seletiva
DPI/INPE	Divisão de Processamento de Imagens
GEOS	Geometry Engine Open Source
GML	Geography Markup Language
GMLSF	GML Simple Features Profile
GPTI	Grupo Permanente de Trabalho Interministerial – Amazônia Legal
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LBS	Location-Based Services
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OBT/INPE	Coordenação-Geral de Observação da Terra

OGC	Open Geospatial Consortium
PROARCO	Programa de Prevenção e Controle às Queimadas e aos Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento
PRODES	Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal
RBAC	Rule-Based Access Control
SBC	Sociedade Brasileira de Computação
SFS	Simple Features for SQL
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SOAP	Simple Object Access Protocol
SQL	Structured Query Language
URL	Universal Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WFS	Web Feature Service
WFS-T	Transactional Web Feature Service
WSDL	Web Services Description Language
XACML	Extensible Access Control Markup Language
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

LISTA DE SÍMBOLOS

- ha Unidade de medida de área hectare
- WGr A oeste do meridiano de Greenwich
- π Operação de projeção na álgebra relacional (PROJECT)
- σ Operação de seleção na álgebra relacional (SELECT)
- \bowtie Operação de ligação na álgebra relacional (JOIN)

1 INTRODUÇÃO

Em meados de 2003, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) divulgou os dados relativos ao desmatamento da Amazônia brasileira no período de agosto de 2001 a agosto de 2002. Esses dados apontaram um crescimento de aproximadamente 17% em relação ao período anterior. Crescimento similar foi detectado no período seguinte (2002-2003). Diante deste quadro, o Governo Federal criou o Grupo Permanente de Trabalho Interministerial – Amazônia Legal (GPTI). O objetivo principal do GPTI é reduzir os índices de desmatamento na Amazônia, por meio de medidas e ações efetivas (BRASIL, 2003).

Com a criação do GPTI, o Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES), que era executado pelo INPE desde 1988 (CÂMARA ET AL., 2006), expandiu sua importância. Em 2005, o PRODES ganhou um valioso aliado, o projeto de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), cuja finalidade é fornecer informações sobre eventos de desmatamento com periodicidade mais curta que a do PRODES (SHIMABUKURO ET AL., 2005). Segundo o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2007), o INPE desenvolveu e implementou um sistema de monitoramento de queimadas e incêndios florestais, baseado em informações geradas por sensoriamento remoto, integrando-as em um sistema de informações georreferenciadas. A tecnologia de suporte a esse programa é o Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas).

Os sistemas de monitoramento ambiental operados pelo INPE são reconhecidos internacionalmente (KINTISCH, 2007). Tais sistemas são efetivamente utilizados pelo Governo Federal para apoio à tomada de decisões no que diz respeito à proteção da Amazônia (GTPI, 2004). Sua evolução e seu uso por parte dos órgãos de fiscalização foram fatores importantes no aumento do número de operações realizadas pelo IBAMA nos últimos anos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), essas operações tiveram como consequência queda expressiva nas taxas de desflorestamento a partir de 2005. Tais operações contaram com o apoio e parceria do Exército Brasileiro, da Polícia Federal, da Polícia Rodoviária Federal e de polícias militares estaduais.

1.1 Motivação

Os dados do PRODES, DETER e BDQueimadas estão disponíveis na Internet para que a sociedade brasileira possa acompanhar as atividades que mudam a paisagem amazônica. Essas bases de dados são gerenciadas de forma independente, fato inerente às suas metodologias de trabalho e ao histórico de construção desses sistemas, que foram concebidos em momentos diferentes. Suas estruturas atuais não contemplam a inserção de contribuições por parte dos usuários, sejam instituições ou voluntários preocupados em colaborar com a vigilância ambiental. Valeriano (2007) indica que a próxima geração desses sistemas deverá incluir um maior número de informações relativas ao meio físico e estatísticas sócio-econômicas da região amazônica, de forma a permitir análises do impacto do desmatamento na esfera sócio-ambiental.

Neste contexto, surge o desafio de integrar os atuais sistemas de monitoramento da Amazônia em operação, construídos sobre bases de dados geográficos heterogêneas, possibilitando consultas distribuídas e incorporar dados fornecidos pelos usuários, sem alterar as bases consolidadas.

1.1.1 Inserção na agenda científica nacional e relevância institucional

A Sociedade Brasileira de Computação (SBC, 2006), apresenta os desafios da pesquisa em computação para o Brasil para o período de 2006 a 2016. Nesse contexto, o presente trabalho pode ser enquadrado no desafio *Gestão da Informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos*, posto que visa a integração de bases de dados heterogêneas. Este trabalho também pode ser enquadrado em *Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento*. Este último se deve ao fato de um dos objetivos aqui apresentados ser o desenvolvimento de mecanismos para busca e armazenamento de conteúdo gerado pelos usuários.

O aniversário de 46 anos do INPE, em agosto de 2007, foi marcado pelo lançamento de seu primeiro plano diretor, que formaliza os objetivos e ações estratégicas para o quadriênio 2007-2011 (INPE, 2007). Entre as ações estratégicas traçadas neste

documento, pode-se citar a 1.2, que trata de aprimorar a disponibilização de dados gerados pelo INPE, e a ação 7.1, que visa diversificar a coleta de dados ambientais através da integração com outras fontes (estaduais, federais e internacionais). Nesse contexto, a presente dissertação se encaixa como uma atividade que pode colaborar com as citadas ações.

1.2 Caracterização do problema

1.2.1 Definição do problema: cenários de uso e questão principal

Para auxiliar na compreensão do problema apresentado neste trabalho, pode-se imaginar um cenário no qual bases de dados independentes possam ser integradas de forma a propiciar melhores serviços a seus usuários. Um cenário possível será apresentado nos parágrafos seguintes.

Um cidadão decide acompanhar as mudanças ambientais na região em que reside. Após uma rápida busca na Internet, ele descobre os *sites* dos sistemas de monitoramento ambiental operados pelo INPE. Para saber quanto foi desmatado no último ano, ele usa o PRODES. Usa o DETER se quiser acompanhar eventos de desmatamento com periodicidade menor. Checa no BDQueimadas os focos de calor em sua região. Estudando os padrões de desmatamento, ele descobre que esses eventos ocorrem mais freqüentemente nas proximidades de rodovias. Agora sua pergunta envolve mais variáveis: "quais os eventos de desmatamento nos municípios cortados pela rodovia BR-123?".

Uma solução possível é o INPE manter um banco de dados com todas as informações possíveis de seus sistemas de monitoramento, o que, em certos casos, pode ser difícil de implementar. Uma outra solução possível seria o uso de uma camada de mediação entre as diversas bases de dados, sem a necessidade de replicar as informações originais. O resultado seria um ponto único de acesso aos serviços, mantendo a independência das bases originais.

Continuando com este exemplo, um outro morador da região, passando por uma estrada, vê uma madeireira abrindo uma picada na floresta para a extração de madeira. Utilizando um equipamento que agrega funções de posicionamento por satélite e fotografias digitais num telefone celular, ele registra uma imagem das atividades madeireiras e publica essa informação no sistema de monitoramento participativo do INPE. Algum tempo depois, o primeiro cidadão acessa o *site* do DETER e identifica três novos eventos de desmatamento em sua região. Então ele solicita ao sistema as últimas contribuições dos usuários sobre aquela área, e percebe que as clareiras apontadas pelo DETER estão próximas do local onde o outro morador registrou a presença de uma madeireira. As contribuições dos usuários são úteis não só para quem gerencia ou fiscaliza o funcionamento dos serviços, como também para quem efetivamente utiliza esses serviços.

Com base no cenário descrito, a questão principal que este trabalho procura responder pode ser assim formulada: como integrar sistemas construídos sobre bases de dados geográficos heterogêneas, possibilitando consultas distribuídas e incorporar dados fornecidos por diferentes tipos de usuários, sem impactar as bases consolidadas?

1.2.2 Hipótese de trabalho

Uma análise do contexto atual das tecnologias de informação e dos sistemas de monitoramento baseados na Web, mostra uma grande evolução recente. São fatos:

- A Internet se tornou o meio preferencial para a disseminação de dados (DAVIS JR. ET AL., 2005). Essa tendência atingiu o mundo SIG (Sistemas de Informação Geográfica), em que os principais fornecedores de *software* já possuem uma ferramenta de integração com a Web;
- A Internet é um sucesso porque seus padrões são abertos (BERNERS-LEE, 2007);
- O Open Geospatial Consortium (OGC) publica padrões abertos que possibilitam a criação de aplicações no estado-da-arte de SIG para a Web

(ANDERSON; MORENO-SANCHEZ, 2003);

- O modelo Web Services permite que os usuários livremente criem soluções personalizadas com esforço mínimo de programação, integração e manutenção. Uma estrutura unificada pelos serviços OGC é essencial para a sustentação deste modelo (ALAMEH, 2003);
- Serviços baseados em mediadores permitem a comunicação entre os participantes de forma escalável (FENSEL; BUSSLER, 2002). Wiederhold (1992) define mediador como um módulo que faz a ponte entre dados e aplicações;
- A participação dos cidadãos no processo de monitoramento ambiental cria novas oportunidades para coletas de dados (GOUVEIA ET AL., 2006).
- Existe um fenômeno que tem se tornado evidente nos últimos meses: o engajamento de um número cada vez maior de pessoas na criação de informação geográfica (GOODCHILD, 2007). Segundo este autor, o maior valor dessa informação reside no que ela pode contar sobre as atividades locais em qualquer parte do globo.

Tomando-se esses fatos como premissas de trabalho, a seguinte hipótese foi formulada: utilizar uma estratégia de integração de bases de dados apoiada em uma arquitetura mediada, em conjunto com o emprego de padrões abertos especificados pelo OGC, configura uma solução adequada para integrar fontes de dados geográficos heterogêneas. Esta solução não traz impacto aos sistemas em operação, e amplia a capacidade de interação entre os usuários dos sistemas e as bases de informação em níveis diferenciados.

1.3 Contribuição: uma arquitetura para SIG em monitoramento ambiental participativo

1.3.1 Serviços Geográficos com base em mediação e padrões abertos

Os mecanismos de disseminação de dados geográficos na Web utilizados atualmente podem ser construídos usando usando *software* e padrões abertos. Moreno-Sanchez et al. (2007) afirmam que muitas aplicações de missão crítica, em diversos setores, usam com sucesso essas duas abordagens. Estes autores usaram *software* livre no seu trabalho por considerá-lo mais maduro, confiável e simples de aprender e implementar.

Trabalhos anteriores envolvendo o uso de mediadores em serviços de informação geográfica desenvolvem interfaces próprias de consulta, não utilizando as especificações do OGC (GUPTA ET AL., 1999; BOUCELMA ET AL., 2002; ESSID ET AL., 2004). Ao empregar interfaces não padronizadas, esses trabalhos abdicam da interoperabilidade com uma coleção de aplicações que seguem as orientações do OGC (2007b). Estas abordagens não contemplam possibilidades de participação de usuários, em diferentes níveis, na construção das bases.

A arquitetura proposta nesta dissertação vai permitir evoluir os atuais sistemas de monitoramento da Amazônia coordenados pelo INPE de forma a propiciar facilidade para a análise integrada entre as informações presentes em bases distintas. Será possível integrar novos dados e informações a estas bases operacionais a partir da interação ativa dos usuários do sistema.

1.3.2 Prova de conceito: experimento AMAZÔNIA

O experimento AMAZÔNIA consiste em verificar a validade da hipótese de trabalho, usando os dados gerados pelos sistemas de monitoramento ambiental operados pelo INPE para a região amazônica.

Para evitar um excesso de dados, optou-se por limitar o experimento espacialmente ao

estado de Rondônia. Esta região foi escolhida por não possuir uma área tão extensa quanto os demais estados da Amazônia, como Pará ou Amazonas. Outro motivo para a escolha da área é a presença de eventos gerados pelos sistemas de monitoramento, como desmatamentos e queimadas. Os dados DETER e BDQueimadas estão limitados ao período de outubro a dezembro de 2007, enquanto os dados PRODES são relativos ao ano de 2006.

O protótipo está construído sobre a biblioteca TerraLib, um projeto de *software* livre que permite o trabalho colaborativo entre a comunidade de desenvolvimento de aplicações geográficas (CÂMARA ET AL., 2000). A TerraLib é composta de um conjunto de classes escritas em C++, motivo pelo qual se adota esta linguagem de programação em todo o trabalho.

1.4 Organização da dissertação

Este trabalho se insere na linha de pesquisa *Tecnologia da Informação e Extração de Informações*, do curso de pós-graduação em Computação Aplicada do INPE. Esta linha vem gerando dissertações com foco em Web Services e padrões OGC (BUSQUIM E SILVA, 2003; AULICINO, 2006; GIOIELLI, 2006; SOUZA, 2008). Espera-se que este trabalho represente mais um avanço no esforço coletivo, visando compreender este novo paradigma de desenvolvimento de aplicativos, em conjunto com interfaces estabelecidas pelo OGC. Partindo das orientações e discussões em torno de arquiteturas orientadas a serviços Web, valendo-se da exploração em problemas reais, este trabalho pode contribuir evoluindo e revisando idéias e especificações nestes domínios.

Esta dissertação está organizada em cinco seções. A segunda seção traz a fundamentação teórica, com os conceitos e teorias que apóiam o trabalho. Na terceira seção é apresentada uma arquitetura para monitoramento ambiental participativo. A experiência realizada para validar a arquitetura, juntamente com a discussão dos resultados, encontra-se na quarta seção. Por fim, a quinta e última seção traz as conclusões, limitações da arquitetura proposta e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistemas de monitoramento da Amazônia Legal

De acordo com a Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA, 2007), a Amazônia Legal é uma subdivisão do território brasileiro que engloba os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão (a oeste do meridiano 44° WGr), abrangendo cerca de 61% da área total do país. Desde 1988, o INPE vem realizando o cálculo da taxa de desmatamento da floresta amazônica (CÂMARA ET AL., 2006). O INPE criou e atualmente opera três projetos que auxiliam no monitoramento da Amazônia, e está trabalhando na criação de mais um:

- Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES);
- Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) ;
- Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas);
- Detecção de Exploração Seletiva (DETEX).

Na literatura encontram-se diversos significados para a sigla PRODES:

- Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia (BUSQUIM E SILVA, 2003; SHIMABUKURO ET AL., 2005);
- Programa de Avaliação do Desflorestamento na Amazônia Legal (GTPI, 2004);
- Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (CÂMARA ET AL., 2006);
- Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (VALERIANO, 2007). Este será o significado adotado ao longo deste trabalho.

Segundo Câmara et al. (2006), o PRODES consiste no monitoramento sistemático do desflorestamento da Amazônia, utilizando imagens de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens. Os dados são divulgados anualmente, tendo como data de referência o dia 1° de agosto de cada ano. Seus dados são disponibilizados na Internet, oferecendo mais de 44 *gigabytes* de informação (COORDENAÇÃO-GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA, OBT/INPE, 2007a). Entre os parâmetros disponíveis para consultas estão: órbita-ponto Landsat, por município, por estado.

O DETER pode ser enquadrado como uma atividade do PRODES. Seu objetivo é fornecer informação sobre eventos de desmatamento aos órgãos de controle ambiental, com periodicidade mais curta, de forma que os organismos de controle possam conter o avanço do desmatamento (SHIMABUKURO ET AL., 2005). Segundo Valeriano et al. (2005), os dados são enviados para o IBAMA em tempo real, e colocados na Internet nos *sites* do IBAMA e do INPE. Entre os parâmetros de consultas possíveis à base do DETER, podem-se destacar a data de observação (inicial-final), base operativa IBAMA, estado ou município, e tamanho da área (ha) (OBT/INPE, 2007b).

O BDQueimadas é uma tecnologia de suporte ao sistema de monitoramento de queimadas e incêndios florestais, que utiliza informações geradas por sensoriamento remoto e banco de dados climáticos. Este sistema se insere no Programa de Prevenção e Controle às Queimadas e aos Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento (PROARCO), coordenado pelo IBAMA (2007). O objetivo principal do PROARCO é prevenir e combater incêndios na Amazônia Legal, principalmente na região denominada “Arco do Desflorestamento”. Em julho de 2007, este banco de dados apresentava mais de 5.400.000 registros de focos de calor (DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS, DPI/INPE, 2007). Os parâmetros de consulta a esse banco são semelhantes aos apresentados no DETER e PRODES, com a possibilidade adicional de selecionar o tipo do sensor utilizado na detecção dos focos.

De acordo com Amador Jr. (2007), o objetivo do DETEX é identificar atividades madeireiras no meio da floresta, como abertura de picadas, pátios para armazenamento de toras e retirada de árvores individuais. Tais atividades são conhecidas como corte

seletivo. O DETEX encontra-se em fase de concepção, não possuindo ainda metodologia definida ou *site* na Internet para divulgação de seus resultados. Ainda segundo Amador Jr. (2007), o DETEX utilizará imagens óticas de sensores orbitais e imagens de radar de sensores aerotransportados, e sua operação ficará a cargo do INPE.

2.2 Serviços baseados em mediadores

A integração de fontes de dados heterogêneas é um desafio bem conhecido da comunidade científica de bancos de dados (LITWIN ET AL., 1990; CHAWATHE ET AL., 1994; SOARES, MEDEIROS, 1999; INMON, 2005; PACITTI ET AL., 2007). Quanto à interoperabilidade no domínio dos dados geográficos, Gupta et al. (1999) apresentam quatro estratégias principais, estendidas por Casanova et al. (2005):

- Dicionário geográfico (*gazetteer*): define um vocabulário que consiste num identificador e sua localização;
- Federação: as fontes de dados contém autonomia, mas cooperam no suporte a operações que acessem dados em fontes distintas;
- Armazém de dados (*data warehousing*): extrai e converte todas as fontes de dados para um formato único, num lugar centralizado;
- Mediação: arquitetura em três camadas – dados, mediadores e aplicações.

Wiederhold (1992) define mediador como um módulo de *software* que provê serviços intermediários, fazendo uma ponte entre os dados e as aplicações. Os componentes da arquitetura mediada estão ilustrados na Figura 2.1. Casanova et al. (2005) apresentam as três camadas de um sistema mediado:

- Camada de aplicação: é composta pelas aplicações que desejam acessar as fontes de dados;
- Camada de mediação: centraliza os dados passados pelos adaptadores (*wrappers*), decompõe as consultas enviadas pelos clientes e as divide entre os

adaptadores. Essa camada também reúne os resultados parciais e entrega ao solicitante;

- Camada de adaptação: provê o acesso aos dados por adaptadores, que escondem a heterogeneidade da fonte de dados para o mediador. Wiederhold e Genesereth (1997) se referem à essa camada como fonte de dados.

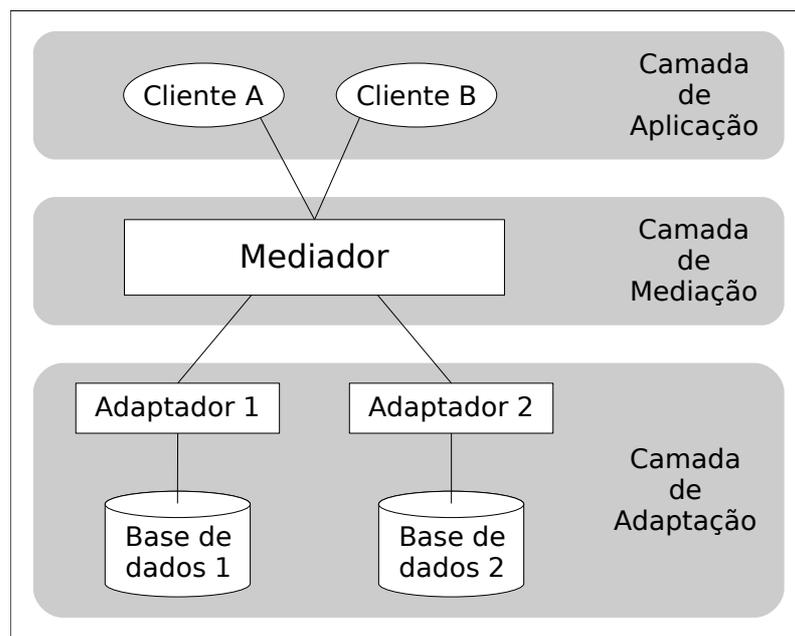


Figura 2.1 – Componentes da arquitetura mediada.

Fonte: adaptado de Kossmann (2000).

