

LENNON ROMANO BISOLO

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE UM SERVIÇO WEB PARA O
COMPARTILHAMENTO DE SÍMBOLOS BASEADOS NO
PADRÃO OPENGIS SYMBOLOGY ENCODING**

Itajaí (SC), 19 de fevereiro de 2013



UNIVALI

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO EM
COMPUTAÇÃO APLICADA

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE UM SERVIÇO WEB PARA O
COMPARTILHAMENTO DE SÍMBOLOS BASEADOS NO
PADRÃO OPENGIS SYMBOLOGY ENCODING

por

Lennon R. Bisolo

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Computação
Aplicada.

Orientador: Rudimar Luís Scaranto Dazzi, Dr.

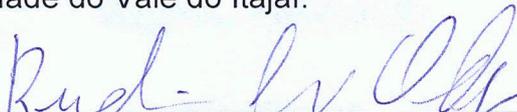
Coorientador: Rafael Medeiros Sperb, Dr.

Itajaí (SC), 19 de fevereiro de 2013

**“ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE UM SERVIÇO WEB PARA O
COMPARTILHAMENTO DE SÍMBOLOS BASEADOS NO PADRÃO
OPENGIS SYMBOLOGY ENCODING”.**

LENNON ROMANO BISOLO

‘Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Computação Aplicada, Área de Concentração Computação Aplicada e aprovada em sua forma final pelo Programa de Mestrado Acadêmico em Computação Aplicada da Universidade do Vale do Itajaí.’



Prof. Rudimar Luís Scaranto Dazzi, Dr.
Orientador



Prof. Cesar Albenes Zeferino, Dr.
Coordenador do Programa Mestrado em Computação Aplicada

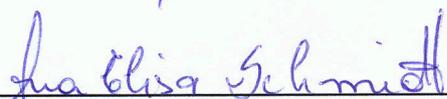
Apresentado perante a Banca Examinadora composta pelos Professores:



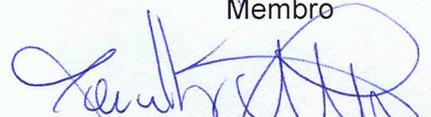
Prof. Rudimar Luís Scaranto Dazzi, Dr. (UNIVALI)
Presidente



Prof. Rafael Medeiros Sperb, Dr. (UNIVALI)
Membro e Coorientador



Profª. Ana Elisa Ferreira Schmidt, Drª. (UNIVALI)
Membro



Prof. Marcello Thiry Comicholi da Costa, Dr. (UNIVALI)
Membro



Prof. José Leomar Todesco, Dr. (UFSC)
Membro

Itajaí (SC), 19 de Fevereiro de 2013.

Dedico este trabalho ao professor Dr. Rafael Medeiros Sperb.

“Erros são, no final das contas, fundamentos da verdade. Se um homem não sabe o que uma coisa é, já é um avanço do conhecimento saber o que ela não é.”

Carl Gustav Jung

AGRADECIMENTOS

Agradeço a corda por ter arreventado, ao rio por ser raso e ao auto por não ter capotado (*j.j.*).

Também agradeço aos agricultores pelo plantio e colheita de café e guaraná, assim como aos responsáveis pela sua comercialização, e finalmente aos meus pais por prepará-lo e, muitas vezes, me servi-lo.

Sou muito grato aos músicos por comporem excelentíssimas músicas que me acompanharam por todo o desenvolvimento deste trabalho, entretanto, neste caso específico, sou ainda mais grato aos compositores do estilo *Psy Trance*, um aditivo energético incrível!

Agradeço aos autores de dicionários, por me tirarem de apuros quando eu já não sabia mais ao que recorrer, assim como a todos os autores dos diversos livros e artigos que me sanaram infinitas dúvidas.

Agradeço a Altova pela licença de 30 dias do XMLSpy, excelente editor! E também a comunidade Linux e de código aberto em geral, em especial para o pessoal do Ubuntu, GeoServer e OpenJUMP.

Por fim sou grato à todas as pessoas que participaram diretamente desta etapa da minha vida, incluindo, porém não se limitando:

- Ao pessoal da minha “turma”, Andrey, Cristiano, Marcelo, Paulo e Rafael pelas valiosas horas de bate papo;
- Aos meus professores orientadores que orientaram pra valer!
- Aos professores da qualificação e da banca pelas colocações que reviraram meu trabalho e o fez ficar indiscutivelmente melhor!
- A toda minha família e companheira pelo apoio físico e psíquico;
- Aos chineses pelos importantes e curiosos trabalhos correlatos;
- E a todas as outras pessoas não mencionadas aqui, mas que de alguma forma colaboraram para o sucesso deste trabalho!

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE UM SERVIÇO WEB PARA COMPARTILHAMENTO DE SÍMBOLOS BASEADOS NO PADRÃO OPENGIS SYMBOLOGY ENCODING

Lennon Romano Bisolo

Fevereiro / 2013

Orientador: Rudimar Luis Scaranto Dazzi, Dr.

Coorientador: Rafael Medeiros Sperb, Dr.

Área de Concentração: Computação Aplicada

Linha de Pesquisa: Inteligência Aplicada

Palavras-chave: Compartilhamento de Simbologias, Catálogo de Símbolos, OGC, SLD, SE, XML Schema, Serviço Web

Número de páginas: 154

RESUMO

Uma organização internacional denominada *Open Geospatial Consortium* – OGC – tomou frente a um esforço para criar um conjunto de padrões para facilitar a interoperabilidade de dados geoespaciais. Esses dados são frequentemente utilizados por Sistemas de Informações Geográficas – SIG – e providos por Servidores de Mapas. Um mapa digital é composto de duas informações: dados e símbolos. Atualmente não existe uma forma para compartilhar os símbolos dinamicamente, o que tem potencializado suas criações de forma redundante, provocando, muitas vezes, inconsistência na retratação da informação. Para suprir esta deficiência, este trabalho criou uma especificação técnica para o desenvolvimento de serviços web, possibilitando o compartilhamento destes símbolos, que são escritos no padrão *OpenGIS Symbology Encoding Standard* – SE. Para tanto, este trabalho foi dividido em cinco objetivos específicos: (i) avaliação do estado da arte por meio de um Mapeamento Sistemático; (ii) criação da especificação técnica de acordo com os padrões do OGC, visando o compartilhamento de simbologias de mapas baseadas no padrão *OpenGIS Symbology Encoding Standard*; (iii) avaliação do impacto e proposta de possíveis alterações às especificações do WMS e SLD, devido a necessidades provenientes da especificação técnica criada; (iv) avaliação da especificação por meio de cenários que atendam as hipóteses de pesquisa; e (v) encaminhamento da especificação criada ao OGC. Para atingir os resultados esperados, foi utilizado como método científico o hipotético-dedutivo através de uma pesquisa exploratória e aplicada, que guiaram a criação da especificação técnica para o desenvolvimento de um serviço WSS – *Web Symbology Service*, que comprovou a possibilidade de compartilhar símbolos de forma dinâmica entre diferentes plataformas, verificando positivamente a hipótese de pesquisa.

TECHNICAL SPECIFICATION OF A WEB SERVICE FOR SYMBOL SHARING BASED ON OPENGIS SYMBOLOGY ENCODING STANDARD

Lennon Romano Bisolo

February / 2013

Advisor: Rudimar Luis Scaranto Dazzi, Dr.

Co-Advisor: Rafael Medeiros Sperb, Dr.

Area of Concentration: Applied Computer Science

Research Line: Applied Intelligence

Keywords: Symbol Sharing, Symbol Exchange, Symbol Catalog, OGC, SLD, SE, XML Schema, Web Service

Number of pages: 154

ABSTRACT

An international organization called Open Geospatial Consortium (OGC) has made efforts to create a set of standards to facilitate the interoperability of geospatial data. These data are often used by geographic information systems (GIS) and provided by map servers. A digital map consists of two pieces of information: data and symbols. Currently there is no way to share the symbols dynamically, which has led to them being created in a redundant way, often resulting in inconsistency in the way the information is portrayed. To address this shortcoming, this work created a technical specification for the development of web services, enabling them to share these symbols, which are written in OpenGIS Symbology Encoding Standard (SE). For this purpose, the study was divided into five specific objectives: (i) assessment of the state-of-the-art through a Systematic Mapping, (ii) creation of a technical specification in accordance with the OGC standards, aimed at sharing map symbols based on the OpenGIS Symbology Encoding Standard, (iii) impact assessment and proposal of possible changes to the WMS and SLD specifications, due to the requirements arising from the technical specification created, (iv) evaluation of the specification through scenarios that serve the research hypotheses, and (v) delivery to the OGC of the implementation specification created. To achieve the desired results, hypothetical-deductive scientific method was used, through an exploratory and applied research that guided the creation of the technical specification for the development of a Web Symbology Service (WSS) that demonstrated the ability to share symbols dynamically between different platforms, corroborating the research hypothesis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Visualização de dados sobre o mesmo tema a partir de diferentes origens, com destaque para a ausência de padronização simbólica.....	17
Figura 2. Utilização de um símbolo por um serviço web, onde o WMS é o serviço que entrega um mapa em formato de imagem digital, utilizando as informações de um documento SLD para obter as camadas (<i>Layers</i>) de geodados, e relacioná-las com símbolos, que podem estar descritos internamente (SE) ou vinculados a um arquivo XML externo (<i>Online Resource</i>). ...	19
Figura 3. Exemplo figurativo da utilização de um símbolo, onde ele foi escrito para representar explicitamente um atributo do geodado com o nome “Street”, e desta forma, outro geodado equivalente porém com nomenclatura diferente, não será reconhecido pelo símbolo.....	19
Figura 4. Utilização de um símbolo por um serviço web, onde o WMS é o serviço que entrega um mapa em formato de imagem digital, utilizando as informações de um documento SLD para obter as camadas (<i>Layers</i>) de geodados, e relacioná-las com símbolos, que podem estar descritos internamente (SE), vinculados a um arquivo XML externo (<i>Online Resource</i>) ou a um serviço de compartilhamento de símbolos (WSS).....	20
Figura 5. Exemplo figurativo da nova utilização de um símbolo, que agora não é mais acessado diretamente pelo geodado, mas sim por meio de um serviço que realizou uma conversão de nomenclatura para se adequar ao geodado pretendido.....	20
Figura 6. Esquema de cores para a classificação de sensibilidade ambiental costeira.	29
Figura 7. Trecho da área de estudo representando a articulação das Cartas Operacionais do ISL....	29
Figura 8. Primitivas geométricas empregadas na representação vetorial.	31
Figura 9. Representação da utilização de camadas em um mapa.	40
Figura 10. Exemplo de multi-polígonos representando buracos em uma área.	42
Figura 11. Mapa com diferentes faixas de valores para um mesmo geodado.	44
Figura 12. Symbology Management System.	47
Figura 13. Symbology Management System - Casos de Uso.	48
Figura 14. Visualização do XML Schema da biblioteca de símbolos.	50
Figura 15. Biblioteca de símbolos 3D e sua estrutura de funções.	51
Figura 16. Mapeamento dos pontos CAD em caracteres TrueType.	53
Figura 17. Resultado da conversão de símbolos CAD em fonte TrueType.....	53
Figura 18. Diagrama UML do serviço WSS.....	59
Figura 19. <i>GetCapabilities Request</i>	60
Figura 20. <i>GetCapabilities Response</i>	62
Figura 21. <i>GetSymbol Request</i>	65
Figura 22. XML Schema dos elementos <i>FeatureTypeStyle</i> e <i>CoverageStyle</i> , respectivamente.....	67
Figura 23. XML Schema do atributo "UserStyle" em um SLD.....	69
Figura 24. Importação de um documento SE ou SLD por meio de uma URL no OpenJUMP.	74
Figura 25. Cenário de Validação 1.....	77
Figura 26. Cenário de Validação 2.....	77
Figura 27. WMS-SLD utilizando uma simbologia provida por um serviço WSS local, onde na esquerda, é possível visualizar o documento SLD que contém a requisição ao serviço WSS, resultando no mapa a direita.	80
Figura 28. Retorno da operação <i>GetCapabilities</i> do serviço WSS em um navegador de Internet. ...	81
Figura 29. Retorno da operação <i>GetSymbol</i> do serviço WSS em um navegador de Internet.	82
Figura 30. Utilização da operação <i>GetSymbol</i> do serviço WSS por meio do SIG OpenJUMP.....	83
Figura 31. Mapa renderizado no OpenJUMP utilizando o símbolo provido pelo serviço WSS.	84

Figura 32. String de busca inicial.....	99
Figura 33. String de busca final.	100
Figura 34. Participação das bases de dados na pesquisa.....	103
Figura 35. Distribuição dos estudos por países das instituições dos autores.	104
Figura 36. Quantidade de estudos primários por países das instituições dos autores.	107
Figura 37. Distribuição por data de publicação.	107
Figura 38. Mapa sistemático em formato de bolha.	108
Quadro 1. Análise comparativa dos servidores de mapas.....	34
Quadro 2. Análise comparativa dos servidores de mapas.....	36
Quadro 3. Fragmento de um estilo do tipo <i>Feature Type</i> utilizando filtros.....	43
Quadro 4. Análise comparativa do estado da arte.....	56
Quadro 5. Parâmetros da operação <i>GetCapabilities request</i>	60
Quadro 6. Descrição do elemento <i>Symbol</i> contido no <i>SymbolsList</i>	63
Quadro 7. Parâmetros da operação <i>GetSymbol request</i>	66
Quadro 8. Códigos de exceção para a operação <i>GetSymbol</i>	68
Quadro 9. Utilização do atributo <i>UseSLDLibrary</i> por um SLD.	70
Quadro 10. Símbolo "acesso_costa_sao" do tipo <i>FeatureTypeStyle</i>	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Execução da <i>String</i> de Busca	102
Tabela 2. Processo de Seleção dos Estudos Primários.....	105
Tabela 3. Palavras-chave extraídas para classificação dos estudos primários.....	106
Tabela 4. Distribuição dos estudos primários por tipos de publicação	106
Tabela 5. Síntese dos Estudos Primários com foco no Compartilhamento de Simbologia.	109
Tabela 6. Resumo dos Estudos Primários com foco na criação de Biblioteca de Símbolos.	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FE	Filter Encoding
GIF	Graphics Interchange Format
GML	Geographic Markup Language
GPS	Global Positioning System
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MCA	Mestrado em Computação Aplicada
OGC	Open Geospatial Consortium
PNG	Portable Network Graphics
SE	Symbology Encoding Standard
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SLD	Styled Layer Descriptor Profile
SVG	Scalable Vector Graphics
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí
URL	Uniform Resource Locators
W3C	World Wide Web Consortium
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WSDL	Web Services Description Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.1.1 Solução Proposta	19
1.1.2 Delimitação de Escopo	21
1.1.3 Justificativa.....	21
1.2 OBJETIVOS	23
1.2.1 Objetivo Geral	23
1.2.2 Objetivos Específicos	23
1.3 METODOLOGIA.....	23
1.3.1 Metodologia da Pesquisa	24
1.3.2 Procedimentos Metodológicos.....	25
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	26
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
2.1 A LINGUAGEM VISUAL E A SIMBOLOGIA DE MAPAS	28
2.2 CARTOGRAFIA DIGITAL.....	30
2.2.1 História.....	31
2.2.2 Sistemas de Informação Geográfica.....	32
2.2.3 Servidores de Mapas	34
2.3 PADRÕES	36
2.3.1 ISO – International Organization for Standardization	37
2.3.2 W3C – World Wide Web Consortium	37
2.3.3 OGC – Open Geospatial Consortium	38
2.4 CONSIDERAÇÕES	44
3 ESTADO DA ARTE	46
3.1 TRABALHOS RELACIONADOS	46
3.1.1 Symbology Management System (SMS)	47
3.1.2 Design and Implementation of Common Map Symbol System in Geographic Information System.....	49
3.1.3 Approach to general data model of GIS symbol library and symbol library data exchange XML schema.....	49
3.1.4 Modeling and Application of 3D Map Symbol.....	51
3.1.5 Study on exchange method of CAD point symbols and True Type Font ..	52
3.1.6 The Research on Representation and Realization of Map Symbol Based on Text	54
3.2 ANÁLISE E RESULTADOS.....	54
4 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA.....	58
4.1 WEB SYMBOLOGY SERVICE - WSS.....	58

4.1.1 <i>GetCapabilities</i> : operação de descoberta.....	59
4.1.2 <i>GetSymbol</i> : operação de consulta	64
4.2 ANÁLISE DOS PADRÕES WMS E SLD.....	68
4.3 CONSIDERAÇÕES	69
5 IMPLEMENTAÇÃO	72
5.1 DESENVOLVIMENTO DO SERVIÇO WEB NO GEOSERVER.....	72
5.2 ALTERAÇÃO DO SIG OPENJUMP	73
5.3 CONSIDERAÇÕES	74
6 RESULTADOS	76
6.1 PLANEJAMENTO.....	76
6.2 BANCO DE SÍMBOLOS	78
6.3 TESTES	79
6.3.1 WMS Local	79
6.3.2 WMS Externo	80
6.3.3 Navegador Web	81
6.3.4 SIG – OpenJUMP	82
6.4 CONSIDERAÇÕES	84
7 CONCLUSÕES	86
7.1 CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO	87
7.2 TRABALHOS FUTUROS	89
REFERÊNCIAS	91
GLOSSÁRIO	96
APÊNDICE A – MAPEAMENTO SISTEMÁTICO.....	97
A.1 INTRODUÇÃO	97
A.2 PLANEJAMENTO	98
A.2.1 DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA.....	98
A.2.2 CONDUÇÃO DA PESQUISA.....	99
A.2.2.1 Termos de busca	99
A.2.2.2 Fontes	100
A.2.2.3 Critérios de Inclusão	101
A.2.2.4 Critérios de Exclusão	101
A.3 EXECUÇÃO	101
A.3.1 TRIAGEM DOS ARTIGOS.....	101
A.4 DOCUMENTAÇÃO	105
A.4.1 EXTRAÇÃO E REUNIÃO DE PALAVRAS-CHAVE	105
A.4.2 EXTRAÇÃO DE DADOS.....	106
A.4.3 CONFECÇÃO DO MAPA SISTEMÁTICO	107
A.5 RESULTADOS.....	109

A.5.1 QUESTÃO DE PESQUISA 1.....	109
A.5.2 QUESTÃO DE PESQUISA 2.....	110
A.5.3 QUESTÃO DE PESQUISA 3.....	111
A.5.4 CONSIDERAÇÕES	111
A.6 CONCLUSÕES	111
APÊNDICE B – ESTUDOS PRIMÁRIOS	113
APÊNDICE C – ESTUDOS EXCLUÍDOS	114
APÊNDICE D – WEB SYMBOLOGY SERVICE	120

1 INTRODUÇÃO

Segundo Erle, Gibson e Walsh (2005), mapas são a única combinação extremamente simples e extremamente complexas ao mesmo tempo, citando, por exemplo, que a maioria das pessoas sentem-se confortáveis ao lerem um mapa no papel, e muito provavelmente já desenharam um mapa para um amigo. Entretanto, por mais que parte das tecnologias geoespaciais esteja pronta há décadas, a utilização de mapas digitais está apenas no início e, segundo Hardy e Field (2012), a cartografia é um assunto imensurável.

Neste aspecto as tecnologias vêm cada vez mais conspirando a favor da geoinformação, com dispositivos móveis portando sistemas de posicionamento global (GPS), o crescimento da cultura de software livre e a própria Internet que, de forma fácil e instantânea, tornam possível a obtenção de informações geográficas gratuitas (ERLE, GIBSON e WALSH, 2005).

Segundo Fitz (2008), Saquet e da Silva (2008), as preocupações com a estrutura do espaço geográfico se tornam importantes à medida que profissionais das mais diversas áreas começam a trabalhar com questões relacionadas ao espaço geográfico. Para tanto, o auxílio de ferramentas de apoio se torna necessário, de modo que se possa trabalhar o meio ambiente como um todo.

Fitz (2008) afirma ainda que o mapa é sem dúvida uma das ferramentas mais associadas à figura dos geógrafos, e que novas tecnologias vão se sobrepondo ao uso de mapas, oferecendo ao técnico um expressivo e poderoso instrumental para seu trabalho. Essa percepção compreende as denominadas geotecnologias como as aliadas mais representativas contidas nesse grupo de ferramentas.

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico. Paulo Roberto Fitz (2008, p. 160).

Neste contexto entram as aplicações computacionais que trabalham com o planejamento e o suporte a decisão geoespacial, conhecidas como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e utilizadas por agências governamentais, serviços públicos, transporte e logística, negócios, recursos naturais, ameaças ambientais, segurança, educação, entre outros. (MASSER, 2010).

Estes sistemas criam e utilizam dados provenientes de mapas digitais, conhecidos como geodados e, geralmente, são armazenados em formato de vetor por meio de pontos, que representam feições geográficas como cidades, construções e aeroportos; linhas, que representam estradas, rios e fronteiras políticas; e polígonos que representam formas irregulares que tipicamente descrevem áreas com atributos em comum, como uma floresta ou um país (ERLE, GIBSON e WALSH, 2005).

Muitos geodados são armazenados e disponibilizados em diferentes formatos (ESRI, 1998; GIS, 2012), tornando difícil a combinação de diversas fontes de dados para expor diferentes características em um mesmo mapa. Visando atender esta necessidade, uma organização denominada *Open Geospatial Consortium* (OGC) foi criada nos Estados Unidos da América no ano de 1994, tomando frente a um esforço para a criação de um conjunto de padrões que amenizassem esse problema (ERLE, GIBSON e WALSH, 2005; OGC, 2012; GML, 2012).

Nos dias de hoje, muitos padrões e serviços já foram definidos pelo OGC, como é o caso do *Web Map Service* (WMS, 2006), que permite a geração dinâmica de mapas em diversos formatos de imagem e, o *Web Feature Service* (WFS, 2010), que permite o compartilhamento dos geodados utilizados para a geração desses mapas (GEOSERVER, 2011; OGC, 2012).

Em meados de 2007, o OGC criou o padrão *Styled Layer Descriptor Profile of the Web Map Service Implementation Specification* (SLD) que, como o nome sugere, descreve como um serviço WMS pode ser estendido para permitir que, os usuários, definam os estilos, também chamados de símbolos, dos mapas gerados pelo WMS. Isto significa que, até então, apenas os desenvolvedores que programavam os serviços de mapas conseguiam definir quais seriam os estilos que estariam disponíveis para representar visualmente os mapas. Desta forma, a definição do padrão SLD, permitiu que os usuários criassem seus próprios estilos, o que acabou gerando uma necessidade em compartilhá-los, como já ocorre com os geodados (OGC, 2012; WMS, 2006; SLD, 2007).

Entretanto, hoje eles são armazenados em arquivos XML embutidos no padrão SLD, o que os deixa limitados no que tange o seu compartilhamento (OGC, 2012; SLD, 2007; SE, 2006). Desta forma, no que diz respeito às simbologias dos mapas, não existe um padrão oficial OGC que permita o seu compartilhamento de forma dinâmica. Isto implica em redundância na descrição dos perfis de simbologia e, conseqüentemente, na inconsistência da sua representação visual devido à descrição de diferentes símbolos para os mesmos tipos de geodados (SLD, 2007; LI, SU, *et al.*, 2009). Este problema é apresentado por Bughi (2007) na Figura 1, onde é possível visualizar um

mapa contendo dados de mesmo tipo provenientes de diferentes fontes, sem uniformização da simbologia que os representa.

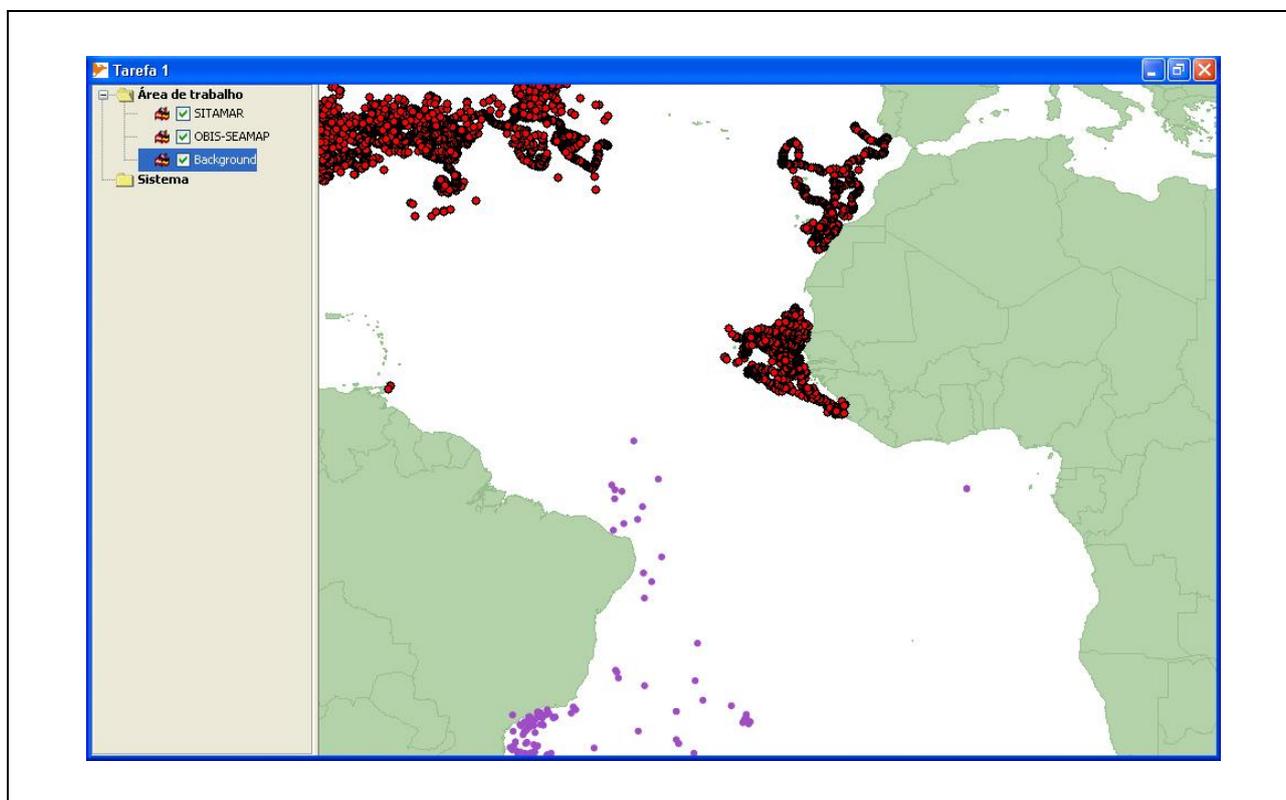


Figura 1. Visualização de dados sobre o mesmo tema a partir de diferentes origens, com destaque para a ausência de padronização simbólica.

Fonte: Bughi (2007).

Esta falta de uniformização da simbologia pode provocar uma falsa interpretação por parte dos usuários que eventualmente visualizarem o mapa. O problema pode ser decorrente da não existência de uma convenção para a representação do geodado, como também da falta de uma centralização da informação, por meio de repositórios de símbolos, conforme descrito a seguir.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O desenvolvimento de geotecnologias orientadas a serviços Web tem gerado esforços, nacionais e internacionais, para a criação de padrões, principalmente em termos de interoperabilidade de dados. Dentre estes, existe um tema que, apesar da reconhecida importância, ainda está à margem das principais questões em pauta: o compartilhamento dos perfis de simbologia

para mapeamento dinâmico por meio da requisição e adaptação de símbolos externos ao servidor de origem do mapa (LI, SU, *et al.*, 2009).

A especificação do *Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification* (SLD, 2007) e do *Symbology Encoding Standard* (SE, 2006) na pauta do *Open Geospatial Consortium* (OGC, 2012) comprova, em parte, o reconhecimento da importância deste item. Contudo, apesar desta tímida iniciativa o tema vem sendo relegado.

Enquanto não se soluciona esta questão, cada instituição produz e disponibiliza seus perfis de simbologia individualmente, sem padronização, ou mesmo mecanismos de descoberta e de uso compartilhado. Em outras palavras, existe redundância na geração desses perfis de estilos para representar, conceitualmente, os mesmos tipos de simbologias. Isto é agravado pela potencial inconsistência no emprego desses diferentes símbolos para os mesmos dados geográficos (atributos e geometrias).

Li, Su, *et al.* (2009) afirmam que as pessoas não estão contentes em compartilhar apenas os geodados e as representações estáticas dos mapas (imagens). Elas esperam poder compartilhar também os perfis de simbologias que representam esses geodados, podendo utilizá-los de forma dinâmica e padronizada, assim como já utilizam outros serviços de mapas e geodados hoje existentes.

Um serviço WMS possui a capacidade de associar símbolos à geodados por meio do SLD, entregando como resposta ao usuário, um mapa estático em formato de imagem digital. Tecnicamente, o padrão SLD possui a capacidade de descrever internamente o perfil do símbolo, ou então, fazer uma ligação para um arquivo externo que contenha tal descrição, conforme demonstrado no diagrama de classe da Figura 2.

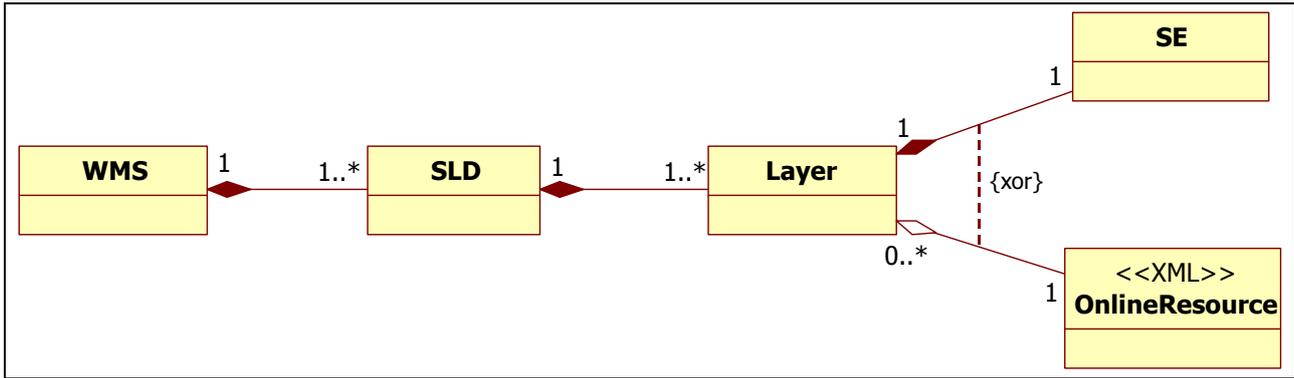


Figura 2. Utilização de um símbolo por um serviço web, onde o WMS é o serviço que entrega um mapa em formato de imagem digital, utilizando as informações de um documento SLD para obter as camadas (*Layers*) de geodados, e relacioná-las com símbolos, que podem estar descritos internamente (SE) ou vinculados a um arquivo XML externo (*Online Resource*).

O OGC demonstrou preocupação em permitir que o símbolo seja consultado por meio de uma ligação externa, o que em parte, supre a necessidade de compartilhar simbologias de mapas descritas no padrão *Symbology Encoding Standard* (SE, 2006). Entretanto, os símbolos são criados para representar explicitamente um determinado atributo de um geodado, que são escritos sem qualquer padronização de nomenclaturas, podendo ocorrer diferenças nos nomes de mesmos atributos utilizados por diferentes clientes e, desta forma, o símbolo não conseguiria representar o dado pretendido, conforme ilustrado, figurativamente, na Figura 3.

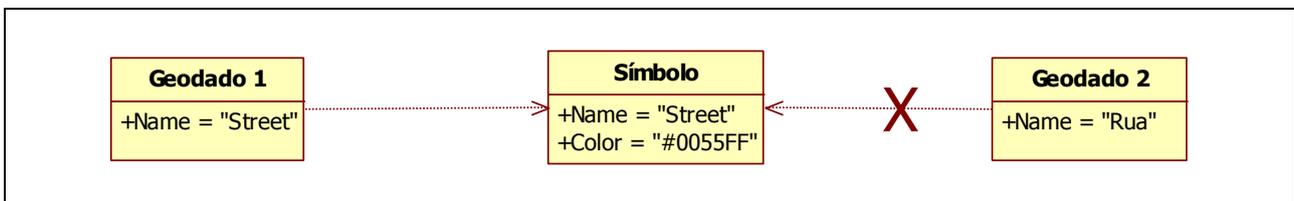


Figura 3. Exemplo figurativo da utilização de um símbolo, onde ele foi escrito para representar explicitamente um atributo do geodado com o nome “Street”, e desta forma, outro geodado equivalente porém com nomenclatura diferente, não será reconhecido pelo símbolo.

Diante destes fatos, fica a seguinte pergunta: É viável especificar um serviço web para compartilhar simbologias de mapas digitais de forma dinâmica?

1.1.1 Solução Proposta

O reconhecimento dessa situação consiste no problema de pesquisa abordado nesta dissertação, que tem por objetivo criar e disponibilizar uma especificação técnica de um serviço web que possibilite o compartilhamento dinâmico de símbolos para a cartografia digital. Para tanto,

foi necessária a elaboração da especificação técnica, de modo que possibilitasse o desenvolvimento desses serviços, contemplando as características do *Symbology Encoding Standard* (SE, 2006).

Os diagramas de classe da Figura 4 demonstram a nova possibilidade de utilização de um símbolo por meio do serviço proposto neste trabalho, além das duas outras formas convencionais já apresentadas na Figura 2.

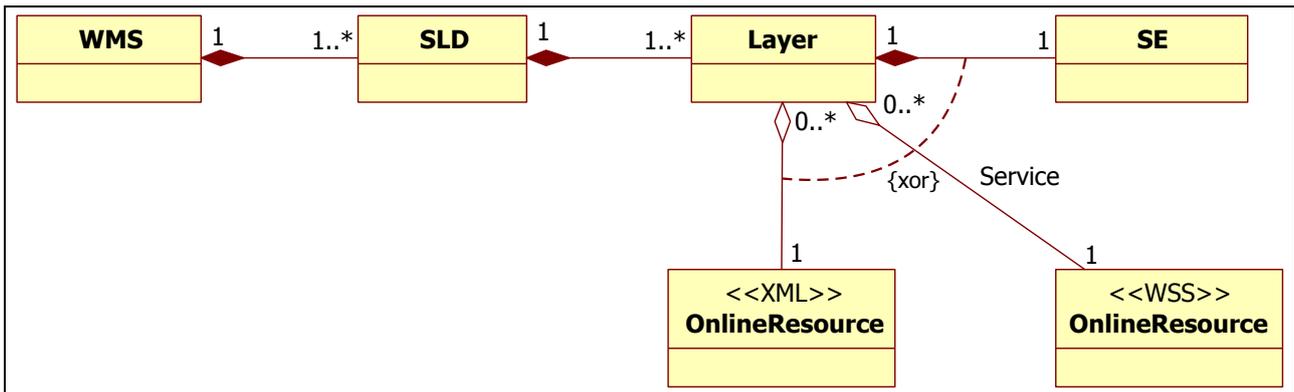


Figura 4. Utilização de um símbolo por um serviço web, onde o WMS é o serviço que entrega um mapa em formato de imagem digital, utilizando as informações de um documento SLD para obter as camadas (*Layers*) de geodados, e relacioná-las com símbolos, que podem estar descritos internamente (SE), vinculados a um arquivo XML externo (Online Resource) ou a um serviço de compartilhamento de símbolos (WSS).

Com esta nova possibilidade, o símbolo pode ser compartilhado de forma dinâmica, conforme ilustrado figurativamente na Figura 5.

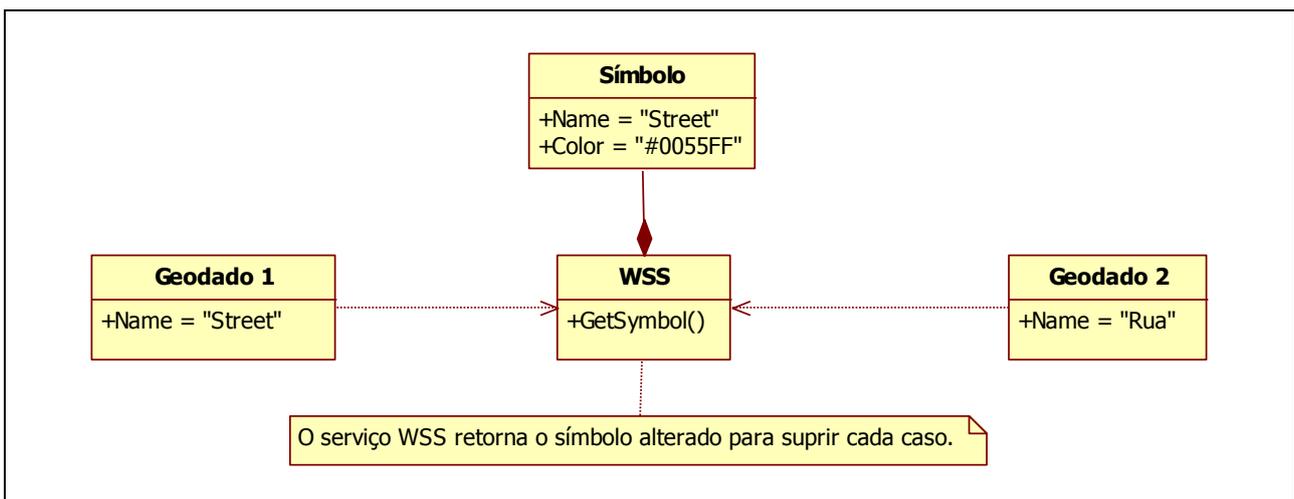


Figura 5. Exemplo figurativo da nova utilização de um símbolo, que agora não é mais acessado diretamente pelo geodado, mas sim por meio de um serviço que realizou uma conversão de nomenclatura para se adequar ao geodado pretendido.

Em termos práticos, assume-se a seguinte hipótese de pesquisa:

- H1: é viável compartilhar simbologias de mapas descritas no padrão *Symbology Encoding* (SE, 2006) utilizando serviços web, de forma que, além do compartilhamento dinâmico, exista também a possibilidade de busca específica da simbologia desejada.

1.1.2 Delimitação de Escopo

Este trabalho não tratou a ontologia dos símbolos, e sim a forma como estes são compartilhados. As criações e padronizações de símbolos, no que diz respeito a sua representação visual, por si só são complexas e possivelmente imensuráveis, além de específica para cada área do conhecimento, com fundamentos muitas vezes complexos já estudados por pesquisadores como Jung (2008) e mais especificamente na área da semiologia gráfica por Bertin (1967).

Da mesma forma, este trabalho tem como artefato final uma especificação técnica descrevendo *como* um serviço web deve ser programado, independentemente de linguagem, para compartilhar símbolos armazenados em um determinado servidor, de forma dinâmica, *diferindo-se* de um catálogo, que possui o objetivo de constituir uma biblioteca de símbolos, possivelmente armazenados em diferentes servidores. Contudo, a disponibilização deste tipo de serviço poderá fomentar o surgimento de muitos catálogos, que poderão vir em trabalhos futuros, uma vez que, para criar um catálogo de simbologias, primeiramente é preciso possuir uma forma de acessá-las.

Como última definição de escopo, este trabalho não considerou outras possíveis formas de padronização para definição e compartilhamento de dados geográficos além das disponibilizadas pelo OGC (2012).

1.1.3 Justificativa

A importância e justificativa do tema abordado se dão pelo papel da simbologia no processo de percepção, cognição e comunicação de um mapa, e a impossibilidade de compartilhá-la de forma dinâmica para a construção de mapas digitais. Em outras palavras, a simbologia nada mais é que um conjunto de propriedades e regras que descreve o estilo gráfico de um símbolo, e acabam por criar uma identidade visual, que é utilizada por pessoas para interpretar, de forma fácil e intuitiva,

uma informação geográfica . Seja na simplicidade de uma linha tracejada representando uma ferrovia, ou em um ícone complexo com o desenho de um avião representando um aeroporto (BERTIN, 1967).

A definição dessas simbologias para determinados tipos de entidades é complexa e de responsabilidade de cada uma de suas áreas do conhecimento. Suas criações não são arbitrárias, e nem mesmo provenientes de uma só pessoa. Segundo Jung (2008), o inconsciente humano se encontra de alguma forma, estratificado em diversas zonas, sendo as mais profundas responsáveis pelo inconsciente coletivo, e as simbologias são, de certa forma, criadas para ser inerente a inconsciência coletiva humana (JUNG, 2008).

Por sua vez, o compartilhamento é necessário para promover a troca de informações, de tal maneira que muitas nações e organizações vêm promulgando padrões nacionais e internacionais de formatos que garantem a tradução e troca dessas informações entre diferentes sistemas. Entretanto, as simbologias dos mapas digitais não podem ser compartilhadas de forma dinâmica até este momento (LI, SU, *et al.*, 2009; SLD, 2007; CHEN, ZHANG, *et al.*, 2010; DANG, DANG e WU, 2011).

Isto significa que, hoje, símbolos cartográficos, que possivelmente foram frutos de muito estudo e comprometimento de especialistas, podem ser simplesmente ignorados ou até mesmo desconhecidos, e muitas vezes substituídos por outros escritos casualmente, utilizados para suprir uma necessidade espontânea, ou até mesmo ter sido “digitalizado” de forma incorreta, devido a inúmeras vezes que teve que ser digitalizado em diferentes sistemas devido à impossibilidade de compartilhá-lo, induzindo ao erro (SLD, 2007).

Este tipo de situação gera desconforto e muitas vezes impossibilita a utilização de um mapa sem o prévio estudo do significado dos seus símbolos, devido aos diversos motivos descritos anteriormente (LI, SU, *et al.*, 2009).

Desta forma, a motivação para este trabalho e, sua relevância, é dada com base nestas características que tornam o problema reconhecido em um contexto global, em que se percebe ainda uma lacuna em termos de padrões para compartilhamento de simbologias geoespaciais, promovendo assim, um avanço na pesquisa frente ao estado da arte, e um pontapé inicial para que

repositórios de símbolos possam ser criados, por cada instituição que gereencie um tema de interesse em comum.

Outra motivação para este trabalho é a potencial adoção pelo OGC (2012), uma organização que está liderando internacionalmente o desenvolvimento de padrões para serviços baseados em dados geoespaciais hoje existentes.

1.2 OBJETIVOS

Esta seção formaliza os objetivos do trabalho, conforme descrito a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Criar e disponibilizar uma especificação técnica de um serviço web que possibilite o compartilhamento dinâmico de símbolos para a cartografia digital.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Avaliar o estado da arte por meio de um Mapeamento Sistemático;
2. Criar a especificação técnica de acordo com os padrões do *Open Geospatial Consortium* (OGC, 2011), visando o compartilhamento de simbologias de mapas baseadas no padrão *OpenGIS Symbology Encoding* (SE, 2006);
3. Avaliar o impacto e propor possíveis alterações à especificação do SLD (2007), devido a necessidades provenientes da especificação criada no item anterior;
4. Avaliar a especificação criada por meio de cenários que atenda a hipótese de pesquisa definida no item 1.1.1
5. Encaminhar a especificação criada para o OGC, visando sua crítica e potencial adoção.

1.3 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa deste trabalho, assim como uma síntese dos procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do mesmo. Para

melhor entendimento dos métodos utilizados, este tópico está dividido em metodologia da pesquisa e procedimentos metodológicos.

1.3.1 Metodologia da Pesquisa

Na ciência existe uma necessidade de utilizar ferramentas para aquisição e construção do conhecimento, que se denomina método científico. Este método consiste em um conjunto de regras básicas para desenvolver uma experiência a fim de produzir um conhecimento novo, bem como corrigir e integrar conhecimentos pré-existentes. Desta forma, a metodologia da pesquisa é uma etapa necessária para criação de um conhecimento racional, sistemático, exato e verificável da realidade, conhecido como conhecimento científico (WAZLAWICK, 2009).

Esta pesquisa baseia-se essencialmente em uma pesquisa exploratória desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica, pois há pouco conhecimento sistematizado acumulado a respeito do tema explorado. A revisão foi feita sobre assuntos levantados a partir do objetivo geral do trabalho, contemplando conceitos sobre cartografia digital, a linguagem visual e as simbologias de mapas, padrões utilizados na escrita de novos padrões e servidores de mapas, além de uma pesquisa do estado da arte específica na área de compartilhamento de simbologias de mapas em busca de novas tendências, utilizando-se de um mapeamento sistemático.

Como método científico foi utilizado o hipotético-dedutivo, devido à necessidade de buscar uma solução partindo de hipóteses de pesquisa, e através de testes, confrontar os resultados, verificando quais hipóteses persistiria como válidas. O método hipotético-dedutivo foi definido em 1993 por Karl Popper, a partir de críticas impostas ao método indutivo, implicando que a solução para um problema deve ser deduzida a partir de hipóteses previamente formuladas (POPPER, 1993).

Quanto a sua natureza, esta pesquisa foi classificada como aplicada, pois buscou gerar novo conhecimento a partir de aplicação prática, dirigido à solução de um problema de pesquisa primeiramente de interesse local, que deve ser utilizado em curto ou médio prazo. Neste contexto, esta pesquisa buscou verificar a viabilidade da utilização de serviços web como solução ao problema da falta de compartilhamento de simbologias de mapas.

Em relação à abordagem do problema, buscou-se comprovar a possibilidade de aplicação de um novo meio para o compartilhamento específico de informações referente à simbologia de mapas descritas no padrão *Symbology Encoding* (SE, 2006). Segundo Moresi (2003), quando se desenvolve uma teoria, onde é necessária a interpretação dos resultados por meio da descrição de significados alcançados em testes aplicados, se tem uma subjetividade dos resultados, não sendo possível mensurar dados estatísticos através de números, e desta forma, foi utilizada uma abordagem de pesquisa qualitativa.

No que diz respeito aos objetivos deste trabalho, eles classificam a pesquisa como sendo exploratória, pois procuram compreender melhor um problema para desenvolver hipóteses sobre ele, tornando-o mais explícito, de modo que para isto, foi desenvolvida uma revisão bibliográfica e uma pesquisa sobre o estado da arte no que tange a atual situação de compartilhamentos de simbologias de mapas no cenário nacional e internacional.

1.3.2 Procedimentos Metodológicos

Os seguintes procedimentos técnicos foram utilizados como plano de trabalho para atingir os objetivos propostos:

Revisão bibliográfica: consistiu na pesquisa por literatura especializada, considerando livros, sites e periódicos, visando fornecer uma base de fundamentação para a pesquisa. Esta etapa teve como foco a pesquisa bibliográfica dos seguintes assuntos: cartografia digital, linguagem visual e a simbologia de mapas, padrões e servidores de mapas.

Estado da arte: consistiu na pesquisa e análise crítica de trabalhos correlatos já publicados, na área de cartografia digital, com o objetivo de sintetizar os principais conceitos e desenvolvimentos recentes na área.

Especificação técnica: teve como foco o desenvolvimento da especificação técnica baseada no documento número 05-009r2 proposto pelo OGC, sendo um template oficial utilizado na descrição de novas especificações para implementação de serviços web.

Implementação: esta etapa teve como principal objetivo programar um serviço web integrado ao servidor de mapas GeoServer, de modo a prover uma interface padrão simples HTTP possibilitando a requisição de simbologias cadastradas no servidor. Assim como também, a

alteração do Sistema de Informação Geográfica – SIG – OpenJUMP, para que pudesse consumir as simbologias disponibilizadas pelo serviço criado no servidor GeoServer.

Testes e avaliação: consistiu no planejamento de cenários de validação e na utilização do serviço desenvolvido no servidor de mapas GeoServer, por meio de requisições diretas via WMS local, navegador de Internet, WMS externo e por meio do SIG OpenJUMP. Tais testes serviram para avaliar a especificação técnica criada confrontando a hipótese e respondendo a pergunta de pesquisa.

Publicação: tendo como base o conhecimento construído durante todo o trabalho, foi desenvolvido um artigo para publicação em um periódico na área, assim como também, a especificação técnica criada foi submetida ao OGC.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está organizado em 7 capítulos correlacionados e 4 apêndices. O Capítulo 1, Introdução, apresentou por meio de sua contextualização o tema proposto neste trabalho. Da mesma forma, foram estabelecidos os resultados esperados por meio da definição de seus objetivos e apresentadas às limitações do trabalho permitindo uma visão clara do escopo proposto.

O Capítulo 2 apresenta a Fundamentação Teórica contemplando os assuntos pertinentes à realização desta dissertação, de forma que o leitor possa obter um embasamento sobre estes assuntos antes de prosseguir com a leitura. Os assuntos tratados são referente a simbologias de mapas, cartografia digital, sistemas de informação geográfica, servidores de mapas e padrões relacionados ao intercâmbio de informações geográficas.

O Capítulo 3 apresenta o Estado da Arte sobre o compartilhamento de simbologias de mapas, permitindo uma visão geral sobre a área de interesse, identificando a quantidade de pesquisas relacionadas, suas diferentes contribuições e respectivos resultados.

O Capítulo 4 apresenta a Especificação Técnica criada para possibilitar o desenvolvimento de serviços web capazes de compartilhar simbologias de mapas baseadas no padrão *OpenGIS Symbology Encoding Standard*.

O Capítulo 5, Implementação, apresentou o processo de desenvolvimento, de um serviço web, baseado na especificação técnica criada no Capítulo 4, assim como a alteração de um Sistema de Informação Geográfica de modo que fosse capaz de utilizar o serviço criado.

O Capítulo 6 apresenta os Resultados referentes à aplicação prática da especificação técnica desenvolvida, utilizando-se de um planejado realizado por meio de cenários de validação e um estudo de caso.

No Capítulo 7, são tecidas as conclusões do trabalho, relacionando os objetivos identificados inicialmente com os resultados alcançados. São ainda propostas possibilidades de continuação da pesquisa desenvolvida a partir das experiências adquiridas com a execução do trabalho.

No Apêndice A está contido o Mapeamento Sistemático realizado para a obtenção do estado da arte, com sequência nos apêndices B e C, onde estão apresentados os estudos primários, obtidos no referido mapeamento, assim como os estudos descartados pelo mesmo.

E por último, no Apêndice D, está contida a Especificação Técnica desenvolvida neste trabalho, denominada de *Web Symbology Service – WSS*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem o objetivo de apresentar um levantamento bibliográfico sobre os assuntos pertinentes à realização desta dissertação. Desta forma, são apresentados fundamentos sobre simbologias de mapas, cartografia digital, sistemas de informação geográfica e servidores de mapas, e por último uma introdução sobre padrões, comunidades e organizações que regulamentam padrões e algumas linguagens e especificações utilizadas para a descrição formal desses padrões.

2.1 A LINGUAGEM VISUAL E A SIMBOLOGIA DE MAPAS

Linguagem é a faculdade de expressão do homem para comunicar-se através de um conjunto de sinais que, conseqüentemente representam algo e, quando de forma visual, utiliza-se de signos ou símbolos (MELHORAMENTOS, 1996).

Segundo Nogueira (2009) a função de um mapa é o de comunicar, e por tanto ele é uma linguagem visual, que contém um conjunto de símbolos e deve ser elaborado de modo a cumprir o seu objetivo. Os mapas possuem informações conhecidas como dados espaciais, que representam algo como estradas, estabelecimentos, veículos, pessoas, etc. O processo de conversão destes dados espaciais para um símbolo em um mapa, de modo a permitir sua visualização, é chamado de simbolização (SU, ZHU e KONG, 2008).

Foi Bertin (1967) quem iniciou os estudos de representação de simbologias de mapas baseados em estudos da semiologia gráfica, antes mesmo da existência da cartografia digital, associando propriedades perceptivas que, quando presentes, fazem com que a simbologia represente da melhor forma possível o que está contido no mapa (MENEGAZZI, 2009).

A importância da correta representação que uma informação deve ter em um mapa vai se tornando cada vez mais indiscutível em meio aos esforços relacionados à sua elaboração. Para isso, existe estudos para elaboração de critérios gráficos, visando à padronização da simbologia, para cada especificidade que se deseja simbolizar. O quadro da Figura 6 apresenta um exemplo em que se tem um esquema de cores para a classificação da sensibilidade ambiental costeira (MMA, 2004).

SENSIBILIDADE		COR	R	G	B
1	Costões rochosos lisos; falésias em rochas sedimentares; estruturas artificiais lisas.		119	38	105
2	Terraço rochoso liso ou substrato de declividade média, exposto.		174	153	191
3	Praias dissipativas, de areia fina a média, abrigadas.		0	151	212
4	Praias de areia grossa; praias intermediárias, de areia fina a média, expostas.		146	209	241
5	Praias mistas de cascalho e areia; plataforma de abrasão; superfície irregular ou recoberta de vegetação.		152	206	201
6	Praias de cascalho; depósito de tálus; enrocamentos; plataforma ou terraço recoberto por concreções lateríticas ou bioconstrucionais.		0	149	32
7	Planície de maré arenosa exposta; terraço de baixa-mar exposto.		214	186	0
8	Encosta de rocha lisa abrigada; encosta de rocha não lisa abrigada; enrocamentos.		225	232	0
9	Planície de maré arenosa/lamosa abrigada; terraço de baixa-mar lamoso.		248	163	0
10	Terrenos alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas, marismas, manguezais.		214	0	24

Figura 6. Esquema de cores para a classificação de sensibilidade ambiental costeira.

Fonte: Adaptado de (MMA, 2004).

Este esquema de cores exposto na Figura 6 é uma convenção criada pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA, 2004), e deve ser seguida para que exista a correta comunicação para o usuário do mapa da sensibilidade atribuída a cada trecho da costa, como exemplo apresentado no mapa da Figura 7.

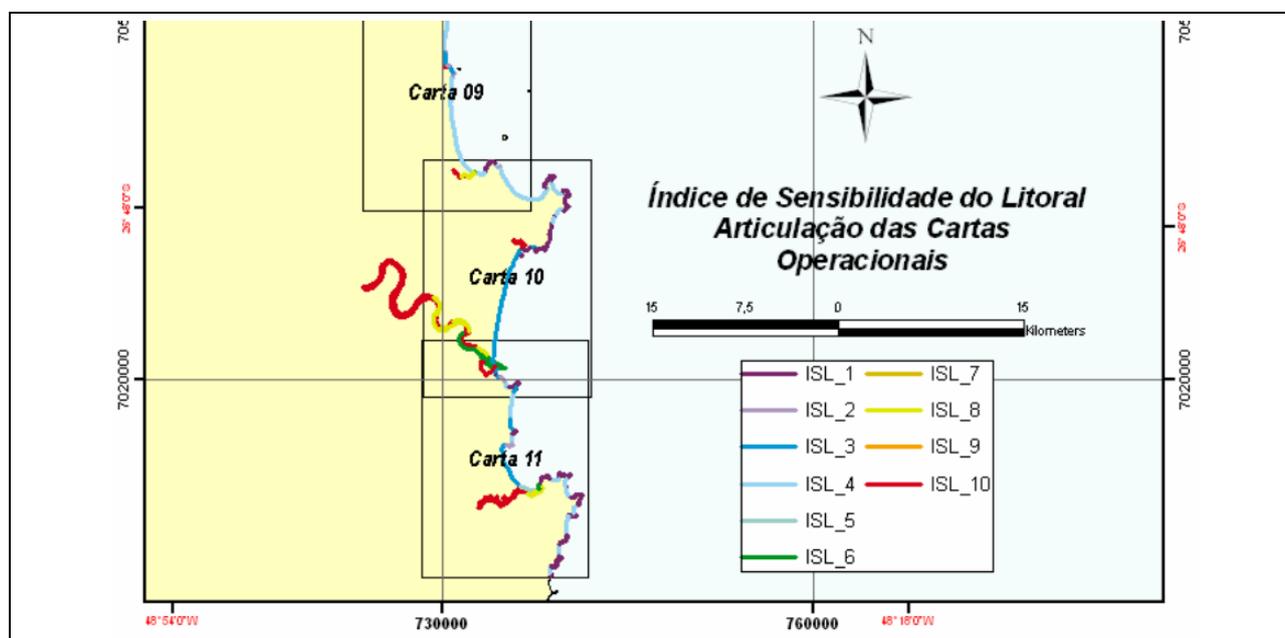


Figura 7. Trecho da área de estudo representando a articulação das Cartas Operacionais do ISL.

Fonte: Adaptado de (ARAÚJO, 2005).

Esta preocupação existe em conjunto com os avanços tecnológicos que deram início à cartografia digital, e nas últimas três décadas vêm permitindo a captura de grandes volumes de dados que, em consequência, devido à preocupação com temas inerentes a qualidade e a acessibilidade dos dados geoespaciais, deram início ao surgimento de padrões.

2.2 CARTOGRAFIA DIGITAL

Mapas digitais são representações visuais de informações geograficamente referenciadas, que necessitam de um ou mais estilos para representar sua visualização em formato de imagem (SLD, 2007). Estes estilos são propriedades e regras que descrevem como uma feição é desenhada durante o processo de renderização gráfica, e são também conhecidos como uma entidade denominada símbolo, uma vez que agregam um valor, que de certa forma, é simbólico ou associativo a algo, além do que, a palavra símbolo em seu significado literal, é utilizada para *representar* (SLD, 2007; SE, 2006; MELHORAMENTOS, 1996).

Já as feições, complementarmente aos símbolos, são propriedades que representam o feitiço, ou as formas geométricas de uma informação geográfica, sejam pontos, linhas ou polígonos, e estão associadas a coordenadas geográficas que podem representar qualquer lugar na superfície terrestre, como pontos turísticos, ruas, rios ou lagos, e quando adicionados atributos como nome ou descrição, para melhor descrevê-las, tem-se então um neologismo denominado de geodado (WFS, 2010; MELHORAMENTOS, 1996).

Técnica e resumidamente falando, com base nos conceitos descritos acima, um mapa digital é o produto de uma renderização, que teve como entrada de dados, um conjunto de geodados associados a símbolos. Os geodados são, por sua vez, um conjunto de atributos textuais, para a amostra de legendas, por exemplo, e um conjunto de uma ou mais geometrias que descrevem sua localização no globo terrestre, assim como o seu formato geométrico. Por fim, os símbolos são um conjunto descrito de regras visuais que estabelecem como estas geometrias devem ser retratadas no mapa.

De forma lúdica, imagine-se em um software de edição gráfica como o Adobe® Photoshop® ou o Microsoft® Paint, utilizando-se da ferramenta pincel para fazer um simples ponto em um determinado local da prancheta de pintura. O local aonde o ponto foi desenhado representa uma determinada coordenada X, Y em relação às extremidades da prancheta. Se a prancheta fosse

um mapa, o ponto seria uma feição de um geodado, e a sua cor, textura e tamanho seriam os estilos utilizados para retratá-lo no mapa. Ou seja, o símbolo.

A seguir, ainda nesta sessão, estão fundamentados os conceitos referentes à sua história e consequente aparição dos sistemas para manipulação da informação geográfica, assim como sistemas exclusivamente dedicados à persistência e ao compartilhamento dessas informações.

2.2.1 História

A cartografia digital ganhou força com a entrada dos computadores pessoais na década de 70, quando se popularizaram as ferramentas de desenho assistido por computador, conhecidas como ferramentas CAD (*Computer Aided-Design*), e posteriormente ferramentas específicas para geoprocessamento, conhecidas como SIG (Sistemas de Informações Geográficas) (CÂMARA, DAVIS e MONTEIRO, 2004).

Os SIGs que trabalham com representação vetorial, consideram três primitivas geométricas para representação das feições¹: ponto, linha e área (polígono). Elas são compostas por um ou mais pares de coordenadas dispostas em um plano cartesiano, conforme a Figura 8 (CÂMARA, DAVIS e MONTEIRO, 2004; ESRI, 1998; OJ, 2012).

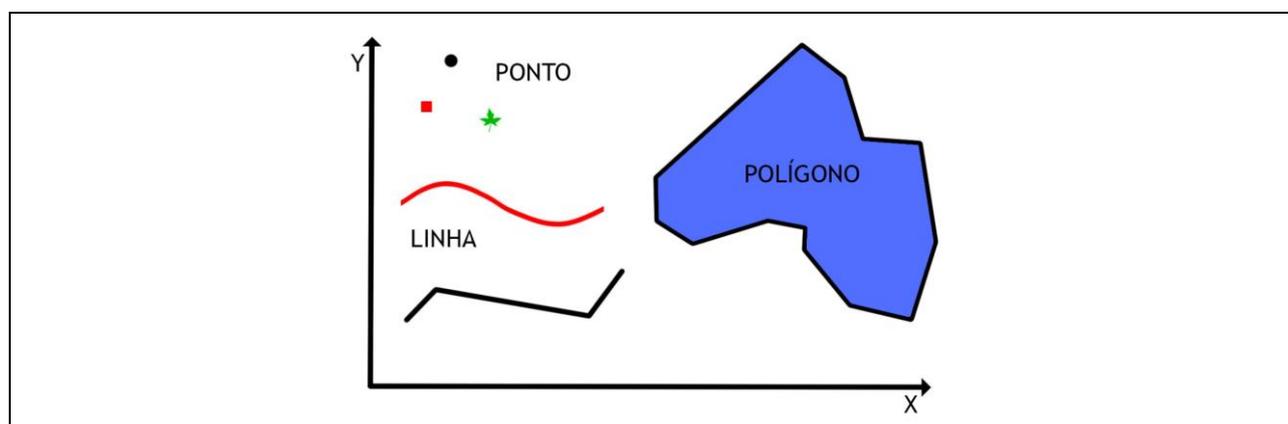


Figura 8. Primitivas geométricas empregadas na representação vetorial.

Fonte: Adaptado de (CÂMARA, DAVIS e MONTEIRO, 2004).