As tarefas específicas executadas pelos mediadores são detalhadas por Wiederhold e Genesereth (1997):

- Acessar e obter dados relevantes de múltiplos recursos heterogêneos;
- Abstrair e transformar os dados numa representação comum;
- Integrar os dados homogeneizados de acordo com chaves de combinação;
- Reduzir os dados integrados por abstração para aumentar a densidade de informações no resultado transmitido.

O maior esforço em se mover para um sistema mediado consiste no reconhecimento dos padrões de interface, de forma que as configurações (instâncias da arquitetura), possam ser rapidamente montadas (WIEDERHOLD; GENESERETH, 1997). Pode-se inferir que uma quantidade limitada e bem definida de interfaces é essencial para o sucesso de um projeto que utiliza mediação. A grande vantagem dessa arquitetura é a modularidade e a escalabilidade (GUPTA ET AL., 2000).

2.2.1 Processamento de consultas distribuídas

A aplicação de arquiteturas mediadas para integrar bases de dados distintas tem como um dos principais desafios o processamento de consultas distribuídas. Elmasri e Navathe (2007) indicam que esse tipo de consulta deve ser decomposta em subconsultas, que precisam ser executadas em *sites* individuais. Adicionalmente, uma estratégia precisa ser usada para combinar os resultados dessas subconsultas.

Kossmann (2000) apresenta uma estratégia para otimização de consultas que pode ser usada tanto em arquiteturas cliente-servidor como distribuídas: a *otimização dois-passos*. Nesta estratégia, o otimizador gera um planejamento da consulta como se fosse executá-lo num computador único. Em seguida, o plano é dividido em partes que devem seguir uma seqüência.

Segundo Elmasri e Navathe (2007), a operação de *semijoin* pode ser usada para otimizar consultas em ambientes distribuídos. O uso desta operação consiste em transferir apenas os dados da coluna de ligação de um servidor A para outro servidor B, onde deve ocorrer a associação entre as fontes de dados. O objetivo dessa operação é reduzir o número de tuplas numa relação antes de transferir os dados, minimizando os custos de comunicação.

O modelo de iteradores é uma estratégia para execução de consultas apresentada por Graefe (1993). Neste modelo, os operadores de uma árvore de consultas implementam três métodos em sua interface que permitem a ligação entre os operadores. Segundo Smith et al. (2003), essa abordagem possui alto grau de paralelismo.

2.3 Especificações OGC

O Open Geospatial Consortium (OGC) é um consórcio formado por mais de 350 empresas, universidades e agências governamentais. O objetivo do OGC é promover o desenvolvimento de tecnologias que permitam a interoperabilidade entre sistemas que utilizam informação espacial (OGC, 2007a). Antigamente o OGC era conhecido por OpenGIS Consortium. Atualmente, esse consórcio utiliza o termo OpenGIS como marca registrada para ser associada às suas especificações. Nesta subseção serão apresentadas três dessas especificações:

- Geography Markup Language (GML);
- OGC Filter;
- Web Feature Service (WFS).

GML é uma especificação do OGC cujo objetivo é codificar informação geográfica no formato Extensible Markup Language (XML) (COX ET AL., 2004). A GML é escrita sob a forma de esquemas XML (FALLSIDE; WALMSLEY, 2004). A especificação atual da GML engloba a utilização de diversos tipos de dados que podem ser usados num contexto espacial, como feições, geometria, sistemas de coordenadas terrestres, topologia, entre outros. Lu et al. (2007) afirmam que GML é uma linguagem promissora, porém mecanismos para utilizar completamente sua capacidade ainda não foram implementados.

Essencialmente as aplicações que seguem o padrão GML usam apenas um subconjunto dos muitos elementos definidos. Se algum subconjunto é especificado (e por vezes restrito), esse subconjunto é um GML Profile. Vretanos (2006) apresenta o GML Simple Features Profile (GMLSF), cujo propósito é facilitar a implementação de aplicações que usam geometrias simples (ponto, linha, polígono), e suas respectivas geometrias compostas. O GMLSF é subdividido em três níveis distintos, variando do mais simples (e restrito) ao mais complexo, que abrange todas as possibilidades de codificação possíveis no Simple Features for SQL (SFS) (HERRING, 2006).

OGC Filter é uma especificação do OGC para codificar expressões de filtro no formato XML (VRETANOS, 2005a). Expressão de filtro é uma construção utilizada para restringir valores de propriedades de um tipo de objeto, com o propósito de identificar um subconjunto de instâncias desse tipo de objeto, e realizar operações nesse subconjunto. O OGC Filter pode ser entendido como a implementação da OGC_Common Catalogue Query Language (CQL) (NEBERT ET AL., 2007), sob a forma de XML. Sua aplicação consiste na possibilidade de se converter uma expressão codificada com o OGC Filter em outra linguagem alvo, como uma cláusula “WHERE” da SQL (Structured Query Language). Diversos padrões especificados pelo OGC usam o OGC Filter para expressar restrições.

O WFS é um serviço que permite que um cliente obtenha e atualize dados geográficos codificados em GML de múltiplos servidores (VRETANOS, 2005b). A especificação contempla outras formas de distribuição dos dados geográficos, porém o formato GML é requisito mínimo para expressar feições. O WFS define seis operações distintas, dentre as quais se destacam a *GetFeature* e a *Transaction*. A operação *GetFeature* permite que o cliente receba instâncias de feições. A operação *Transaction* permite que o cliente possa modificar dados geográficos do servidor, como criar, alterar ou apagar feições. Um WFS com a capacidade de executar a operação *Transaction* é chamado de WFS Transacional (WFS-T).

A especificação do WFS não descreve como checar a autenticidade de um usuário, nem define níveis de acesso. O WFS está diretamente condicionado à implementação do GML – para codificar as feições em XML, e à implementação do OGC Filter – para permitir operações de filtragem (seleção) de feições.

2.3.1 OGC e W3C: em busca de convergência

O World Wide Web Consortium (W3C) tem especificações próprias para Web Services: Simple Object Access Protocol (SOAP) e Web Services Description Language (WSDL) (NEWCOMER, 2002). O trabalho de criação dessas especificações no W3C surgiu por volta de 2002 (HAAS, 2007), enquanto as discussões sobre Web Services no OGC

tiveram início em 1997 (OGC, 2007c). A diferença temporal, aliada a uma falta de comunicação entre os consórcios, fez com que as especificações do OGC não sigam as normas do W3C.

Um ano após o início dos trabalhos sobre Web Services no W3C, os protocolos desenvolvidos eram largamente suportados por produtos de *middleware* e desenvolvimento (KREGER, 2003). Nesta época já existiam interfaces interoperáveis disponíveis em muitas linguagens e plataformas.

Foster (2005) afirma que a prática da ciência vem sendo alterada pela evolução da tecnologia da informação. Como um exemplo, este autor cita os “observatórios digitais”, onde os astrônomos podem obter dados que levariam anos de observações. O acesso a recursos disponíveis na Web está cada vez mais sendo realizado por máquinas. A chave para esse acesso é a uniformidade da interface. Assim os programas podem descobrir e acessar serviços sem a necessidade de construir código personalizado para cada fonte de dados, aplicativo ou sensor. As tecnologias de Web Services especificadas pelo W3C estão sendo utilizadas para construir esses serviços em diferentes domínios do conhecimento (FOSTER, 2005).

Recentemente, iniciativas foram criadas no OGC a fim de estudar e melhorar o uso de SOAP e WSDL em seus serviços (SONNET, 2005). Apesar dos trabalhos nesse sentido, Whiteside (2007) afirma que a utilização de SOAP e WSDL em serviços OGC ainda permanece em aberto. Existe uma expectativa de que os aplicativos de SIG para a Web migrem gradualmente para uma arquitetura baseada em componentes conectados segundo os padrões de Web Services do W3C (CHANG; PARK, 2006).

2.4 SIG participativo

Smith (1994) apresenta uma diferença sutil entre colaboração e cooperação. O trabalho colaborativo exige integração contínua das partes envolvidas, ao passo que no cooperativo as partes envolvidas executam suas tarefas de forma independente, sem necessariamente saber o que acontece no conjunto. Jankowski e Nyerges (2001) fazem

uma divisão em quatro níveis do termo “participação”: comunicação, cooperação, coordenação e colaboração. Nesta divisão, a *cooperação* usa as idéias geradas na *comunicação* para desenvolver um consenso geral, enquanto a *colaboração* usa esse consenso, sob uma *coordenação*, para tratar a execução dos processos.

SIG colaborativo (Collaborative GIS – CGIS) pode ser definido como uma eclética integração de teorias, ferramentas e tecnologias tendo como foco principal estruturar a participação humana no processo de decisões espaciais em grupo (BALRAM; DRAGICEVIC, 2006). Esses autores sugerem ainda que o CGIS provê a fundação para contextualizar uma oportunidade distributiva para planejamento, resolução de problemas e tomada de decisão. Nesse sentido, Tsou (2006) complementa que a possibilidade de comunicação entre agentes em campo e uma base georreferenciada traz múltiplos benefícios. Os tomadores de decisão se beneficiam com informação em tempo real, enquanto o pessoal de campo tem uma resposta mais rápida dos níveis acima.

Gioielli (2006) apresenta o conceito de *base viva* como aquela que possibilita inserir continuamente novos dados geográficos e informações associadas a eles, e dissemina estas inserções na forma de contribuições ao conteúdo da base. Nesse contexto, *base consolidada* é a estabelecida para o domínio da aplicação, com qualidade adequada ao seu contexto de uso. A *base viva* tem conceito voltado para o trabalho cooperativo. Para Bricklin (2001), as bases de dados mais interessantes são aquelas criadas de forma manual. Como exemplo, ele cita as resenhas de livros do *site* Amazon.com, elaboradas tanto por funcionários como por clientes. Quando o Amazon.com abriu essa oportunidade de criar resenhas para seus clientes, conseguiu agregar valor à sua base de dados sobre livros sem trabalho extra, e com um custo operacional reduzido.

Web 2.0 é um termo cunhado para se referir ao progresso substancial atingido recentemente por páginas e portais na Web (LÓPEZ-DE-IPÍÑA ET AL., 2006). Esse termo é definido por O'Reilly (2006) como uma mudança de paradigmas na indústria da computação, em que os aplicativos se tornam melhores à medida que mais pessoas passam a utilizá-los. Essa mudança na forma como a Web é vista por desenvolvedores e usuários tem seus próprios padrões de projeto. Entre esses padrões merece destaque o

Users Add Value, que consiste em permitir que os usuários agreguem valor à aplicação ou ao *site* (O'REILLY, 2005). Contudo, convém lembrar que conteúdo participativo não é uma idéia nova e revolucionária da Web 2.0 (WIKIPEDIA, 2007), mas ganhou importância nos últimos anos.

2.4.1 Segurança e políticas de acesso

Um dos problemas relacionados ao trabalho participativo está na validade do dado fornecido pelos usuários. O Community Mapping Network (CMN) é um serviço que provê a integração de informações sobre recursos ambientais na província British Columbia, Canadá (MASON; DRAGICEVIC, 2006). O CMN possui uma infraestrutura que permite compartilhar e atualizar o conhecimento ambiental. As contribuições dos usuários à essa base de conhecimento são verificadas por uma equipe do CMN. Outros procedimentos para garantir a qualidade da informação são o treinamento dos usuários finais e a correlação das contribuições com orto-imagens e sobreposição de mapas. Os procedimentos de garantia de qualidade asseguram que novas informações sobre conhecimento sejam completamente integradas com os sistemas existentes (MASON; DRAGICEVIC, 2006).

A experiência do CMN sugere que um SIG participativo deve contemplar, além de autenticação dos usuários, uma forma de controlar o acesso à informação em diferentes níveis.

O controle de acesso baseado em regras (Rule-Based Access Control – RBAC) provê um modelo completo para gerenciar o controle da informação e seus usuários (GUTZMANN, 2001). O consórcio Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS) desenvolveu uma linguagem de políticas de controle de acesso, baseada em XML, denominada Extensible Access Control Markup Language (XACML) (MOSES, 2005). Segundo Lorch et al. (2003), o XACML incorpora as características RBAC, define formato para requisições e respostas, é extensível e possui uma semântica para determinar a aplicabilidade de políticas.

No domínio dos dados geográficos, Matheus (2005) apresenta o GeoXACML, uma extensão do XACML que incorpora os tipos de dados espaciais do GML (versão 2), e algumas operações espaciais, seguindo a semântica prevista no SFS. O foco do GeoXACML é o uso de padrões OGC. Damiani et al. (2007) apresentam sua abordagem de políticas de acesso para usuários de serviços de localização (Location-Based Services, LBS), denominada GEO-RBAC. Esta última abordagem usa o modelo de dados espaciais do OGC, porém diferencia do trabalho de Matheus por ter o foco direcionado para ambientes dinâmicos, particularmente usuários móveis.

2.5 Trabalhos relacionados

Gupta et al. (1999) propõem o uso das idéias de mediação publicadas por Wiederhold (1992) para disseminar dados geográficos. Antes de surgirem as especificações W3C para serviços Web usando XML, estes autores apresentaram uma arquitetura mediada para dados espaciais com adaptadores aptos a usar XML para codificar consultas e metadados. Este trabalho teve como focos a integração de fontes de dados e o processamento de consultas distribuídas. Foi implementada uma interface própria para o intercâmbio de informações.

O trabalho de Boucelma et al. (2002) apresenta um sistema de integração de dados geográficos não-materializados que estende os sistemas existentes para acomodar outros operadores, a partir de especializações na camada de adaptação. Este trabalho propõe o uso do WFS como adaptador que conecta as bases do esquema mediado. Apesar de utilizar o WFS e publicar os dados em GML, os autores não usaram o OGC Filter para codificar as consultas. Estas consultas estão codificadas segundo a especificação do W3C XML Query Language (XQuery) (BOAG ET AL., 2007).

Como continuação do trabalho de Boucelma et al. (2002), Essid et al. (2004) mantêm o foco no processamento de consultas distribuídas. Neste trabalho, os autores substituíram o XQuery pelo GQuery, uma especialização do primeiro voltada para dados geográficos. O processamento das consultas ocorre sobre os dados em GML retornados pelos servidores WFS componentes.

Os três trabalhos acima descritos propõem o uso de uma arquitetura mediada para integrar fontes de dados geográficos. Esses trabalhos não implementam nem utilizam completamente as interfaces especificadas pelo OGC. Ao empregar interfaces próprias para executar suas consultas sobre os dados do esquema mediado, esses trabalhos acabam indo de encontro a um dos objetivos da arquitetura mediada, que é a homogeneidade no acesso aos dados (WIEDERHOLD; GENESERETH, 1997). Tais trabalhos também não contemplam a participação de usuários no processo de construção dessas bases.

O projeto deegree é uma estrutura para integrar aplicativos de diferentes fornecedores com base em padrões publicados pelo OGC (FITZKE ET AL., 2004). Sua arquitetura é construída sob a ótica do paradigma de serviços, onde cada componente executa suas operações de forma independente. Este projeto contempla implementações abertas de diversos serviços OGC, incluindo o WFS. O deegree usa o conceito abstrato de fontes de dados, em que estes podem estar armazenados em diversas situações, inclusive em outros serviços. Desta forma, o WFS implementado no deegree pode usar como fonte de dados outros servidores WFS, atuando como um mediador.

3 UMA ARQUITETURA PARA SISTEMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARTICIPATIVO

3.1 Arquitetura proposta

A arquitetura proposta tem por objetivo integrar diferentes fontes de dados geográficos e permitir uma maior interação dos usuários com essas bases. Suas principais características são:

- Trazer transparência para as fontes de dados componentes, fornecendo um ponto de acesso único;
- Manter a independência das fontes de dados;
- Incorporar uma base de dados dinâmica, na qual os usuários do sistema possam colocar suas contribuições;
- Permitir acesso aos dados através de diversos dispositivos.

A arquitetura possui três componentes essenciais: Adaptador, Mediador e Módulo de Participação. Estes componentes encontram-se ilustrados na Figura 3.1, e serão apresentados nas subseções seguintes.

Existem ainda dois componentes na arquitetura que servem de base para os demais: a biblioteca TerraLib e a interface TeXML. A TerraLib provê o gerenciamento aos dados espaciais armazenados em Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs). Outra função importante desta biblioteca é fornecer operadores espaciais não implementados em SGBD sem extensão espacial (QUEIROZ; FERREIRA, 2005).

A interface TeXML é responsável pela leitura e escrita de documentos no formato XML. Esta interface é abstrata, e usa o padrão de projeto Façade (GAMMA ET AL., 2000) para esconder a complexidade inerente ao processamento de dados codificados no formato XML. Atualmente, a única implementação desta interface está construída sobre

o Xerces C++ Parser (APACHE SOFTWARE FOUNDATION, 2007).

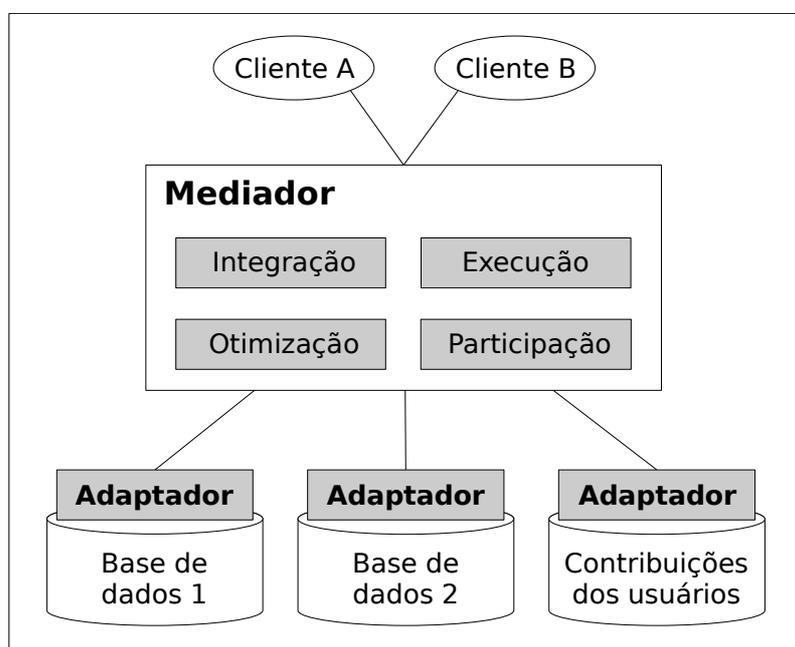


Figura 3.1 – Visão geral da arquitetura proposta.

3.2 Componente Adaptador

Numa arquitetura mediada, o adaptador faz a ligação entre o mediador e as fontes de dados. Como esta interface deve ser conhecida pelo mediador, e permitir o gerenciamento de dados geográficos, optou-se por utilizar o padrão WFS, especificado pelo OGC.

O Componente Adaptador é construído sobre outras camadas de *software*, conforme é possível observar na Figura 3.2. A TerraLib ocupa a base da arquitetura do WFS, juntamente com a interface TeXML.

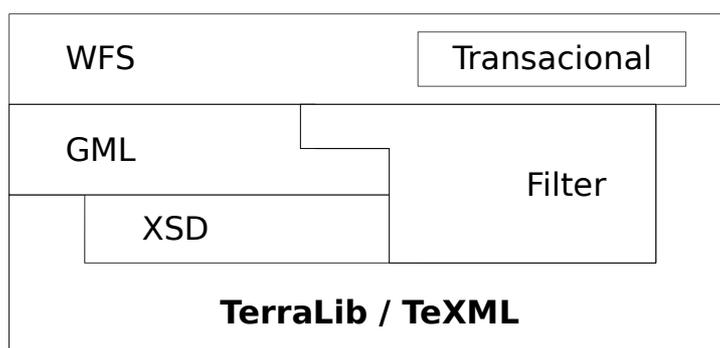


Figura 3.2 – Camadas do Componente Adaptador.

A camada WFS ocupa o topo da arquitetura. Esta camada é o próprio adaptador, que irá fazer a ponte entre os dados e o mediador. Dentro do WFS encontra-se a camada Transacional, que gerencia as transações dos clientes com as bases, permitindo operações como travar, inserir, atualizar e apagar feições. Esta camada é particularmente importante no adaptador participativo, permitindo que os usuários insiram seus dados na forma de contribuições. Um WFS com suporte a transações não deve ser usado em fontes de dados que não podem ser alteradas, de forma a evitar alguma falha de segurança.

Como o WFS serve feições codificadas em GML, faz-se necessário criar uma camada GML, que deve ser responsável por codificar as feições neste formato. O GML é uma especialização do XML Schema Definition (XSD), o que sugere uma camada de *software* que possa trabalhar com os dados codificados numa feição GML que estejam definidos na especificação do XSD. A Figura 3.3 traz um exemplo de esquema para uma feição codificada em GML. Nota-se que esta feição possui propriedades inerentes ao GML, como a geometria, como também propriedades definidas no escopo da especificação XSD.

As linhas 1-3 definem um elemento “Queimadas” do tipo “QueimadasType”, e uma instância de um objeto abstrato “gml:_Feature”, que corresponde ao grupo de substituição para todas as feições codificadas em GML. As linhas 4-17 descrevem o tipo complexo “QueimadasType”, como uma extensão do tipo abstrato de feições GML. Entre os tipos que compõem o “QueimadasType”, é possível notar uma combinação de declarações GML (linhas 8-9), e declarações XSD (linhas 10-13).

```

1 <xsd:element name="Queimadas"
2           type="te:QueimadasType"
3           substitutionGroup="gml:_Feature"/>
4 <xsd:complexType name="QueimadasType">
5   <xsd:complexContent>
6     <xsd:extension base="gml:AbstractFeatureType">
7       <xsd:sequence>
8         <xsd:element name="Geometry"
9                   type="gml:MultiPointPropertyType"/>
10        <xsd:element name="id" type="xsd:string"/>
11        <xsd:element name="satelite" type="xsd:string"/>
12        <xsd:element name="prec" type="xsd:double"/>
13        <xsd:element name="ndiasschuv" type="xsd:int"/>
14      </xsd:sequence>
15    </xsd:extension>
16  </xsd:complexContent>
17 </xsd:complexType>

```

Figura 3.3 – Exemplo de esquema para feição codificada em GML.

A camada GML trata das propriedades declaradas nos esquemas do GML, como feições e geometrias. Já a camada XSD trata das propriedades declaradas nos esquemas do XSD, como valores inteiros e conjuntos de caracteres. Os tipos de dados foram mapeados para tipos reconhecidos pela TerraLib, para que esta biblioteca realizasse a comunicação entre os dados codificados em GML e as feições existentes no banco de dados.

O WFS usa a camada Filter para traduzir a cláusula WHERE codificada como OGC Filter, para um formato suportado pelo *driver* de banco de dados utilizado pela TerraLib na aplicação corrente.

A Figura 3.4 apresenta a restrição da consulta “quais as queimadas que ocorreram na região abrangida pelo retângulo envolvente (62° WGr, 13° S; 61° WGr, 12° S), e que foram captadas pelo sensor MMODIS-01D?”, no formato do OGC Filter.

```

1 <ogc:Filter>
2   <ogc:And>
3     <ogc:BBOX>
4       <ogc:PropertyName>Geometry</ogc:PropertyName>
5       <gml:Envelope srsName="EPSG:4326">
6         <gml:lowerCorner>-62.0 -13.0</gml:lowerCorner>
7         <gml:upperCorner>-61.0 -12.0</gml:upperCorner>
8       </gml:Envelope>
9     </ogc:BBOX>
10    <ogc:PropertyIsEqualTo>
11      <ogc:PropertyName>satellite</ogc:PropertyName>
12      <ogc:Literal>MMODIS-01D</ogc:Literal>
13    </ogc:PropertyIsEqualTo>
14  </ogc:And>
15 </ogc:Filter>

```

Figura 3.4 – Exemplo de restrição codificada em OGC Filter.

3.3 Componente Mediador

Para os aplicativos clientes, o Mediador se comporta como um servidor WFS. O mediador é composto de vários módulos, conforme pode ser observado na Figura 3.5. Os módulos serão apresentados nas subseções seguintes, com exceção do módulo de Participação, que será visto na subseção 3.4.

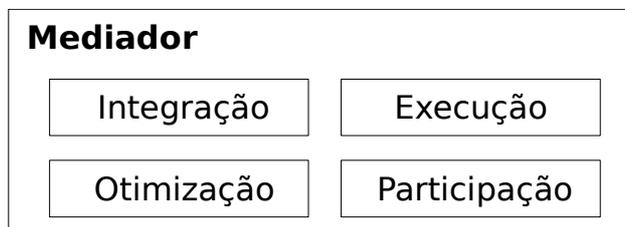


Figura 3.5 – Módulos do Componente Mediador.

3.3.1 Módulo de Integração

O Módulo de Integração do Componente Mediador tem por objetivo integrar as informações das diferentes fontes de dados usadas pelo mediador. Este módulo contém uma lista dos servidores WFS que irão prover as fontes de dados para criar um esquema mediado.

Uma das características deste módulo é atuar como um cliente WFS. Ele pergunta para os servidores as informações necessárias, como os modelos dos dados e em que sistema de coordenadas os dados estão disponíveis. Ao atuar como cliente WFS, o Módulo de Integração armazena as informações obtidas de forma permanente, com a possibilidade de atualizar-se a qualquer momento. Esta persistência tem por finalidade evitar que a cada consulta de um cliente para o mediador, este precise recuperar as informações junto aos servidores WFS que atuam como adaptadores (*wrappers*) para as fontes de dados.

Consultas para os clientes são tarefas com um custo elevado, visto que é necessário abrir uma conexão na rede, enviar a consulta, receber a resposta e então repassá-la ao solicitante. Para evitar que consultas inválidas enviadas pelos clientes sejam repassadas aos demais servidores WFS, o Módulo de Integração constrói um catálogo das propriedades de cada camada de informação a partir do esquema mediado. Este catálogo é usado pelo módulo de otimização para validar uma requisição.

3.3.2 Módulo de Otimização

A operação mais frequentemente utilizada num sistema de disseminação de dados geográficos é a obtenção de feições. Num servidor WFS, esta operação é codificada na forma de uma requisição GetFeature. Este tipo de requisição pode conter uma ou mais consultas do tipo WFS Query e, conseqüentemente, envolver uma ou mais camadas ou planos de informação.

Na arquitetura mediada proposta por este trabalho, os planos de informação encontram-

se distribuídos em vários servidores WFS. Para que o mediador saiba como executar cada consulta enviada por seus clientes, faz-se necessário o uso de um Módulo de Otimização.

Este módulo decide como as consultas serão executadas, após verificar se cada propriedade listada numa determinada consulta é válida. Se a consulta envolver apenas um plano de informação, esta será encaminhada para o servidor WFS que contém esse dado. Caso a consulta envolva mais de um plano de informação, este módulo a decompõe em subconsultas, agrupadas pelo tipo de dado pedido, que são enviadas aos respectivos servidores. A Figura 3.6 ilustra como o Módulo de Otimização atua para criar uma operação de projeção (PROJECT) da álgebra relacional (ELMASRI; NAVATHE, 2007), para uma consulta WFS.

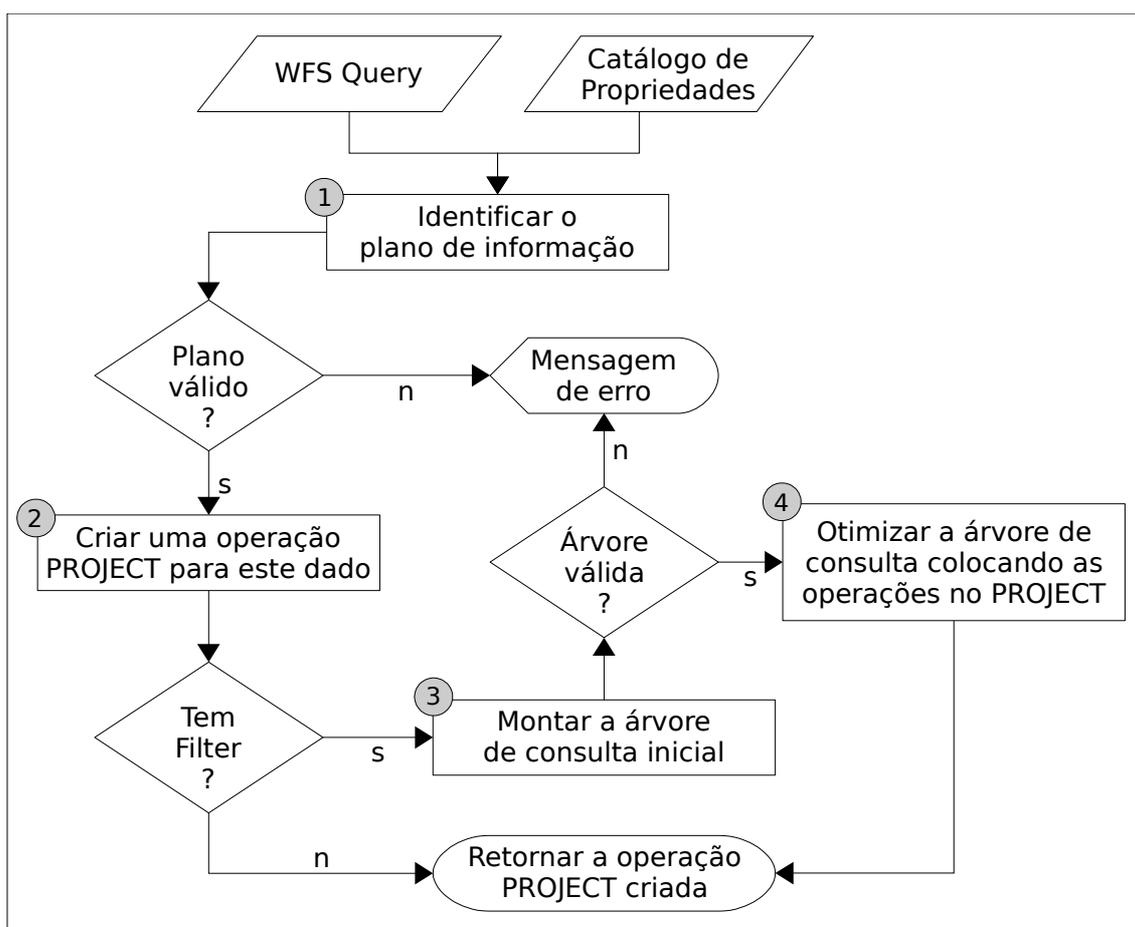


Figura 3.6 – Fluxograma de processamento de consultas no Módulo de Otimização.

O primeiro processo recebe como entrada uma consulta WFS e um catálogo das propriedades válidas, e identifica o plano de informação que é o alvo desta consulta. Se o plano pedido for inválido, uma exceção deve ser enviada ao requisitante. No segundo processo, uma operação PROJECT é criada para o tipo de dado pedido. Se não for identificado o uso de um filtro para a consulta, o Módulo de Otimização retorna a operação criada.

Uma vez identificada uma restrição sobre a consulta, codificada sobre a forma de um OGC Filter, o processo número 3 é acionado. Um exemplo de consulta com restrição está apresentado na Figura 3.7.

```
1 <wfs:Query typeName="DETER Municipios">
2   <wfs:PropertyName>DETER/*</wfs:PropertyName>
3   <Filter>
4     <And>
5       <PropertyIsEqualTo>
6         <PropertyName>Municipios/nome</PropertyName>
7         <Literal>Castanheiras</Literal>
8       </PropertyIsEqualTo>
9       <PropertyIsEqualTo>
10        <Function name="within">
11          <PropertyName>DETER/Geometry</PropertyName>
12          <PropertyName>Municipios/Geometry</PropertyName>
13        </Function>
14        <Literal>1</Literal>
15      </PropertyIsEqualTo>
16      <PropertyIsLike singleChar="_" wildCard="%" escapeChar="!">
17        <PropertyName>DETER/data</PropertyName>
18        <Literal>__112007</Literal>
19      </PropertyIsLike>
20    </And>
21  </Filter>
22 </wfs:Query>
```

Figura 3.7 – Exemplo de consulta WFS com OGC Filter.

Uma possível representação em linguagem natural desta consulta seria: “retorne todas as informações de eventos de desmatamento que ocorreram no município de Castanheiras em novembro de 2007”. A linha 1 traz o cabeçalho da consulta WFS, com os nomes dos tipos de dados que serão acessados, nesse caso DETER e Municípios. A linha 2 informa que todas as propriedades da camada DETER serão selecionadas. A condição de filtro encontra-se nas linhas 3-21.

No terceiro processo é montada uma árvore de execução da consulta inicial. Os nós desta árvore são operações de filtro descritas na especificação do OGC Filter, juntamente com algumas informações adicionais, como os planos de informação associados a cada nó. Uma das entradas do processo é o catálogo de propriedades, construído pelo Módulo de Integração. Caso alguma propriedade na consulta não seja válida, uma mensagem de erro deve ser enviada ao cliente. A construção da árvore de consulta inicial envolve o uso do padrão de projeto Visitor (GAMMA ET AL., 2000), a fim de evitar alterar a estrutura das classes da camada Filter.

A notação usada para descrever as operações da álgebra relacional neste trabalho são as mesmas utilizadas por Elmasri e Navathe (2007):

- π : projeção (PROJECT);
- σ : seleção (SELECT);
- \bowtie : ligação (JOIN);

A Figura 3.8 traz a árvore inicial montada a partir da consulta apresentada na Figura 3.7, conforme o fluxograma da Figura 3.6.

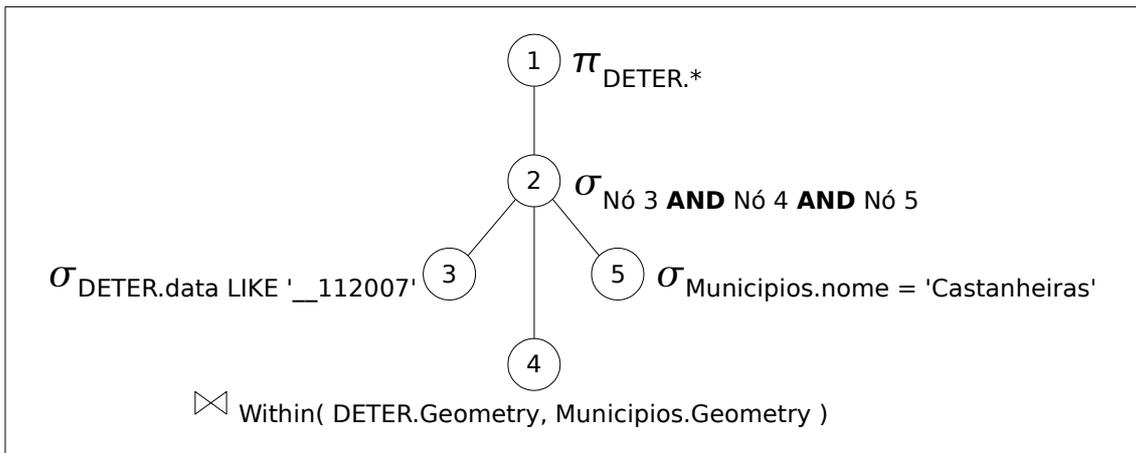


Figura 3.8 – Árvore de consulta inicial montada a partir da consulta na Figura 3.7.

O quarto e último processo executado no Módulo de Otimização é otimizar a árvore de consulta inicial montada no terceiro processo. A estratégia de otimização adotada nesta arquitetura é a de dois-passos, em conjunto com o operador *semijoin*. O objetivo é montar as subconsultas de forma que nenhuma operação ocorra no mediador, mas sim nos seus servidores componentes.

O algoritmo de otimização utilizado nesta arquitetura é bastante simples, não usando modelos de custos. A entrada é a projeção criada no início do processamento das consultas distribuídas (ver Figura 3.6). Os outros dados derivam diretamente desta operação, como o plano de informação alvo e árvore de consulta inicial. O fluxograma representativo da estratégia encontra-se na Figura 3.9. O algoritmo utiliza basicamente três estratégias distintas para o processamento de cada nó da árvore inicial:

- a) O nó só possui um plano de informação (processos 7-8): esta é a situação mais simples. Uma operação de seleção (SELECT) é criada contendo o nó atual. Este SELECT é então adicionado ao PROJECT para o plano determinado. No caso de uma árvore inteira que só possua uma camada de dados, esta árvore será a árvore final da consulta;
- b) O nó possui mais de um plano de informação, e é uma ligação entre planos (processos 4-6): nesta situação, o algoritmo cria uma nova projeção para a camada que se ligará com a atual, e executa a subrotina novamente para esta

camada de ligação, a partir da raiz da árvore de consulta. Após construir a projeção do plano de ligação, esta operação é inserida numa operação especial denominada JOIN, e esta é inserida na projeção inicial, da camada desejada.

- c) O nó possui mais de um plano de informação, mas não é uma ligação entre planos (processos 1-3): neste caso, o algoritmo cria uma especialização de uma operação de seleção, aqui chamada de Operação Lógica Binária, ou BINLOGICOP. Esta operação é inserida no PROJECT atual. Os nós filhos são obtidos e a subrotina é chamada para cada filho deste nó.

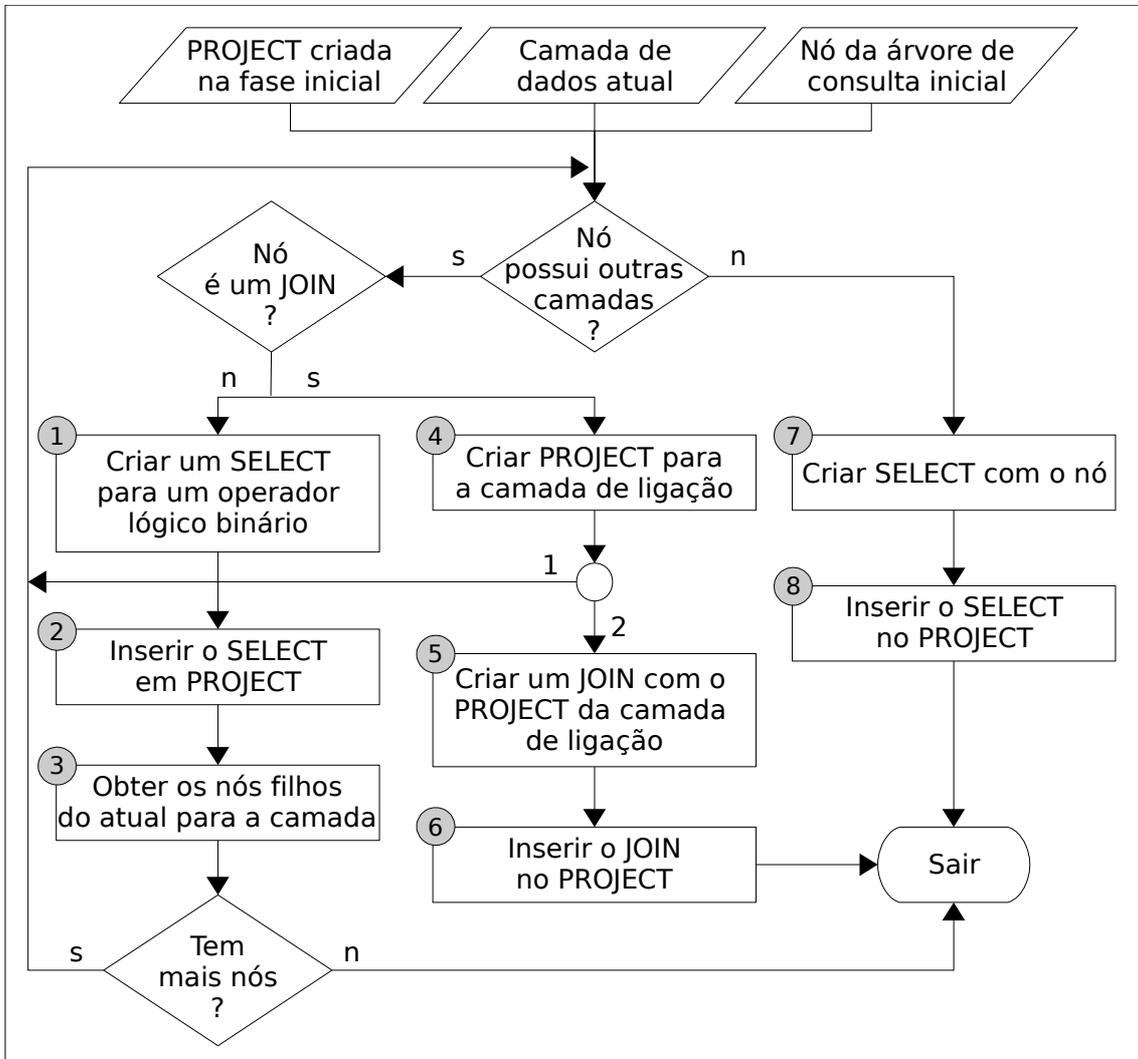


Figura 3.9 – Fluxograma de otimização de consultas distribuídas.