¹ Do inglês *features*.

Tanto as primitivas geométricas quanto as informações associadas a elas (atributos) tinham a necessidade de serem armazenadas digitalmente. Para isso o ESRI® (*Environmental Systems Research Institute, Inc*) criou o formato de arquivo digital Shapefile, um dos primeiros padrões para descrição de dados espaciais em formato vetorial. Ele é composto por três arquivos base: o de extensão SHP, arquivo raiz que contém uma das primitivas geométricas; o DBF, ou *database file*, que contém os atributos associados a cada geometria; o SHX, ou arquivo de índice que une cada geometria ao seu devido atributo. Diversos arquivos acessórios são utilizados pareadamente com funcionalidades específicas dos SIGs, como o PRJ que define a projeção, sistema de coordenadas e datum do geodado (ESRI, 1998). Contudo, esses são de menor relevância para este trabalho. Apesar de sua idade e do surgimento de diversos outros formatos digitais para o geodado, o Shapefile permanece sendo um formato largamente utilizado na disseminação de dados espaciais.

Alguns anos depois, em 2005, o OGC criou o SFA/SFS (Simple Feature Access / Simple Feature SQL), um padrão de implementação para informações geográficas, que atualmente está na sua versão 1.2.1 de 2010. Também conhecido como OGC 06-104r4 ou ISO 19125, ele é responsável por definir um padrão de SQL (Structured Query Language) que suporte armazenamento, recuperação, consulta e atualização de coleções de feições (SFA, 2010).

Hoje em dia os produtos da própria ESRI®, assim como a maioria dos SIGs, passaram a trabalhar com o armazenamento dos geodados em SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados) que possuem suporte geoespacial, como o padrão OGC SFA (2010) citado no parágrafo acima, embora, ainda aceitem outros tipos de arquivos como o próprio Shapefile (ESRI, 2004).

2.2.2 Sistemas de Informação Geográfica

Como comentado anteriormente, os SIGs, em inglês GIS – *Geographic Information System* – ganharam força após a entrada dos computadores pessoais no mercado e como necessidade a manipulação da informação geográfica. A seguir serão apresentados três SIGs conhecidos no mercado, sendo que um deles foi alterado e utilizado neste trabalho para fins de validação da especificação técnica criada.

2.2.2.1 ArcGIS

ArcGIS (2012) é um sistema proprietário, constituído por uma suíte de softwares computacionais para manipulação e análise geoespacial. O sistema foi desenvolvido conforme o seguinte lema: “Mapeamento e análise para compreensão do nosso mundo”. Ele é produzido pela ESRI, mesma empresa que criou o formato Shapefile, descrito anteriormente (ESRI, 2012).

Está atualmente em sua versão 10.1, com suporte a “nuvem”, trabalho colaborativo e inclusive, sistemas para dispositivos móveis (ARCGIS, 2012).

2.2.2.2 gvSIG

É um projeto gerenciado por uma comunidade formada por pessoas físicas e entidades que cooperam entre si em diferentes áreas, de modo a obter como produto um software livre de código aberto, utilizado para o gerenciamento de informações geográficas (GVSIG, 2013).

Está atualmente em sua versão 1.12, já com a versão 2.0 em andamento, ambas as versões escritas na linguagem de programação Java (2013) e assim como o ArcGIS, também possui uma versão para dispositivos móveis (GVSIG, 2013).

2.2.2.3 OpenJUMP

OpenJUMP é um SIG de código aberto escrito na linguagem de programação Java (2013), desenvolvido e mantido por um grupo de voluntários ao redor do mundo. Foi iniciado com o nome JUMP GIS e projetado pela Vivid Solutions. Atualmente está em sua versão 1.5.2 disponibilizada em maio de 2008 (OJ, 2012).

2.2.2.4 Análise Comparativa

No Quadro 2 é possível visualizar uma análise comparativa entre os SIGs descritos acima, visando à escolha de um deles para utilização neste trabalho.

Quadro 1. Análise comparativa dos servidores de mapas.

Característica / Software	ArcGIS	gvSIG	OpenJUMP
Gratuito	Não	Sim	Sim
Código Aberto	Não	Sim	Sim
Linguagem	--	Java	Java
Multiplataforma	Não	Sim	Sim

De acordo com Guedes (2010), umas das vantagens de um software de código aberto, além da sua utilização gratuita, é a possibilidade de customização de acordo com as necessidades do usuário. Assim, num primeiro momento, restaram as duas alternativas de SIG open source. Sendo o OpenJUMP o mais simples dentre os dois apresentados, contudo possuindo os recursos necessários para este trabalho, ele foi o selecionado para os testes, servindo de cliente do serviço desenvolvido em um dos servidores de mapas descritos a seguir.

2.2.3 Servidores de Mapas

Em informática, um servidor é um sistema centralizado que gerencia recursos e fornece serviços a uma rede de computadores. Por outro lado, os computadores que acessam os serviços de um servidor são chamados de clientes, gerando um ciclo de oferta e consumo.

O termo servidor é comumente aplicado a computadores, entretanto pode ser utilizado para representar um software em específico, como é o caso dos servidores de mapas, que como o próprio nome sugere, são softwares capazes de prover informações referentes a mapas. Em nível global, uma das associações que buscam orquestrar o desenvolvimento de soluções de código aberto em geoinformação é a OSGeo (*Open Source Geospatial Foundation*), que é uma organização sem fins lucrativos cuja missão é apoiar o desenvolvimento colaborativo de software de código aberto geoespacial, e promover a sua utilização generalizada (OSGEO, 2012). Esta organização mantém diversos softwares na área da cartografia digital, inclusive servidores de mapas, como é o caso do GeoServer e MapServer, dois servidores de mapas populares e largamente empregados.

A seguir foi descrito um pouco sobre cada um desses dois servidores, assim como outro proprietário muito conhecido no mercado, afim de que se pudesse escolher um deles para utilização neste trabalho.

2.2.3.1 GeoServer

É um servidor de mapas, de código aberto escrito na linguagem Java (2013), que permite aos usuários editarem e compartilharem dados geoespaciais. Projetado para interoperabilidade, ele publica dados de qualquer fonte usando padrões abertos (GEOSERVER, 2011; ERLE, GIBSON e WALSH, 2005).

GeoServer é a implementação de referência dos padrões OGC WFS (2010), WCS (2010) e WMS (2006) com suporte a SLD (2007), possuindo certificação pelo mesmo.

2.2.3.2 MapServer

É um servidor de mapas, de código aberto escrito na linguagem C++, que permite aos usuários publicarem dados espaciais e interagirem com mapas. Sua primeira versão foi lançada em 1994 pela Universidade de Minnesota em parceria com a NASA, que precisava disponibilizar suas imagens de satélite publicamente (MAPSERVER, 2011).

Um fator importante e negativo para o contexto deste trabalho, é que este servidor possui pouca aderência aos padrões OGC.

2.2.3.3 ArcGIS Server

É um servidor de mapas que integra a suíte de aplicativos descrita anteriormente no item 2.2.2.1. Ele é usado para criar e gerenciar serviços web, aplicações e dados relacionados à área geoespacial (ESRI, 2012).

2.2.3.4 Análise Comparativa

No Quadro 2 é possível visualizar uma análise comparativa entre os servidores de mapas pesquisados, visando à escolha de um deles para utilização neste trabalho.

Quadro 2. Análise comparativa dos servidores de mapas.

Característica / Software	GeoServer	MapServer	ArcGIS Server
Gratuito	Sim	Sim	Não
Código Aberto	Sim	Sim	Não
Aderência ao OGC	Sim	Não	Não
Linguagem	Java	C++	--

Como já descrito anteriormente, um software de código aberto possui suas vantagens na possibilidade de customização sem limites, que é um aspecto muito importante para este trabalho, assim como também é importante a aderência aos padrões OGC, critério alcançado em sua totalidade apenas pelo GeoServer, que possui, até mesmo, uma certificação OGC. Desta forma, o GeoServer foi escolhido para ser utilizado na implementação de um serviço web utilizando como base a especificação técnica desenvolvida neste trabalho.

2.3 PADRÕES

Dentre as diversas definições para a palavra padrão, todas indicam a existência consensual de critérios e regras muito bem definidas (BURITY e SÁ, 2003). Segundo Buehler e Reed (2011), a primeira impressão que as pessoas têm a respeito de padrões é que ele é tedioso. O autor afirma, ainda, que apenas nos EUA existe uma perda de aproximadamente 15,8 bilhões de dólares por ano, devido à interoperabilidade inadequada entre softwares somente na indústria de construção civil.

Este problema vai de encontro à afirmação de Burity e Sá (2003), que dizem que a necessidade de se criar um padrão é justificado quando o objetivo é reduzir custos, e não somente isto, possibilitar a interoperabilidade e a integração de diferentes bases de dados, e até mesmo a produção das mesmas. Buehler e Reed (2011) afirmam ainda, que a definição de um padrão não é um trabalho fácil, e requer uma colaboração de abrangência global, o consenso de muitas organizações e um processo certificado e repetitivo.

A utilização de padrões é indiscutível nos dias atuais e, estas afirmações, não só confirmam esta necessidade como também a existência de comunidades e organizações que gerenciam estes padrões, como é o caso da ISO, W3C e OGC. Entidades não concorrentes, mas sim complementares umas as outras e indispensáveis neste trabalho, conforme descrito a seguir.

2.3.1 ISO – International Organization for Standardization

É uma organização que desenvolve e publica diversos padrões internacionais proprietários, como é o caso do ISO 9000 para o controle de qualidade ou o ISO 31000 para o controle de riscos (ISO, 2013).

Neste trabalho, nenhum padrão ISO foi diretamente utilizado, mas indiretamente por meio de alguns padrões OGC, como o ISO 19105:2000, que provê testes de conformidade para informações geográficas e o ISO/TS 19103:2005 que estabelece regras e diretrizes para o uso de uma linguagem de esquema conceitual (ISO, 2013; WFS, 2010; OGC, 2011).

Desta forma, e também por serem padrões proprietários, nenhum deles foi explicitamente fundamentado, e sim apenas uma base sobre a organização permitindo um mínimo de conhecimento sobre ela.

2.3.2 W3C – World Wide Web Consortium

É uma comunidade internacional que desenvolve padrões abertos para garantir o crescimento em longo prazo da Web, definindo padrões muito comuns, como o HTML e o CSS (2013), e alguns não tão comuns como o XML Schema, que foi muito utilizado neste trabalho e definido a seguir (W3C, 2013).

2.3.2.1 W3C XML Schema

Um XML Schema (2012) é uma linguagem para expressar restrições sobre documentos XML (2008). Existem várias linguagens de esquema diferentes, mas as principais são a DTD (*Document Type Definitions*) e W3C XSD (*XML Schema Definitions*) (SCHEMA, 2012).

Segundo a especificação do W3C Schema (2012), ele pode ser utilizado para:

- Prover uma lista de elementos e atributos em um vocabulário;
- Associar tipos, tais como *integer*, *string*, etc.;

- Restringir onde elementos e atributos podem ser utilizados, como por exemplo, dizer que um título de um livro deve vir dentro do livro, ou que o livro deve conter um título seguido de um ou mais parágrafos;
- Prover uma documentação que humanos possam ler e máquinas possam processar;
- Disponibilizar uma descrição formal de um ou mais documentos.

Com isto é possível validar um documento para verificar a sua integridade em relação ao esquema pelo qual ele foi escrito, algo similar a um compilador em sua análise léxica e sintática para com alguma linguagem de programação. Essa validação é um componente importante para garantia de qualidade (SCHEMA, 2012).

Devidos ao uso genérico e as utilidades providas por um XML Schema, a sua utilização para a documentação formal de padrões está se tornando rotineira, facilitando tanto a leitura por humanos, seja de forma textual ou ainda melhor de forma gráfica, como também a implementação de um sistema por meio da automação dos critérios e regras definidos por um documento XSD (SCHEMA, 2012).

A especificação técnica desenvolvida no Capítulo 4 utilizou este padrão para definição das propriedades e regras de compartilhamento das simbologias de mapas, conforme disponível no Apêndice D.

2.3.3 OGC – Open Geospatial Consortium

O OGC é a organização base para esta dissertação, formada em 1994, têm criado e promovido os mais proeminentes e bem sucedidos padrões abertos de Web Services para geoprocessamento de dados e ferramentas de suporte a decisão geoespacial (OGC, 2012). Ele é um consórcio da indústria internacional constituído por 462 empresas (até fevereiro de 2012), agências governamentais e universidades que participam em um processo de consenso para desenvolver interfaces padrões públicas, que possibilitam a criação de soluções interoperáveis para cartografia digital (OGC, 2012).

O OGC (2012) tem a seguinte visão e missão para com a sociedade:

- Visão: completa beneficialização social, econômica e científica através da integração eletrônica de recursos de localização em processos comerciais e institucionais em todo o mundo.
- Missão: se comportar como um fórum mundial para colaboração de desenvolvedores e usuários de produtos e serviços que consomem dados geoespaciais e avançar o desenvolvimento internacional de padrões para interoperabilidade geoespacial.

Um padrão OGC, é um documento estabelecido e aprovado pelo consenso entre seus membros, provendo regras e diretrizes para obtenção de um grau ótimo de interoperabilidade em um determinado contexto (BUEHLER e REED, 2011). São comumente prefixados com o termo OpenGIS, que foi um projeto que o precedeu antes do seu lançamento formal, significando "*Open Geodata Interoperability Specification*" (OGC, 2011).

Segundo Buehler e Reed (2011), **consenso** é a palavra-chave para todo processo de definição de um padrão OGC, dirigido por procedimentos e políticas de um comitê técnico, derivados de definições ISO (item 2.3.1).

A seguir são apresentados os padrões OGC que possuem vínculo direto ou indireto com o padrão criado neste trabalho, utilizando como principais fontes de referência, os próprios documentos oficiais disponibilizados gratuitamente (OGC, 2011).

2.3.3.1 OpenGIS® Web Map Service - WMS

Web Map Service (WMS) é uma especificação técnica que descreve a implementação de um serviço web visando à produção de mapas (WMS, 2006). Ela define um "mapa" como sendo um retrato de um conjunto de informações geográficas em formato de imagem digital, de tal forma que possa ser exibido na tela de um computador, geralmente em imagens no formato PNG, JPEG, GIF, ou ainda em SVG ou WebCGM (*Web Computer Graphics Metafile*) (OGC, 2011).

Este padrão internacional define três operações, que podem ser invocadas utilizando um navegador de Internet por meio da submissão de requisições no formato de URL (OGC, 2011).

- **GetCapabilities:** retorna metadados sobre o servidor que o está hospedando assim como quais serviços estão disponíveis;

- **GetMap:** retorna um mapa cujos dados geográficos e parâmetros estão bem definidos;

GetFeatureInfo: retorna informações sobre as feições mostradas em um mapa.

De uma forma simples, quando um mapa é requisitado, a URL indica quais dados deverão ser mostrados e em qual quadrante da Terra, assim como o sistema de coordenadas que deverá ser utilizado, e a largura, altura e o formato da imagem de saída (OGC, 2011).

Um mapa pode ainda ser composto com informações provenientes de diferentes bases de dados, assim como pode ser criado a partir da sobreposição de outras imagens geradas anteriormente, em um conceito conhecido como *camadas* (WMS, 2006). Estas camadas podem ser vistas como folhas transparentes que contém informações estilizadas, comumente utilizadas em sistemas de edição gráfica como o Adobe® Photoshop®.

Um exemplo simples de um mapa contendo duas camadas pode ser entendido conforme ilustrado na Figura 9, em que se pode observar que o mapa ilustrado na parte direita da imagem foi gerado a partir da junção das duas camadas ilustradas na parte esquerda.

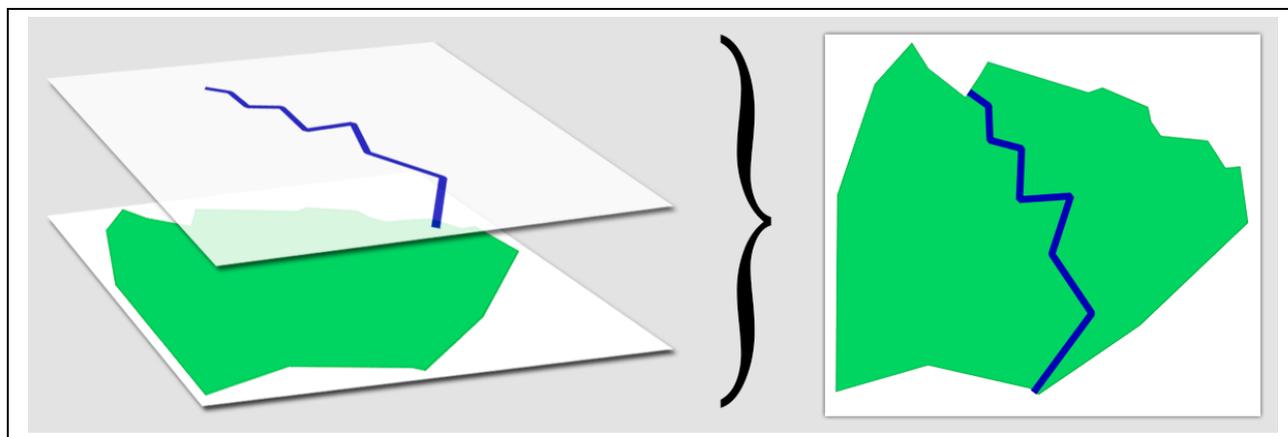


Figura 9. Representação da utilização de camadas em um mapa.

A versão 1.3 do WMS, e anteriores, descrevem a aparência de um mapa como sendo um conjunto de “camadas estilizadas” (*styled layer*), que representam uma associação particular entre uma “camada” e um “estilo”, em que a camada define um conjunto de feições e o estilo define como estas feições são retratadas (OGC, 2011).

Um WMS básico classifica seus conjuntos de informações geográficas nestas camadas, e oferece um número finito de estilos pré-definidos que servem para retratá-las, suportando apenas camadas previamente cadastradas no servidor e estilos pré-definidos, não possuindo um mecanismo que permite aos usuários manipularem as simbologias das feições geográficas (OGC, 2011), até a chegada do padrão SLD, descrito a seguir.

2.3.3.2 OpenGIS® Styled Layers Descriptor Profile - SLD

Este padrão aborda a necessidade de usuários e softwares serem capazes de controlar a representação visual dos dados geoespaciais de um mapa gerado por um serviço WMS. Isto é feito através da extensão das funcionalidades do padrão WMS descrito anteriormente, permitindo a customização dos símbolos (SLD, 2007).

O SLD é um padrão híbrido, que em parte é uma especificação de implementação, extendendo as funcionalidades e atributos do serviço WMS, e em parte é uma especificação de uma nova linguagem para descrever o relacionamento das camadas com os símbolos.

A capacidade de atribuir propriedades e definir regras de estilos para estes símbolos requer também uma linguagem, que ambos, cliente e servidor, possam entender. De tal forma que foi definido o padrão *Symbology Encoding Standard* (SE), descrito a seguir.

2.3.3.3 OpenGIS® Symbology Encoding Standard - SE

É o padrão que torna possível a materialização de um símbolo de modo que possa ser persistido e utilizado por sistemas computacionais, saindo do seu conceito abstrato e psíquico que muitas vezes se têm a respeito de um símbolo (SE, 2006; JUNG, 2008). Ele foi criado para suprir a necessidade que os usuários tinham de definirem suas próprias simbologias, uma vez que as opções de estilização, suportadas no padrão WMS, são muito simples e provêm apenas uma forma de o usuário escolher qual estilo ele quer utilizar por meio de uma lista de opções (SE, 2006).

O *Symbology Encoding* é uma codificação descrita em linguagem XML (2008) que permite a descrição das propriedades e regras utilizadas para estilizar as informações geográficas. É importante perceber que ele armazena apenas as informações de estilo, sendo que para ser renderizado em um mapa, necessita das coordenadas geográficas provenientes das feições dos geodados (SE, 2006; GML, 2012). Estas feições, conforme apresentado anteriormente, são

constituídas por vértices (x, y) , em que X e Y são respectivamente a latitude e longitude, sendo então categorizadas entre pontos, linhas e polígonos, representados anteriormente na Figura 8 e descrito a seguir (GML, 2012):

- Ponto: definido por um único vértice;
- Linha: definido por dois ou mais vértices, que se conectam, implicitamente, com arestas;
- Polígono: parecido com as linhas, mas devem formar um ciclo, ou seja, o último vértice deve ser equivalente (mesmas coordenadas geográficas) ao primeiro.

Há ainda situações onde existem múltiplos polígonos, que são casos com áreas contendo buracos, conforme Figura 10, e dessa forma, elas são descritas por meio de mais de um polígono contendo partes em comum que se intersectam (GML, 2012).

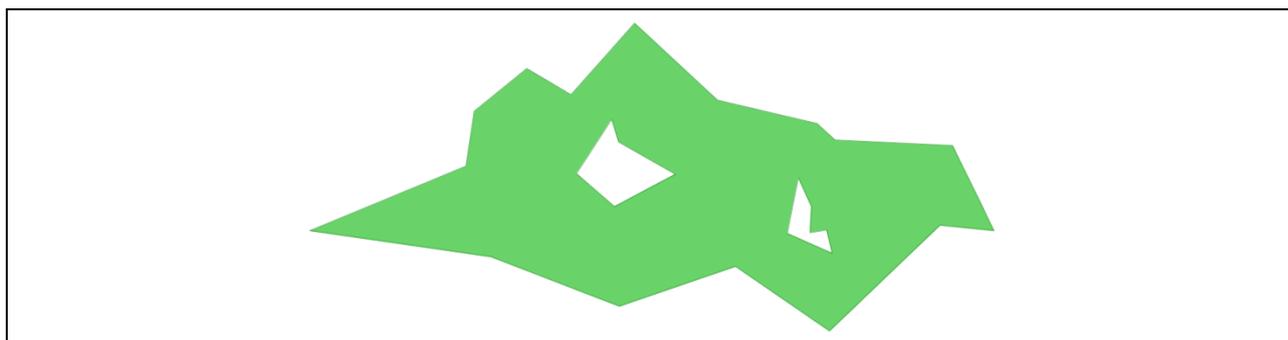


Figura 10. Exemplo de multi-polígonos representando buracos em uma área.

O que deve ser entendido é que este padrão é responsável por descrever apenas que, a área exemplificada na figura anterior, deve ser retratada com um contorno de 1px de espessura na cor RGB (0, 125, 0) e um preenchimento sólido na cor RGB (0, 180, 0), ambos com 41% de transparência, e nada mais do que isso. O formato da área, assim como o formato e posicionamento dos seus buracos são informados pelas feições (geometrias) do geodado, que poderia estar escrito no padrão OGC *Geography Markup Language* (GML, 2012), ou mesmo em Shapefile.

Os autores da especificação técnica do padrão SE (2006) afirmam que a importância da representação visual dos dados geográficos não pode ser subestimada, e que é a habilidade que eles têm, de retratarem as informações geográficas, que as transforma de dados brutos em ferramentas explicativas de apoio à decisão.

Outro elemento muito importante utilizado nas regras dos estilos são os filtros, que permitem o controle das representações visuais de acordo com valores específicos dos atributos dos geodados, conforme ilustrado no Quadro 3. No exemplo é possível visualizar um fragmento incompleto de um estilo utilizado para retratar uma feição qualquer. Caso o valor da propriedade denominada “A” seja igual ao valor numérico “1”, a feição será retratada no mapa na cor vermelha, caso contrário, será retratada na cor cinza.

```
<FeatureTypeStyle>
  <Rule>
    <Filter>...[A = 1]...</Filter>
    <PolygonSymbolizer> ...[red]... </PolygonSymbolizer>
  </Rule>
  <Rule>
    <ElseFilter/>
    <PolygonSymbolizer> ...[gray]... </PolygonSymbolizer>
  </Rule>
</FeatureTypeStyle>
```

Quadro 3. Fragmento de um estilo do tipo *Feature Type* utilizando filtros.

Fonte: SE (2006).

Este tipo de filtro é descrito por meio do padrão OGC *Filter Encoding* (FE), que define uma codificação descrita em linguagem XML (2008) para expressões de filtro. Estas expressões lógicas combinam restrições sobre as propriedades de uma informação a fim de identificar um subconjunto de características em particular. Tais restrições podem ser especificadas com valores espaciais, temporais e escalar (FE, 2010).

Esta codificação pode ser transcrita para uma linguagem de consulta como o SQL para fins de consulta em um banco de dados relacional, como também pode ser transformada em uma expressão W3C XQuery (2010) para recuperar dados de um arquivo XML (2008) (FE, 2010).

Criando um símbolo por meio do padrão SE (2006) em conjunto com o padrão FE (2010), podem-se criar diferentes representações visuais em um mesmo símbolo, de acordo com os valores de algumas das propriedades do geodado, como apresentado na Figura 11. Nela é possível visualizar um mapa com diferentes tons de azul que representam diferentes profundidades de um oceano. Estas diferentes representações fazem parte do mesmo símbolo “Oceano”.

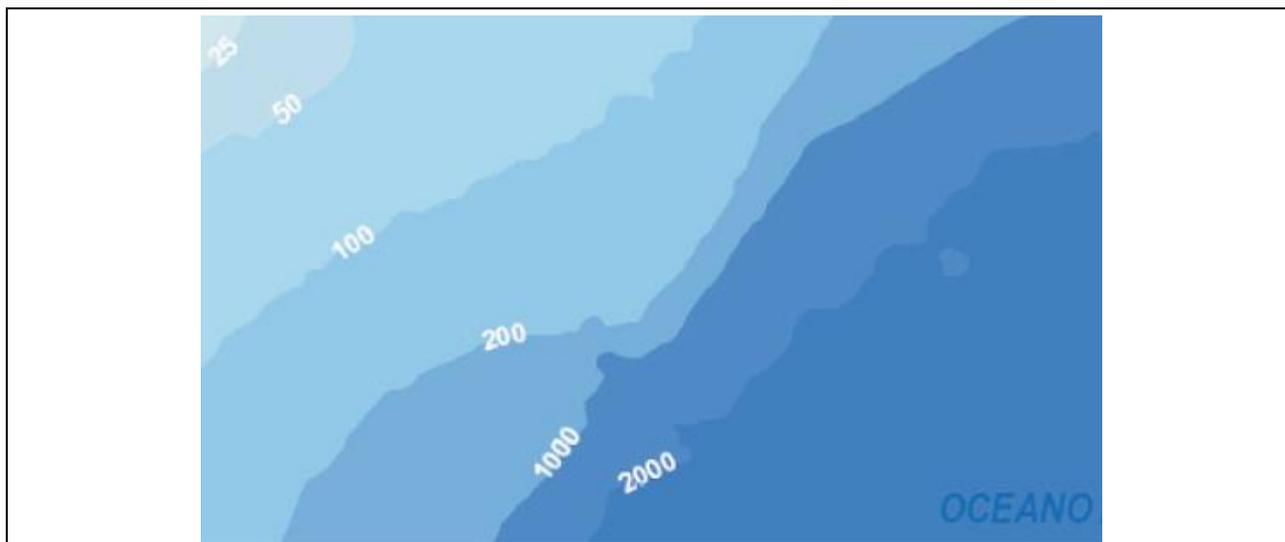


Figura 11. Mapa com diferentes faixas de valores para um mesmo geodado.

Desta forma, é possível armazenar em um mesmo símbolo, diferentes regras de representações visuais, pertinentes ao mesmo geodado, de acordo com os valores dos seus atributos.

2.4 CONSIDERAÇÕES

Esta fundamentação teórica, além de esclarecer tópicos importantes para o trabalho, reforça a importância da utilização de padrões para intercâmbio de dados entre diferentes plataformas, e não somente isto, a importância da existência de comunidades e organizações fazendo este trabalho.

É possível perceber que não somente o intercâmbio dos dados deve ser padronizado, mas também o próprio dado. Possivelmente, de nada adiantaria uma correta interoperabilidade da informação, se ela, por si só, estivesse inconsistente.

Percebeu-se também que um fator em comum nos padrões OGC é que todos são escritos em XML Schemas e, em geral, compartilham as informações em formato XML, mostrando uma forte relação em como um padrão, no caso o W3C XSD (SCHEMA, 2012), pode ser utilizado para descrever outro padrão.

No que diz respeito a este trabalho, o essencial é compreender que o WMS é um serviço para a retratação de dados geoespaciais em formato de imagem, assim como entender o que é um geodado e a necessidade que eles têm de possuírem símbolos que os representem, não somente quando utilizados por um WMS, mas em qualquer SIG.

No próximo capítulo é apresentado o Estado da Arte no que diz respeito ao intercâmbio de simbologias de mapas, com a apresentação e comparação de trabalhos, que de alguma forma, estão relacionados com esta dissertação.

3 ESTADO DA ARTE

Este capítulo apresenta o estado da arte na área de compartilhamento de simbologias de mapas digitais, elaborado a partir de um mapeamento sistemático. O mapeamento foi baseado em um protocolo de revisão sistemática contendo a definição das questões de pesquisa e outros itens pertinentes a sua condução. Em geral, um mapeamento sistemático provê uma visão sobre a área de interesse identificando a quantidade de pesquisas, seus diferentes tipos e respectivos resultados, diferenciando-se da revisão sistemática em questão de profundidade e abrangência da pesquisa (PETERSEN, FELDT, *et al.*, 2008).

A metodologia deste mapeamento sistemático seguiu os passos propostos por Brereton et al. (2007) e Kitchenham & Charters (2007), sendo eles: planejamento, execução e documentação e, para melhorar ainda mais a organização e sequenciamento da pesquisa, estes passos foram subdivididos com as seis etapas sugeridas por Petersen et al. (2008): definição das questões de pesquisa, condução da pesquisa para obtenção de artigos relevantes, triagem dos artigos, reunião de palavras-chave, extração de dados e confecção do mapa sistemático.

Para melhor estruturação deste documento, o mapeamento sistemático contendo o protocolo, metodologia e resultados obtidos foram disponibilizados no Apêndice A, onde o mesmo pode ser consultado na íntegra.

A seguir foi feito um detalhamento completo de cada um dos seis trabalhos correlatos retornados no mapeamento sistemático, uma síntese dos resultados e uma análise comparativa entre eles.

3.1 TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos relacionados, chamados de estudos primários, foram encontrados por meio da execução de um planejamento (Apêndice A, sessão A.2), contendo objetivos, diretrizes e termos que serviram como ferramenta e guia para exploração em seis fontes de pesquisa e obtenção dos seis trabalhos descritos a seguir.

3.1.1 Symbology Management System (SMS)

Possui um propósito idêntico ao antigo *OpenGIS Style Management Service*, também conhecido por SMS e, assim como tal, também se tornou obsoleto. Seu objetivo era o de gerenciar estilos e símbolos e definir o seu uso no processo de produção de mapas a partir de dados GML (*Geographic Markup Language*) (TRNINIC, 2006).

O SMS era baseado em computação distribuída empregando padrões de interfaces e de codificações para permitir um uso flexível, escalável e um gerenciamento interoperável de simbologias de mapas. O padrão seguia normativas oficiais do OGC como *OGC Web Services* e *Styled Layer Descriptor Profile* (TRNINIC, 2006).

A estrutura de funcionamento do SMS é mostrada na Figura 12, consistindo dos seguintes componentes: *Feature Portrayal Service (FPS)*, *Web Feature Service (WFS)* e *Catalog Service for Web (CS-W)*, adicionalmente utiliza o *Symbology Encoding (SE)* para codificação dos símbolos, todos padrões oficiais do OGC (TRNINIC, 2006).

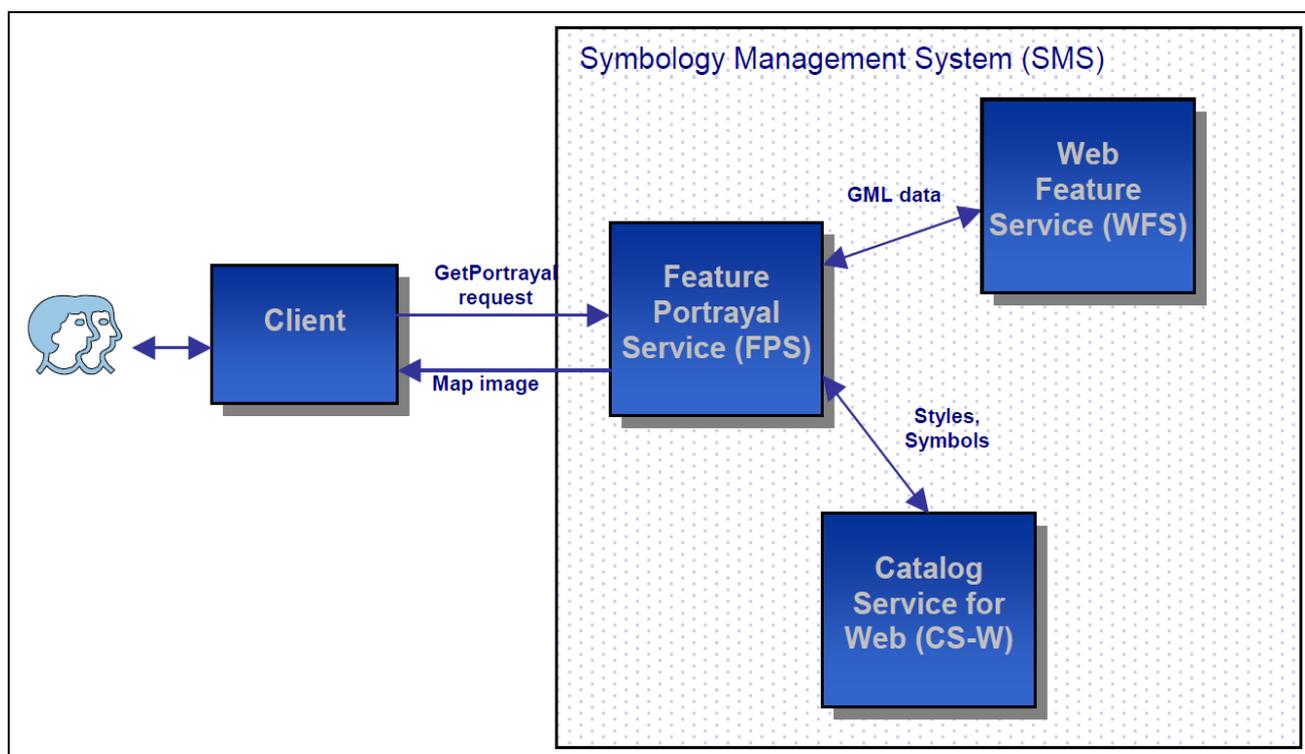


Figura 12. Symbology Management System.

Fonte: Trninic (2006).

O diagrama de Caso de Uso da Figura 13 descreve os diferentes tipos de interação entre os componentes do sistema. Um usuário usa um aplicativo cliente para consultar um WFS da sua escolha requisitando suas capacidades, posteriormente fazendo consultas ao CS-W e FPS para cadastrar ou procurar por um símbolo, por exemplo (TRNINIC, 2006).

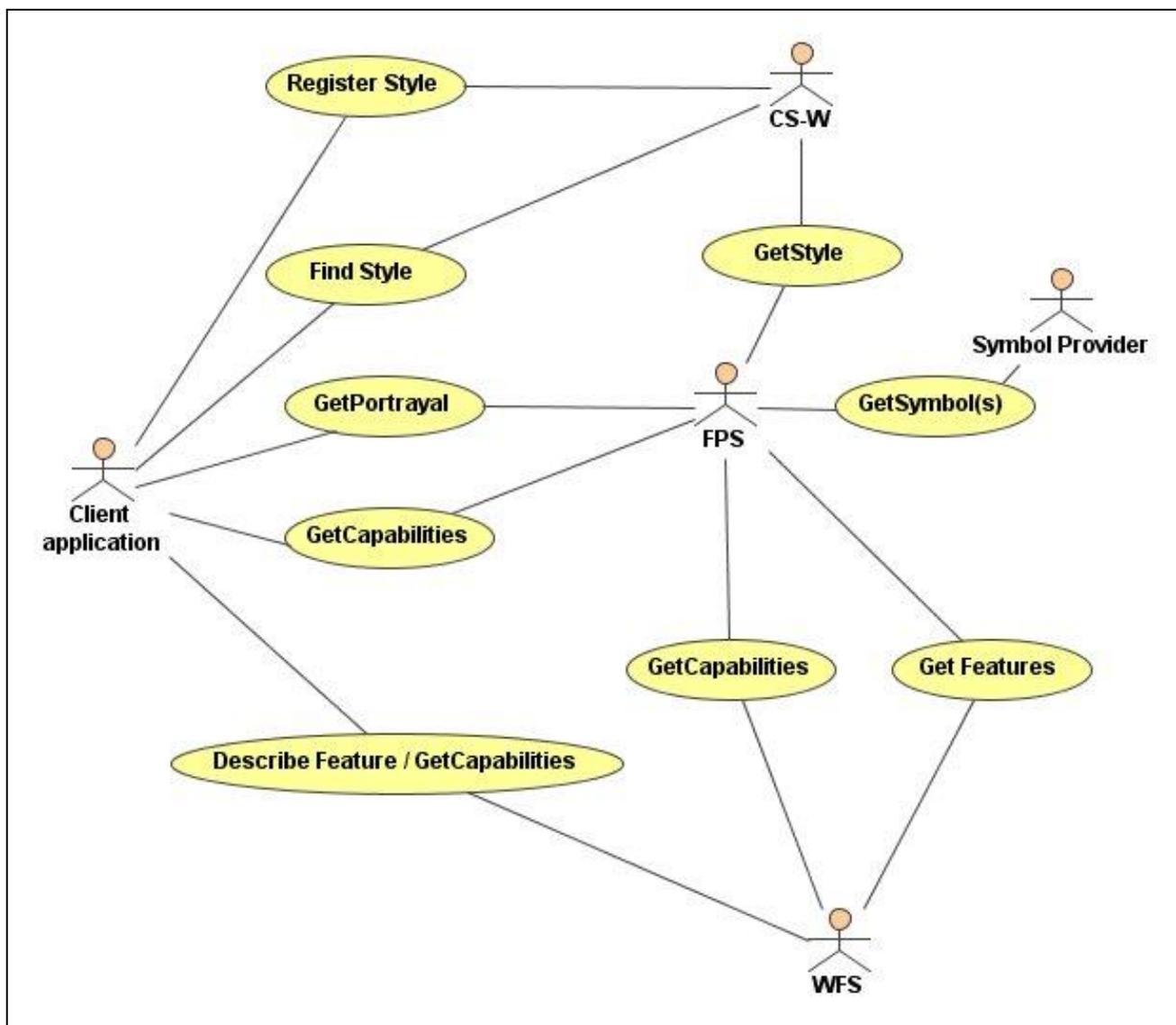


Figura 13. Symbology Management System - Casos de Uso.

Fonte: Trninic (2006).

Por meio de uma aplicação cliente o usuário faz requisições do tipo *GetPortrayal* para o serviço FPS, que conseqüentemente faz uma requisição do tipo *GetStyle* ao serviço CS-W para consultar e retornar um símbolo (TRNINIC, 2006).

Nesse contexto a operação *GetSymbol* é utilizada para abstrair qualquer tipo de agente no qual uma requisição pode ser feita para consultar um símbolo, como um arquivo em um FTP, HTTP ou em outro serviço qualquer (TRNINIC, 2006).

3.1.2 Design and Implementation of Common Map Symbol System in Geographic Information System

Descreve e implementa uma biblioteca de símbolos com base em MapObjects, que segundo os autores, vai de encontro a necessidade do mercado de SIG, cada vez mais utilizando componentes e metodologias orientada à objetos (YU, SUN, *et al.*, 2008).

O símbolo suportado foi projetado para conter quatro possíveis tipos de atributos:

1. básicos - para atender todos os símbolos (ID, tipo, cor, font TrueType, etc);
2. marks - para símbolos do tipo ponto (tamanho, ângulo, etc);
3. segmentos - para símbolos do tipo linha (espessura, etc);
4. preenchimento - para símbolos do tipo área (preenchimento, cor da borda, etc).

Como estudo de caso foi feito uma implementação utilizando ATL do Visual C++ programando uma DDL em formato ActiveX. O símbolo final foi armazenado em um formato próprio de arquivo e o sistema suporta a edição de símbolos já existentes (YU, SUN, *et al.*, 2008).

O símbolo pode ser salvo em um banco de dados comercial como o Oracle ou SQL Server, e pode ser distribuído na Internet de um computador remoto para um computador cliente por meio de serialização do símbolo e transferência via *stream*. A biblioteca de símbolos foi projetada segundo tecnologia COM e é compatível com a interface MapObjects da ESRI (YU, SUN, *et al.*, 2008).

3.1.3 Approach to general data model of GIS symbol library and symbol library data exchange XML schema

O trabalho contribui com XML Schemas para descrição dos diversos tipos de símbolos de modo que se possa compartilhá-los por meio de uma biblioteca de símbolos entre diferentes plataformas. Os autores frisam muito a necessidade de se ter uma forma para troca de símbolos e

que a falta disto ocasiona um grande desperdício de tempo com retrabalho e outros fatores associados (LI, SU, *et al.*, 2009).

Vale ressaltar que nesse estudo outros trabalhos foram citados pelos autores, como o *SuperMap Vector Map Symbol Library Exchange File Format*, desenvolvido em 1999, onde os autores desejavam a troca de bibliotecas de símbolos por meio de permutação de arquivos. Tao em 2005 propôs um modelo para compartilhamento de símbolos integrado a um editor comum de símbolos, e Fulan disponibilizou um projeto de um banco de dados de símbolos baseados na tecnologia "multi-interface symbol display" (LI, SU, *et al.*, 2009).

Os autores mostram ciência do esforço despendido pelo OGC no que diz respeito ao compartilhamento da representação visual de mapas, e afirmam que eles pouco tem feito no que tange o problema de compartilhamento de simbologias de mapas, permitindo que o padrão SLD faça requisições a uma biblioteca de símbolos, porém, não descrevem como esta biblioteca deve ser implementada (LI, SU, *et al.*, 2009).

Uma visão geral do XML Schema criado pelos autores pode ser visto na Figura 14. A biblioteca consiste de simbolizadores para representação de pontos, linhas e áreas (LI, SU, *et al.*, 2009).

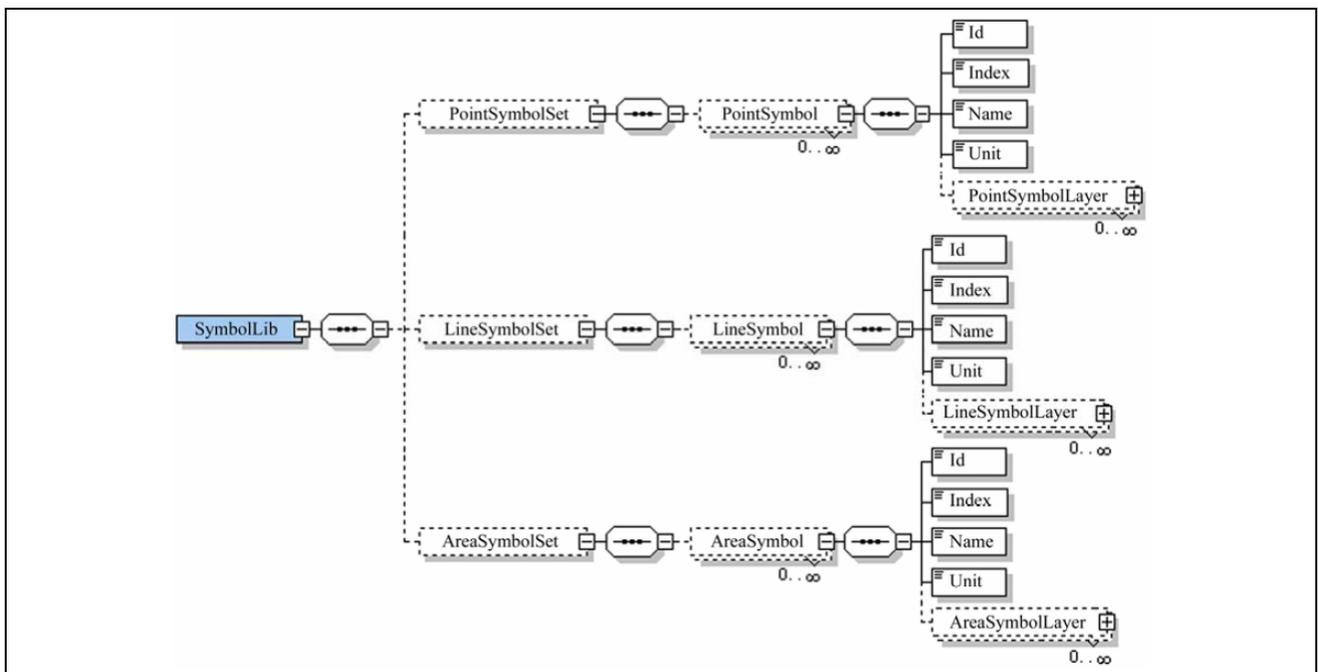


Figura 14. Visualização do XML Schema da biblioteca de símbolos.

Fonte: Li, Su, *et al.* (2009).

Outros diagramas com a representação de cada elemento são detalhados pelos autores e sua contribuição é na criação desses elementos, que visam atender todos os elementos e atributos possíveis para cada tipo de símbolo (ponto, linha e área) (LI, SU, *et al.*, 2009).

3.1.4 Modeling and Application of 3D Map Symbol

Descreve a implementação de uma biblioteca de símbolos 3D, baseados em métodos matemáticos para classificação e linguagem de marcação VRLM para representação no espaço tridimensional. A biblioteca desenvolvida possui diversas funções como, gerenciamento dos tipos de classificação, construção em tempo-real, edição do símbolo e o gerenciamento da própria biblioteca de símbolos, que podem ser conferidas por meio da estrutura apresentada na Figura 15 (CHEN, LI, *et al.*, 2010).

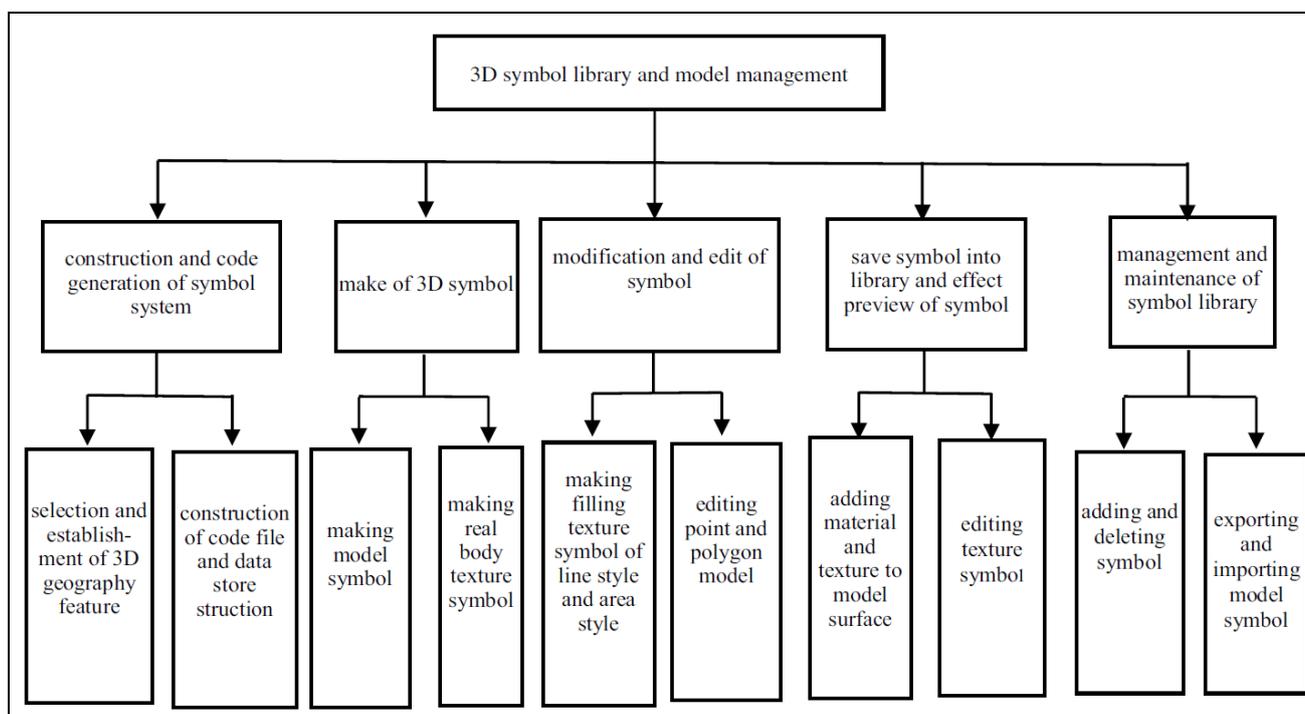


Figura 15. Biblioteca de símbolos 3D e sua estrutura de funções.

Fonte: Chen, Li, *et al.* (2010).

Os autores Chen, Li, *et al.* (2010) concluem o trabalho com alguns aspectos interessantes, como:

- Símbolos 3D são mais intuitivos e realísticos que símbolos 2D;

- Maior facilidade na obtenção de informações referente à elevação do terreno;
- Possibilidade de observação a partir de vários ângulos.

Entretanto, todo o foco do trabalho é na elaboração dos símbolos e mapas 3D, e não na metodologia para criação da biblioteca e compartilhamento da simbologia gerada (CHEN, LI, *et al.*, 2010).

3.1.5 Study on exchange method of CAD point symbols and True Type Font

Propõe um compartilhamento de símbolos de mapas entre aplicações SIG e CAD, por meio da conversão dos símbolos CAD em fontes *TrueType*, posteriormente utilizando-os em aplicações SIG. A justificativa dos autores é que a maior parte dos softwares SIG e CAD suportam fontes *TrueType*, e que estas, por sua vez, são compostas de um caractere, um glifo (forma que representa o caractere) e um contorno, suficiente para retratação de um símbolo do tipo ponto (CHEN, ZHANG, *et al.*, 2010).

Na Figura 16 é possível visualizar o mapeamento utilizado no processo de conversão de um símbolo CAD em caracteres de uma fonte *TrueType*, e na Figura 17 é possível visualizar o resultado de algumas dessas conversões na prática (CHEN, ZHANG, *et al.*, 2010).

O trabalho discute o compartilhamento de símbolos de uma maneira no mínimo diferente, por meio de fontes *TrueType*, que resultou números positivos e mostrou a viabilidade de converter símbolos CAD (do tipo ponto) em caracteres de fontes de texto, provendo uma nova abordagem para criação de uma biblioteca de simbologias de mapas. Entretanto, para que possam ser compartilhados os símbolos gerados precisam ser compartilhados por troca de arquivo (e-mail, FTP, etc...), não existindo uma forma automatizada para que seja possível o seu compartilhamento (CHEN, ZHANG, *et al.*, 2010).

Vale ressaltar também que o trabalho do item 3.1.3 (*Approach to general data model of GIS symbol library and symbol library data exchange XML schema*) foi citado pelos autores neste trabalho, assim como o padrão OGC *Styled Layer Descriptor Profile* (SLD, 2007; CHEN, ZHANG, *et al.*, 2010).

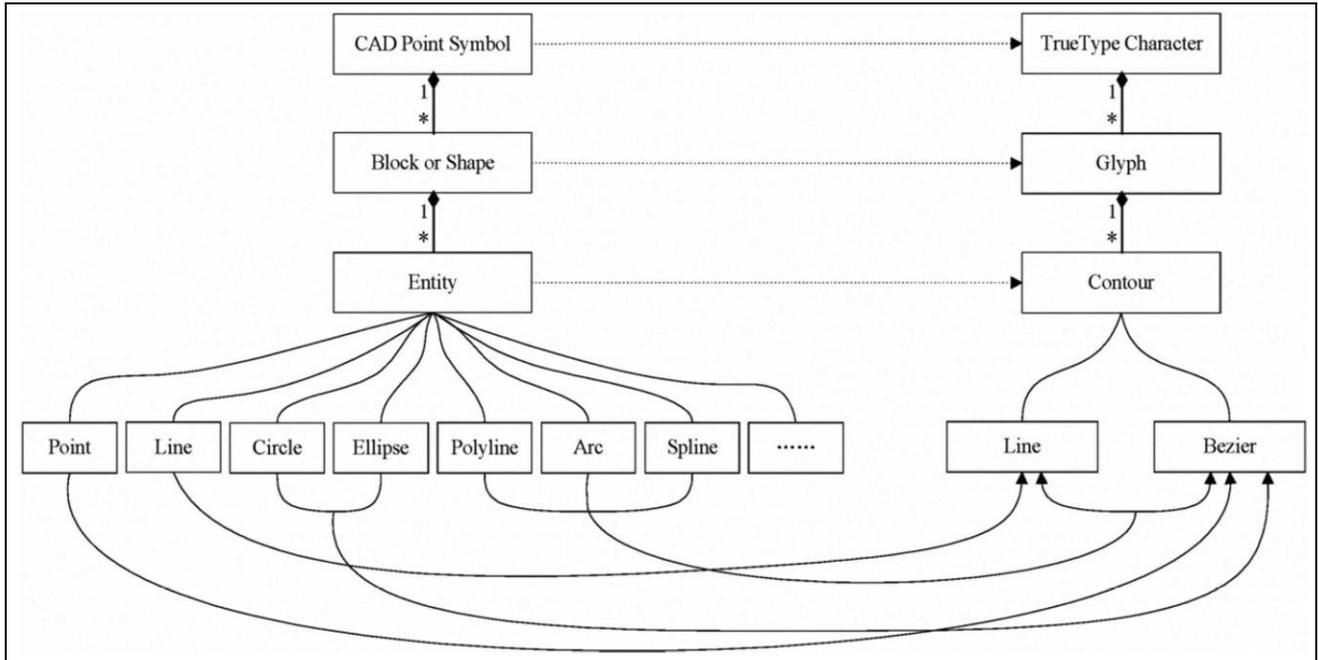


Figura 16. Mapeamento dos pontos CAD em caracteres TrueType.

Fonte: Chen, Zhang, *et al.* (2010).

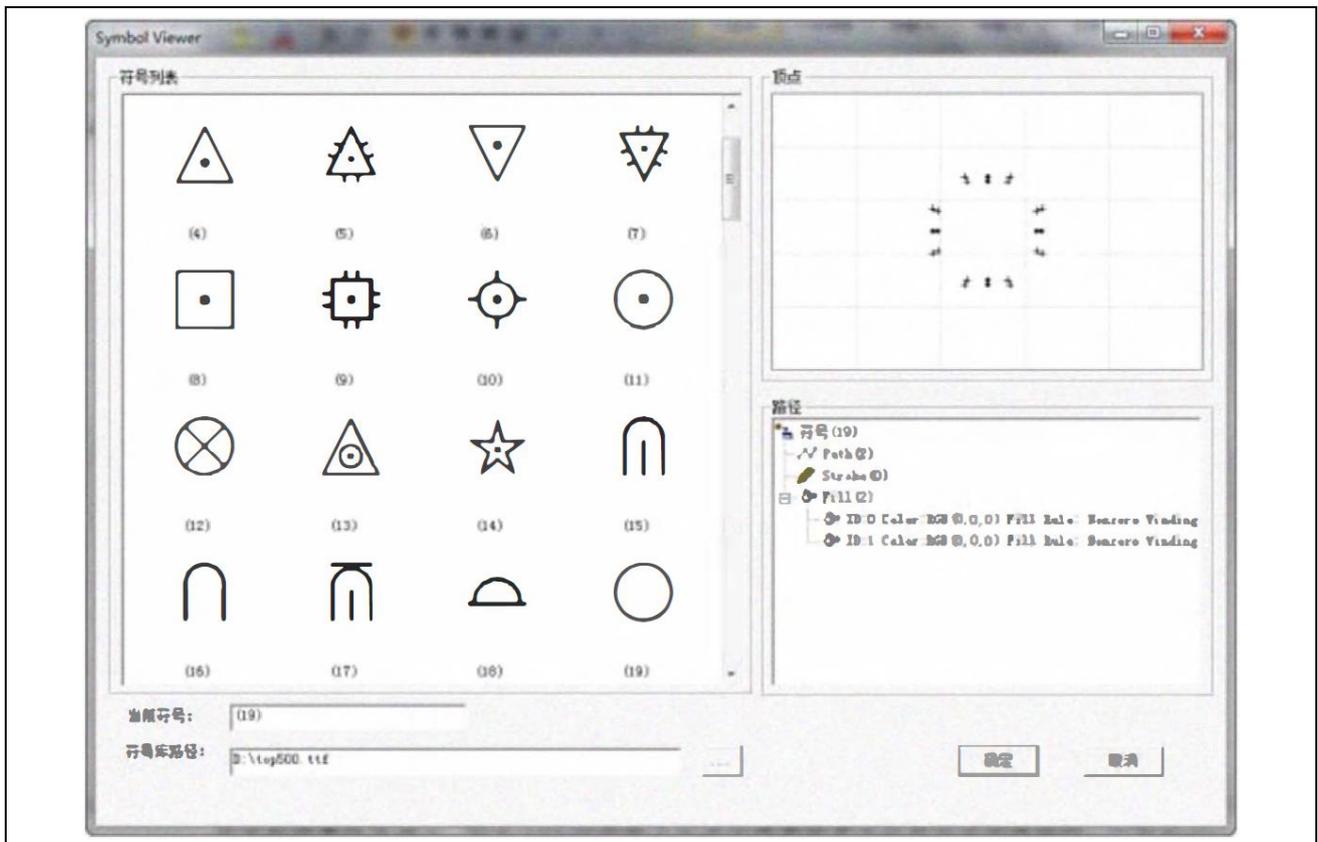


Figura 17. Resultado da conversão de símbolos CAD em fonte TrueType.

Fonte: Chen, Zhang, *et al.* (2010).

3.1.6 The Research on Representation and Realization of Map Symbol Based on Text

Apresenta algumas regras descritivas de uma biblioteca de simbologia de mapas aplicada em uma planilha de texto, visando o compartilhamento dos símbolos em diferentes plataformas (DANG, DANG e WU, 2011).

As variáveis para descrição dos atributos visuais foram baseadas em Bertin, como por exemplo, preenchimento, tamanho, direção, cor, brilho e densidade na forma de pontos, linhas e áreas. Para a estruturação do texto foi utilizada a linguagem de marcação BNF (*Backus Naur Form*) (DANG, DANG e WU, 2011).

Os autores concluem justificando que seu trabalho supre a necessidade de compartilhar símbolos entre diferentes plataformas, e que por meio do seu conjunto de regras descritas em um arquivo de texto se torna fácil à interpretação por sistemas SIG, bastando apenas algum intermediador para interpretação do texto descrito utilizando a linguagem BNF (DANG, DANG e WU, 2011).

3.2 ANÁLISE E RESULTADOS

Após o estudo e análise dos seis artigos primários contemplados nos critérios de seleção, foi possível responder as perguntas de pesquisa definidas no protocolo que segue em conjunto com o mapeamento sistemático no Apêndice A.

A primeira pergunta diz respeito a iniciativas para criação de serviços web que visassem o compartilhamento de símbolos de mapas, e foi respondida de forma negativa, uma vez que não foi encontrada nenhuma abordagem que atendesse tais critérios. O objetivo desta questão de pesquisa era descobrir se existia algum estudo a respeito de um padrão que definisse o compartilhamento de símbolos de mapas, mais precisamente por meio de serviços web, uma vez que padrões para a escrita destes símbolos já são conhecidos, como o Symbology Encoding (2006) e o Styled Layer Descriptor Profile (2007).

Na segunda pergunta bucou-se encontrar padrões que definissem bibliotecas de simbologias de mapas, uma vez que seria totalmente aceitável que já tivesse sido desenvolvido algo a este

respeito, de modo a facilitar de alguma forma o compartilhamento dos mesmos, e a resposta para esta pergunta foi positiva em quatro dos seis trabalhos encontrados.

Uma última pergunta foi feita visando descobrir quais países têm apresentado trabalhos sobre padrões de informações geoespaciais relacionados a serviços ou bibliotecas de símbolos, e como resposta, foi descoberto que a China é o país com maior número de trabalhos relacionados a esta necessidade em específica, com 83% (5), seguida pelo Canadá com 17% (1).

No Quadro 4, é apresentado um comparativo entre os estudos primários, representados pela sigla EP (Estudo Primário), o número da sessão na qual foi descrita e o seu ano de publicação, em conjunto com o trabalho criado nesta dissertação. Esta análise buscou mostrar a contribuição de cada um dos trabalhos, identificando as tendências da área e as lacunas ainda em aberto, e não necessariamente fazer uma comparação entre eles. Como critérios de tabulação, foram utilizados todos os identificados como básicos para atender a necessidade do compartilhamento dinâmico de simbologias de mapas, conforme descrito a seguir:

- Possuir acesso online: de modo a atender diversas plataformas e efetivamente alcançar um compartilhamento sem limites físicos.
- Seguir os padrões OGC: para manter a consistência e confiabilidade das informações utilizando padrões já consagrados e mantendo uma linguagem já legível a muitos.
- Ser dinâmico: para suprir as diferenças de nomenclatura dos atributos e geometrias de geodados com mesmo significado e conseqüentemente mesma representação visual.
- Utilizar o protocolo HTTP: acessível por qualquer navegador de internet sem a necessidade de instalação de softwares, e também atendendo as exigências dos padrões OGC.
- Retorno da informação em formato XML: linguagem para troca de informações mundialmente utilizada, não necessitando um novo aprendizado por parte de quem for consumir as informações, também segue as exigências dos padrões OGC.