Para ilustrar o funcionamento do algoritmo utilizado nesta arquitetura, a Figura 3.10 traz a árvore final construída a partir da árvore inicial mostrada na Figura 3.8.

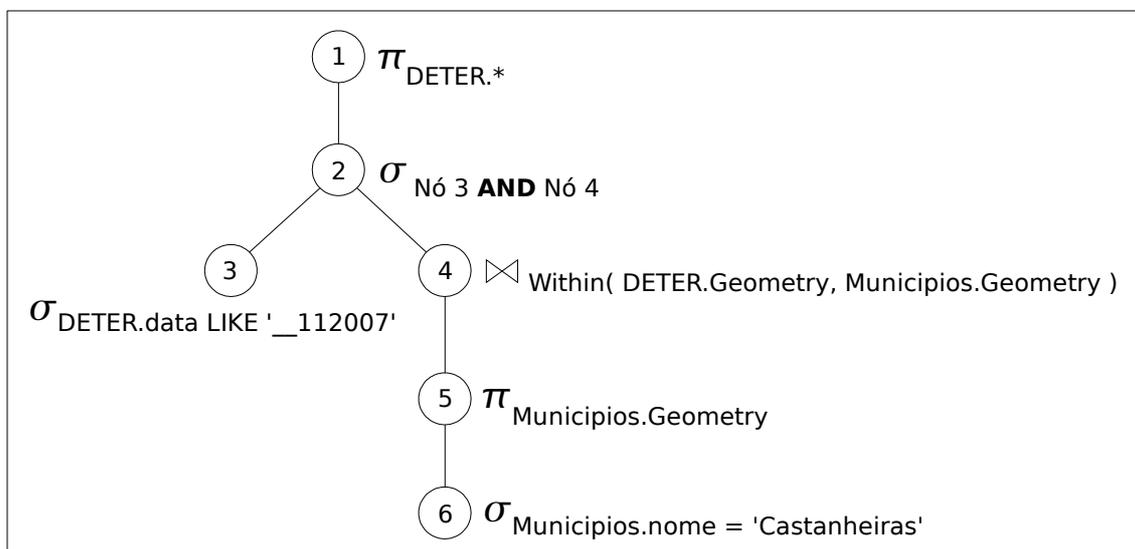


Figura 3.10 – Árvore de consulta final montada a partir da árvore na Figura 3.8.

3.3.3 Módulo de Execução

Uma vez montadas as consultas distribuídas, estas precisam ser executadas nos respectivos servidores que contém seus dados. A estratégia de execução usada nesta arquitetura é inspirada no modelo de iteradores, tendo em vista que as operações contém a implementação de sua execução. Cada operador possui um nó de consulta, que será usado na construção de uma nova consulta a ser enviada para um servidor WFS. A execução segue da raiz para os ramos (*top-bottom*), executando as operações à medida que são necessárias.

O operador PROJECT pode conter ou não algum nó de consulta. Caso não exista, uma consulta é enviada ao servidor WFS que contém o plano de informação solicitado, sem uma condição de filtro. O endereço desse servidor é obtido junto ao Módulo de Integração. Caso exista um nó de consulta, seu componente Filter é usado para criar uma condição de restrição na consulta.

O operador de ligação, ou JOIN, encontra-se incompleto quando na sua execução. Este operador contém um operador PROJECT, que é executado para obter a coluna de ligação entre duas camadas de dados. Após receber do PROJECT a resposta de sua consulta, o JOIN monta seu nó de consulta com base no nó usado como referência para sua construção.

A execução mais simples ocorre no operador SELECT. Na sua construção, este operador recebe um nó de consulta, e durante sua execução este nó é repassado ao operador requisitante. A especialização do SELECT, para operações lógicas binárias (BINLOGICOP), funciona de forma similar. Para cada operação combinada na operação lógica, seu nó de consulta é obtido e colocado num novo nó, que contém as operações de Filter correspondentes. A execução do BINLOGICOP consiste em remeter ao solicitante esse nó de consulta.

Para ilustrar o funcionamento do Módulo de Execução, será utilizada a árvore de consulta na Figura 3.10. Os passos são executados nesta seqüência:

- a) O operador 1 (PROJECT para DETER.*) encontra-se incompleto, pois possui nós de consulta filhos com mais de um plano de informação;
- b) O operador 2 também está incompleto, pois precisa acessar seus filhos (operadores 3 e 4) para compor uma condição de restrição para o operador 1;
- c) O operador 3 copia seus dados para o operador 2 (Figura 3.11a);
- d) O operador 4 encontra-se incompleto, pois precisa das geometrias do plano de informação Municipios;
- e) O operador 5 está completo, pois é um PROJECT com um SELECT simples. Ele é executado no respectivo servidor WFS;
- f) Os dados resultantes da execução do operador 5 são copiados para o operador 4. Este operador passa a ser um SELECT. Os dados geométricos encontram-se abreviados para efeito demonstrativo (Figura 3.11b);

- g) Os dados do operador 4 são copiados para o operador 2, que fica completo (Figura 3.11c);
- h) Com o operador 2 completo, o operador 1 pode ser executado no servidor que contém o plano de informação DETER.

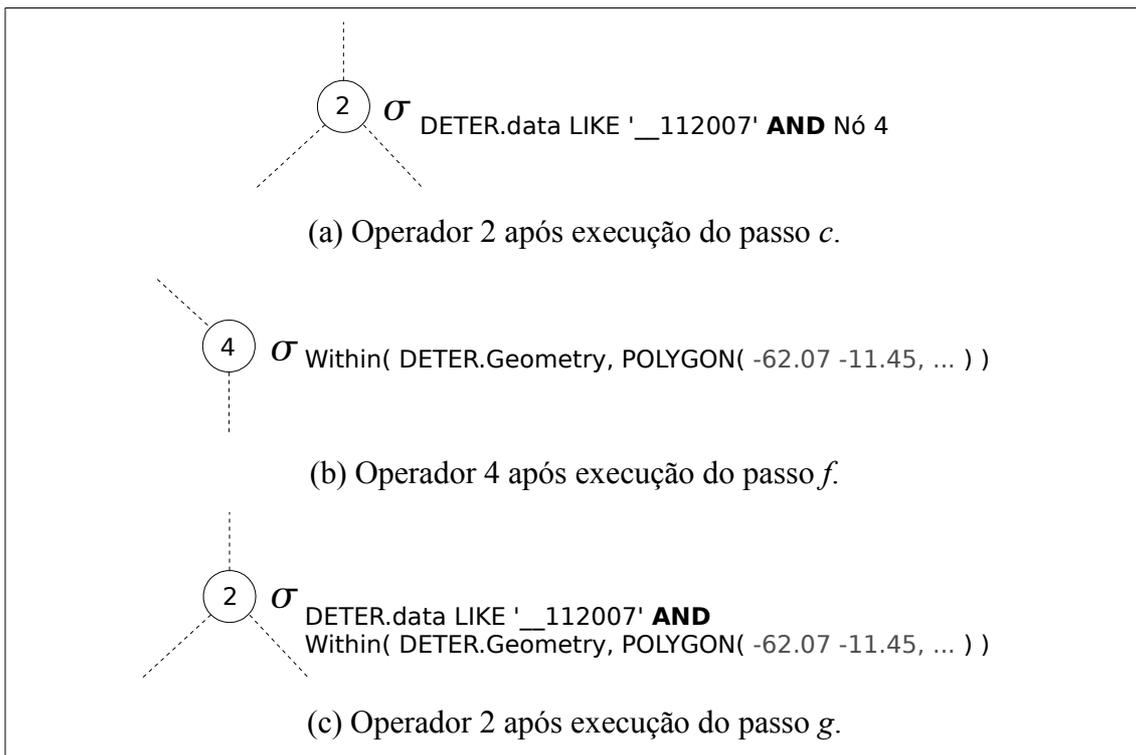


Figura 3.11 – Transformações na árvore de consulta ocorridas no Módulo de Execução.

3.4 Componente de habilitação para Monitoramento Participativo

A arquitetura mediada apresentada neste trabalho contempla características de SIG Colaborativo. Nesta seção será apresentado o Módulo de Participação para o Componente Mediador.

Esta arquitetura propõe que um sistema para monitoramento ambiental participativo deve ser composto por quatro módulos, organizados conforme a Figura 3.12. São eles:

- **Sessões:** gerencia as sessões dos usuários que acessam o sistema, fornecendo seus atributos;
- **Autenticação:** responsável por verificar a autenticidade de um usuário, bem como gerenciar usuários e grupos;
- **Políticas:** especifica como os usuários ou grupos podem acessar os recursos do sistema;
- **Propriedade:** armazena informações sobre o proprietário de uma determinada feição inserida no sistema.

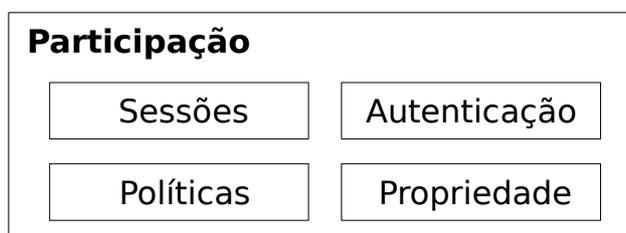


Figura 3.12 – Componentes do Módulo de Participação.

Estes módulos são discutidos em detalhes nas subseções seguintes.

3.4.1 Módulo de Sessões

Este módulo é responsável por gerenciar as sessões dos usuários. As sessões são usadas para que os demais componentes do servidor possam obter atributos dos usuários sem precisar recorrer a um servidor de autenticação sempre que um usuário requisita uma operação. Essa abordagem é necessária pois o serviço WFS atualmente roda apenas sobre o protocolo de comunicação Hypertext Transfer Protocol (HTTP) (VRETANOS, 2005b). Segundo Fielding et al. (1999), HTTP é um protocolo genérico que não mantém estado nas suas conexões.

O Módulo de Sessões é composto por um serviço de sessões (SessionService), que atende a requisições internas e externas. A interface para o SessionService encontra-se na Figura 3.13. As requisições externas têm origem nos clientes do servidor, enquanto

as requisições internas são realizadas pelo servidor que efetivamente utiliza este módulo. Os métodos desta interface são três:

- **StartSession:** método externo invocado por um usuário que deseja iniciar uma sessão de trabalho com o sistema;
- **CloseSession:** método externo invocado por um usuário que deseja encerrar sua sessão de trabalho atual;
- **GetSession:** método interno utilizado por outros componentes de *software* para obter dados relativos ao usuário da sessão atual.

SessionService
+ startSession(request : StartSessionRequest) : StartSessionResponse + closeSession(request : CloseSessionRequest) : CloseSessionResponse + getSession(string sessionId)

Figura 3.13 – Interface do serviço de sessões.

Uma sessão contém os atributos de um usuário, como o seu identificador e a que grupos pertence. Por esse motivo, o método interno GetSession deve ser usado apenas por outros componentes de *software* que utilizam o SessionService. Estes componentes devem implementar a chamada aos métodos externos StartSession e CloseSession, de forma que seus clientes possam iniciar ou encerrar sessões.

As requisições externas enviadas ao SessionService podem ser codificadas tanto em chaves par-valor como em XML. A primeira forma é útil em implementações que usam os métodos do HTTP GET ou POST para comunicação. Já a codificação em XML é útil se a comunicação for realizada utilizando o protocolo de comunicação SOAP.

O único parâmetro de uma requisição CloseSession é o identificador da sessão. Ao receber uma requisição deste tipo, o SessionService recupera a sessão de acordo com sua identificação e tenta fechá-la. A resposta apenas carrega consigo se a operação ocorreu com sucesso ou falha. Caso a sessão consiga ser fechada, o elemento Status

recebe o valor *closed*. Se a sessão não existir ou não puder ser fechada, o elemento Status recebe *failure*.

Para uma requisição StartSession, os parâmetros encontram-se descritos na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Parâmetros de uma requisição StartSession.

Parâmetro	Uso	Descrição
Credentials	Obrigatório	Credenciais de acesso para o usuário poder iniciar a sessão. A forma como as credenciais são interpretadas depende do tipo de método de autenticação.
Authentication Method	Obrigatório	Método usado para instanciar uma requisição a um servidor de autenticação, que irá informar se as credenciais do requisitante são válidas.
Expiry	Opcional	Tempo, em minutos, que a sessão permanecerá ativa. Caso não seja especificado, o serviço deve utilizar um valor padrão. Também é interessante utilizar um valor máximo para este parâmetro, para evitar que um usuário fique conectado por muito tempo ao sistema.

Ao receber uma requisição do tipo StartSession, o SessionService monta uma requisição para o Módulo de Autenticação a partir dos dados nos parâmetros Credentials e AuthenticationMethod. Esta requisição para o Módulo de Autenticação deve ser uma interface abstrata, a fim de permitir que várias implementações de métodos de autenticação diferentes sejam utilizados de forma transparente. Para atingir este objetivo, a montagem desta requisição pode ser implementada a partir do uso do padrão de projeto Abstract Factory (GAMMA ET AL., 2000).

A resposta para uma requisição StartSession é composta por três elementos: Status, Expiry e SessionId, conforme descrito na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Elementos de uma resposta StartSession.

Elemento	Presença	Descrição
Status	Obrigatória	Representa a situação da operação executada. São dois valores possíveis: - <i>opened</i> : para requisições que ocorrem com sucesso, e o usuário está autenticado; - <i>failure</i> : caso ocorra alguma falha na requisição ou durante o processo de autenticação.
Expiry	Caso Status seja <i>opened</i>	Informa a data/hora que a sessão atual expirará.
SessionId	Caso Status seja <i>opened</i>	Traz o identificador único para a sessão iniciada. Este dado será usado pelo usuário sempre que for acessar o sistema.

O Módulo de Sessões trabalha em conjunto com o Módulo de Autenticação para obter os dados do usuário. O Módulo de Políticas usa as informações disponibilizadas por aquele módulo para identificar os atributos de um usuário, de forma a poder estabelecer regras baseadas nesses atributos.

3.4.2 Módulo de Autenticação

O gerenciamento de usuários é realizado no Módulo de Autenticação. Este gerenciamento engloba a realização de várias tarefas:

- a) Incluir, atualizar ou remover usuários: o módulo deve conter um conjunto de atributos que identificam um usuário. Entre esses atributos podem ser citados: nome, endereço eletrônico, instituição onde trabalha etc. O Módulo de Sessões irá usar dois atributos para a identificação de um usuário: o seu nome de usuário (*login*) e os grupos nos quais o usuário participa;
- b) Incluir, atualizar ou remover grupos: usuários pertencem a grupos, e é interessante que grupos pertençam a outros grupos, de forma a trazer

flexibilidade. Esta característica será interessante na criação das políticas de acesso. Os grupos podem conter atributos além do nome, como descrição ou identificação do usuário criador.

- c) Gerenciar a alteração das credenciais de acesso: este módulo deve prover um modo para os usuários recuperarem suas credenciais de acesso. Estas credenciais são mais comuns na Web sob a forma do par usuário-senha.

Qualquer implementação do Módulo de Autenticação deverá fornecer, no mínimo, o nome de usuário e dos grupos a que pertence, para uso nas sessões. Esta implementação deve conter a respectiva interface de requisição de autenticação no Módulo de Sessões.

Os atributos de um usuário, providos por este módulo, são adicionados a uma sessão, conforme descrito na seção anterior. O Módulo de Políticas usa alguns desses atributos para definir regras nas políticas de acesso.

3.4.3 Módulo de Políticas

A forma como os usuários acessam os recursos na arquitetura mediada proposta é gerenciada pelo Módulo de Políticas. O desenho deste módulo tem influências na especificação do XACML, porém numa visão mais simplista.

O Módulo de Políticas é composto pelos seguintes elementos básicos:

- **Regra (Rule):** define um efeito para um determinado alvo;
- **Política (Policy):** um conjunto de regras, juntamente com a relação entre elas, constitui uma política;
- **Ponto de decisão (Decision Point):** responde a requisições sobre a decisão a ser tomada numa situação possível.

Uma regra possui um efeito e pode possuir um alvo. Os dois efeitos possíveis são

permitir (Permit) ou negar (Deny). Um alvo é composto por três elementos: sujeito (Subject), recurso (Resource) e ação (Action). Se algum elemento está ausente no alvo, então todas as situações são possíveis para este elemento. Conseqüentemente, uma regra sem alvo sempre retorna seu efeito. Quando existir o casamento entre uma situação e o alvo de uma regra, esta retorna seu efeito.

Os elementos Subject e Resource possuem interfaces simples. O elemento Subject é composto de um nome de usuário e os nomes dos grupos que esse usuário participa. O elemento Resource é composto do endereço de um servidor, sob a forma de um Universal Resource Locator (URL), e do nome do serviço que roda neste servidor. Se algum desses componentes está ausente, em algum desses dois elementos, qualquer possibilidade é aceita.

O elemento Action possui a interface um pouco mais elaborada que os anteriores. Este elemento é composto pelo nome da operação que será realizada no recurso, juntamente com uma condição opcional, que traz alguns parâmetros dessa operação para considerar se existe o casamento ou não. Esta condição pode envolver um casamento de parâmetro com um valor, retornando verdadeiro ou falso dependendo da situação, ou a combinação de vários parâmetros através de operações lógicas binárias, como AND, OR ou XOR.

Uma política é a composição de uma ou mais regras em conjunto com um alvo opcional. O processamento de um alvo ocorre de forma similar ao executado na regra. Como a política pode conter muitas regras, por vezes com alvos sobrepostos, faz-se necessário o uso de um algoritmo de combinação de regras, a fim de definir qual será o posicionamento da política. As três situações possíveis são as seguintes:

- Primeiro-aplicável (First-applicable): o efeito retornado é o da primeira regra que casar com a situação;
- Permitir-sobrepõe (Permit-overrides): se alguma das regras que casou tem por efeito permitir, então o efeito retornado é permitir;
- Negar-sobrepõe (Deny-overrides): se alguma das regras que casou tem por

efeito negar, então o efeito retornado é negar.

Caso não ocorra o casamento entre uma situação determinada e uma política, esta retorna o efeito não-aplicável (Not applicable).

Para ilustrar as políticas, regras e alvos, uma política de acesso simples é apresentada na Figura 3.14.

```
1 <Policy PolicyId="wfs-pol" RuleCombiningAlg="First-applicable">
2 <Target>
3 <Resource><Service name="WFS" url="amz.inpe.br"/></Resource>
4 </Target>
5 <Rule RuleId="group-users" effect="Permit">
6 <Target>
7 <Subject groupName="users"/>
8 <Actions>
9 <Action name="GetCapabilities"/>
10 <Action name="GetFeature">
11 <Condition>
12 <ParameterMatch name="TypeName">
13 <Value>DETER</Value>
14 <Value>Queimadas</Value>
15 </ParameterMatch>
16 </Condition>
17 </Action>
18 </Actions>
19 </Target>
20 </Rule>
21 <Rule RuleId="DenyAll" effect="Deny"/>
22 </Policy>
```

Figura 3.14 – Exemplo de codificação de política de acesso.

A linha 1 traz o cabeçalho de uma política, com seu identificador e o algoritmo de combinação de regras. As linhas 2-4 indicam que o alvo desta política é o serviço WFS rodando no servidor “amz.inpe.br”. A primeira regra desta política está codificada nas

linhas 5-20. Nesta regra, o alvo são os usuários do grupo “users”, e duas operações do WFS: “GetCapabilities” ou “GetFeature”. A diferença entre as duas operações para efeito de casamento é que uma operação “GetCapabilities” com qualquer parâmetro já retorna que houve o casamento nesta regra. Já a operação “GetFeature” só irá casar se conter um parâmetro “TypeName” com os valores “DETER” ou “Queimadas”.

A segunda e última regra encontra-se na linha 21. Esta regra apenas nega o acesso se for executada. Como o algoritmo de combinação de regras usado é o First-applicable, caso a primeira regra não case com a situação pedida, então a segunda regra irá casar, pois não possui alvo determinado, e seu efeito (“Deny”) será enviado. Ou seja, se a regra “group-users” casar com determinada situação, então a execução da política “wfs-pol” será Permit, caso contrário será Deny, de acordo com a regra “DenyAll”.

O ponto de decisão recebe uma requisição sobre que decisão tomar numa determinada situação, executa essa requisição sobre um conjunto de políticas previamente estabelecidas, e então retorna ao requisitante uma resposta contendo a decisão tomada. Essa decisão está intimamente ligada aos efeitos das regras e políticas disponíveis, podendo ser permitir, negar, não-aplicável ou indeterminado. Este último caso é retornado se ocorrer algum problema no processamento da requisição.

Uma requisição para o ponto de decisão é composta de elementos correspondentes aos do alvo usado numa regra ou política: Subject, Resource e Action. Subject codifica os dados do usuário. Resource traz o endereço do servidor e o serviço requisitado. Por fim, Action contém os possíveis parâmetros envolvidos na requisição do serviço. Esses parâmetros são listados de forma que caso um parâmetro tenha mais de um valor diferente, ambos são considerados na montagem do Action.

Esta requisição deve ser montada pelo serviço que usará o Módulo de Políticas para controlar o acesso aos seus recursos. Este serviço deve prover um meio de converter suas requisições, que normalmente encontram-se em um formato específico, para requisições ao Módulo de Políticas. Para obter os dados do usuário na montagem da consulta, o serviço cliente do DecisionPoint pode utilizar os atributos de usuário

fornecidos pelo SessionService do Módulo de Sessões.

3.4.4 Módulo de Propriedade

Todas as contribuições inseridas por usuários num SIG participativo precisam conter dados relativos ao proprietário desta contribuição. Estes dados podem ser apenas o identificador do usuário ou do grupo que inseriu a contribuição. Nesta arquitetura, essa informação é gerenciada pelo Módulo de Propriedade.

As informações sobre quem inseriu um determinado dado podem ser sigilosas. Em face deste requisito, optou-se por utilizar um módulo em separado para lidar com esse tipo de informação. O Módulo de Propriedade é composto de um serviço de propriedade (DataOwnerService). Este serviço é responsável por inserir, atualizar e remover registros de propriedade (DataOwnerRegistry), para um dado qualquer. Esses registros são criados para cada nova feição inserida pelo Módulo de Participação da arquitetura mediada na base viva.

A interface do DataOwnerService provê os métodos de gerenciamento e obtenção dos registros sobre a propriedade dos dados na base viva. Na criação de novos registros, os atributos dos usuários podem ser obtidos junto ao Módulo de Sessões. De acordo com as necessidades da aplicação, pode ser interessante aplicar políticas de acesso aos métodos de consultas do DataOwnerService, de forma a preservar a privacidade dos usuários.

4 PROVA DE CONCEITO: EXPERIMENTO AMAZÔNIA

O experimento AMAZÔNIA consiste em verificar a validade da hipótese de trabalho, usando os dados gerados pelos sistemas de monitoramento ambiental operados pelo INPE para a região amazônica. Este experimento está dividido em duas partes: o processamento de consultas distribuídas e a participação dos usuários nos sistemas de monitoramento. A Figura 4.1 ilustra a arquitetura proposta, juntamente com as fontes de dados utilizadas.

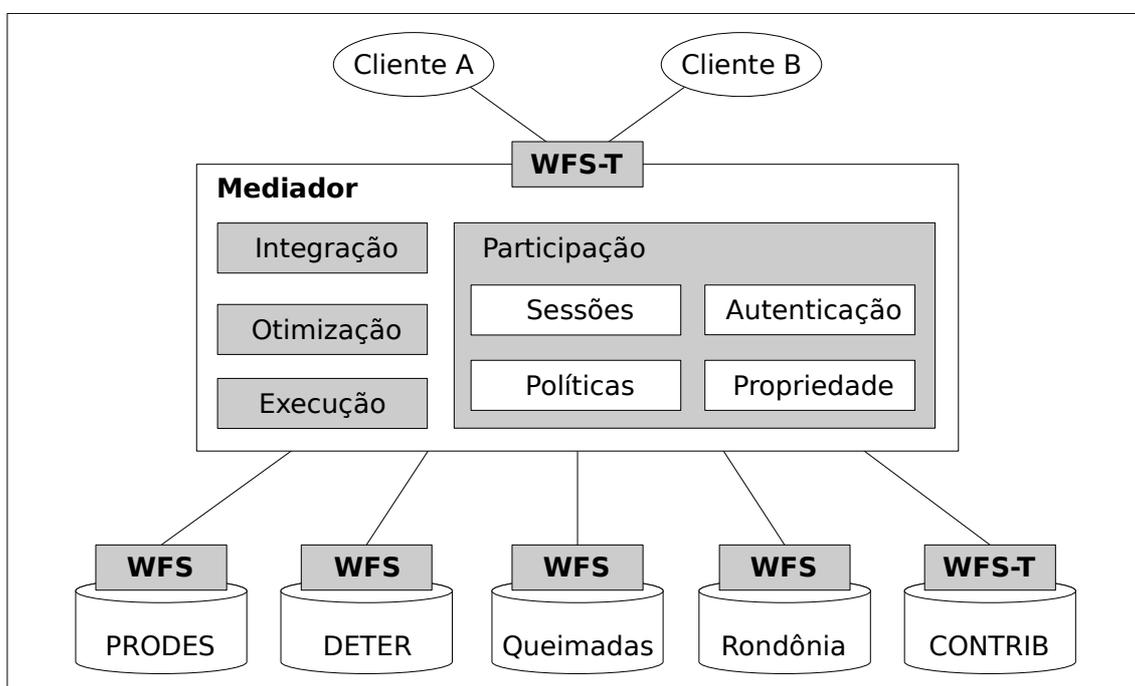


Figura 4.1 – Arquitetura proposta utilizada no experimento AMAZÔNIA.

Conforme apresentado na Figura 4.1, o mediador participativo se apresenta para seus clientes como um servidor WFS transacional. Para este experimento foi implementada a versão WFS 1.1.0, última disponibilizada pelo OGC (2004). Porém, a maioria das implementações de clientes WFS em *software* livre, ainda está na versão WFS 1.0.0 (2002).

Dos aplicativos utilizados no teste da implementação WFS, o uDIG 1.1 RC12¹ e o

¹ <http://udig.refractor.net>

gvSIG 1.1² estão habilitados a usar apenas a versão WFS 1.0.0. Já o openJUMP 1.2D³ com plugin WFS afirma que suporta o WFS 1.1.0. Porém, só algumas requisições de metadados funcionaram sem problemas. Algumas vezes, este aplicativo sequer enviou uma requisição GetFeature para o mediador.

Em face desta limitação, este experimento será realizado por meio de requisições enviadas ao mediador através de um cliente simples desenvolvido em Hypertext Markup Language (HTML) e Asynchronous JavaScript and XML (AJAX) (PAULSON, 2005). Este cliente é capaz de enviar tanto requisições usando pares chave-valor (com HTTP GET ou POST), como via XML (HTTP POST), conforme previsto na especificação WFS. As respostas às requisições são apresentadas no navegador (*browser*).

A interface do servidor WFS do mediador e dos adaptadores foi construída segundo o protocolo-padrão Common Gateway Interface (CGI) (DEITEL; DEITEL, 2006). Essa abordagem permite que os aplicativos aproveitem a comunicação HTTP implementada no servidor Web Apache HTTP Server⁴, utilizado neste experimento.

4.1 Descrição dos dados

O experimento está limitado espacialmente ao estado de Rondônia. Este estado foi escolhido por não possuir uma área tão extensa quanto os demais estados da Amazônia, como Pará ou Amazonas. A região possui vários eventos gerados pelos sistemas de monitoramento, como desmatamentos e queimadas.

Os dados do DETER e BDQueimadas estão limitados ao período de outubro a dezembro de 2007. Apesar de ser o resultado de apenas três meses, os dados do DETER são representados por mais de 3500 polígonos. Já os focos de calor contém mais de 6700 pontos, apenas para o estado de Rondônia.

2 <http://www.gvsig.gva.es>

3 <http://openjump.org>

4 <http://httpd.apache.org>

Os dados do PRODES são relativos ao ano de 2006. Para uma melhor identificação das feições representadas, os dados foram agrupados em quatro temas principais: desmatamento, floresta, hidrografia e não-floresta. Estes temas totalizam mais de 200 mil polígonos, fato que dificulta a manipulação dos dados PRODES. Todos os dados referentes aos sistemas de monitoramento operados pelo INPE foram obtidos nos seus respectivos *sites* na Internet.

O banco de dados Rondônia contém algumas camadas de apoio, utilizadas para realizar consultas combinadas com os sistemas de monitoramento. Entre os planos de informação disponíveis encontram-se o mapa dos municípios do estado, e o mapa das rodovias, extraído de cartas na escala 1:1.000.000. Estes dados foram obtidos no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na Internet.

A base CONTRIB usa um adaptador que suporta transações, o WFS-T. Esta é a base viva utilizada neste experimento, onde os usuários podem colocar suas contribuições. Para o experimento AMAZÔNIA, esta fonte de dados possui uma camada acessível aos usuários. Os dados inseridos pelos usuários possuem os seguintes componentes, todos opcionais:

- Uma descrição em texto plano;
- Um *link* para uma página ou qualquer outra mídia disponível na Internet;
- Um tipo MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) que identifica o tipo de arquivo presente no *link*, conforme Freed e Borenstein (1996);
- Uma referência a um identificador de um evento já constante do sistema (PRODES, DETER ou Queimadas).
- Uma classificação (*status*) para o dado inserido. Esta informação é útil para classificar os dados oriundos de participação de acordo com sua validade. Entre os valores possíveis encontram-se:
 - Inserido: dado em seu estado inicial, após ser inserido por um usuário

cadastrado;

- Validado: dado após uma verificação simples em gabinete, feita por um grupo de administradores. O administrador verifica se o dado está relacionado com o monitoramento ambiental na Amazônia;
- Verificado: dado verificado no campo. Algum agente público vai a campo constatar a veracidade da informação *in loco*.

Todas as bases estão armazenadas em SGBD PostgreSQL com a extensão espacial PostGIS. Esta extensão espacial está integrada com a biblioteca Geometry Engine Open Source (GEOS), de forma a prover suporte aos operadores espaciais (QUEIROZ; FERREIRA, 2005).

4.2 Processamento de consultas distribuídas

O método GetFeature é usado pelos clientes WFS para obter feições disponíveis num servidor. Esta operação aceita mais de um consulta, inclusive a planos de informação diferentes, na mesma requisição. Esta parte do experimento mostra o funcionamento de uma requisição GetFeature enviada ao mediador, envolvendo as seguintes consultas:

- a) Q1: quais os eventos de desmatamento apontados pelo DETER em novembro de 2007, dentro dos municípios cortados pela rodovia BR-429, e que possuem renda média da população abaixo de 160 reais?
- b) Q2: qual a localização e os tipos de vegetação dos focos de calor captados pelos sensores Terra ou Aqua, para os municípios na microrregião de Colorado do Oeste?

A consulta Q1 envolve três fontes de dados distintas: DETER, Municípios e Rodovias. A ligação entre as fontes ocorre via operações espaciais: DETER dentro de Municípios, e Municípios cortados por Rodovias. Já a consulta Q2 envolve duas fontes de dados: Queimadas e Municípios. A ligação entre estas bases ocorre por meio da informação

relativa ao nome do município, coluna de dados comum às duas fontes. A codificação desta requisição, com as respectivas consultas, encontra-se ilustrada na Figura A.1 do apêndice A. O fluxo de tarefas realizadas nesta requisição está ilustrado na Figura 4.2.

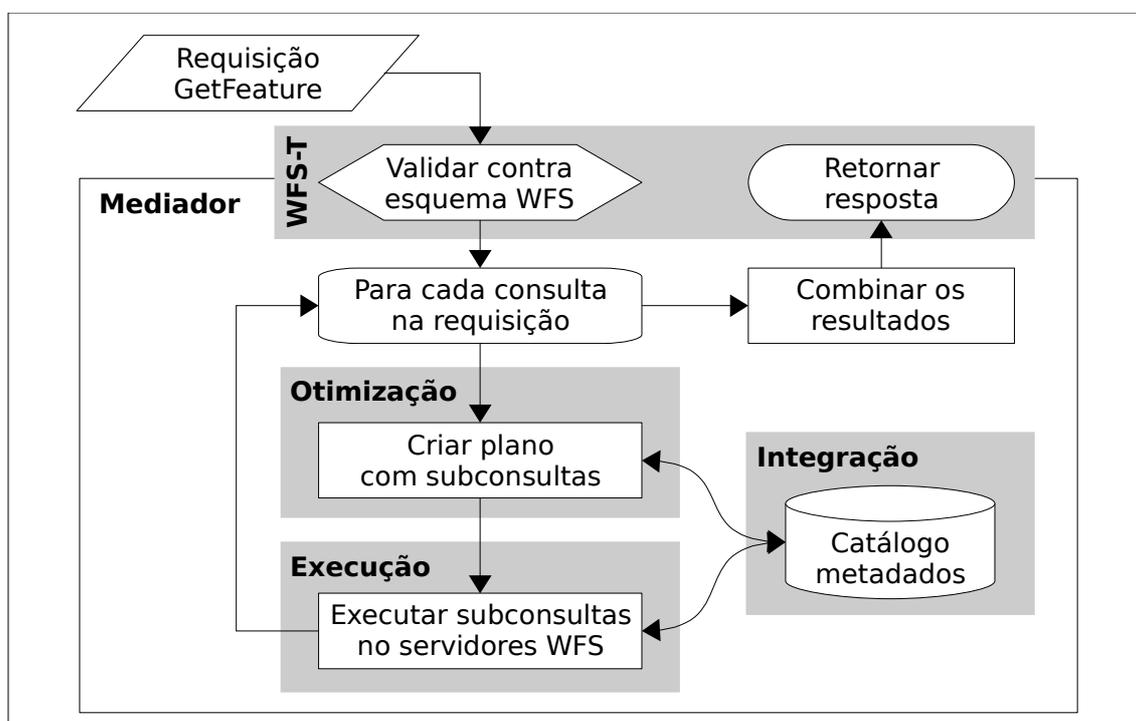


Figura 4.2 – Fluxo de tarefas realizadas ao executar um GetFeature.

Ao chegar no mediador, via interface CGI, esta requisição é interpretada e validada contra o esquema XML do componente WFS no mediador. Em seguida, a requisição é dividida em consultas WFS, que são processadas uma a uma. Cada consulta é remetida ao Módulo de Otimização. Este módulo utiliza o Módulo de Integração para validar a consulta, verificando se as propriedades e planos de informação listados encontram-se disponíveis no Catálogo de Metadados.

Para cada consulta na requisição, o Módulo de Otimização divide a consulta em subconsultas, criando um plano de execução de consulta. O plano gerado para a consulta Q1 encontra-se na Figura A.2, e para a consulta Q2 na Figura A.3. O próximo passo é executar cada subconsulta de acordo com as regras descritas no Módulo de Execução. Para saber em que servidor WFS encontra-se cada plano de informação, este módulo utiliza o Catálogo de Metadados do Módulo de Integração.

Quando o Módulo de Execução entrega o resultado de cada consulta para o mediador, este armazena-os em memória. Após a conclusão de todas as consultas, o mediador reúne os resultados e repassa ao seu componente WFS. Por fim, este componente remete a resposta final para o cliente que solicitou a requisição.

Uma versão simplificada da resposta, para a requisição utilizada nesta parte do experimento, encontra-se na Figura A.4.

4.3 Participação de usuários nos sistemas de monitoramento ambiental

Segundo a arquitetura apresentada neste trabalho, um sistema para monitoramento ambiental participativo deve prover meios para autenticar usuários, gerenciar as sessões desses usuários, especificar políticas de acesso e armazenar informações sobre quem inseriu determinado dado.

Para esta parte do experimento, foi implementado um Módulo de Autenticação simples, utilizando como credenciais de acesso o par usuário/senha. O método de autenticação foi chamado de UserPass. Os grupos utilizados encontram-se listados na Tabela 4.1, enquanto os usuários encontram-se na Tabela 4.2. Qualquer usuário que não efetuou autenticação com sucesso é tratado como usuário anônimo.

Tabela 4.1 – Lista de grupos utilizados no experimento.

Nome	Descrição
users	Usuários cadastrados no sistema
agents	Agentes da administração pública
admin	Administradores do sistema

Tabela 4.2 – Lista de usuários utilizados no experimento.

Nome	Senha	Grupo
joao	senha1	users
jose	senha2	agents
admin	senha3	admin

A primeira tarefa a ser executada por um usuário cadastrado no sistema é iniciar sua sessão de trabalho. Para tanto, este usuário deve enviar uma requisição StartSession ao mediador. O fluxo de tarefas ocorridas durante uma requisição deste tipo está ilustrada na Figura 4.3.

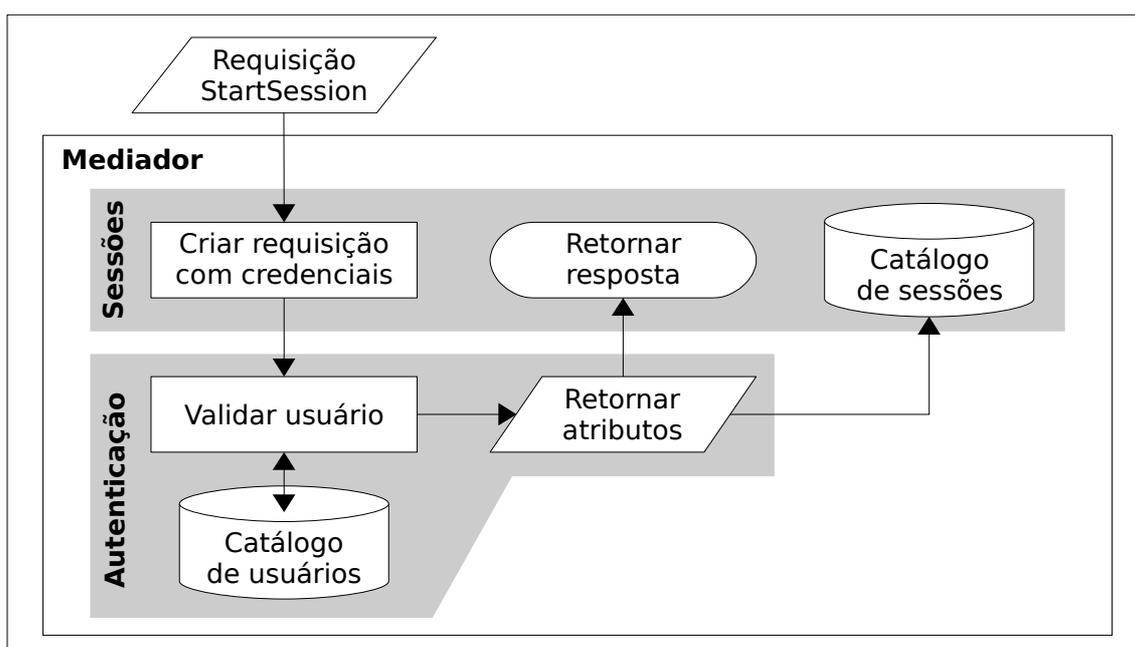


Figura 4.3 – Fluxo de tarefas ao executar uma requisição StartSession.

Ao receber uma requisição StartSession, o Módulo de Sessões interpreta esta requisição e cria uma nova requisição para o Módulo de Autenticação, usando a interface abstrata provida pelo padrão de projeto Abstract Factory. O Módulo de Autenticação utiliza um catálogo dos usuários, armazenado de acordo com suas peculiaridades, para validar a autenticação de um certo usuário. Caso a autenticação seja positiva, os atributos do

usuário que forneceu as credenciais de acesso são enviadas para o Módulo de Sessões. Os atributos são usados por este módulo para criar uma sessão para o usuário solicitante, e então responder à requisição.

Para testar esta parte da arquitetura, foram remetidas ao mediador duas requisições StartSession, uma com credenciais corretas (Figura B.1) e outra com as credenciais erradas (Figura B.2). As respostas encontram-se nas Figuras B.3 e B.4. A sessão criada na primeira requisição está ilustrada na Figura B.5.

Após criar sua sessão de trabalho, um usuário cadastrado pode enviar qualquer requisição WFS ao mediador. A interação entre os módulos neste processo encontra-se ilustrada na Figura 4.4.