Quadro 4. Análise comparativa do estado da arte

Característica / Referência	EP 3.1.1 (2006)	EP 3.1.2 (2008)	EP 3.1.3 (2009)	EP 3.1.4 (2010)	EP 3.1.5 (2010)	EP 3.1.6 (2011)	Este Trabalho
Acessível via Internet	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Dinâmico	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Padrões OGC	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Protocolo	HTTP	<i>Stream</i>	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	HTTP
Formato	XML	Proprietário	XML	Proprietário	Proprietário	Proprietário	XML
Foco da Abordagem	Catálogo de Símbolos	Descrição e Compartilhamento do Símbolo	Descrição do Símbolo	Biblioteca de Símbolos 3D	Descrição do Símbolo	Descrição do Símbolo	Compartilhamento de Símbolos

Na maior parte dos trabalhos, os autores comentam sobre a necessidade de compartilhar a simbologia dos mapas da mesma forma como já ocorre com o compartilhamento dos dados, porém, em quatro dos seis estudos, os autores criaram soluções para um problema que já estava resolvido: uma linguagem para descrever como um símbolo deve ser escrito. Para tal necessidade, o OGC já havia lançado o *Symbology Encoding Standard* (SE, 2006) em julho de 2006, lembrando que estes quatro trabalhos foram publicados em 2008 (julho), 2009, 2010 e 2011, ou seja, no mínimo dois anos depois da publicação do padrão OGC.

Também foi demonstrada uma preocupação em compartilhar o símbolo em múltiplas plataformas, mas com exceção do primeiro trabalho, nenhum outro cogitou a possibilidade de fazer este compartilhamento por meio de serviços web ou de outras maneiras que não necessitassem da criação de ferramentas e padrões proprietários que exigem um esforço de utilização muito grande não somente do provedor como também do cliente.

Os trabalhos que se diferem são o *Modeling and Application of 3D Map Symbol* (3.1.4), que possui uma abordagem referente à criação de uma biblioteca de símbolos 3D, e o trabalho *Symbology Management System* (3.1.1), sendo o estudo mais antigo de todos e o mais similar ao desenvolvido nesta dissertação, possuindo apenas a diferença no foco: um catálogo para o gerenciamento de símbolos; e, como o trabalho foi descontinuado sem quaisquer razões aparentes, aplicou-se o que foi descrito na limitação de escopo deste trabalho: primeiro é preciso possuir uma forma de compartilhamento do símbolo para depois tentar catalogá-lo.

As contribuições dos trabalhos relacionados foram dadas pelo reforço da importância na criação de um serviço de simbologia de mapas, de modo que todos os estudos encontrados

justificaram a carência de um compartilhamento de símbolos de mapas, mostrando ainda tendências, ano após ano, com diferentes autores propondo diferentes soluções para suprir esta necessidade, por mais inconvenientes que possam ter sido.

Com isso, este estudo comprova que o estado da arte, até o momento deste trabalho, não são estudos acadêmicos, mas sim as próprias especificações do OGC e, que existe ainda, uma lacuna para uma solução referente à falta de interoperabilidade de simbologias de mapas entre diferentes aplicações e/ou plataformas de uma forma padronizada e de fácil acesso, que está sendo suprida com uma solução criada nesta dissertação, passando assim, o estado da arte para este documento.

4 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Uma especificação técnica é um detalhamento das funcionalidades de um sistema, demonstrando como estas serão implementadas. Neste trabalho, este detalhamento foi feito por meio de um documento oficial do OGC, modelo número 05-009r2², utilizado para descrever especificações de implementação de serviços web baseadas no padrão OWS (2010). Este modelo contém a metodologia utilizada pelo OGC, assim como dicas para facilitar o entendimento de cada sessão, sendo elas: escopo, aderência, referências normativas, termos e definições, abreviações, notação UML utilizada, visão geral da especificação que está sendo criada e as operações que o serviço web especificado deverá realizar. Frequentemente, em anexo, é disponibilizado uma suíte de testes de conformidade, o(s) XML Schema(s) e modelos UML criados, assim como exemplos de utilização.

O OGC, conforme fundamentado no Capítulo 2.3.3, possui diversas especificações técnicas que, através do consenso do grupo de indivíduos que o forma, viraram padrões internacionais. Dentre estes padrões, três foram frequentemente utilizados na criação desta nova especificação: o OWS (2010), o SLD (item 2.3.3.2) e o SE (item 2.3.3.2).

A seguir são apresentados os principais pontos da especificação técnica desenvolvida neste trabalho, nominada de *Web Symbology Service* – WSS, sendo que a especificação completa está disponível no Apêndice D.

4.1 WEB SYMBOLOGY SERVICE – WSS

Esta especificação de implementação define como um WSS – *Web Symbology Service* – deve ser programado para compartilhar perfis de simbologia (estilos de retratação dos geodados), de modo à interoperá-los entre diferentes plataformas. Em resumo, a função deste serviço é permitir que simbologias escritas no padrão SE (2006) fiquem acessíveis na web por meio de operações de descoberta e consulta.

² Modelo OGC 05-009r2 disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=11092>.

As operações de descoberta permitem que o serviço seja interrogado para determinar suas capacidades, assim como listar quais símbolos estão disponíveis. Já as operações de consulta permitem que os símbolos sejam consumidos, de sua base de armazenamento, por meio de parâmetros restritivos impostos pelo cliente, garantindo assim, que ele consuma somente o que necessitar.

Desta forma, este padrão define duas operações, nominadas de **GetCapabilities** (descoberta) e **GetSymbol** (consulta), que devem ser obrigatoriamente realizadas por um servidor WSS. A primeira é herdada do padrão OWS (2010), no qual todos os serviços OGC são estendidos, e a segunda foi adicionada para permitir que os símbolos armazenados no servidor sejam consumidos. Estas operações são apresentadas no diagrama de classes da Figura 18, e sequencialmente descritas nas sessões seguintes.

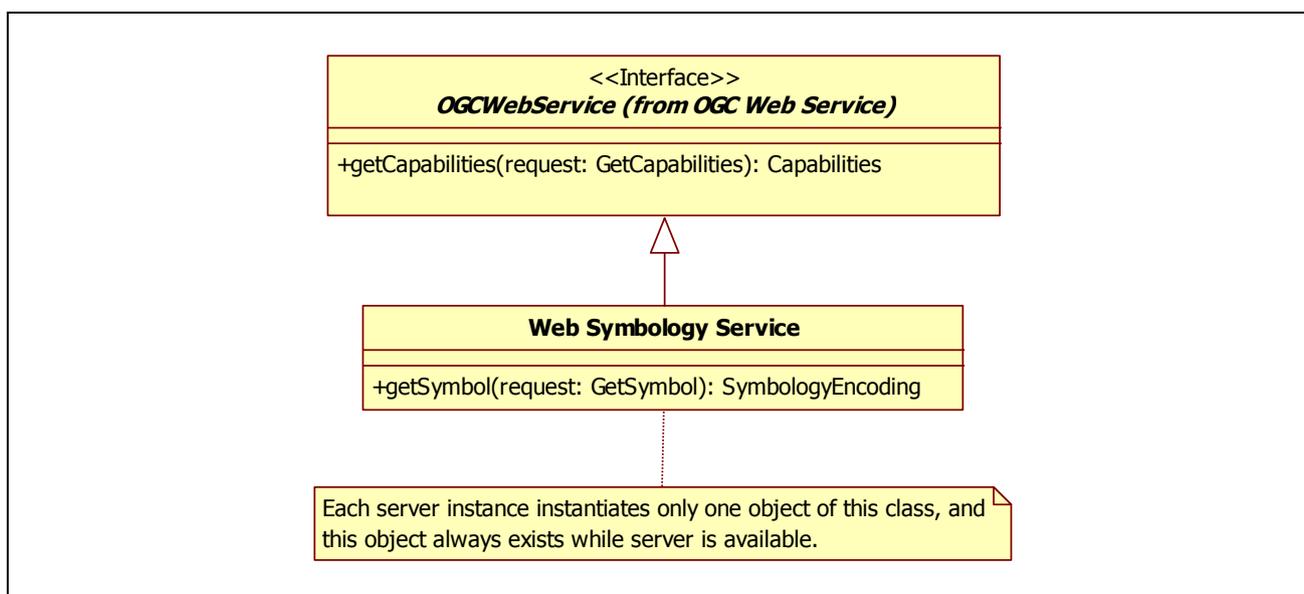


Figura 18. Diagrama UML do serviço WSS.

4.1.1 *GetCapabilities*: operação de descoberta

Permite que um cliente solicite, e receba de volta, metadados do serviço (ou suas capacidades) que descrevem as habilidades do respectivo servidor que, neste caso, está implementando um serviço segundo esta especificação técnica. Não se limitando a isso, esta operação também suporta a negociação de versão da especificação que está sendo usada, para interações entre cliente e servidor.

Esta operação possui duas vias, nas quais deve inicialmente permitir sua requisição e posteriormente retornar uma resposta por meio do protocolo HTTP, sendo conhecidas respectivamente como *request* e *response*. A seguir são apresentados os diagramas e detalhamentos relacionados a estas chamadas.

4.1.1.1 *GetCapabilities Request*

Como descrito anteriormente, o método *GetCapabilities* foi herdado da especificação OWS (2010), já contendo alguns parâmetros que devem ser informados em uma requisição, conforme diagrama de classes da Figura 19. Adicionalmente, foram incluídos dois parâmetros para fins de reduzir a carga do documento de resposta e o parâmetro “*service*” foi sobrescrito para forçar que o seu valor seja igual à sigla “WSS”.

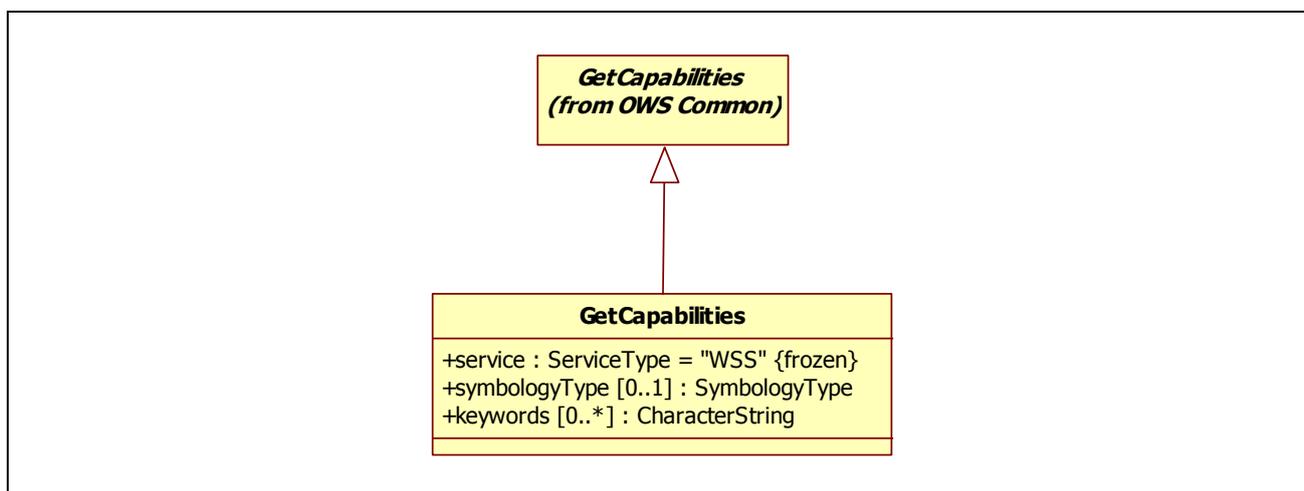


Figura 19. *GetCapabilities Request*.

No Quadro 5 é apresentada uma explicação a respeito de cada um dos parâmetros, inclusive aqueles que já estão presentes na especificação OWS e foram herdados.

Quadro 5. Parâmetros da operação *GetCapabilities request*.

Parâmetro	Uso	Definição
Service=WSS	Obrigatório	Abreviação identificadora do serviço
Request=GetCapabilities	Obrigatório	Nome da operação
AcceptVersions=0.0.1	Opcional Quando omitido, retorna a última versão suportada.	Sequência de uma ou mais versões aceitas pelo cliente, em ordem de preferência.

Sections=SymbolsList	Opcional Quando omitido ou não suportado pelo servidor, retorna o documento de metadados completo.	Lista não ordenada de zero ou mais nomes das sessões que se deseja receber como resposta, separadas com vírgula.
UpdateSequence=XXX (where XXX is character string previously provided by server)	Opcional Quando omitido ou não suportado pelo servidor, retorna o documento de metadados com a última versão.	Versão do documento de metadados retornados pelo servidor. O valor é incrementado sempre que qualquer alteração é feita no documento de resposta.
AcceptFormats= text/xml	Opcional Quando omitido ou não suportado pelo servidor, retorna o documento de metadados em formato "text/xml".	Sequência de zero ou mais formatos desejados pelo cliente, em ordem de preferência.
AcceptLanguages=en-US,pt-BR	Opcional Quando não suportado pelo servidor, retorna os textos no idioma escolhido pelo servidor.	Lista dos idiomas desejados pelo cliente para qualquer texto que não sejam “chaves”, em ordem de preferência.
SymbologyType=Coverage Style	Opcional Quando omitido, retorna todos os tipos de símbolos.	Nome do tipo de simbologia desejada pelo cliente. Deverá ser um dos dois suportados: <i>FeatureTypeStyle</i> ou <i>CoverageStyle</i>
Keywords=rivers,other	Opcional Quando omitido, retorna todos os símbolos.	Lista não ordenada de zero ou mais palavras-chave dos símbolos que compõem a listagem de símbolos, separadas por vírgula.

Um exemplo de uma requisição HTTP-GET desta operação para um servidor WSS pode ser feito como na seguinte URL:

- `http://servidor.br/ows?service=WSS&request=GetCapabilities&acceptVersions=0.0.1&symbologyType=CoverageStyle&keywords=rivers,other`

Lembrando que os únicos parâmetros obrigatórios são o “*service*” e o “*request*”.

4.1.1.2 *GetCapabilities Response*

Da mesma maneira como ocorre na requisição, no documento de resposta também existem alguns atributos herdados da especificação OWS (2010), e adicionalmente foram inseridos os

atributos WSDL (opcional) e *SymbolsList* (obrigatório), que representam sessões do documento de metadados de retorno, apresentado no diagrama de classes da Figura 20.

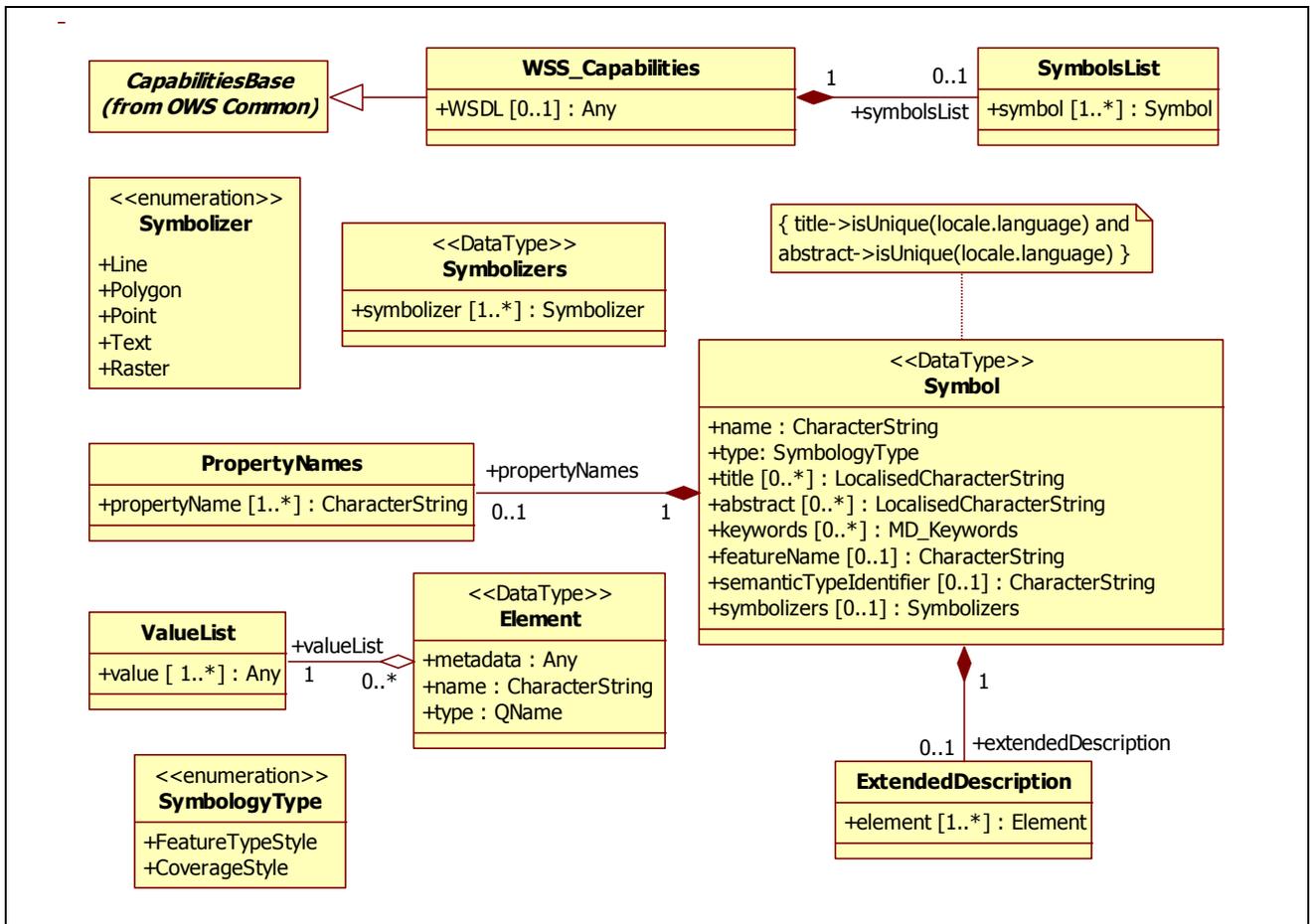


Figura 20. *GetCapabilities* Response.

Os atributos herdados da especificação OWS são o *ServiceIdentification*, *ServiceProvider*, *OperationsMetadata* e *Languages*, que respectivamente dizem respeito a identificação do servidor (nome, descrição, etc.), identificação da organização que está operando o servidor (nome, site, telefone, e-mail, etc.), metadados das operações ofertadas pelo servidor (nome, url) e os idiomas nos quais se está oferecendo suporte.

A sessão referente ao atributo WSDL é opcional e designada para que o servidor possa referenciar um documento WSDL (*Web Services Description Language*) descrevendo as operações fornecidas por ele. Já o atributo *SymbolsList* é designado para descrever a listagem dos símbolos providos pelo servidor. O Quadro 6 apresenta uma descrição de cada um dos atributos que compõem o metadado do símbolo retornado na listagem.

Quadro 6. Descrição do elemento *Symbol* contido no *SymbolsList*.

Nome do Atributo	Descrição
Name	Deve conter o nome do símbolo. Este elemento é obrigatório.
Type	Deve incluir o tipo do símbolo. O valor deve ser um em sua lista de enumeração: <i>FeatureTypeStyle</i> ou <i>CoverageStyle</i> , sendo os tipos de estilo existentes no padrão OGC 05-077r4 (<i>Symbology Encoding Implementation Specification</i>). Este elemento é obrigatório.
PropertyNames	Representa os nomes das geometrias (geralmente uma) e os nomes de outros atributos utilizados para rótulos ou filtros. Esta informação deve ser usada para tradução quando os nomes das propriedades do servidor não coincidem com os nomes das propriedades do cliente. Este elemento é opcional.
FeatureName	Identifica o geodado específico para o qual o estilo foi destinado. Esta informação deve ser usada para tradução quando o nome do geodado do servidor não coincide com o nome do geodado no cliente.
SemanticTypeIdentifier	Este é um elemento experimental do padrão OGC <i>Symbology Encoding</i> e se destina a identificar que o estilo é destinado a um uso genérico. Por exemplo, um único estilo pode ser adequado para muitos tipos de geometrias diferentes, como “ <i>generic:line</i> ”, “ <i>generic:polygon</i> ”, “ <i>generic:point</i> ”, “ <i>generic:text</i> ”, “ <i>generic:raster</i> ”, and “ <i>generic:any</i> ”, não necessariamente retratando uma geometria em específico, mas sim um conjunto de geometrias de um determinado tipo.
Symbolizers	Contém uma lista de simbolizadores utilizados para descrever como um geodado aparecerá em um mapa. O valor pode ser um dos cinco: <i>Line</i> , <i>Polygon</i> , <i>Point</i> , <i>Text</i> e <i>Raster</i> , e podem existir mais de um tipo dependendo das regras do símbolo.
Title	Uma lista não ordenada de zero ou mais títulos legíveis que brevemente identificam o símbolo. O atributo <i>xml:lang</i> pode ser usado para especificar um idioma para o título. Se mais de um título estiver na lista, cada título deve ter um valor diferente para o atributo <i>xml:lang</i> .
Abstract	Uma lista não ordenada de zero ou mais resumos. Cada elemento é uma narrativa descritiva contendo mais informações sobre o símbolo. O atributo <i>xml:lang</i> pode ser usado para especificar um idioma para o resumo. Se mais de um resumo for listado, cada um deve ter um valor diferente para o atributo <i>xml:lang</i> .
Keywords	Contém palavras curtas para auxiliar a pesquisa em um catálogo.
ExtendedDescription	Um WSS pode adicionar elementos para a descrição de um símbolo sem a necessidade de redefinir o esquema de suas capacidades, usando o elemento <i>ExtendedDescription</i> . Ele contém um ou mais elementos chamados de <i>Element</i> , que inclui um atributo <i>name</i> , um atributo <i>type</i> e uma lista de um ou mais valores para o chamado: elemento descritivo estendido. O atributo <i>name</i> é usado para designar o nome do elemento descritivo estendido. O atributo <i>type</i>

Nome do Atributo	Descrição
	<p>é usado para designar um tipo para os valores contidos na lista do elemento descritivo estendido. O tipo deve ser retirado da lista de <i>built-in types</i> definidos pelo padrão W3C XML Schema (2012). O <i>Element</i> também inclui um elemento <i>Metadata</i> que é utilizado para referenciar metadados que descrevem o próprio <i>Element</i>. O elemento <i>ExtendedDescription</i> se destina a ser utilizado por comunidades com o interesse de personalizar a descrição de um símbolo para fins específicos ou por fornecedores que desejam adicionar informações específicas do fornecedor. Em todos os casos, os clientes devem ser capazes de ignorar todos os elementos descritivos estendidos. Cada <i>Element</i> adicionado à descrição de um símbolo deve ser acompanhado por um elemento <i>Metadata</i> oferecendo metadados descritivos sobre o elemento adicionado.</p>

Em suma, uma operação *GetCapabilities* retorna um documento contendo metadados que descrevem, desde a especificações do servidor e de quem o mantém, até uma lista (*SymbolsList*) do conteúdo (*Symbol*) disponibilizado pelo servidor.

4.1.1.3 Exceções

Quando um servidor encontrar um erro processando uma operação *GetCapabilities*, ele deve retornar uma mensagem de exceção conforme definido na Tabela 8 da especificação OGC número 06-121r9 de 2010.

4.1.1.4 Considerações

Uma das principais justificativas da existência desta operação é que nem todas as operações definidas por uma especificação técnica são obrigatórias, ou até mesmo alguns atributos e, desta forma, o cliente poderá saber exatamente o que está sendo oferecido por aquele servidor em específico, assim como sabem quem é o mantenedor do servidor. Outra funcionalidade primordial é a listagem dos dados (conteúdo) oferecidos, dos quais o cliente irá consumir por meio da operação de consulta, definida a seguir.

4.1.2 *GetSymbol*: operação de consulta

Permite que um cliente solicite, e receba de volta, um símbolo armazenado no servidor. O serviço WSS processa a requisição *GetSymbol* e retorna um documento que consiste em um

Symbology Encoding (SE, 2006), satisfazendo os valores especificados pelo cliente, ou caso não encontre nenhum símbolo que satisfaça, retorna uma exceção.

Assim como a operação *GetCapabilities*, esta operação também possui duas vias, nas quais permite sua requisição e posteriormente retorna uma resposta, por meio do protocolo HTTP, conhecidas respectivamente como *request* e *response*. A seguir são apresentados os diagramas e detalhes relacionados a estas chamadas.

4.1.2.1 *GetSymbol Request*

Este método herda as propriedades de uma requisição base denominada *BaseRequest*, que contém atributos comuns a outras possíveis operações que possam surgir no futuro. O diagrama de classes completo pode ser visto na Figura 21, contendo todos os parâmetros possíveis de serem utilizados por um cliente em uma requisição *GetSymbol*.

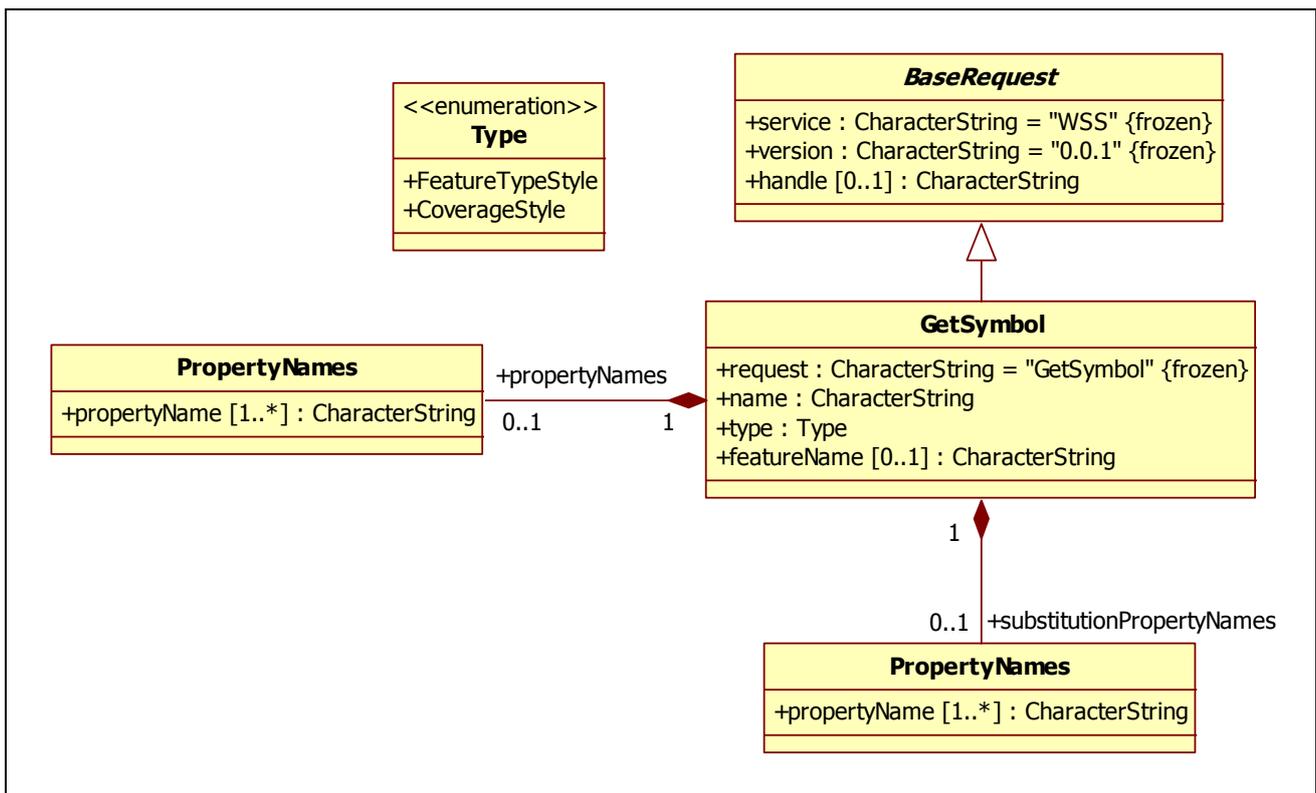


Figura 21. *GetSymbol Request*.

No Quadro 7 é apresentada uma explicação a respeito de cada um dos parâmetros listados no diagrama acima, inclusive aqueles herdados da classe *BaseRequest*.

Quadro 7. Parâmetros da operação *GetSymbol request*.

Parâmetro	Uso	Definição
Service=WSS	Obrigatório	Abreviação identificadora do serviço
Version=0.0.1	Obrigatório	Indica qual versão da especificação WSS está sendo utilizada para negociação com o servidor
Handle=XXX	Opcional	Permite ao cliente associar um mnemônico para um possível gerenciamento de erros
Request=GetCapabilities	Obrigatório	Nome da operação
Name=Symbol	Obrigatório	Texto não nulo contendo o nome do símbolo desejado.
Type=FeatureTypeStyle	Obrigatório	Tipo de simbologia desejada pelo cliente. Deverá ser um dos dois suportados: <i>FeatureTypeStyle</i> ou <i>CoverageStyle</i>
FeatureName=geodado	Opcional	Nome do geodado para o qual o estilo foi destinado. Caso não informado, o símbolo não conterá tal informação.
PropertyNames=geometry, symbology	Opcional	Lista não ordenada de zero ou mais nomes, separados por vírgula, das propriedades que representam as geometrias (geralmente uma) ou atributos utilizados em rótulos ou filtros.
SubstitutionPropertyNames = geometria, simbologia	Opcional	Lista de zero ou mais nomes, separados por vírgula, que substituirão os os nomes das propriedades listadas no atributo acima, na respectiva ordem.

Um exemplo de uma requisição HTTP-GET desta operação para um servidor WSS pode ser feito como na seguinte URL:

- `http://foo.bar/foo?service=WSS&request=GetSymbol&version=0.0.1&name=symbol,type=FeatureTypeStyle&featureName=feature&propertyNames=geometry,symbology&substitutionPropertyNames=geometria,simbologia`

Lembrando que os únicos parâmetros obrigatórios são o “*service*”, “*version*”, “*request*”, “*name*” e “*type*”.

4.1.2.2 *GetSymbol Response*

A resposta para uma requisição *GetSymbol* de sucesso é um documento contendo um símbolo descrito no formato OGC Symbology Encoding (SE, 2006), conforme representado nos diagramas da Figura 22. Adicionalmente, é esperado ser uma estrutura de dados no qual o tipo seja o mesmo que o cliente tenha solicitado, sendo um dos dois possíveis: *FeatureTypeStyle* ou *CoverageStyle*, segundo o padrão SE (2006).

Ainda, o nome do atributo *FeatureTypeName* ou *CoverageName* deverá ser o *FeatureName* informado pelo cliente (caso informado), assim como os nomes das propriedades (*PropertyName*) deverão ser os mesmos informados no parâmetro *SubstitutionPropertyNames* (caso informados).