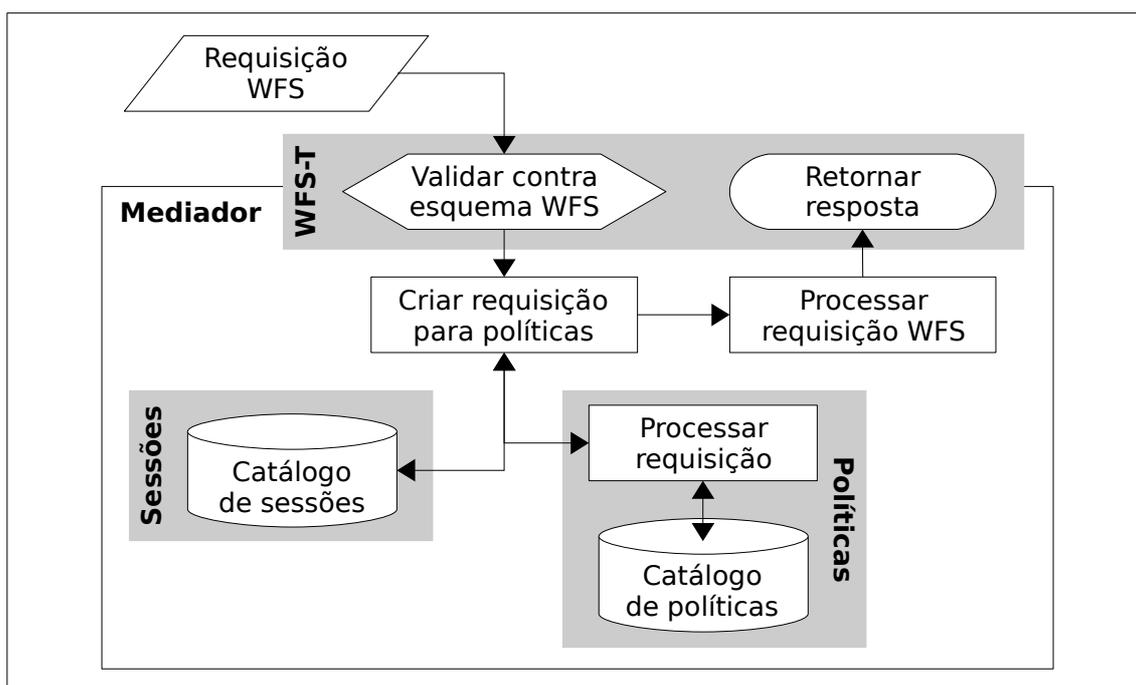


Figura 4.4 – Fluxo de tarefas ao executar uma requisição WFS.

Ao receber uma requisição deste tipo, o componente WFS do mediador primeiro executa uma validação desta requisição contra o esquema WFS. Em seguida ele converte esta requisição WFS para uma requisição de políticas, usando os dados de usuário fornecidos pelo Módulo Sessões. Esta requisição é enviada ao Módulo de

Políticas, que usa um conjunto de políticas definidas para este serviço, a fim de autorizar ou negar acesso ao recurso solicitado. Uma vez autorizado o acesso, a requisição WFS é processada normalmente.

Para este experimento, foi definida uma política de acesso para o serviço WFS rodando no servidor “localhost”. As regras para esta política estão descritas na Tabela 4.3. A codificação em XML da política, com as regras *any_user*, *group_users* e *deny-all*, encontra-se na Figura B.6.

Tabela 4.3 – Descrição das regras na política de acesso.

Regra	Alvo	Habilidades
any_user	Qualquer usuário	Consultar os dados consolidados (PRODES, DETER e Queimadas)
group_users	users	Consultar e inserir dados na base viva (CONTRIB)
group_agents	agents	Alterar o <i>status</i> dos dados na base viva
group_admin	admin	Acesso irrestrito aos dados da base viva
deny-all	-	Negar acesso

A última parte do experimento consiste em um usuário cadastrado inserir um dado no sistema de monitoramento participativo. A requisição enviada ao mediador é codificada como um WFS Transaction convencional, dirigida ao plano de informação da fonte de dados CONTRIB (ver Figura B.7).

Assim como em qualquer requisição WFS, a transação utilizada para inserir dados na base viva passa pelo componente WFS para uma validação inicial. Em seguida é criada uma requisição para o servidor de políticas a partir do Transaction enviado (ver Figura B.8). Os atributos do usuário atual são obtidos no Módulo de Sessões. Após uma resposta positiva do Módulo de Políticas, o mediador consulta o Módulo de Integração para saber em qual servidor a transação será efetuada, e envia a requisição para este servidor.

A Figura 4.5 traz o fluxo das tarefas executadas nesta situação, bem como os módulos acionados.

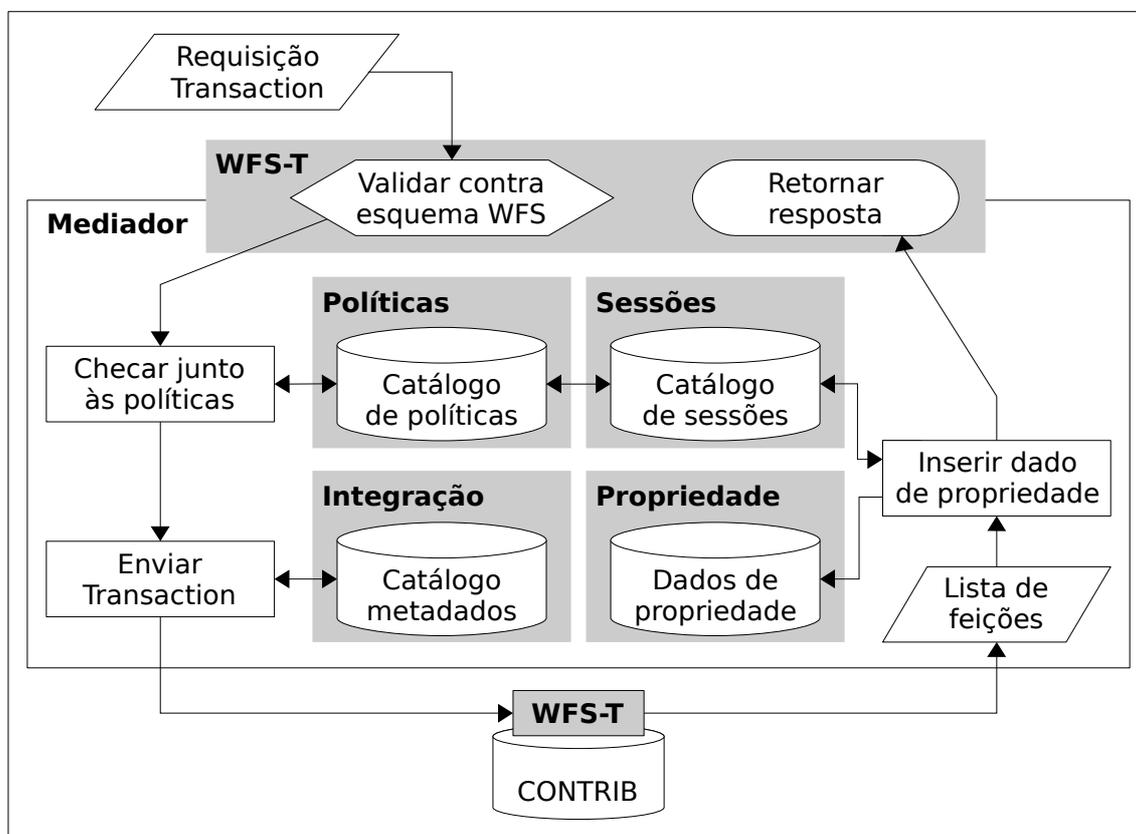


Figura 4.5 – Fluxo de tarefas realizadas ao inserir um dado de usuário no mediador.

A resposta de uma transação que insere dados num servidor WFS contém uma lista com os identificadores das feições inseridas. O mediador então usa esta lista, em conjunto com os atributos do usuário atual obtidos no Módulo de Sessões, para inserir a informação sobre quem é o proprietário das feições no Módulo de Propriedade. Por fim, o componente WFS do mediador retorna para o cliente a resposta final da transação.

Após o usuário inserir um dado na base CONTRIB, este entra no sistema classificado como “inserido”. A partir daí, agentes da administração pública podem checar se o dado é pertinente. Caso o dado seja estranho aos sistemas de monitoramento, este pode ser apagado do sistema. Caso o dado esteja relacionado com o tema em questão, este é marcado como “validado”. As informações fornecidas pelos usuários podem ter alguma verificação de campo, fornecida por agentes públicos presentes no local. Caso o dado

inserido por um usuário seja comprovado *in loco*, o agente responsável pode marcar esse dado como “validado”.

A interação do agente público com o mediador ocorre via interface WFS. Portanto, o ato de classificar uma contribuição é uma operação WFS Transaction comum. Conforme as políticas estabelecidas, esta operação só será efetuada se este agente iniciar sua sessão de trabalho.

4.4 Dificuldades encontradas nas especificações OGC para as necessidades desta Classe de Sistemas

4.4.1 Limitações da especificação WFS

A primeira limitação encontrada nas especificações OGC para um sistema de monitoramento ambiental participativo diz respeito à manutenção das sessões. A interface WFS contempla requisições codificadas como pares chave-valor ou XML. Caso seja utilizado o formato chave-valor, fica relativamente simples colocar um parâmetro adicional como um identificador de sessões. Esta abordagem é utilizada no produto Web Security Service (DREWNAK, 2007).

Se a requisição for codificada como XML, o que é o caso da maior parte das transações, fica inviável colocar um parâmetro a mais na requisição. As chamadas em XML são enviadas através do método HTTP POST, logo é enviado apenas o XML, descartando-se os demais parâmetros na requisição. Colocar um identificador de sessões no XML enviado pode comprometer a interoperabilidade com outros aplicativos, posto que a requisição não mais seria válida para os esquemas WFS publicados pelo OGC.

Outra solução possível é o uso das especificações de segurança para Web Services publicados pelo OASIS (BHARGAVAN ET AL., 2007). Porém, conforme visto, as especificações OGC ainda não utilizam protocolos de comunicação comuns em Web Services, como SOAP.

A solução adotada neste trabalho foi encontrada na especificação do CGI. O uso de um parâmetro do tipo PATH_INFO não interfere na interface dos clientes, e é facilmente acessado pelo aplicativo que segue o padrão CGI. A Figura 4.6a traz o URL de um servidor sem um identificador de sessões, enquanto a Figura 4.6b traz este mesmo URL com um identificador de sessões codificado como o parâmetro PATH_INFO do CGI (após o URL).

```
http://localhost/teogc/terrawfs.cgi
(a) URL sem identificador de sessões

http://localhost/teogc/terrawfs.cgi/Ft5wRIbRvH
(b) URL com identificador de sessões em PATH_INFO
```

Figura 4.6 – URLs original e com o identificador da sessão em PATH_INFO.

Outra limitação inerente à especificação WFS é a inexistência da recuperação a falhas. O método Transaction no WFS-T suporta a codificação de várias operações na mesma requisição. Existe a possibilidade de mesclar operações de inserir, alterar ou remover dados em diferentes planos de informação. Porém, a especificação não provê um mecanismo para confirmar (COMMIT), ou anular uma transação caso ocorra algum erro (ROLLBACK). O único controle previsto na especificação é informar ao requisitante onde ocorreu alguma falha.

Pode-se supor uma requisição para o mediador que envolve inserir dados na base CONTRIB e alterar dados na base PRODES. Caso a segunda operação falhe (PRODES), não há como voltar ao estado inicial na base CONTRIB, violando assim a condição de atomicidade das transações (ELMASRI; NAVATHE, 2007).

A solução adotada neste trabalho foi o mediador limitar as requisições de transação a apenas um servidor por vez.

Similar ao que ocorre nas transações, o método de travar feições para edição no WFS, o LockFeature, também pode envolver mais de um plano de informação na mesma

requisição. Como a resposta contém um identificador de trava (LockId) único, não há como dividir a requisição por servidores diferentes. A solução utilizada foi a mesma: limitar as requisições LockFeature a apenas um servidor por vez.

4.4.2 Deficiências nos esquemas OGC

Após a publicação de suas especificações, o OGC possui grupos de trabalho que realizam alterações nesses documentos. A finalidade dessas alterações é corrigir erros e encontrar melhorias. Porém, algumas dessas alterações, particularmente nos esquemas XML envolvidos, podem embutir erros não existentes nas especificações originais. Esta subseção traz um exemplo de erro no esquema XML do OGC Filter.

Um elemento do tipo Distance no OGC Filter serve para codificar restrições espaciais que indicam a distância a um certa geometria. A Figura 4.7a apresenta como este elemento está declarado na especificação original do OGC Filter (versão 1.1.0). No esquema alterado após a publicação da especificação, a declaração do tipo complexo DistanceType foi modificada conforme aparece na Figura 4.7b.

```
<xsd:element name="Distance" type="ogc:DistanceType"/>

<xsd:complexType name="DistanceType" mixed="true">
  <xsd:attribute name="units" type="xsd:string" use="required"/>
</xsd:complexType>
```

(a) Declaração do elemento Distance na especificação original.

```
<xsd:complexType name="DistanceType">
  <xsd:attribute name="units" type="xsd:string" use="required"/>
</xsd:complexType>
```

(b) Declaração do tipo DistanceType no esquema modificado.

Figura 4.7 – Declaração do elemento Distance do OGC Filter.

Nota-se que o atributo que ajusta “mixed” para verdadeiro foi removido no esquema

atual. Esta característica permitia que o valor da distância fosse inserido dentro do elemento. Se não há como colocar um valor numérico no elemento Distance, apenas uma URL que indica a unidade de medida, este elemento ficou sem utilidade.

4.5 Avaliação geral dos aspectos funcionais da arquitetura

A arquitetura apresentada contempla diversos aspectos relacionados ao monitoramento ambiental participativo. Os resultados obtidos junto ao protótipo implementado apontam para a validade desta arquitetura.

Um dos aspectos que merece destaque é o fraco acoplamento entre os diversos módulos que compõem o mediador participativo. Vários pacotes de *software* podem ser implementados como servidores autônomos. As exceções ficam por conta do Módulo de Sessões e do Módulo de Integração. O primeiro por motivos de segurança, enquanto o segundo por estar mais intimamente ligado à arquitetura mediada.

Nesta visão de servidores autônomos, o mediador precisa manter apenas um catálogo de sessões e metadados. Este catálogo de metadados seria expandido de forma a contemplar a posição dos demais servidores autônomos, como o de Otimização e Execução. Nota-se que um servidor WFS pode gerenciar mais de uma fonte de dados. Estes servidores poderiam utilizar o mesmo servidor de Políticas do Mediador, centralizando numa máquina todas as políticas dessa rede. De forma similar, o servidor de Autenticação seria acessado por todos os componentes, fornecendo autenticação para vários serviços na rede, não apenas os descritos neste trabalho.

Os servidores de Otimização e Execução poderiam receber junto com suas requisições os metadados necessários para executar suas tarefas. O servidor de Otimização poderia ter várias estratégias de criação de planos, e poderia gerar planos de consulta para os demais servidores WFS na rede.

A Figura 4.8 traz uma visão geral da arquitetura, colocando os componentes em máquinas diferentes conectadas através de uma rede.

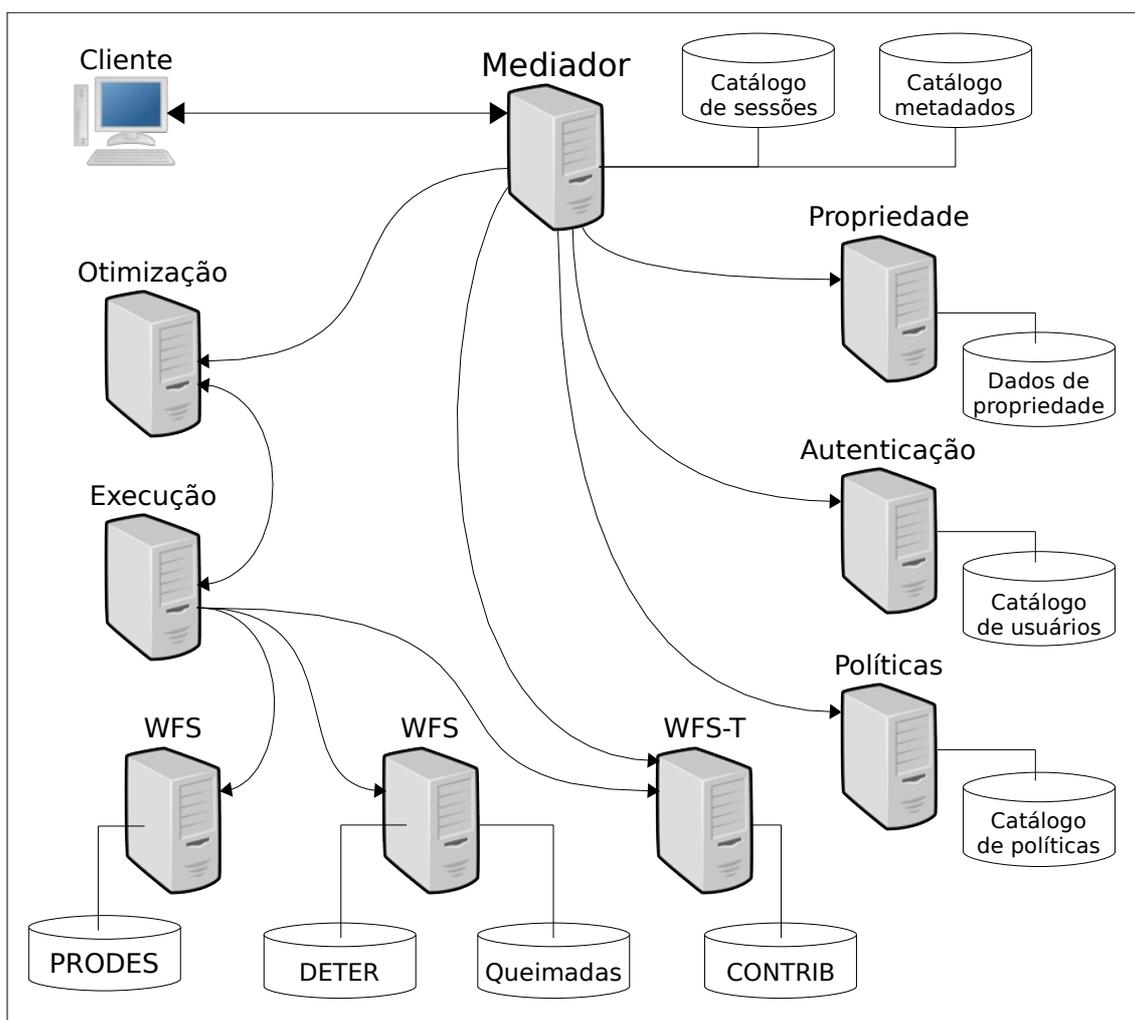


Figura 4.8 – Visão geral da arquitetura usando servidores autônomos.

Na arquitetura proposta, o mediador apresenta-se como um servidor WFS transacional, mas os componentes da base consolidada (PRODES, DETER e Queimadas) estão disponibilizados via WFS básico, que não suporta transações. Este fato faz com que os dados da base consolidada não sejam alterados a partir da interface WFS. Caso seja necessário alterar esses dados via WFS transacional, deve ser usado um sistema de controle de acesso para evitar que esses dados sejam alterados, inclusive na rede interna do INPE.

As limitações do uso da arquitetura mediada, em conjunto com o WFS, para a disseminação de dados geográficos estão relacionadas a questões de desempenho. Uma consulta simples, que envolva todo o desmatamento consolidado (PRODES)

apenas no estado de Rondônia, já retorna mais de 150 mil polígonos. Para evitar gargalos no sistema, a especificação WFS prevê o uso de um parâmetro MaxFeatures nas consultas GetFeature. Um valor padrão para este parâmetro pode ser definido no próprio servidor. No experimento AMAZÔNIA este valor foi ajustado para fornecer no máximo 10 mil feições a cada consulta.

Testes realizados na implementação do GML indicam que montar um documento XML com o tema Floresta do PRODES, com mais de 42 mil feições representadas por polígonos, leva pouco menos de 20 segundos. O documento resultante possui mais de 100 *megabytes* (MB). Se um usuário solicitar uma consulta do tipo “quantas queimadas ocorreram em área de floresta?”, o sistema só irá obter 10 mil feições do tipo Floresta junto à base do PRODES, conforme o parâmetro MaxFeatures utilizado. O mediador receberá do PRODES um arquivo com aproximadamente 25 MB contendo essas 10 mil feições. Continuando com o processamento dessa consulta, o mediador remete à base de Queimadas uma nova consulta contendo esses milhares de polígonos, o que pode ser muito difícil de processar.

Outro problema relacionado ao desempenho diz respeito ao processamento de políticas. Algumas políticas de acesso podem precisar de informações disponíveis apenas nas fontes de dados. Um exemplo deste tipo de política é permitir acesso apenas aos dados classificados como Verificado ou Validado. Para processar esta requisição, o Módulo de Políticas precisa consultar o WFS da base viva (CONTRIB) para obter o *status* de cada dado que será servido. Só após receber esta informação, o módulo pode permitir ou negar acesso ao dado. No protótipo implementado, o Módulo de Políticas não possui a capacidade de processar este tipo de política.

A implementação GML preparada por ocasião deste trabalho está apta a trabalhar com feições complexas. Estas feições possuem atributos escalares complexos, não apenas os definidos na especificação do XSD. A consulta Q1 da seção 4.2 utiliza o dado de renda média de um município, que encontra-se no atributo complexo SOCEC do modelo de dados de Municípios. Esta implementação é inédita em projetos de *software* livre.

5 CONCLUSÕES

Esta dissertação tem como alvo principal o estudo dos Web Services geográficos, um paradigma de desenvolvimento de aplicativos que recentemente tem sido alvo de várias pesquisas na área de tecnologia da informação. A principal contribuição deste trabalho é apresentar uma arquitetura para monitoramento ambiental participativo. Esta arquitetura é uma solução que não interfere nos sistemas de monitoramento operacionais.

Os resultados indicam que o objetivo proposto foi atingido. É possível integrar a disseminação dos dados gerados pelos sistemas de monitoramento da Amazônia em uso atualmente: PRODES, DETER e BDQueimadas. Além disso, a arquitetura traz a flexibilidade necessária para incorporar novos sistemas como o DETEX, que encontra-se em desenvolvimento. Apesar de construídos sobre bases de dados heterogêneas, estes sistemas podem ser integrados através de uma arquitetura mediada.

Técnicas de otimização de consultas distribuídas possibilitam a ligação entre as diversas fontes de dados. Esta ligação pode ser tanto por atributo como por operações especiais. Os tipos de dados podem ser os mais diversos, indo de polígonos de desmatamento, passando por linhas de rodovias até pontos que representam focos de calor. Outras fontes de dados podem ser acopladas facilmente, como dados sócio-econômicos, agregando valor ao sistema.

O uso de uma interface comum para a disseminação dos dados, como o WFS, permite a interação do sistema com qualquer aplicativo que conheça esta especificação. Outra vantagem desta abordagem é possibilitar o uso de outras tecnologias para disseminar os dados. Entre essas tecnologias podem ser citadas o AJAX, para a montagem de um portal na Web. Outra possibilidade interessante é o uso de dispositivos móveis neste sistema. O uso exclusivo de especificações OGC para o intercâmbio de dados geográficos diferencia este trabalho de outros que usam uma arquitetura mediada para integrar este tipo de dado.

A interoperabilidade pode ser verificada em casos de uso diversos. Pode-se trabalhar

com a situação em que a legislação brasileira não permita empréstimos bancários a fazendas que desmataram mais de 50% de sua área de mata virgem. Um banco poderia desenvolver um aplicativo que verificasse se determinado cliente que está solicitando um empréstimo para investimento agropecuário está habilitado a recebê-lo. Esse aplicativo receberia como entrada o polígono que envolve a propriedade. A partir desse polígono, o aplicativo poderia acessar o sistema de monitoramento ambiental integrado do INPE, e consultar os eventos de desmatamento (PRODES ou DETER) para esta área em particular. A saída do aplicativo seria permitir ou negar o empréstimo, baseado na legislação vigente, para esta propriedade. Para tanto, esse aplicativo precisa conhecer a especificação WFS e qual o URL do servidor do INPE que contém esses dados.

O gerenciamento e autenticação dos usuários pode ser realizada em qualquer plataforma que já esteja em operação, como o cadastro dos usuários do PRODES, por exemplo. Para isso, basta implementar uma interface para esta plataforma no Módulo de Sessões. Este módulo é necessário para contornar a ausência de manutenção de estado na comunicação via HTTP.

O uso de políticas de acesso traz flexibilidade à disseminação de dados. No experimento realizado, as contribuições dos usuários só podem ser acessadas por outros usuários cadastrados. Caso seja interessante abrir esta informação para outras pessoas, basta uma pequena alteração no arquivo que define as políticas para o mediador.

Incorporar uma base de dados produzidos pelos usuários abre novas oportunidades de coleta de informações. Os usuários dos sistemas do INPE podem interagir mais diretamente com as informações relativas às mudanças na paisagem Amazônica. Esses usuários podem ser agentes da Administração Pública ou voluntários preocupados com a vigilância ambiental. Suas contribuições ficam armazenadas em servidores no INPE, podendo ser acessadas juntamente com os outros dados das bases consolidadas.

Aplicar aos dados produzidos pelos usuários uma classificação baseada na sua pertinência é uma característica comum em sistemas Web atuais. Os agentes da administração pública em campo podem solicitar ao sistema apenas as contribuições já

verificadas previamente em gabinete, para a área que realizam uma fiscalização. Do mesmo modo, usuários do sistema podem pedir apenas os dados que já foram verificados em campo. Atribuir um valor ao dado só ajuda a torná-lo mais interessante para quem utiliza o sistema.

A implementação de diversas especificações, realizada por ocasião deste trabalho, habilita a biblioteca TerraLib a oferecer serviços nos padrões OGC. Os usuários desta biblioteca podem disponibilizar seus dados na Web através das ferramentas desenvolvidas.

As limitações desta solução estão diretamente relacionadas com aspectos de desempenho. Trazer para o mediador dados geográficos espalhados por diversos servidores WFS, antes de remeter ao solicitante, tem um custo computacional considerável. Dependendo do volume desses dados (por exemplo 50 mil polígonos do PRODES), este custo pode ser bastante elevado.

Com esta dissertação surgiram algumas idéias para trabalhos futuros. Os sistemas de monitoramento operados pelo INPE poderiam agregar características de *workflow*. Estas características poderiam se refletir numa nova metodologia de produção desses dados, utilizando as capacidades de agentes públicos em campo, que contribuiriam diretamente para o sistema. Outro trabalho possível é utilizar a tecnologia de agentes para trabalhar na conferência do dado inserido, automatizando a tarefa de verificar cada registro antes de classificá-lo como "verificado". Uma outra questão que permanece em aberto é investigar o uso da especificação WFS rodando sobre o protocolo de comunicação SOAP.

Como visto na análise dos resultados, os componentes desta arquitetura podem ser divididos em servidores autônomos. Um outro trabalho poderia estudar como gerenciar o encadeamento desses servidores, também utilizando protocolos ou padrões abertos.

Por fim, pode-se concluir que a hipótese de trabalho adotada foi comprovada. Com base nos conceitos expostos, foi desenvolvida uma arquitetura que utiliza mediação para

integrar bases de dados geográficos heterogêneas a partir de padrões abertos publicados pelo OGC. Esta arquitetura também amplia a capacidade dos usuários em interagir com o sistema, valendo-se de uma base de contribuições. A validade da arquitetura foi confirmada pelos experimentos realizados. Este estudo pode ser aplicado para aperfeiçoar os sistemas de monitoramento ambiental atualmente gerenciados pelo INPE.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA (ADA). **Amazônia Legal:** área de atuação. 2007. Disponível em: <http://www.ada.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=40&Itemid=49>. Acesso em: 5 ago. 2007.

ALAMEH, N. Chaining geographic information Web services. **IEEE Internet Computing**, v. 7, n. 5, p. 22-29, 2003.

AMADOR JR., R. **Monitoramento por satélite da Amazônia será mais rigoroso.** 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=96>>. Acesso em: 5 ago. 2007.

ANDERSON, G.; MORENO-SANCHEZ, R. Building Web-based spatial information solutions around open specifications and open source software. **Transactions in GIS**, v. 7, n. 4, p. 447-466, 2003.

APACHE SOFTWARE FOUNDATION. **Xerces C++ Parser.** 2007. Disponível em: <<http://xerces.apache.org/xerces-c/>>. Acesso em: 7 mar. 2008.

AULICINO, L. C. M. **WISS - serviço Web para segmentação de imagens:** especificação e implementação. 116 p. (INPE-14609-TDI/1189). Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

BALRAM, S.; DRAGICEVIC, S. Collaborative Geographic Information Systems: origins, boundaries, and structures. In: BALRAM, S.; DRAGICEVIC, S. (Ed.). **Collaborative Geographic Information Systems.** Hershey: Idea Group Publishing, 2006. p. 1-23.

BERNERS-LEE, T. **The Mobile Web.** 2007. Disponível em: <<http://www.w3.org/2007/Talks/0222-3gsm-tbl/text>>. Acesso em: 7 jul. 2007.

BHARGAVAN, K.; CORIN, R.; FOURNET, C.; GORDON, A. D. Secure sessions for Web services. **ACM Transactions on Information and System Security**, v. 10, n. 2, Article 8, 46 p., 2007.

BOAG, S.; CHAMBERLIN, D.; FERNÁNDEZ, M. F.; FLORESCU, D.; ROBIE, J.; SIMÉON, J. (Ed.). **XQuery 1.0: an XML query language.** [S.l.]: World Wide Web Consortium, 2007. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2007/REC-xquery-20070123/>>. Acesso em: 5 ago. 2007.

BOUCELMA, O.; ESSID, M.; LACROIX, Z. A WFS-based mediation system for GIS interoperability. In: ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, n. 10, 2002, McLean, USA. **Proceedings...** New York: ACM Press, 2002. p. 23-28.

BRASIL. **Decreto de 3 de julho de 2003**. Institui Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para os fins que especifica e dá outras providências. 2003. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/2003/Dnn9922.htm>. Acesso em: 12 ago. 2007.

BRICKLIN, D. **The cornucopia of the commons: how to get volunteer labor**. 2001. Disponível em: <<http://www.bricklin.com/cornucopia.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2007.

BUSQUIM E SILVA, R. A. **Interoperabilidade na representação de dados geográficos: GEOBR e GML 3.0 no contexto da realidade dos dados geográficos no Brasil**. 146 p. (INPE-10295-TDI/914). Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; PEDROSA, B. M.; VINHAS, L.; MONTEIRO, A. M. V.; PAIVA, J. A.; CARVALHO, M. T.; GATTAS, M. TerraLib: technology in support of GIS innovation. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, n. 2, 2000, São Paulo, Brasil. **Proceedings...** [S.l.]: [s.n.], 2000.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 24 p.

CASANOVA, M. A.; BRAUNER, D. F.; CÂMARA, G.; LIMA JR., P. O. Integração e interoperabilidade entre fontes de dados geográficos. In: CASANOVA, M. A.; CÂMARA, G.; DAVIS JR., C. A.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.). **Bancos de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. p. 317-352.

CHANG, Y.; PARK, H. XML Web Service-based development model for Internet GIS applications. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 4, p. 371-399, 2006.

CHAWATHE, S. S.; GARCIA-MOLINA, H.; HAMMER, J.; IRELAND, K.; PAPAKONSTANTINOU, Y.; ULLMAN, J. D.; WIDOM, J. The TSIMMIS Project: integration of heterogeneous information sources. In: MEETING OF THE INFORMATION PROCESSING SOCIETY OF JAPAN, n. 10, 1994, Tokyo, Japan. **Proceedings...** Tokyo: IPSJ, 1994. p. 7-18.

COORDENAÇÃO-GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA (OBT/INPE). **Projeto PRODES Digital - 2000 a 2006**. 2007a. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodesdigital/ajuda.html>>. Acesso em: 28 jul. 2007.

COORDENAÇÃO-GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA (OBT/INPE). **Sistema de DEteção de desmaTamentos em Tempo Real**. 2007b. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter/ajuda1.html>>. Acesso em: 28 jul. 2007.

COX, S.; DAISEY, P.; LAKE, R.; PORTELE, C.; WHITESIDE, A. (Ed.). **OpenGIS® Geography Markup Language (GML) implementation specification**. Version: 3.1.0, OGC 03-105r1. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2004. 601 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=4700>. Acesso em: 23 jul. 2007.

DAMIANI, M. L.; BERTINO, E.; CATANIA, B.; PERLASCA, P. GEO-RBAC: A spatially aware RBAC. **ACM Transactions on Information and System Security**, v. 10, n. 1, Article 2, 42 p., 2007.

DAVIS JR., C. A.; SOUZA, L. A.; BORGES, K. A. V. Disseminação de dados geográficos na Internet. In: CASANOVA, M. A.; CÂMARA, G.; DAVIS JR., C. A.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.). **Bancos de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. p. 353-378.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. **C++: como programar**. 5a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 1164 p.

DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS (DPI/INPE). **BDQueimadas - monitoramento de focos**. 2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/ajuda1.html>>. Acesso em: 28 jul. 2007.

DREWNAK, J. **Protecting OGC Web Services with the 52° North Security System**. 2007. Disponível em: <<http://www.foss4g2007.org/labs/L-11/>>. Acesso em: 20 mar. 2008.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Fundamentals of database systems**. 5th ed. Boston: Addison Wesley, 2007. 1168 p.

ESSID, M.; BOUCELMA, O.; COLONNA, F.; LASSOUED, Y. Query processing in a geographic mediation system. In: ANNUAL ACM INTERNATIONAL WORKSHOP ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, n. 12, 2004, Washington DC, USA. **Proceedings...** New York: ACM Press, 2004. p. 101-108.

FALLSIDE, D. C.; WALMSLEY, P. (Ed.). **XML Schema part 0: primer**. [S.l.]: World Wide Web Consortium, 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/RECxmlschema-0-20041028/>>. Acesso em: 26 jul. 2007.

FENSEL, D.; BUSSLER, C. The Web Service Modeling Framework WSMF. **Electronic Commerce Research and Applications**, v. 1, n. 2, p. 113-137, 2002.

FIELDING, R.; GETTYS, J.; MOGUL, J.; FRYSTYK, H.; MASINTER, L.; LEACH, P.; BERNERS-LEE, T. **Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1**. RFC 2616. Sterling, USA: Internet Engineering Task Force, 1999. 176 p. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc2616>>. Acesso em: 30 mar. 2008.

FITZKE, J.; GREVE, K.; MULLER, M.; POTH, A. Building SDIs with free software - the degree project. In: CORP 2004 & GEOMULTIMEDIA04, 2004, Vienna, Austria. **Proceedings...** Vienna, Austria: CORP, 2004. p. 97-103.

FOSTER, I. Service-oriented science. **Science**, v. 308, n. 5723, p. 814-817, 2005.

FREED, N.; BORENSTEIN, N. **Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) part two: media types**. RFC 2046. Sterling, USA: Internet Engineering Task Force, 1996. 44 p. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc2046>>. Acesso em: 14 mar. 2008.

GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J. **Padrões de projeto: soluções reutilizáveis de software orientado a objetos**. Porto Alegre: Bookman, 2000. 366 p.

GIOIELLI, F. L. P. **Tecnologias e padrões abertos para o domínio geográfico na Web: um estudo em ecoturismo**. 96 p. (INPE-13779-TDI/1053). Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, p. 211-221, 2007.

GOUVEIA, C.; FONSECA, A.; CONDESSA, B.; CÂMARA, A. Citizens as mobile nodes of environmental collaborative monitoring networks. In: DRUMMOND, J.; BILLEN, R.; JOÃO, E.; FORREST, D. (Ed.). **Dynamic and mobile GIS: investigating changes in space and time**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 237-262.

GRAEFE, G. Query evaluation techniques for large databases. **ACM Computing Surveys**, v. 25, n. 2, p. 73-169, 1993.

GRUPO PERMANENTE DE TRABALHO INTERMINISTERIAL - AMAZÔNIA LEGAL (GPTI). **Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal**. Brasília: Casa Civil/Presidência da República, 2004. 156 p. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/casacivil/desmat.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2007.

GUPTA, A.; MARCIANO, R.; ZASLAVSKY, I.; BARU, C. Integrating GIS and imagery through XML-based information mediation. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON INTEGRATED SPATIAL DATABASES: DIGITAL IMAGES AND GIS, 1999, Portland, USA. **Proceedings...** Berlin: Springer, 1999. p. 211-234.

GUPTA, A.; ZASLAVSKY, I.; MARCIANO, R. Generating query evaluation plans within a spatial mediation framework. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL DATA HANDLING, n. 9, 2000, Beijing, China. **Proceedings...** [S.l.]: IGU/GISc, 2000.

GUTZMANN, K. Access control and session management in the HTTP environment. **IEEE Internet Computing**, v. 5, n. 1, p. 26-35, 2001.

HAAS, H. **Web services activity: history**. 2007. Disponível em: <<http://www.w3.org/2002/ws/history.html>>. Acesso em: 24 ago. 2007.

HERRING, J. R. (Ed.). **OpenGIS® implementation specification for Geographic information - simple feature access - part 1: common architecture**. Version: 1.2.0, OGC 06-103r3. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2006. 95 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=18241>. Acesso em: 6 ago. 2007.

INMON, W. H. **Building the data warehouse**. 4th ed. Indianapolis: Wiley, 2005. 576 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Publicação do PROARCO**. 2007. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/proarco/apresentacao.htm>>. Acesso em: 5 ago. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Plano diretor do INPE 2007-2011**. 2007. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/Plano_Diretor_2007-2011_v2.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2007.

JANKOWSKI, P.; NYERGES, T. GIS-supported collaborative decision making: results of an experiment. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 91, n. 1, p. 48-70, 2001.

KINTISCH, E. Improved monitoring of rainforests helps pierce haze of deforestation. **Science**, v. 316, n. 5824, p. 536-537, 2007.

KOSSMANN, D. The state of the art in distributed query processing. **ACM Computing Surveys**, v. 32, n. 4, p. 422-469, 2000.

KREGER, H. Fulfilling the Web services promise. **Communications of the ACM**, v. 46, n. 6, p. 29-34, 2003.

LITWIN, W.; MARK, L.; ROUSSOPOULOS, N. Interoperability of multiple autonomous databases. **ACM Computing Surveys**, v. 22, n. 3, p. 267-293, 1990.

LÓPEZ-DE-IPÍÑA, D.; GARCÍA-ZUBIA, J.; ORDUÑA, P. Remote control of Web 2.0-enabled laboratories from mobile devices. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-SCIENCE AND GRID COMPUTING, n. 2, 2006, Amsterdam, Netherlands. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2006. p. 123.

LORCH, M.; PROCTOR, S.; LEPRO, R.; KAFURA, D.; SHAH, S. First experiences using XACML for access control in distributed systems. In: ACM WORKSHOP ON XML SECURITY, n. 2, 2003, Fairfax, Virginia. **Proceedings...** New York, USA: ACM, 2003. p. 25-37.

LU, C. T.; DOS SANTOS, R. F.; SRIPADA, L. N.; KOU, Y. Advances in GML for geospatial applications. **GeoInformatica**, v. 11, n. 1, p. 131-157, 2007.

MASON, B. C.; DRAGICEVIC, S. Web GIS and knowledge management systems: an integrated design for collaborative community planning. In: BALRAM, S.; DRAGICEVIC, S. (Ed.). **Collaborative Geographic Information Systems**. Hershey: Idea Group Publishing, 2006. p. 263-284.

MATHEUS, A. Declaration and enforcement of fine-grained access restrictions for a service-based geospatial data infrastructure. In: ACM SYMPOSIUM ON ACCESS CONTROL MODELS AND TECHNOLOGIES, n. 10, 2005, Stockholm, Sweden. **Proceedings...** New York, USA: ACM, 2005. p. 21-28.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **As ações do ministério para cuidar da biodiversidade brasileira**. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/revista_mma.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2007.

MORENO-SANCHEZ, R.; ANDERSON, G.; CRUZ, J.; HAYDEN, M. The potential for the use of Open Source Software and Open Specifications in creating Web-based cross-border health spatial information systems. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 21, n. 10, p. 1135-1163, 2007.

MOSES, T. **eXtensible Access Control Markup Language (XACML)**. Version 2.0. Billerica: Organization for the Advancement of Structured Information Standards, 2005. 141 p. Disponível em: <http://docs.oasis-open.org/xacml/2.0/access_control-xacml-2.0-core-spec-os.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2008.

NEBERT, D.; WHITESIDE, A.; VRETANOS, P. A. (Ed.). **OpenGIS® Catalogue Services specification**. Version 2.0.2, OGC 07-006r1. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2007. 218 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555>. Acesso em: 6 ago. 2007.

NEWCOMER, E. **Understanding Web services: XML, WSDL, SOAP and UDDI**. Indianapolis: Addison-Wesley Professional, 2002. 368 p.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC). **About OGC**. 2007a. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc>>. Acesso em: 6 ago. 2007.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC). **Implementations by specification**. 2007b. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/resource/products/byspec>>. Acesso em: 12 ago. 2007.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC). **OGC history (abbreviated)**. 2007c. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc/history>>. Acesso em: 24 ago. 2007.