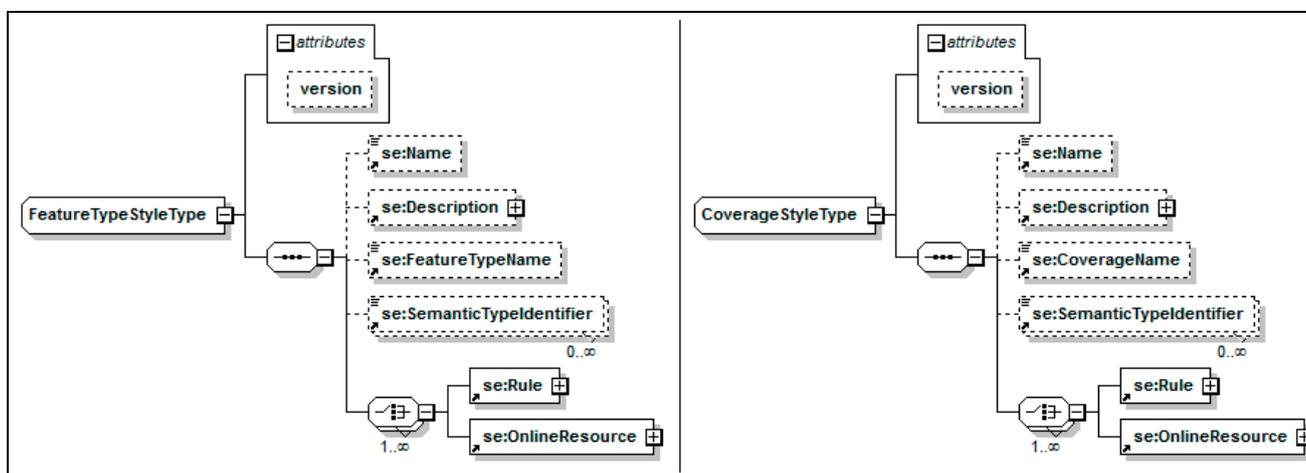


Figura 22. XML Schema dos elementos *FeatureTypeStyle* e *CoverageStyle*, respectivamente.

Fonte: Adaptado de *Symbology Encoding* (SE, 2006).

Em suma, uma operação *GetSymbol* retorna um documento contendo o símbolo solicitado pelo cliente, e pode ser utilizado diretamente em um navegador de Internet, dentro de um SLD (mostrado mais a frente na Figura 23) ou em qualquer outra aplicação criada pelo cliente.

4.1.2.3 Exceções

Quando um servidor encontrar um erro processando uma operação *GetSymbol*, ele deve retornar uma mensagem de exceção conforme especificado na sessão 7.4 do padrão OGC número 05-008. Os códigos de exceção permitidos são os definidos no Quadro 8, sendo os quatro primeiros códigos provenientes da Tabela 20, sessão 8.3 da especificação OGC número 05-008.

Quadro 8. Códigos de exceção para a operação *GetSymbol*.

Código de Exceção	Significado	Valor do atributo “locator”
OperationNotSupported	A operação solicitada não é suportada por este servidor	Nome da operação não suportada
MissingParameterValue	A operação solicitada não inclui um valor para o parâmetro e este servidor não declara um valor padrão	Nome do parâmetro sem valor
InvalidParameterValue	A operação solicitada contém um valor inválido para o parêmtro	Nome do parâmetro com o valor inválido
NoApplicableCode	Nenhum outro código de exceção foi especificado por este serviço e o servidor aplicou esta exceção	Nada, omitir o parâmetro “locator”
SymbolNotFound	O símbolo solicitado não existe neste servidor com o tipo solicitado	Nome do símbolo não encontrado e o seu respectivo tipo

4.1.2.4 Considerações

Esta operação é necessária para que o cliente possa consumir os símbolos providos pelo servidor, e encontrados por meio da operação *GetCapabilities*.

4.2 ANÁLISE DOS PADRÕES WMS E SLD

Como descrito no Capítulo 2 item 2.3.3.2 o padrão SLD é responsável por aplicar um estilo (símbolo) a uma camada e, para que possa se comportar como um cliente do WSS, consumindo seus símbolos, precisa fazer requisições HTTP-GET ou HTTP-POST, informando os parâmetros necessários.

Inicialmente não se conhecia uma forma de fazer isso sem que o padrão SLD tivesse que ser obrigatoriamente alterado, entretanto, analisando a especificação técnica do padrão, assim como seu XML Schema, descobriu-se o atributo “OnlineResource”, definido pelo padrão SE, que permite o vínculo de um símbolo de modo externo. Conforme apresentado na Figura 23, ao invés da descrição *inline* do símbolo, por meio dos atributos “FeatureTypeStyle” ou “CoverageStyle”, é possível utilizar o atributo “OnlineResource” para fazer uma requisição HTTP a um arquivo XML externo (por meio do parâmetro “href”) contendo a descrição do símbolo em um dos dois formatos (*FeatureType* ou *Coverage*).

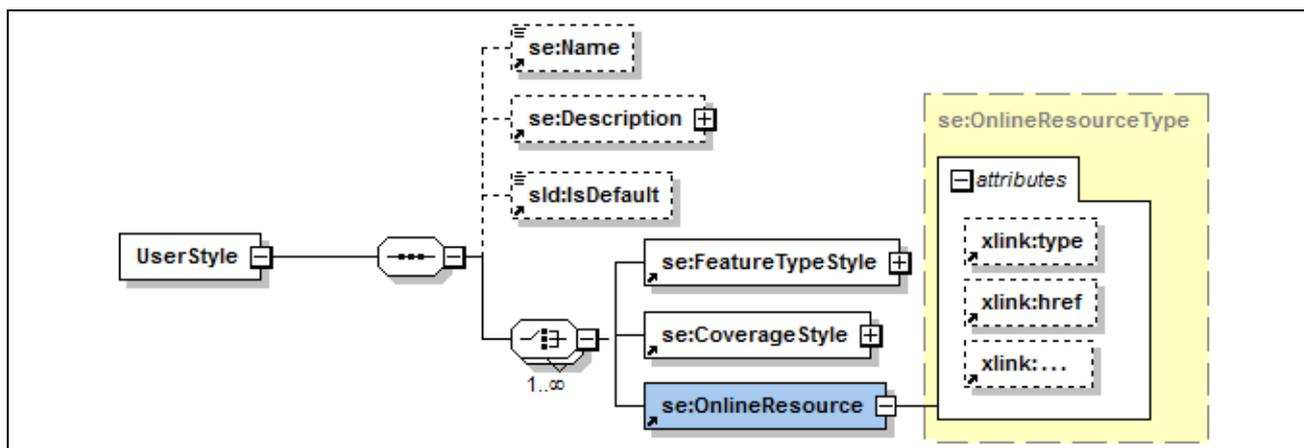


Figura 23. XML Schema do atributo "UserStyle" em um SLD.

Desta forma, é possível requisitar, não somente um arquivo XML externo, mas também um serviço WSS, consumindo assim símbolos providos por esse serviço sem que seja necessária qualquer alteração no padrão SLD já existente.

4.3 CONSIDERAÇÕES

Para atender aos objetivos deste trabalho com clareza total do estado da arte além do mapeamento sistemático, as especificações do SLD (item 2.3.3.2) e SE (item 2.3.3.2) foram lidas e relidas na íntegra durante todo o desenvolvimento da dissertação até que se obtivesse um conhecimento exato de cada minuciosidade definidas por estas especificações, que são exclusivas às simbologias dos mapas.

Foi percebido que existe uma preocupação por parte do OGC a respeito deste assunto, ao contrário do que se imaginava no início deste trabalho. Os padrões foram totalmente projetados pensando, não somente em suas utilizações, mas também na reutilização das simbologias contidas nos documentos SLD e SE, inclusive os autores mencionam diversas vezes termos como “biblioteca”.

Um fator que afirma esta constatação, é o atributo “UseSLDLibrary” do padrão SLD, que permite uma referência a outro documento SLD externo, possibilitando a utilização dos seus símbolos por meio do atributo “NamedStyle”, ao invés de reescrevê-los internamente utilizando o atributo “UserStyle”. Entretanto, tal funcionalidade não está implementada pelos servidores de mapas.

No Quadro 9 é apresentado um exemplo desta situação, onde, na esquerda, tem-se o arquivo “sld1.sld” contendo a definição de um estilo por meio do atributo “UserStyle” denominado “Estilo”. Já na direita, no arquivo “sld2.sld”, é feita a importação do arquivo “sld1.sld” por meio do atributo “UseSLDLibrary” e, logo abaixo, o estilo denominado “Estilo”, definido no primeiro arquivo, é referenciado por meio do atributo “NamedStyle”.

Quadro 9. Utilização do atributo UseSLDLibrary por um SLD.

sld1.sld	sld2.sld
<pre> <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <sld:StyledLayerDescriptor version="1.1.0"> <sld:NamedLayer> <se:Name>Geodado</se:Name> <sld>UserStyle> <se:Name>Estilo</se:Name> <se:FeatureTypeStyle> <se:Rule> <se:LineSymbolizer> [...] </se:LineSymbolizer> </se:Rule> </se:FeatureTypeStyle> </sld>UserStyle> </sld:NamedLayer> </sld:StyledLayerDescriptor> </pre>	<pre> <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <sld:StyledLayerDescriptor version="1.1.0"> <sld:UseSLDLibrary> <se:OnlineResource href="sld1.sld"/> </sld:UseSLDLibrary> <sld:NamedLayer> <se:Name>Geodado</se:Name> <sld:NamedStyle> <se:Name>Estilo</se:Name> </sld:NamedStyle> </sld:NamedLayer> </sld:StyledLayerDescriptor> </pre>

Em um primeiro momento, a utilização pode parecer complexa, mas funciona de uma forma muito simples e similiar a um arquivo HTML (HTML-CSS, 2013) utilizando classes de estilos provenientes de um arquivo CSS (HTML-CSS, 2013) externo.

Também é informado na especificação oficial do SLD (2007) que o atributo NamedStyle está no mesmo nível semântico do atributo UserStyle, e que em um certo sentido, ele pode ser pensado como uma referência a um documento UserStyle que está armazenado dentro de um servidor de mapas, ou seja, este atributo permite um compartilhamento de símbolos armazenados dentro de um mesmo servidor, entretanto, os servidores de mapas também não suportam tal funcionalidade, e tem-se aqui um problema ainda mais simples não pensado no início deste trabalho: o compartilhamento de simbologias não ocorre nem mesmo dentro do próprio servidor.

O servidor de mapas GeoServer, que possui um certificado “OGC Compliant”, até esse momento, não possui um suporte completo e conciso de toda a especificação do SLD, passando uma impressão errada aos seus usuários, já que dificilmente um usuário irá checar a especificação OGC oficial. Isto fica claramente percebido nos trabalhos relacionados e nos fóruns da comunidade

em geral que almejam uma funcionalidade que, em parte, já está especificada há anos, porém ainda não implementada.

Uma observação em decorrência disto, é que os usuários acreditam que o símbolo é o próprio SLD (chamados de “*Styles*” pelos sistemas), enquanto na verdade é o SE. O SLD é um padrão que “apenas” permite associar um símbolo a uma camada (contendo geodados). Mas, esta é apenas uma observação do autor sem base estatística.

5 IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo contempla o detalhamento no desenvolvimento de um serviço web necessário para validar a especificação técnica criada neste trabalho e disponibilizada no Apêndice D, conforme descrito no Capítulo 6 – Resultados. Adicionalmente, foram feitas alterações em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), já disponível no mercado, de modo que ele pudesse consumir as simbologias providas pelo serviço desenvolvido.

O serviço web foi acoplado ao servidor de mapas GeoServer (2011), uma vez que, este tipo de servidor, já possui outros serviços e funcionalidades complementares, conforme descrito a seguir.

5.1 DESENVOLVIMENTO DO SERVIÇO WEB NO GEOSERVER

Atualmente o GeoServer armazena as simbologias dentro de um arquivo SLD, enquanto o ideal seria fazer uso do atributo “NamedStyle” definido na especificação do SLD (2007), conforme discutido na sessão 4.3. Desta forma não seria necessário o uso do serviço WSS para compartilhamento local, a não ser que fosse requerido algum recurso oferecido no serviço, como a tradução de nomenclaturas. Como o GeoServer não estava preparado para isso, e a especificação técnica não define a implementação de um serviço web a esse nível de informação, ele foi desenvolvido com base na estrutura de dados já existentes, visando fatores como: agilidade na implementação, menor impacto no sistema e consequente possibilidade de disponibilização de um plugin para utilização por terceiros, sem que todo o sistema precise ser atualizado.

Seguindo um tutorial oficial disponibilizado³ no site do GeoServer, assim como sua documentação oficial, foi dado início ao desenvolvimento do serviço web, que utiliza como padrão o OGC *Web Services Common Standard* (OWS, 2010). Este serviço consistiu nas duas operações disponibilizadas na especificação do WSS (Apêndice D), que em ambos os casos, consultaram os estilos previamente armazenados em arquivos SLDs. Para navegação nos documentos SLD, primeiramente eles foram transcritos para uma estrutura DOM (*Document Object Model*), e

³ Disponível em: <<http://docs.geoserver.org/stable/en/developer/programming-guide/ows-services/implementing.html>>.

posteriormente foi utilizada a linguagem W3C XML *Path Language* (XPATH, 1999), diferentemente do que é abordado em outros serviços no GeoServer, que utilizam navegações na estrutura DOM por meio de laços de repetição. Assim, o servidor de mapas GeoServer passou a possuir um novo serviço web, sendo o WSS, capaz de percorrer os arquivos SLDs já persistidos em seu sistema, retornando ao cliente a informação que foi solicitada, de modo que os próprios SLDs pudessem fazer referência a estes símbolos utilizando o novo serviço de simbologia, permitindo deste modo, o compartilhamento e busca específica da simbologia desejada.

5.2 PLUGIN PARA O SIG OPENJUMP

O OpenJUMP é um sistema de informação geográfica simples, que possibilita a criação de informação com poucos cliques do mouse, e por padrão, permite a importação e exportação de arquivos SLD, assim como a alteração total dos estilos importados dos SLDs utilizando recursos visuais simples e intuitivos. Um dos aspectos considerados na sua escolha para servir de cliente do serviço implementado neste trabalho, não citado anteriormente, foi o fato dele possuir uma funcionalidade que permite a importação e interpretação de símbolos embutidos em arquivos SLD.

Suas únicas limitações estavam na possibilidade de importar apenas documentos no formato SLD e provenientes de arquivos previamente salvos no computador, assim como também continha um erro na requisição de imagens externas (geralmente referenciadas por alguns estilos). Com o plugin desenvolvido, ele passou a permitir a importação de documentos provenientes de um serviço WSS, assim como passou a interpretar documentos também no formato SE, possibilitando o consumo direto de símbolos fornecidos pelo serviço desenvolvido na sessão 5.1. A nova funcionalidade pode ser visualizada na Figura 24.

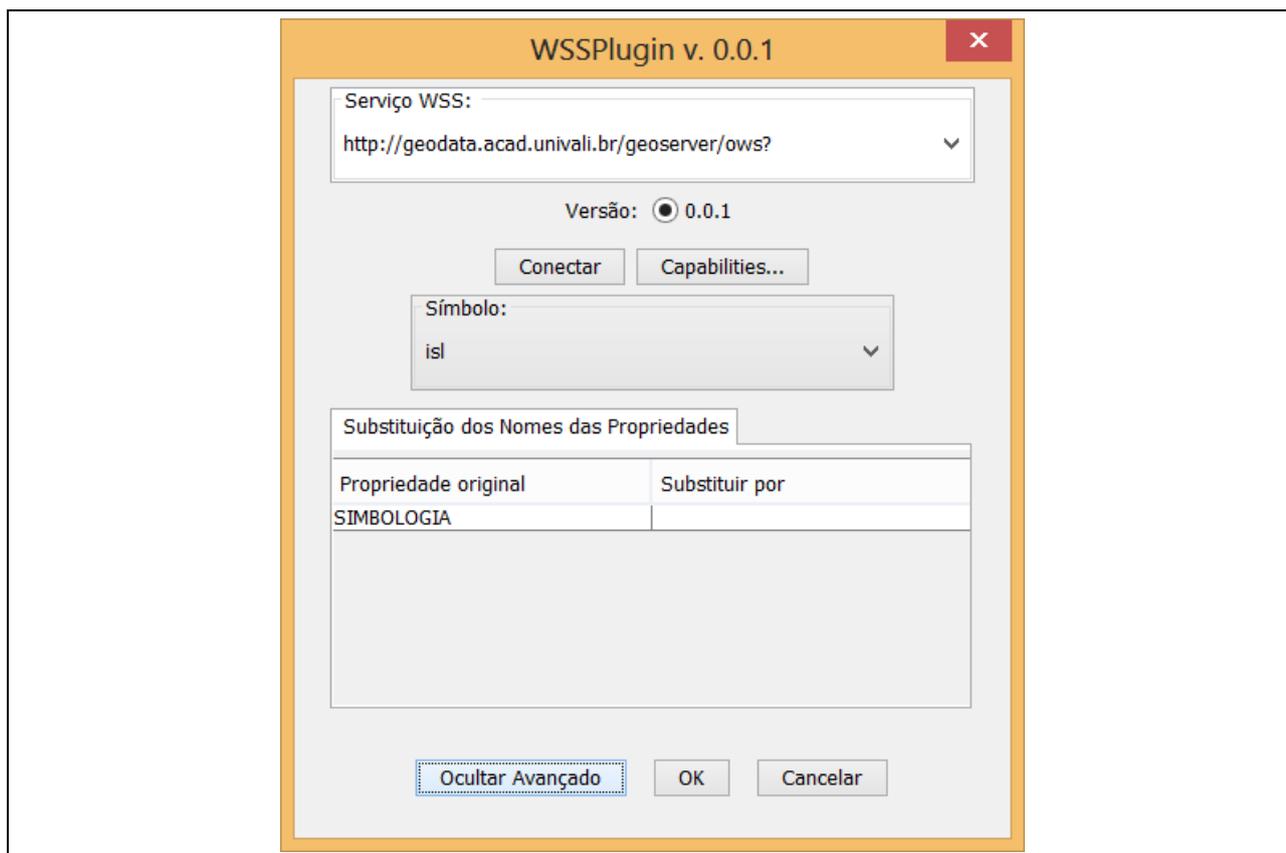


Figura 24. Importação de um símbolo por meio de um serviço WSS no OpenJUMP.

Com isso foi possível realizar testes de consumo de simbologias provenientes de um servidor externo diretamente dentro de uma ferramenta SIG já conhecida no mercado, conforme apresentado no Capítulo 6 .

5.3 CONSIDERAÇÕES

Uma observação muito interessante é que o GeoServer suporta a instalação de um serviço web como *plugin*, bastando adicionar o arquivo “.jar” do serviço criado dentro da pasta “lib” no diretório de instalação do GeoServer (reiniciando o servidor em seguida), para que o novo serviço já esteja funcionando. Isto foi feito neste trabalho, e o plugin foi disponibilizado no endereço <http://geodata.acad.univali.br/wss>.

Por último, uma consideração a respeito do GeoServer, é que diferentemente do OpenJUMP, ele é muito mais complexo de se desenvolver. Talvez pela alta complexidade de organização do projeto devido à utilização do Apache Maven (2012), um gerenciador de projetos baseado no conceito POM – *Project Object Model*, que aumentou muito a curva de aprendizagem em todo o

processo. Por outro lado, o OpenJUMP foi possível de ser alterado e compilado com muito menos esforço inicial do que o despendido no GeoServer, uma vez que não utiliza nenhuma metodologia diferente da programação orientada a objetos convencional.

6 RESULTADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação e à discussão dos resultados experimentais de modo a permitir: a avaliação da contribuição deste trabalho, o alcance dos objetivos e a verificação da hipótese de pesquisa, uma vez que se utilizou como método científico o hipotético-dedutivo. Em suma, buscou-se comprovar, a possibilidade de aplicação de um novo meio para o compartilhamento de simbologias de mapas baseadas no padrão *OpenGIS Symbology Encoding Standard* (SE, 2006), e conforme descrito no Capítulo 1, sessão 1.3, quando se desenvolve uma teoria, onde é necessária a interpretação dos resultados por meio da descrição de significados alcançados em testes aplicados, se tem uma subjetividade dos resultados, não sendo possível mensurar dados estatísticos através de números, e desta forma, utilizou-se uma abordagem de pesquisa qualitativa.

Para maior organização deste capítulo, ele foi subdividido em quatro partes correlacionadas, referentes ao planejamento utilizado para garantir o cumprimento da verificação da hipótese de pesquisa, a descrição de um estudo de caso e a execução do experimento com a amostragem de dados obtidos e, por último, uma discussão a respeito das sessões anteriores.

6.1 PLANEJAMENTO

O quarto objetivo específico, definido no início deste trabalho, buscou garantir à criação de cenários de validação que verificassem a hipótese de pesquisa, listada novamente a seguir:

- H1 – É viável compartilhar simbologias de mapas descritas no padrão *OpenGIS Symbology Encoding* (SE, 2006) utilizando serviços web, de forma que, além do compartilhamento, exista também a possibilidade de descoberta e busca específica da simbologia desejada.

Como resultado final obteve-se dois cenários distintos apresentados na Figura 25 e Figura 26, onde, o Cenário 1 (Figura 25), garante que a forma como as operações já funcionam hoje não foi alterada e, o Cenário 2 (Figura 26), garante a verificação da hipótese de pesquisa.

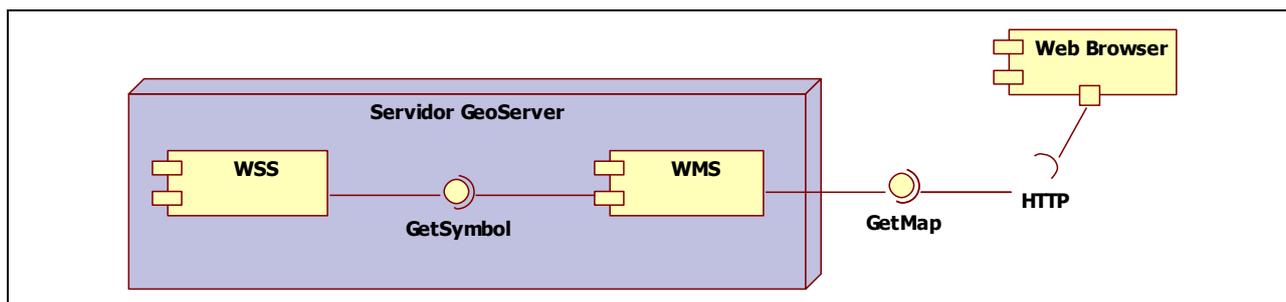


Figura 25. Cenário de Validação 1.

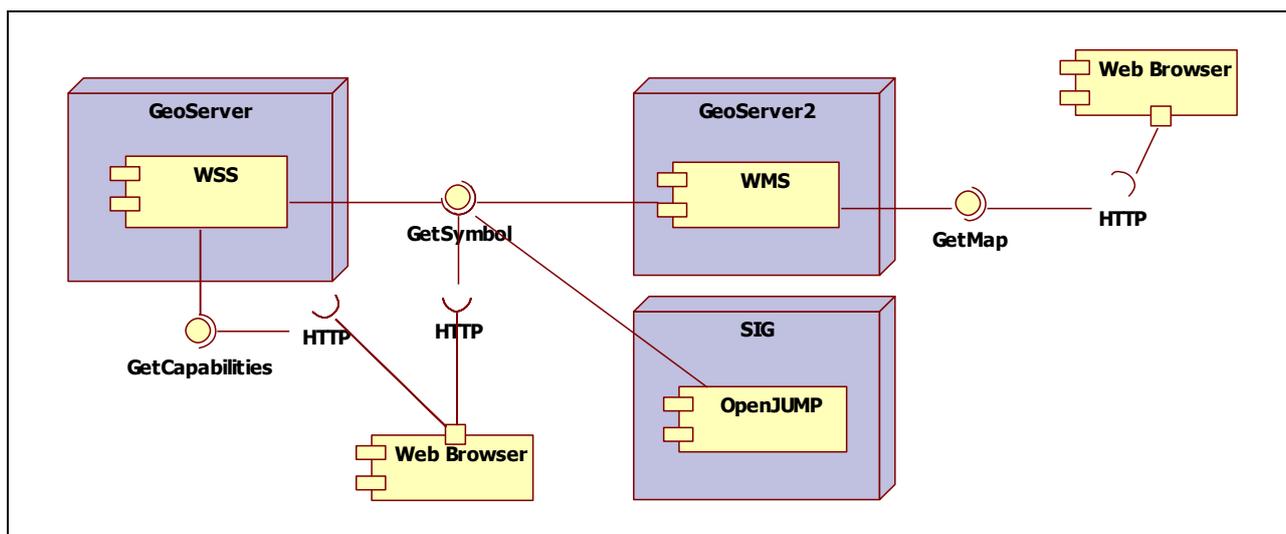


Figura 26. Cenário de Validação 2.

No Cenário 1 (Figura 25), é possível verificar que, a abordagem criada para resolver o problema de compartilhamento de simbologias não deve invalidar a forma como os serviços já funcionam hoje, mantendo os símbolos embutidos dentro de seus próprios arquivos SLDs, sem a possibilidade de compartilhamento, mas também possibilitando a utilização do serviço de simbologias (WSS), que, se instalado dentro do mesmo servidor, funcionará como um repositório de símbolos locais. Adicionalmente, este mesmo serviço poderá ser acessado por clientes externos, possibilitando assim o compartilhamento dos seus símbolos, conforme apresentado no Cenário 2 (Figura 26).

Este planejamento, caso atendido, garante o sucesso na verificação da hipótese de pesquisa. Entretanto, são necessários símbolos, reais ou fictícios, para serem compartilhados entre os diferentes serviços e aplicações solicitados nos Cenários 1 e 2.

Sendo assim, um estudo de caso foi utilizado para isto, conforme descrito a seguir.

6.2 BANCO DE SÍMBOLOS

A utilização de dados reais tende a provocar situações muitas vezes inimaginadas no desenvolvimento. E para garantir uma maior qualidade da especificação técnica criada, foram utilizados dados provenientes da Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo na Costa de Santa Catarina (CARTA SAO) como entrada de dados reais para testes. Além de se tratar de uma base de dados concisa e de abrangência estadual, ela foi previamente utilizada e catalogada na dissertação de mestrado da aluna Suzana Guedes (2010), em que a mesma apresentou diretrizes para estruturação de uma IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais), e consequentemente corrigiu eventuais inconsistências existentes nestas informações.

Mais especificamente, foram utilizadas as informações armazenadas no servidor de mapas – GeoServer – do Laboratório de Computação Aplicada da UNIVALI, disponível em <http://geodata.acad.univali.br>, possuindo cerca de 850 camadas de geodados que utilizam aproximadamente 100 diferentes símbolos, formando um total de 34 mapas, conhecidos como folhas cartográficas, que podem ser conferidas no catálogo GeoNetwork (2012) disponível no mesmo endereço.