O'REILLY, T. **What is Web 2.0: design patterns and business models for the next generation of software**. 2005. Disponível em: <<http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>>. Acesso em: 16 jul. 2007.

O'REILLY, T. **Web 2.0 compact definition: trying again**. 2006. Disponível em: <http://radar.oreilly.com/archives/2006/12/web_20_compact.html>. Acesso em: 28 jul. 2007.

PACITTI, E.; VALDURIEZ, P.; MATTOSO, M. Grid data management: open problems and new issue. **Journal of Grid Computing**, v. 5, n. 3, p. 273-281, 2007.

PAULSON, L. D. Building rich web applications with Ajax. **Computer**, v. 38, n. 10, p. 14-17, 2005.

QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R. SGBD com extensões espaciais. In: CASANOVA, M. A.; CÂMARA, G.; DAVIS JR., C. A.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.). **Bancos de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. p. 281-316.

SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; MOREIRA, M. A.; ARAI, E.; RUDORFF, B. F. T.; ANDERSON, L. O.; SANTO, F. D. B. E.; FREITAS, R. M.; AULICINO, L. C. M.; MAURANO, L. E. P.; ARAGÃO, J. R. L. **Deteção de áreas desflorestadas em tempo real: conceitos básicos, desenvolvimento e aplicação do projeto DETER**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 63 p.

SMITH, J. B. **Collective intelligence in computer-based collaboration**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1994. 264 p.

SMITH, J.; WATSON, P.; GOUNARIS, A.; PATON, N. W.; FERNANDES, A. A. A.; SAKELLARIOU, R. Distributed query processing on the grid. **International Journal of High Performance Computing Applications**, v. 17, n. 4, p. 353-367, 2003.

SOARES, H. R.; MEDEIROS, C. M. B. Integrando sistemas legados a bancos de dados heterogêneos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, n. 14, 1999, Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 1999. p. 411-425.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO (SBC). **Grandes desafios da pesquisa em computação no brasil - 2006-2016**. 2006. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/index.php?language=1&content=downloads&id=272>>. Acesso em: 13 ago. 2007.

SONNET, J. (Ed.). **OWS 2 common architecture: WSDL SOAP UDDI**. Version 1.0.0, OGC 04-060r1. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2005. 76 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8348>. Acesso em: 25 ago. 2007.

SOUZA, V. C. O. **Geoportal global para centros de imagens de sensoriamento remoto**. 99 p. (INPE-15250-TDI/1337). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

TSOU, M. Bridging the gap: connecting Internet-based spatial decision support systems to the field-based personnel with real time wireless mobile GIS applications. In: BALRAM, S.; DRAGICEVIC, S. (Ed.). **Collaborative Geographic Information Systems**. Hershey: Idea Group Publishing, 2006. p. 316-340.

VALERIANO, D. M.; SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; ANDERSON, L. O.; ESPÍRITO-SANTO, F.; ARAI, E.; MAURANO, L. E.; SOUZA, R. C.; FREITAS, R. M.; AULICINO, L. Deteção do desflorestamento da Amazônia Legal em tempo real - Projeto DETER. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, n. 12, 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3403-3409.

VALERIANO, D. M. **Contratação de serviço de desenvolvimento e operação do sistema para monitoramento e análise do desflorestamento na Amazônia Legal – TerraAmazon-II.** (INPE, São José dos Campos). 2007. Comunicação pessoal.

VRETANOS, P. A. (Ed.). **OpenGIS® Filter Encoding implementation specification.** Version: 1.1.0, OGC 04-095. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2005a. 40 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8340>. Acesso em: 23 jul. 2007.

VRETANOS, P. A. (Ed.). **Web Feature Service implementation specification.** Version 1.1.0, OGC 04-094. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2005b. 131 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339>. Acesso em: 23 jul. 2007.

VRETANOS, P. A. (Ed.). **Geography Markup Language (GML) simple features profile.** Version: 1.0, OGC 06-049. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2006. 117 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=15201>. Acesso em: 23 jul. 2007.

WHITESIDE, A. (Ed.). **OGC Web Services common specification.** Version: 1.1.0 with Corrigendum 1, OGC 06-121r3. Wayland: Open Geospatial Consortium, 2007. 167 p. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20040>. Acesso em: 26 jul. 2007.

WIEDERHOLD, G. Mediators in the architecture of future information systems. **Computer**, v. 25, n. 3, p. 38-49, 1992.

WIEDERHOLD, G.; GENESERETH, M. The conceptual basis for mediation services. **IEEE Expert**, v. 12, n. 5, p. 38-47, 1997.

WIKIPEDIA, **Web 2.0.** 2007. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Web_2.0&oldid=6874504>. Acesso em: 27 jul. 2007.

7 APÊNDICE A – EXPERIMENTO: PROCESSAMENTO DE CONSULTAS DISTRIBUÍDAS

Este apêndice traz figuras complementares para a apresentação dos resultados referentes ao processamento de consultas distribuídas para o experimento AMAZÔNIA. As figuras que contêm textos em XML encontram-se simplificadas.

```
1 <wfs:GetFeature resultType="results">
2
3 <wfs:Query typeName="DETER Municipios Rodovias">
4   <wfs:PropertyName>DETER/*</wfs:PropertyName>
5   <Filter>
6     <And>
7       <PropertyIsLike escapeChar="!" singleChar="_" wildCard="%">
8         <PropertyName>DETER/data</PropertyName>
9         <Literal>__112007</Literal>
10      </PropertyIsLike>
11      <PropertyIsEqualTo>
12        <Function name="within">
13          <PropertyName>DETER/Geometry</PropertyName>
14          <PropertyName>Municipios/Geometry</PropertyName>
15        </Function>
16        <Literal>1</Literal>
17      </PropertyIsEqualTo>
18      <PropertyIsEqualTo>
19        <Function name="crosses">
20          <PropertyName>Municipios/Geometry</PropertyName>
21          <PropertyName>Rodovias/Geometry</PropertyName>
22        </Function>
23        <Literal>1</Literal>
24      </PropertyIsEqualTo>
```

Figura A.1 – Requisição GetFeature enviada ao mediador.

(continua)

```

25     <PropertyIsEqualTo>
26         <PropertyName>Rodovias/nm_sigla</PropertyName>
27         <Literal>BR-429</Literal>
28     </PropertyIsEqualTo>
29     <PropertyIsLessThan>
30         <PropertyName>Municipios/socec_mun/renda</PropertyName>
31         <Literal>160</Literal>
32     </PropertyIsLessThan>
33 </And>
34 </Filter>
35 </wfs:Query>
36
37 <wfs:Query typeName="Municipios Queimadas">
38     <wfs:PropertyName>Queimadas/Geometry</wfs:PropertyName>
39     <wfs:PropertyName>Queimadas/vegetacao</wfs:PropertyName>
40     <Filter>
41         <And>
42             <Or>
43                 <PropertyIsEqualTo>
44                     <PropertyName>Queimadas/satelite</PropertyName>
45                     <Literal>TERRA</Literal>
46                 </PropertyIsEqualTo>
47                 <PropertyIsEqualTo>
48                     <PropertyName>Queimadas/satelite</PropertyName>
49                     <Literal>AQUA</Literal>
50                 </PropertyIsEqualTo>
51             </Or>
52             <PropertyIsEqualTo>
53                 <PropertyName>Queimadas/municipio</PropertyName>
54                 <PropertyName>Municipios/nome</PropertyName>
55             </PropertyIsEqualTo>

```

Figura A.1 – Continuação.

(continua)

```

56     <PropertyIsEqualTo>
57         <PropertyName>Municipios/microregia</PropertyName>
58         <Literal>COLORADO DO OESTE</Literal>
59     </PropertyIsEqualTo>
60 </And>
61 </Filter>
62 </wfs:Query>
63
64 </wfs:GetFeature>

```

Figura A.1 – Conclusão.

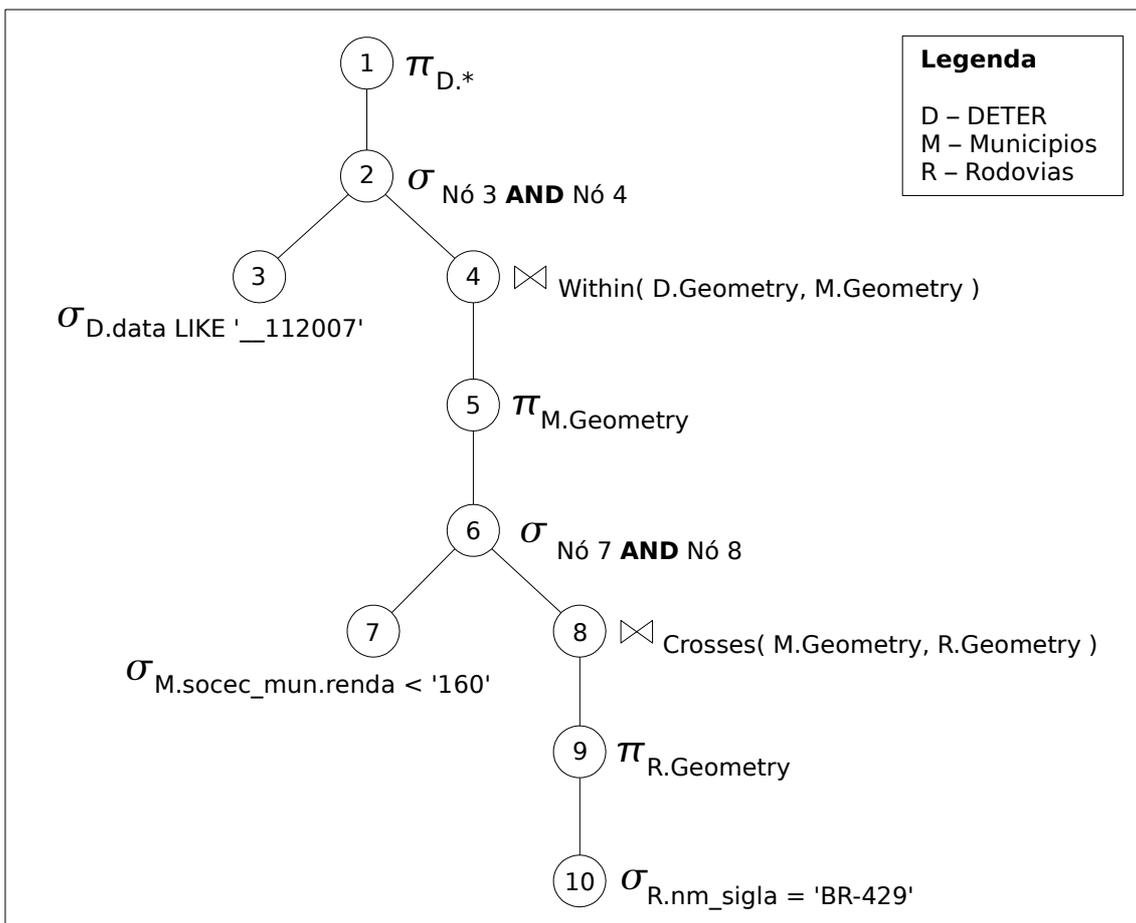


Figura A.2 – Árvore de consulta final montada a partir da consulta Q1.

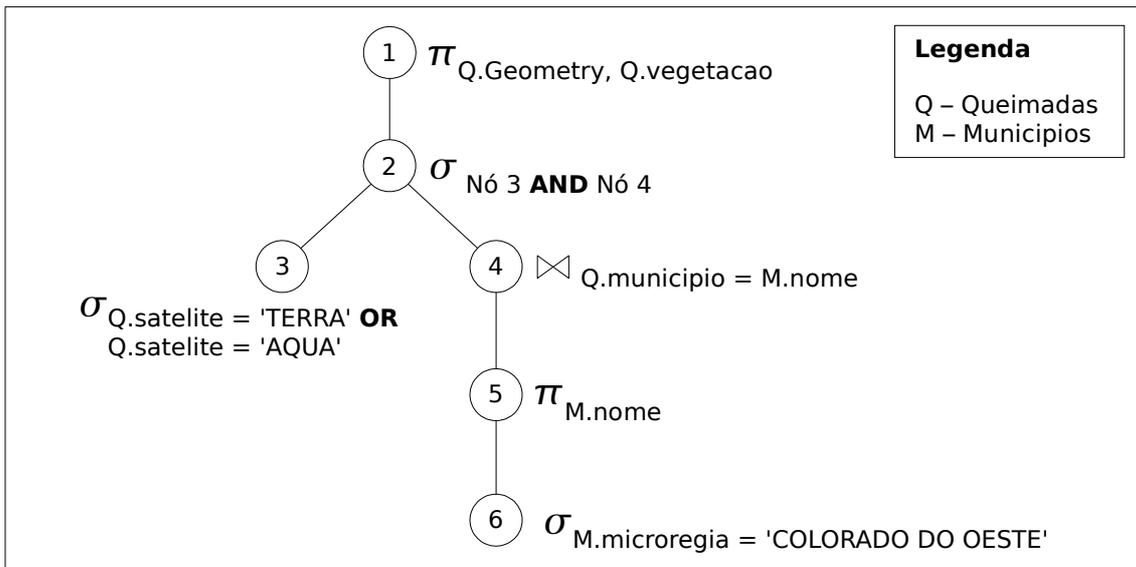


Figura A.3 – Árvore de consulta final montada a partir da consulta Q2.

```

1 <wfs:FeatureCollection>
2
3 <gml:boundedBy>
4 <gml:Envelope srsName="EPSG:4618">
5 <gml:lowerCorner>-66.8000031 -13.6190004</gml:lowerCorner>
6 <gml:upperCorner>-59.8499985 -8.0299997</gml:upperCorner>
7 </gml:Envelope>
8 </gml:boundedBy>
9

```

Figura A.4 – Resposta para a requisição na Figura A.1.

(continua)

```

10 <gml:featureMember>
11   <te:DETER gml:id="DETER.0000000000005718">
12     <te:TeGeometry>
13       <gml:MultiSurface>
14         <gml:surfaceMember>
15           <gml:Surface>
16             <gml:patches>
17               <gml:PolygonPatch>
18                 <gml:exterior>
19                   <gml:LinearRing>
20                     <gml:posList>-63.0010150 -12.0516850 ...
21                   </gml:posList>
22                 </gml:LinearRing>
23               </gml:exterior>
24             </gml:PolygonPatch>
25           </gml:patches>
26         </gml:Surface>
27       </gml:surfaceMember>
28     </gml:MultiSurface>
29   </te:TeGeometry>
30   <te:linkcolumn>0000000000005718</te:linkcolumn>
31   <te:classe>ALERTA</te:classe>
32   <te:mes>NOVEMBRO</te:mes>
33   <te:data>11112007</te:data>
34   <te:area>66570.0316673741</te:area>
35 </te:DETER>
36 </gml:featureMember>
37

```

Figura A.4 – Continuação.

(continua)

```
38 <gml:featureMember>
39   <te:Queimadas gml:id="Queimadas.S12500006139242007100612555">
40     <te:TeGeometry>
41       <gml:MultiPoint>
42         <gml:pointMember>
43           <gml:Point>
44             <gml:pos>-61.6566670 -12.8333330</gml:pos>
45           </gml:Point>
46         </gml:pointMember>
47       </gml:MultiPoint>
48     </te:TeGeometry>
49     <te:vegetacao>OmbrofilaAberta</te:vegetacao>
50   </te:Queimadas>
51 </gml:featureMember>
52
53 </wfs:FeatureCollection>
```

Figura A.4 – Conclusão.

8 APÊNDICE B – EXPERIMENTO: PARTICIPAÇÃO DE USUÁRIOS

Este apêndice traz figuras complementares para a apresentação dos resultados referentes à participação de usuários nos sistemas de monitoramento ambiental para o experimento AMAZÔNIA. As figuras que contém textos em XML encontram-se simplificadas.

```
1 <StartSession expiry="30">  
2   <Credentials>joao, senha1</Credentials>  
3   <AuthMethod>UserPass</AuthMethod>  
4 </StartSession>
```

Figura B.1 – Requisição StartSession com credenciais corretas.

```
1 <StartSession expiry="20">  
2   <Credentials>jose, senhaErrada</Credentials>  
3   <AuthMethod>UserPass</AuthMethod>  
4 </StartSession>
```

Figura B.2 – Requisição StartSession com credenciais erradas.

```
1 <StartSessionResponse expiry="1204492381">  
2   <Status>opened</Status>  
3   <SessionId>Ft5wRIbRvH</SessionId>  
4 </StartSessionResponse>
```

Figura B.3 – Resposta à requisição na Figura B.1.

```
1 <StartSessionResponse>  
2   <Status>failure</Status>  
3 </StartSessionResponse>
```

Figura B.4 – Resposta à requisição na Figura B.2.

```

1 <Session expiry="1204492381">
2   <UserData userId="1" userName="joao">
3     <Group groupId="1">users</Group>
4   </UserData>
5 </Session>

```

Figura B.5 – Sessão criada a partir da requisição na Figura B.1.

```

1 <Policy PolicyId="wfs-pol" RuleCombiningAlg="First-applicable">
2   <Target>
3     <Subjects/> <!-- Qualquer sujeito -->
4     <Resources>
5       <Resource>
6         <Service name="WFS" url="http://localhost"/>
7       </Resource>
8     </Resources>
9     <Actions/> <!-- Qualquer ação -->
10  </Target>
11
12 <Rule RuleId="any_user-rule" effect="Permit">
13   <Target>
14     <Subjects/> <!-- Qualquer sujeito -->
15     <Resources/> <!-- Já definido na Policy -->
16     <Actions>
17       <Action name="GetCapabilities"/>
18       <Action name="DescribeFeatureType"/>
19       <Action name="GetFeature">
20         <Condition>
21           <ParameterMatch name="TYPENAME" compare="one">
22             <Value>PRODES</Value>
23             <Value>DETER</Value>
24             <Value>Queimadas</Value>
25           </ParameterMatch>

```

Figura B.6 – Política de acesso para o experimento.

(continua)

```

26         </Condition>
27     </Action>
28 </Actions>
29 </Target>
30 </Rule>
31
32 <Rule RuleId="group_users-rule" effect="Permit">
33     <Target>
34         <Subjects>
35             <Subject groupName="users"/>
36         </Subjects>
37         <Resources/>
38         <Actions>
39             <Action name="GetFeature"/> <!-- Qualquer camada -->
40             <Action name="Transaction">
41                 <Condition>
42                     <LogicOperator type="AND">
43                         <ParameterMatch name="OPERATION">
44                             <Value>Insert</Value>
45                         </ParameterMatch>
46                         <ParameterMatch name="TYPENAME">
47                             <Value>CONTRIB</Value>
48                         </ParameterMatch>
49                     </LogicOperator>
50                 </Condition>
51             </Action>
52         </Actions>
53     </Target>
54 </Rule>
55
56 <Rule RuleId="deny-all" effect="Deny">
57     <Description>Ainda não foi? Negue acesso</Description>
58 </Rule>
59 </Policy>

```

Figura B.6 – Conclusão.

```

1 <wfs:Transaction version="1.1.0" service="WFS">
2   <wfs:Insert idgen="GenerateNew">
3     <te:CONTRIB>
4       <te:TeGeometry>
5         <gml:Point>
6           <gml:pos>-61.5717 -10.7335</gml:pos>
7         </gml:Point>
8       </te:TeGeometry>
9       <te:descricao>Mata em chamas</te:descricao>
10      <te:url>http://localhost/contrib/imagens/00001.jpg</te:url>
11      <te:tipo_mime>image/jpeg</te:tipo_mime>
12      <te:referencia>Queimadas.S10440006134182007</te:referencia>
13      <te:status>0</te:status>
14    </te:CONTRIB>
15  </wfs:Insert>
16 </wfs:Transaction>

```

Figura B.7 – Requisição Transaction para inserir contribuição à base viva.

```

1 <Request>
2   <Subject name="joao">
3     <Group>users</Group>
4   </Subject>
5   <Resource>
6     <Service name="WFS" url="http://localhost"/>
7   </Resource>
8   <Action name="Transaction">
9     <Parameter name="IDGEN">GenerateNew</Parameter>
10    <Parameter name="INPUTFORMAT">GML3</Parameter>
11    <Parameter name="OPERATION">Insert</Parameter>
12    <Parameter name="TYPENAME">CONTRIB</Parameter>
13  </Action>
14 </Request>

```

Figura B.8 – Requisição na Figura B.7 convertida para o formato de política.

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.