Por fim, para documentação nesta dissertação, apenas o símbolo “acesso_costa_sao” foi utilizado para intercâmbio nas diferentes plataformas apresentadas nos cenários da Figura 25 e Figura 26. Ele foi descrito logo abaixo no Quadro 10, utilizando-se da linguagem *Symbology Encoding Standard* (SE, 2006), e representando uma feição do tipo ponto por meio de uma imagem no formato PNG armazenada no servidor <http://geodata.acad.univali.br>.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no"?>
<FeatureTypeStyle version="1.1.0"
  xmlns="http://www.opengis.net/se"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/se
    FeatureStyle.xsd">
  <Name>acesso_costa_sao</Name>
  <Rule xmlns="http://www.opengis.net/sld">
    <PointSymbolizer>
      <Graphic>
        <ExternalGraphic>
          <OnlineResource
            xlink:href="http://geodata.acad.univali.br:8080/sld/acesso_costa.png"
            xlink:type="simple"/>
          <Format>image/png</Format>
        </ExternalGraphic>
        <Opacity>
          <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
        </Opacity>
      </Graphic>
    </PointSymbolizer>
  </Rule>
</FeatureTypeStyle>
```

```
</Opacity>
<Size>25</Size>
<Rotation>0</Rotation>
</Graphic>
</PointSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
```

Quadro 10. Símbolo "acesso_costa_sao" do tipo *FeatureTypeStyle*.

Com estas ferramentas e informações em mãos, foi possível a execução de experimentos, conforme descrito a seguir.

6.3 TESTES

Para orientar os procedimentos dos testes, foram utilizados os cenários definidos no planejamento anterior. Como a estrutura do servidor não foi alterada, o modo como as simbologias já são hoje consumidas pelos serviços WMS não mudou. Entretanto, o GeoServer não possui suporte a toda a especificação do WMS-SLD, não permitindo, por exemplo, que um SLD seja consumido por meio de uma referência externa, retornando o erro: “*SLD=param not yet implemented.*”; e nem mesmo permite que um símbolo seja consumido por meio do atributo *OnlineResource*, limitando os testes no que diz respeito ao consumo do WSS por meio de um WMS, local ou externo.

Para não ficar limitado a essa futura implementação por parte do GeoServer, tais funcionalidades foram implementadas, possibilitando o uso de um símbolo provido pelo serviço WSS embutido em um SLD por meio do atributo *OnlineResource*, ao invés de descrevê-lo internamente utilizando-se dos atributos *FeatureTypeStyle* ou *CoverageStyle*.

6.3.1 WMS Local

Seguindo o experimento do Cenário 1, apresentado na Figura 25, o resultado é o apresentado na Figura 27.

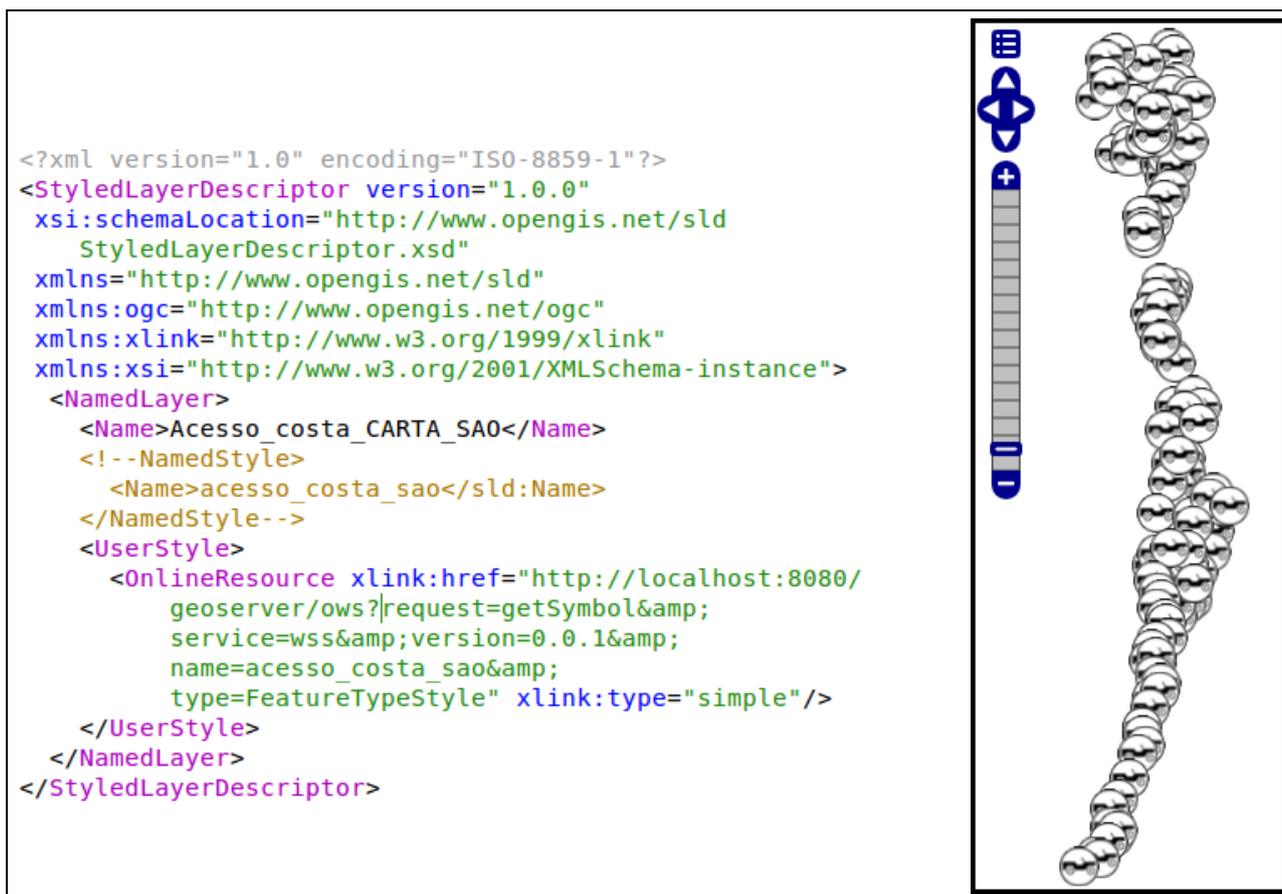


Figura 27. WMS-SLD utilizando uma simbologia provida por um serviço WSS local, onde na esquerda, é possível visualizar o documento SLD que contém a requisição ao serviço WSS, resultando no mapa a direita.

Desta forma, além da possibilidade de utilização do símbolo em sua maneira convencional, por meio de sua descrição *inline*, também existe a possibilidade de compartilhamento local, por meio da referência ao serviço WSS hospedado no mesmo servidor. Analisando o documento SLD da Figura 27, percebe-se um atributo *NamedStyle* que está comentado, ele seria a maneira correta de se fazer uma referência a um símbolo localizado no mesmo servidor, não sendo necessário o uso do serviço WSS para isso, porém, o GeoServer também não suporta tal funcionalidade.

6.3.2 WMS Externo

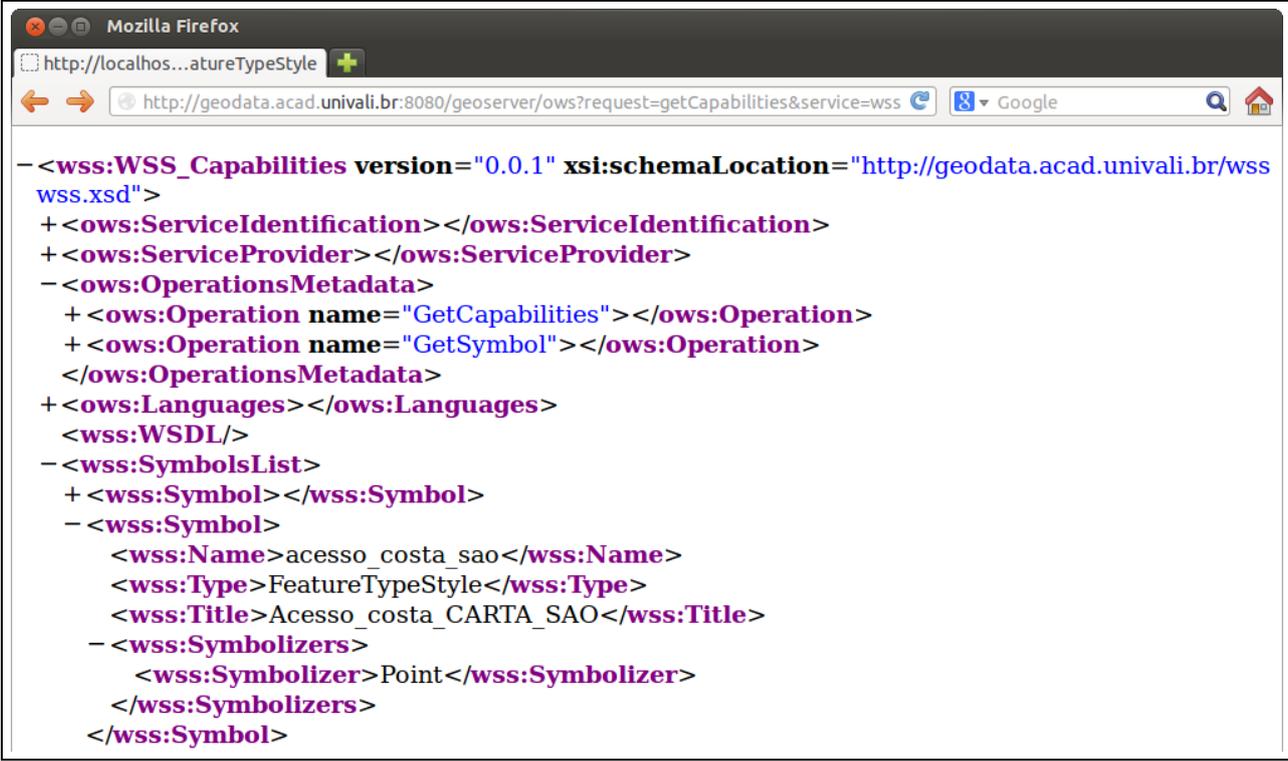
Prosseguindo com os experimentos do Cenário 2 (Figura 26), uma requisição de um serviço WMS externo foi feita para o serviço WSS utilizado anteriormente. O procedimento foi o mesmo apresentando anteriormente na Figura 27, com a única diferença do endereço do serviço web, que ao invés de “localhost” foi alterado para “geodata.acad.univali.br”. O resultado neste caso, foi

idêntico, lembrando que desta vez, o uso do atributo *NamedStyle* não seria possível nem mesmo se o GeoServer suportasse, uma vez que a simbologia está localizada em um servidor diferente.

6.3.3 Navegador Web

Dois dos testes definidos no Cenário 2 (Figura 26) foram realizados por meio de requisições diretas via navegador de Internet, mostrando o retorno das capacidades do servidor, assim como o de uma simbologia em específico.

O retorno das capacidades do servidor em questão, requisitadas pelo método *GetCapabilities*, obteve como resposta o XML apresentado na Figura 28, que por razões de tamanho, não foi mostrado por completo.



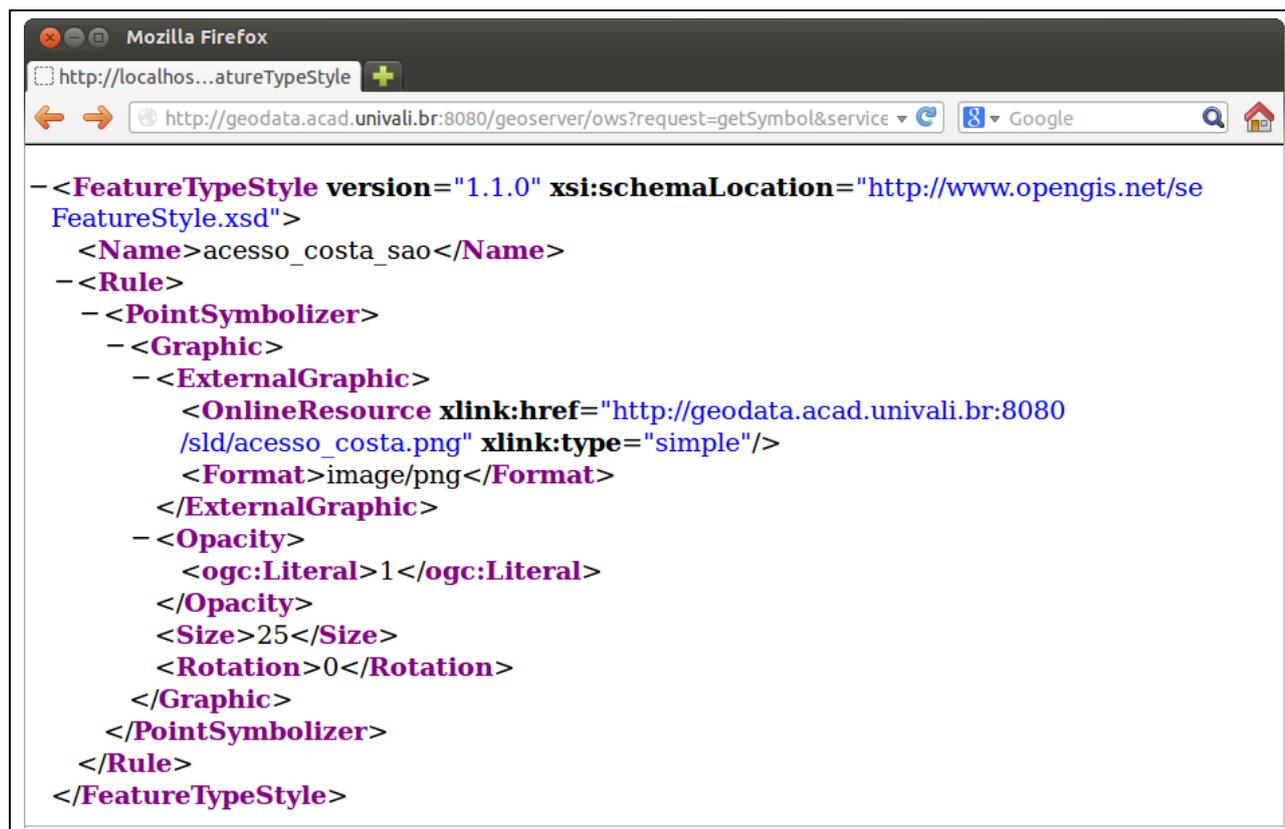
```

- <wss:WSS_Capabilities version="0.0.1" xsi:schemaLocation="http://geodata.acad.univali.br/wss
wss.xsd">
+ <ows:ServiceIdentification></ows:ServiceIdentification>
+ <ows:ServiceProvider></ows:ServiceProvider>
- <ows:OperationsMetadata>
+ <ows:Operation name="GetCapabilities"></ows:Operation>
+ <ows:Operation name="GetSymbol"></ows:Operation>
</ows:OperationsMetadata>
+ <ows:Languages></ows:Languages>
<wss:WSDL/>
- <wss:SymbolsList>
+ <wss:Symbol></wss:Symbol>
- <wss:Symbol>
  <wss:Name>acesso_costa_sao</wss:Name>
  <wss:Type>FeatureTypeStyle</wss:Type>
  <wss:Title>Acesso_costa_CARTA_SAO</wss:Title>
- <wss:Symbolizers>
  <wss:Symbolizer>Point</wss:Symbolizer>
</wss:Symbolizers>
</wss:Symbol>

```

Figura 28. Retorno da operação *GetCapabilities* do serviço WSS em um navegador de Internet.

Já o retorno do símbolo, foi feito pela operação *GetSymbol*, o mesmo utilizado nos experimentos anteriores, e o resultado é o documento XML apresentado na Figura 29.



```

- <FeatureTypeStyle version="1.1.0" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/se
FeatureStyle.xsd">
  <Name>acesso_costa_sao</Name>
  - <Rule>
    - <PointSymbolizer>
      - <Graphic>
        - <ExternalGraphic>
          <OnlineResource xlink:href="http://geodata.acad.univali.br:8080
/sld/acesso_costa.png" xlink:type="simple"/>
          <Format>image/png</Format>
        </ExternalGraphic>
      - <Opacity>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </Opacity>
      <Size>25</Size>
      <Rotation>0</Rotation>
    </Graphic>
  </PointSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>

```

Figura 29. Retorno da operação *GetSymbol* do serviço WSS em um navegador de Internet.

Percebe-se que, em ambos os casos, o documento retornado nas operações, são descritos na linguagem de marcação XML (2008). Adicionalmente, cada um com o seu padrão semântico descrito na especificação técnica do WSS. Isto permite que qualquer software possa utilizar este serviço e interpretar o retorno de suas informações, conforme descrito no próximo e último experimento.

6.3.4 SIG – OpenJUMP

Como último experimento do Cenário 2 (Figura 26), a operação *GetSymbol* foi utilizada para importar o símbolo fornecido pelo servidor WSS, testando o intercâmbio da simbologia em questão em um sistema desktop. O resultado é apresentado em duas etapas, a requisição, conforme Figura 30, e o mapa renderizado utilizando a informação do símbolo retornado pelo serviço, conforme apresentado na Figura 31.

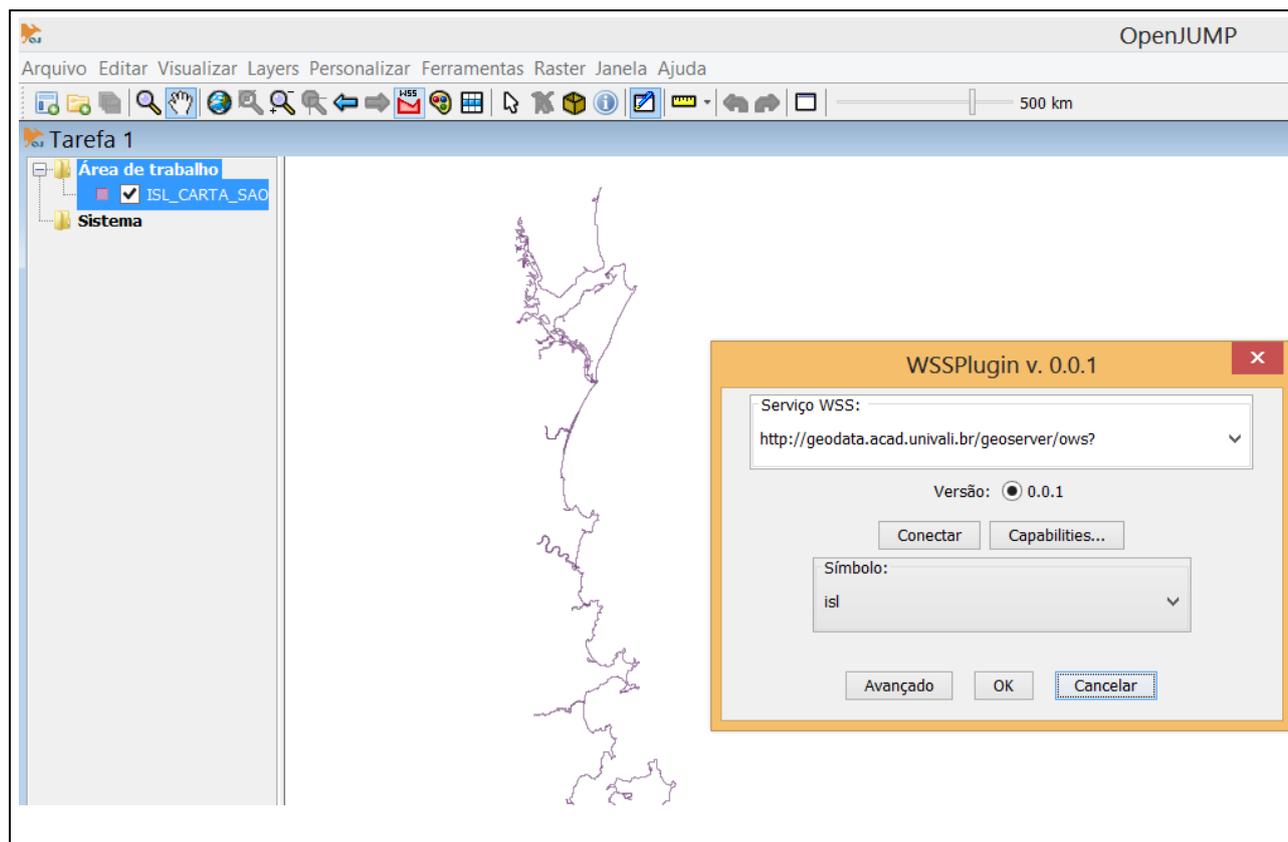


Figura 30. Utilização da operação *GetSymbol* do serviço WSS por meio do SIG OpenJUMP.

Na imagem da Figura 30, é possível perceber também, ao fundo do sistema, algumas linhas em lilás, elas são os mesmos geodados apresentados na Figura 31, porém, sem a utilização da simbologia correta, que no momento da captura de imagem, ainda não havia sido importada. Outro fator importante, que pode ser observado, é a simplicidade do plugin para importação de simbologias provenientes de um serviço WSS. Este plugin implicitamente solicita a operação *GetCapabilities* da URL do serviço informado, retornando todas as simbologias providas pelo servidor em questão, permitindo que o usuário selecionasse o símbolo desejado em uma listagem. O próprio sistema monta a URL para requisitar o símbolo e faz a solicitação. Este tipo de interface e metodologia já é abordado por sistemas capazes de importar outros tipos de recursos provenientes de outros serviços OGC, como o WMS, WFS e WCS.

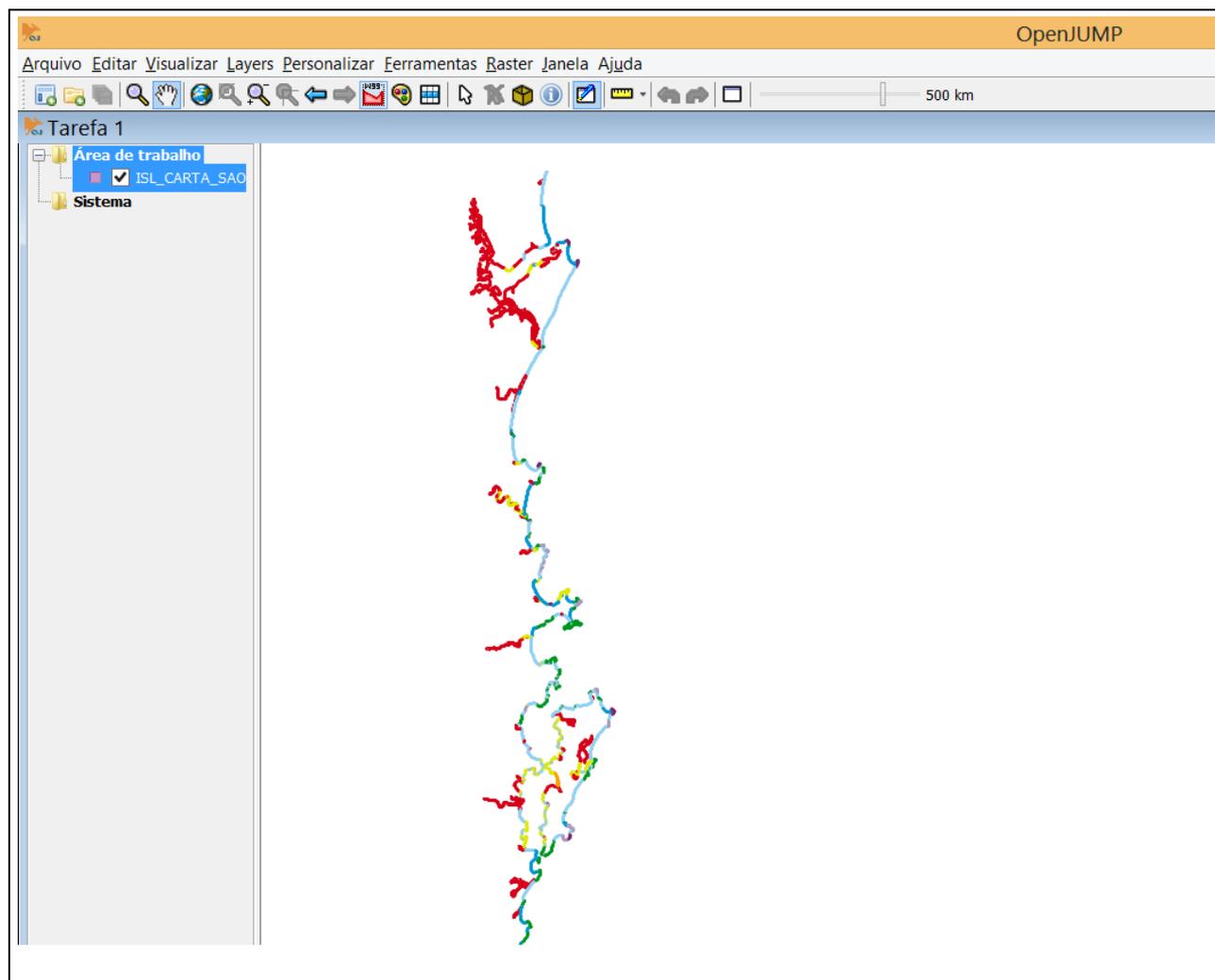


Figura 31. Mapa renderizado no OpenJUMP utilizando o símbolo provido pelo serviço WSS.

As imagens da Figura 30 e Figura 31 foram propositalmente capturadas em sistema operacional diferente das imagens anteriores capturadas nos outros experimentos. Isto foi feito para garantir a interoperabilidade da informação independente da plataforma utilizada, seja web ou desktop.

6.4 CONSIDERAÇÕES

Esta sessão consolida os dados e apresenta uma análise dos resultados obtidos nos testes descritos anteriormente, previamente planejados por meio de cenários de validação e da utilização de um estudo de caso, capaz de prover dados reais.

Foi possível constatar que é sim possível efetuar o compartilhamento de simbologias de mapas entre diferentes sistemas e plataformas por meio de um serviço web. Por outro lado,

percebeu-se que os sistemas disponíveis no mercado, ao menos os dois que foram utilizados nesta dissertação, não estão totalmente preparados para receber este tipo de serviço, possuindo pendências que já deveriam estar funcionando em decorrência de outros padrões OGC, e quase prejudicaram os testes executados. Uma possível análise de risco não imaginada inicialmente.

No que diz respeito à descoberta da simbologia, fica restrito à operação *GetCapabilities* do próprio serviço, que deverá listar todos os símbolos cadastrados no servidor. Esta descoberta não diz respeito ao serviço, mas sim às simbologias cadastradas no serviço, uma vez que se têm acesso a ele. Esta limitação poderia ser resolvida caso o OGC seguisse a especificação W3C no que diz respeito ao UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*), um diretório onde usuários podem registrar e procurar por serviços web.

Desta forma, a especificação foi testada e avaliada por meio de sua implementação em um serviço web dentro do servidor de mapas GeoServer, sendo posteriormente utilizada por meio de requisições diretas via navegador de Internet, serviços WMS e um sistema de informação geográfica, no caso o OpenJUMP.

7 CONCLUSÕES

Por fim, este capítulo apresenta uma síntese sobre o trabalho desenvolvido, assim como uma análise a respeito do cumprimento dos objetivos estabelecidos e da verificação da hipótese de pesquisa definida inicialmente.

Com base no problema de pesquisa abordado neste trabalho, seu objetivo principal foi à criação e disponibilização de uma especificação técnica para um serviço web que possibilitasse a descoberta e o compartilhamento de simbologias de mapas digitais, evitando assim, a redundante criação de símbolos para representação de mesmos atributos, que dá margens para uma possível inconsistência na leitura da informação.

Para cumprir o objetivo estabelecido neste trabalho, à primeira etapa foi a realização de um mapeamento sistemático da literatura, onde se pode identificar quais métodos, mecanismos, padrões ou experimentos estavam sendo desenvolvidos e empregados na resolução de problemas semelhantes ao deste trabalho, encontrando o estado da arte do tema em questão, que comprovou uma lacuna em termos de soluções para o problema de pesquisa abordado, e não somente isto, justificando ainda mais a sua importância, o que atendeu, desta forma, o objetivo específico 1.

Previamente ao início deste trabalho, já eram conhecidos alguns dos padrões disponibilizados pelo OGC, entretanto eles eram muito mais conhecidos por meio da utilização em sistemas de informação geográfica e servidores de mapas do que pelas próprias especificações em si. Sendo assim, o passo seguinte à descoberta do estado da arte, foi o entendimento na íntegra das especificações relacionadas com as simbologias de mapas. Alguns dos problemas imaginados inicialmente já estavam resolvidos nestas especificações, o que acabaram dando uma base ainda melhor para a criação de uma nova especificação que descrevesse um serviço web para o compartilhamento de símbolos. Esta especificação técnica foi criada seguindo os moldes do OGC, assim como todos os padrões correlacionados também fornecidos pelo OGC, de tal forma que se tornasse um novo padrão com grande potencial de aceitação, tanto por parte dos clientes, quanto por parte do próprio OGC. Este processo esteve relacionado ao cumprimento do objetivo 2.

Como parte do prévio conhecimento a respeito dos padrões fornecidos pelo OGC, uma avaliação do impacto à especificação técnica do SLD, devido a necessidades provenientes da

especificação criada neste trabalho, foi feita, como resultado obteve-se que nenhuma alteração seria necessária, atendendo assim o objetivo específico 3.

O penúltimo objetivo específico foi à avaliação da especificação técnica criada, por meio de cenários de validação que atendessem as hipóteses de pesquisa definidas na sessão 1.1.1, de tal forma que fosse possível à verificação ou refutação de tais hipóteses. Com base nos experimentos realizados, foi possível verificar a viabilidade de compartilhar simbologias de mapas descritas no padrão *Symbology Encoding* por meio de um serviço web, de tal forma que, além do compartilhamento, existisse também a possibilidade de busca específica da simbologia desejada, o que torna a hipótese H1 verdadeira.

Os testes de compartilhamento realizados em diferentes sistemas e plataformas, utilizando-se dos recursos de adaptação do símbolo, demonstram também uma centralização da informação que conseqüentemente evita sua potencial redundância e inconsistência, além de manter o símbolo sempre atualizado, uma vez que possui vínculo direto com o provedor.

A verificação desta hipótese cumpre o objetivo específico 4, e por último, o objetivo específico número 5 seria o encaminhamento da especificação técnica criada nesta dissertação para a avaliação do OGC, visando sua crítica e potencial adoção, tal objetivo ainda não foi cumprido em detrimento da espera de possíveis contribuições oferecidas pela banca examinadora deste trabalho.

7.1 CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho termina com a geração de novos conhecimentos por meio de uma aplicação prática, devido a sua natureza, classificando-se como uma pesquisa aplicada, dirigido à solução de um problema primeiramente de interesse local, onde sua contribuição deverá ser utilizada em curto ou médio prazo.

Com este conhecimento prático adquirido durante todo o desenvolvimento, coisas não tão óbvias ficaram muito mais claras, como o fato de que um serviço web é algo tão abstrato que não necessita de nenhuma representação visual, apenas deve aceitar, por meio de algum protocolo, a entrada de parâmetros e retornar de maneira explícita o que foi pedido. Sistemas como o GeoServer oferecem ferramentas gráficas de modo a facilitar a utilização destes serviços, e implicitamente utilizam os serviços para manipulação da informação.

Foi concluído que o SLD é um conjunto de informações suficientemente necessárias para a retratação de um mapa, que para ser gerado, basta apenas alguma aplicação capaz de interpretar tais informações e renderizá-las em formato de imagem, seja bitmap ou vetorial. Esta relação existe muito similarmente a um navegador de Internet que é capaz de renderizar um arquivo HTML utilizando suas relações estruturais somadas as orientações visuais de um documento CSS que, juntos, provêem todas as informações necessárias para que um website seja visualizado de forma gráfica (não textual).

Esta constatação demonstra ainda mais que um documento SLD jamais deveria ser associado como representação de uma única simbologia específica, mas sim como sendo o próprio mapa em sua representação textual, antes de ser renderizado, uma vez que ele armazena, não somente as informações para retratação de uma informação, mas também a própria informação, por mais que na maioria dos casos sejam apenas referências para sua fonte original, sendo que isto pode ocorrer também com o símbolo, e desta forma, o uso do atributo “UseSLDLibrary” para consumir apenas os seus símbolos, pode não estar tão correto assim, induzindo às pessoas que sua função é armazenar os símbolos, e não associá-los a camadas de geodados.

Esta confusão pode ter começado na própria especificação inicial do SLD, começando com o seu nome: Perfil Descritor do Estilo da Camada, onde em seus primórdios, o padrão SE não existia de forma isolada, mas sim embutido na mesma especificação, e posteriormente, foi retirado tornando-se um padrão independente, de modo que pudesse ser utilizado em outros locais não pensados inicialmente, que não necessariamente um SLD.

Como consequência, um documento SLD passa a ter a função exclusiva e essencial, de associar estilos a camadas. E as simbologias ficaram aptas a serem utilizadas em serviços de compartilhamento como o criado neste trabalho, com pouco esforço, no que diz respeito a possíveis alterações das especificações já criadas, e muito similares a forma como os geodados já são hoje compartilhados.

O OpenJUMP por sua vez, faz a importação de símbolos de forma ainda mais equivocada, percorrendo um documento SLD em busca de elementos “*Rule*”, que são as regras utilizadas por um mesmo símbolo para decidir como retratar uma informação dependendo do seu valor em um determinado momento, o que pode descaracterizar totalmente o símbolo como entidade, devido ao excesso de fragmentação.

Com todos os estudos e análises feitas em cima dos padrões OGC, onde se constatou que existe uma semelhança muito grande na forma como os símbolos são, ou ao menos deveriam ser, manuseados e, como os geodados são manuseados, acredita-se mais ainda que a abordagem tomada neste trabalho esteja coerente com a linha de pensamento do OGC, e conclui-se que, literalmente, só o que estava faltando era um serviço que possibilitasse este compartilhamento do símbolo.

Desta forma, esta dissertação termina com uma contribuição frente ao estado da arte em relação à área de estudo e problema de pesquisa em questão.

Como cumprimento extra ao objetivo geral, no que diz respeito à *disponibilização* da especificação técnica criada, decorrente dos benefícios que um serviço de compartilhamento de simbologias de mapas é capaz de trazer, fica como uma contribuição adicional deste trabalho, o plugin contendo o serviço WSS desenvolvido para o GeoServer e a versão do OpenJUMP com a alteração feita neste trabalho, disponíveis em <http://geodata.acad.univali.br/wss>.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Ao longo do desenvolvimento, puderam ser identificadas algumas possibilidades de melhoria e de continuação a partir de futuras pesquisas, as quais incluem:

Para a área de pesquisa e contexto do problema abordado nesta dissertação, um estudo sobre o uso de ontologias e conceitos como *Linked Data*, visando suprir a falta de padronização de nomenclaturas e relacionamentos semânticos entre os diferentes símbolos, seria muito interessante. Como ponto de partida sugere-se estudar alguns padrões já definidos pelo W3C, como o OWL (2004) que possui como base o padrão RDF (2004), utilizados na criação de ontologias. Assim como o padrão *Web Service Modelling Ontology* (WSMO, 2005), que provê um *framework* conceitual e uma linguagem formal para descrever semanticamente todos os aspectos relevantes de um serviço web de modo a facilitar uma possível automação de descoberta.

Outra sugestão de pesquisa na área é o estudo sobre o compartilhamento somente das regras (*Rules*) de forma isolada, definidas pela linguagem *Filter Encoding* (FE, 2010), que ficam embutidas nos símbolos (SE, 2006), uma vez que o OGC permite utilizá-las por meio de referência a arquivos externos, talvez aumentando ainda mais as possibilidades de compartilhamento devido a uma maior granulação da informação.

Já referente à especificação técnica criada, ficam duas sugestões:

- Adicionar operações de transação (Inserção, Atualização, Exclusão, etc...) dos símbolos no próprio serviço WSS, que enriqueceria o serviço, assim como já ocorre nos padrões de compartilhamento de geodados WFS (2010) e WCS (2010).
- Adicionar uma nova operação para o retorno de um SLD, ou então dois diferentes tipos (SLD e SE) de retornos para a operação *GetSymbol*, possibilitando que um usuário receba um **ou mais** símbolos, além de, já estarem associados a camadas, ambos valores informados na requisição. Isto possibilitaria o retorno de mais de um símbolo na mesma requisição, assim como o retorno no formato SLD para sistemas que não entendem o SE de forma isolada, ou então no uso de uma biblioteca de símbolos interna a outro SLD por meio do atributo *UseSLDLibrary*.

E referente aos SIGs e Servidores de Mapas, fica um pedido para atenderem aos padrões de simbologias como eles realmente estão especificados, para não criar má cultura na forma como são utilizados, por exemplo, no caso do GeoServer, permitir que os símbolos possam ser compartilhados dentro do mesmo servidor por meio do atributo *NamedStyle*. Conseqüentemente para SIGs como o OpenJump, que utilizem o SLD para o fim no qual ele foi criado (associar símbolos à camadas), e não somente extrair o símbolo que há dentro do SLD, ignorando totalmente o restante, e ainda neste caso, existe um erro muito grave, onde ele identifica um símbolo como sendo somente uma de suas regras, descaracterizando-o dependendo dos valores dos seus atributos.

Um trabalho futuro para o OpenJUMP, é um plugin para o serviço WSS, permitindo que ele importe os símbolos de uma forma mais intuitiva e com mais opções do que somente informar a URL do símbolo. Essa maneira já existe em alguns SIGs para a listagem de dados de um serviço WFS ou WMS, e permitiria que o usuário solicitasse uma listagem dos símbolos cadastrados no servidor de mapas, por meio de sua operação *GetCapabilities*, posteriormente escolhendo um dos símbolos de seu interesse. Poderia-se inclusive, mostrar uma prévia do símbolo em algum geodado fixo padrão, para mostrar visualmente como é a retratação daquela simbologia.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, R. S. **Determinação do Índice de Sensibilidade do Litoral ao Derramamento de Óleo (ISL) para as Regiões Norte e Centro-Oeste do Estado de Santa Catarina (SC)**. Dissertação. Itajaí: UNIVALI. Novembro 2005.

ARCGIS, E. Understanding our World, 2012. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

BERTIN, J. **Semiologie Graphique: lês diagrammes, les Réseaux, les Cartes**. 1. ed. Paris: [s.n.], 1967. 380 p.

BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal of Systems and Software**, v. 80, n. 4, p. 571-583, Abril 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016412120600197X>>.

BUEHLER, G.; REED, C. OGC Orientation Slides. **About OGC**, 19 Março 2011. Disponível em: <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47735>. Acesso em: 13 Julho 2012.

BUGHI, C. H. **Observatório Virtual sobre a Biodiversidade Marinha no Brasil baseado em Conceito WebGIS**. Itajaí: Dissertação de Mestrado, UNIVALI. 2007.

BURITY, E. F.; SÁ, L. A. C. M. Aspectos da Normalização em Dados Espaciais. **Anais.XXI Congresso Brasileiro de Cartografia**, Belo Horizonte-MG, 29 Setembro a 3 Outubro 2003.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>.

CHEN, G.-X. et al. Modeling and Application of 3D Map Symbol. **Multimedia Technology, ICMT**, China, 2010.

CHEN, T. et al. **Study on Exchange Method of CAD Point Symbols and TrueType Fonts**. Environmental Science and Information Application Technology, ESIAT. [S.l.]: IEEE. 2010. p. 466-469.

DANG, L.-N.; DANG, G.-F.; WU, F. **The Research on Representation and Realization of Map Symbol Based on Text**. ESIAT. [S.l.]: Elsevier. 2011. p. 2342-2347.

ERLE, S.; GIBSON, R.; WALSH, J. **Mapping Hacks**. Sebastopol, CA: O'Really Media Inc., 2005. ISBN 0-596-00703-5.

ESRI. ESRI Shapefile Technical Description. **ESRI**, 1998. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>>. Acesso em: 14 julho 2012.

ESRI. What is ArcGIS? **ArcGIS 9**, 2004. Disponível em: <http://downloads.esri.com/support/documentation/ao_/698What_is_ArcGIS.pdf>. Acesso em: 14 julho 2012.

ESRI. Esri - GIS Mapping Solutions, 2012. Disponível em: <<http://www.esri.com/>>. Acesso em: 15 setembro 2012.

FE, O. OpenGIS Filter Encoding 2.0 Encoding Standard, 2010. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/filter>>. Acesso em: 20 maio 2012.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. ISBN 978-85-86238-82-6.

GEONETWORK. GeoNetwork opensource, 2012. Disponível em: <<http://geonetwork-opensource.org/>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

GEOSEVER. GeoServer, 2011. Disponível em: <<http://geoserver.org>>. Acesso em: 4 julho 2011.

GIS, F. F. Category:GIS file formats, 2012. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Category:GIS_file_formats>. Acesso em: 25 dez. 2012.

GML, G. M. L. Geography Markup Language | OGC®, 2012. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/gml>>. Acesso em: 26 dez. 2012.

GUEDES, S. Z. **Implantação de uma Infraestrutura de Dados Espaciais com Base em Tecnologias Open Source para Riscos Costeiros**. Itajaí: Dissertação de Mestrado, UNIVALI. 2010.

GVSIG. gVSIG, 2013. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

HARDY, P.; FIELD, K. Portrayal and Cartography. In: KRESSE, W.; DANKO, D. M. **Springer Handbook of Geographic Information**. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 179-190. ISBN 978-3-540-72680-7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72680-7_11>.

HTML-CSS, W. HTML & CSS. **W3C**, 2013. Disponível em: <<http://www.w3.org/standards/webdesign/htmlcss>>. Acesso em: 02 jan. 2013.

ISO, 2013. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

JAVA, O. Java, 2013. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/index.html>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

JUNG, C. G. **O Homem e Seus Símbolos**. 1. ed. [S.l.]: Nova Fronteira, 2008. ISBN 9788520920909.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering. **Technical Report EBSE 2007-01**, v. 45, n. 4ve, p. 65, 2007. ISSN 00010782. Disponível em: <<http://www.dur.ac.uk/ebse/resources/Systematic-reviews-5-8.pdf>>.

LI, Q. et al. Approach to general data model of GIS symbol library and symbol library data exchange XML schema. **Geo-Spatial Information Science**, v. 12, n. 4, p. 235-242, 2009. ISSN 1009-5020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11806-009-0102-7>>.

MAPSERVER. MapServer Open Source Web Mapping, 2011. Disponível em: <<http://mapserver.org>>. Acesso em: 15 julho 2012.

MASSER, I. **Building European spatial data infrastructures**. 2. ed. California: ESRI Press, 2010. ISBN 978-1-58948-266-1.

MAVEN, A. Welcome to Apache Maven, 2012. Disponível em: <<http://maven.apache.org/>>. Acesso em: 09 jan. 2013.

MELHORAMENTOS. **Melhoramentos Minidicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: [s.n.], v. 10, 1996. ISBN 85-06-01675-4.

MENEGAZZI, L. A. **Simbologia Cartográfica para Biodiversidade: Situação e Critérios para Elaboração**. Itajaí: Dissertação de Mestrado, UNIVALI. 2009.

MMA, M. D. M. A. **Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamento de óleo - Cartas SAO, SQA AH**. Brasília: MMA. 2004. p. 107.

MORESI, E. **Metodologia de Pesquisa**. Universidade Católica de Brasília. Brasília, DF. 2003.

NOGUEIRA, R. E. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. 3. ed. Florianópolis: [s.n.], v. 0, 2009. ISBN 9788532804730.

OGC, O. G. C. OGC® Standards and Specifications, 2011. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards>>. Acesso em: 26 junho 2011.

OGC, O. G. C. **Open Geospatial Consortium**, 2012. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc>>. Acesso em: 20 julho 2012.

OJ, O., 2012. Disponível em: <<http://www.openjump.org/>>. Acesso em: 08 jan. 2013.

OSGEO. Your Open Source Compass. **OSGeo**, 2012. Disponível em: <<http://www.osgeo.org/>>. Acesso em: 15 julho 2012.

OWL, W. Web Ontology Language, 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/2004/OWL/>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

OWS. OGC Web Services Common Standard, 2010. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/common>>. Acesso em: 4 julho 2011.

PETERSEN, K. et al. **Systematic mapping studies in software engineering**. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE). [S.l.]: Technical Report EBSE-2007-01. 2008. p. 71-80.

POPPER, K. **A Lógica da Pesquisa Científica**. São Paulo: Cultrix, 1993.

RDF, W. Resource Description Framework, 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/rdf/>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

SAQUET, M. A.; DA SILVA, S. S. Milton Santos: Concepções de Geografia, Espaço e Território. **Geo UERJ**, v. 2, n. 18, 2008. ISSN 1981-9021.

SCHEMA, X. SCHEMA. **W3C**, 2012. Disponível em: <<http://www.w3.org/standards/xml/schema>>. Acesso em: 13 julho 2012.

SE, O. Symbology Encoding Implementation Specification, 2006. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/symbol>>. Acesso em: 20 maio 2012.

SFA, S. F. A. Simple Feature Access, 2010. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/sfs>>. Acesso em: 25 dez. 2012.

SKOS, W. Simple Knowledge Organization System, 2009. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/skos-reference> ou <http://www.w3.org/2004/02/skos/>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

SLD, O. Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification, 2007. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/sld>>. Acesso em: 20 maio 2012.

SU, K.; ZHU, X.; KONG, F. Cross-Platform Adaptive GIS Symbolization Research. **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Beijing, v. XXXVII, 2008.

TRNINIC, M. **Symbology Management**. OpenGIS® Discussion Paper. Canadá. 2006. (OGC 05-112r1).

W3C. W3C, 2013. Disponível em: <<http://www.w3.org/>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

WAZLAWICK, R. S. **Metodologia da pesquisa para Ciência da Computação**. [S.l.]: Elsevier, 2009. ISBN 85-352-3522-1.

WCS, O. OGC® WCS 2.0 Interface Standard - Core, 2010. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>>. Acesso em: 15 junho 2012.

WFS, O. OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard, 2010. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>>. Acesso em: 14 junho 2012.

WMS, O. Web Map Service Implementation Specification, 2006. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>>. Acesso em: 20 maio 2012.

WSMO, W. Web Service Modeling Ontology, 2005. Disponível em: <<http://www.w3.org/Submission/WSMO/>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

XML. XML Essentials. **W3C**, 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/standards/xml/core>>. Acesso em: 26 dez. 2012.

XPATH, W. XML Path Language, 1999. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/xpath/>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

XQUERY. An XML Query Language. **W3C XQuery 1.0**, 2010. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/xquery/>>. Acesso em: 26 dez. 2012.

YU, M. et al. Design and Implementation of Common Map Symbol System in GIS. **Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS**, 2 julho 2008. p. II-1349 -II-1352.

GLOSSÁRIO

Biblioteca	Uma coleção de materiais como livros, jornais, registros, etc., que são mantidos para leitura, referência ou empréstimo, especialmente quando estão sistematicamente organizados.
Catálogo	Relação descritiva, sumária, de coisas ou pessoas. Uma lista ou exibição detalhada, a partir de títulos, ofertas, ou artigos para exposição ou venda, geralmente incluindo informações descritivas ou ilustrações.
Coleção	Um grupo de objetos ou obras a ser visto, estudado, ou mantidos juntos.
<i>Coverage</i>	Uma <i>feature</i> que associa posições dentro de um espaço-tempo delimitado para apresentar valores. Pode consistir em um conjunto de <i>features</i> ou em uma <i>Feature Collections</i> . Imagens da Terra são vistas como uma grade de <i>coverages</i> que contêm <i>features</i> cujas geometrias são do tipo “conjunto de células” ou “conjunto de pixels”.
Estilizar	Desenhar, modificando as linhas do modelo, com intenção decorativa.
Estilo	Propriedades e regras que descrevem como uma feição é desenhada durante o processo de renderização gráfica.
<i>Feature</i>	Uma representação digital de uma entidade do mundo real ou uma abstração do mundo real. Quase tudo que possa ser localizado no tempo e espaço, como mesas, prédios, cidades, árvores, etc.
<i>Feature Collection</i>	Uma categoria especial de <i>feature</i> que representa uma coleção de <i>features</i> que possuem metadados em comum e relacionamentos formais. Um conjunto de <i>features</i> relacionadas gerenciadas como sendo um grupo.
Grupo	Um conjunto de pessoas ou objetos recolhidos ou localizados juntos; uma agregação.
Mapa (Digital)	Apresentação de informações geográficas em formato de imagem digital capaz de ser visualizada em uma tela de computador.
Metadado	Dado sobre um dado. Informação a respeito da informação.
Serviço Web	É um sistema autossuficiente, com aplicações modulares que podem ser publicadas, localizadas e invocadas por meio da Internet.
Signo	Sinal, Símbolo. Tudo aquilo que substitui alguma coisa.
Simbolizar	Expressar, representar, significar, por meio de símbolos.
Símbolo	Conjunto de parâmetros gráficos e ícones que servem para representar. Instruções de como um vetor ou um raster devem ser representados.

APÊNDICE A – MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

A.1 INTRODUÇÃO

Um mapeamento sistemático provê uma visão geral sobre a área de interesse identificando a quantidade de pesquisas, seus diferentes tipos e respectivos resultados, diferenciando-se da revisão sistemática em questão de profundidade e abrangência da pesquisa (PETERSEN, FELDT, *et al.*, 2008).

Em muitos casos o mapeamento sistemático é utilizado para mapear as frequências de publicações ao longo do tempo identificando tendências. Um objetivo secundário pode ser a identificação dos eventos nos quais as pesquisas da área vêm sendo publicadas (PETERSEN, FELDT, *et al.*, 2008).

Petersen (et al. 2007), com fundamentos em (Kitchenham & Charters 2007), compara o mapeamento sistemático com a revisão sistemática, mostrando que os dois possuem objetivos diferentes e que em parte podem se contradizer. Petersen (et al. 2007) diz que o mapeamento sistemático deveria ser utilizado como uma primeira etapa para a revisão sistemática, entretanto, ele afirma que sozinho o mapeamento já tem o seu valor, ajudando a identificar possíveis lacunas de pesquisas de uma determinada área e fornecer potenciais carências em avaliações e validações em áreas com pouco estudo.

Para a elaboração deste mapeamento sistemático, foram utilizadas as seis etapas sugeridas por Petersen (et al. 2007), sendo elas:

1. Definição das questões de pesquisa;
2. Condução da pesquisa para obtenção de artigos relevantes;
3. Triagem dos artigos;
4. Reunião de palavras-chave;
5. Extração de dados; e

6. Confeção do mapa sistemático.

Entretanto, como estas etapas se enquadram nos passos de maior nível propostos por Brereton (et al. 2007) e Kitchenham & Charters (2007), onde sugerem que uma revisão sistemática deva possuir: planejamento, execução e documentação, e que segundo os autores estes passos também são aplicáveis em um mapeamento sistemático, considerou-se organizar as etapas de Petersen (et al. 2007) dentro desta hierarquia, tornando o processo condizente com ambos os autores.

A.2 PLANEJAMENTO

Nesta etapa foram elaboradas as questões de pesquisa e outros itens pertinentes à condução da mesma, seguindo em partes, um protocolo de revisão sistemática.

A.2.1 DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA

Tendo em vista a obtenção do estado da arte no que diz respeito a padrões de compartilhamento de estilos de mapas baseados em padrões OGC, as seguintes questões de pesquisa foram estabelecidas:

1. Existe alguma iniciativa para a criação de um serviço web visando o compartilhamento de símbolos de mapas? *Padrões para a escrita de simbologias de mapas já são conhecidos, entretanto, será que existe algum estudo a respeito de um padrão que defina o compartilhamento desses símbolos por meio de web services?*
2. Existem padrões que definem bibliotecas de simbologias de mapas? *É possível e aceitável que já tenha sido desenvolvido algum padrão com o objetivo de prover uma biblioteca de simbologias de mapas, de modo a facilitar o compartilhamento dos mesmos.*
3. Quais países têm apresentado trabalhos sobre padrões de informações geoespaciais relacionados a serviços ou bibliotecas de símbolos?

A.2.2 CONDUÇÃO DA PESQUISA

Abaixo são descritas as estratégias de busca de modo a proporcionar uma obtenção de artigos relevantes.

A.2.2.1 Termos de busca

Brereton (et al. 2007) discrimina algumas particularidades nos motores de busca de diferentes bases de dados, auxiliando na elaboração da *string* de busca e também dos termos (palavras-chave).

Para formação dos termos de busca, as questões de pesquisa foram decompostas em elementos individuais relacionados com tecnologias, tipos de estudos e resultados pretendidos, de onde foram retirados os primeiros termos de busca: padrões, interoperabilidade, estilos de mapas e ogc.

Em seguida foram encontrados sinônimos para estes termos e principalmente outros retirados de pesquisas feitas de forma intuitiva e não sistemática, como por exemplo, *symbology*, *web services*.

Para formação da *string* de busca, os termos encontrados foram traduzidos para o inglês, e conforme Brereton (et al. 2007), foram utilizados operadores booleanos AND, para unir termos dependentes, e OR para incluir sinônimos, conforme Figura 32.

```
((sld or style* or symbology)
and
(standard* or webservice* or service* or interoperab*)
and
(ogc or "open geospatial consortium" or opengis))
```

Figura 32. String de busca inicial.

Esta *string* de busca foi validada e utilizada em todos os processos seguintes neste trabalho, retornando um total de 156 artigos. Na etapa de seleção destes artigos, foi encontrado um de muita

relevância, que continha termos não imaginados inicialmente, de modo que impactaria todo o resultado.

Desta forma, a *string* de busca foi totalmente reformulada, utilizando os termos que não se conhecia inicialmente: *library* e *exchange*. Outros termos da *string* de busca também foram reavaliados de modo a focar nos resultados que realmente estavam sendo almejados.

A *string* final pode ser visualizada na Figura 33.

```
(title:symbol or title:symbology or title:sld)
  and
(
  (abstract:library or abstract:exchange)
    and
  (abstract:symbol or abstract:styl* or abstract:symbology)
)
```

Figura 33. String de busca final.

Antes de utilizar ambas as *strings* de busca, uma avaliação foi feita para verificar se estavam retornando os resultados esperados. Uma primeira avaliação foi em relação à sintaxe, utilizando o motor de busca da ScienceDirect, que diferentemente da maioria, retorna uma mensagem de erro caso exista alguma discordância na quantidade de aspas e/ou parênteses utilizados. Esse tipo de erro, se despercebido, pode provocar uma perda de informações relevantes devido a alguma parte da *string* ter sido ignorada pelo motor de busca.

A.2.2.2 Fontes

Como fontes de pesquisa foram utilizadas seis bases de dados eletrônicas, listadas a seguir:

- IEEExplore (<ieeexplore.ieee.org>);
- ACM Digital Library (<portal.acm.org>);
- OGC Discussion Papers (<opengeospatial.org/standards/dp>);
- Citesser Library (<citeseerx.ist.psu.edu>);
- Science Direct (<sciencedirect.com>); e

- Springer Link (<springerlink.com>).

A.2.2.3 Critérios de Inclusão

Journals, periódicos e anais de conferências de relevância internacional e nacional.

Publicados entre 01/01/2006 até 30/06/2012;

Relacionados à criação de uma Biblioteca de Símbolos;

Relacionados ao Compartilhamento de Símbolos;

Relacionados à Simbologia de Mapas; e

Língua Inglesa ou Portuguesa.

A.2.2.4 Critérios de Exclusão

Trabalhos não relacionados a dados geoespaciais;

Trabalhos (resumos expandidos); e

Artigos curtos.

A.3 EXECUÇÃO

Neste capítulo estão descritos os procedimentos realizados na execução da *string* de busca e seleção dos estudos. Algumas análises com os resultados obtidos já são descritas.

A.3.1 TRIAGEM DOS ARTIGOS

A *string* de busca foi formatada para cada uma das seis bases de dados citadas no item A.2.2.2 e retornou um total de 43 artigos, conforme a Tabela 1.

Base de Dados	<i>String</i> de Busca Formatada	Resultados
IEEEExplore	((("Document Title":symbol OR "Document Title":symbology OR "Document Title":sld) AND (("Abstract":library OR	22

	"Abstract":exchange) AND ("Abstract":symbol OR "Abstract":styl* OR "Abstract":symbology))) [2006 - 2011]	
ACM Digital Library	(Title:symbol or Title:symbology or Title:sld) and ((Abstract:library or Abstract:exchange) and (Abstract:symbol or Abstract:styl* or Abstract:symbology)) published since 2006	1
OGC Discussion Papers	Não possui motor de busca ⁴	1
Citesser Library	title:(symbol OR symbology OR sld) AND abstract:((library OR exchange) AND (symbol OR styl* OR symbology)) AND year:[2006 TO 2013]	9
ScienceDirect	pub-date > 2005 and TITLE(symbol OR symbology OR sld) and ABSTRACT((library OR exchange) AND (symbol OR styl* OR symbology))	5
Springer Link	(ti:(symbol or symbology or sld)) and (ab:((library or exchange) and (symbol or styl* or symbology))) since 2006	5

Tabela 1. Execução da *String* de Busca

⁴ Os trabalhos da fonte de pesquisa OGC foram conferidos um a um por não possuir uma forma de busca e, tratando-se de um repositório específico da área de interesse, considerou-se importante incluí-lo.

O gráfico da Figura 34 ilustra a participação das bases de dados na pesquisa, com os seus respectivos percentuais de estudos retornados.

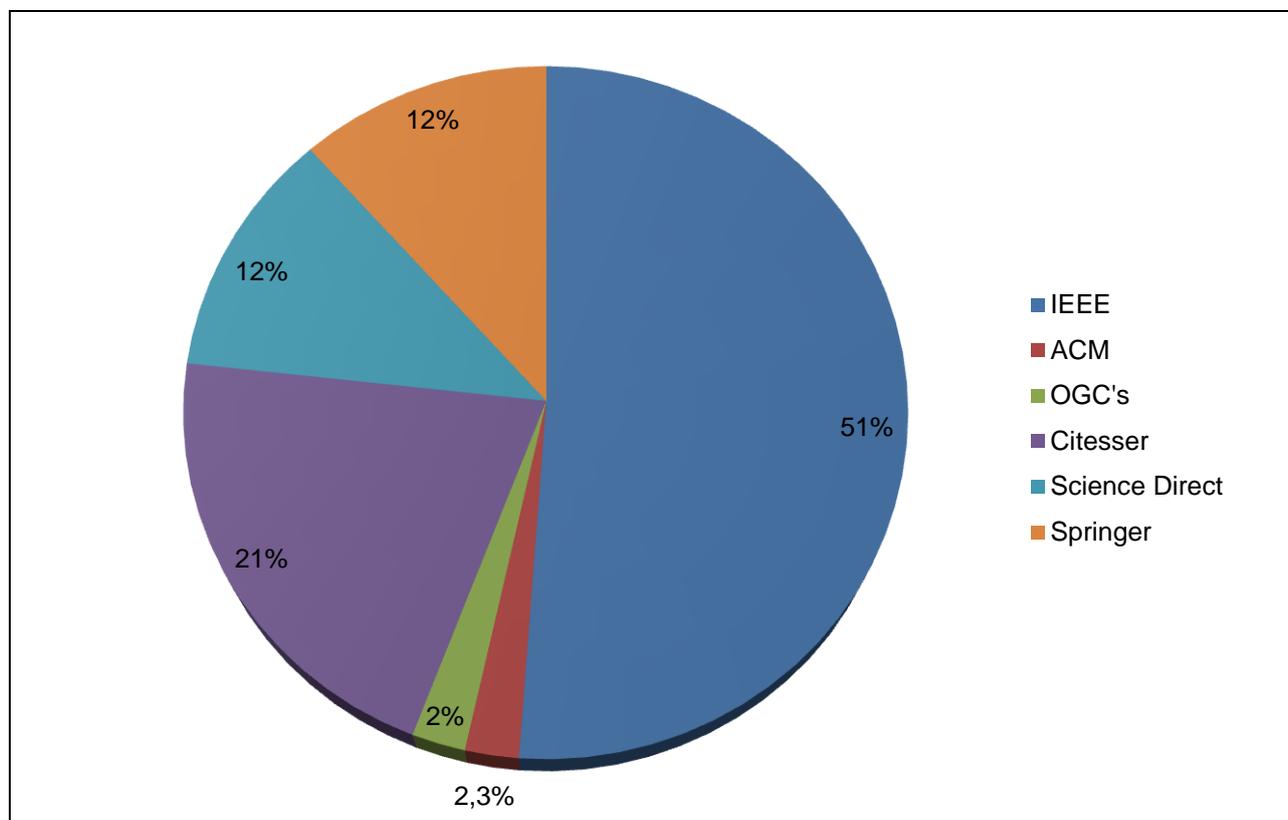


Figura 34. Participação das bases de dados na pesquisa.

No gráfico da Figura 35 é possível visualizar quais regiões do mundo está trabalhando com questões dentro do contexto de cartografia digital, com base no país de origem das instituições de ensino dos autores.

Percebe-se que a China é o país com maior número de publicações com 10 estudos, seguida pelos EUA com nove, Canadá com cinco, Reino Unido e Itália ambos com quatro, Taiwan com dois, e Alemanha, Suécia, Rússia, Polônia, Japão, França, Austria e Austrália com um estudo cada um.

Após a leitura do título e do resumo dos 43 estudos retornados, utilizando os critérios de inclusão e exclusão como filtro, seis trabalhos foram elencados como estudos primários. Os 37 restantes foram excluídos por irrelevância, falta de acesso ao artigo completo ou por estarem repetidos.

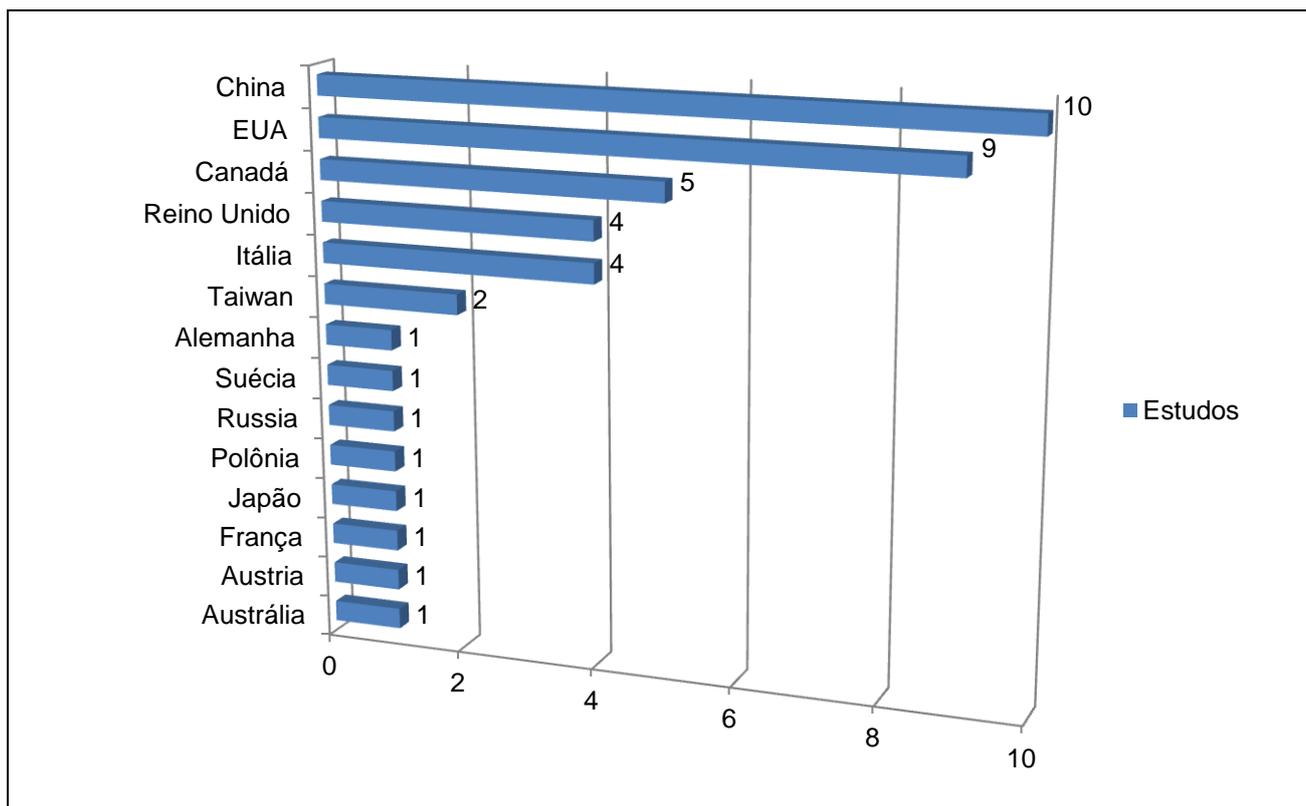


Figura 35. Distribuição dos estudos por países das instituições dos autores.

A Tabela 2 apresenta de forma resumida a evolução dos processos de seleção dos estudos primários e seus respectivos resultados.

Fontes de Pesquisa	Quantidade de Estudos Retornados	Seleção				
		Excluídos				Incluídos
		Irrelevante ⁵	Repetido	Inexistente	Sem Acesso	Estudos Primários
IEEEExplore	22	18			1	3
ACM Digital Library	1	1				
OGC Discussion Papers	1					1
Citesser Library	9	8		1		

⁵ Foram considerados irrelevantes os estudos que não se enquadraram nos critérios de inclusão e consequentemente se enquadraram nos critérios de exclusão.

ScienceDirect	5	3	1			1
Springer Link	5	4				1
TOTAL	43	34	1	1	1	6

Tabela 2. Processo de Seleção dos Estudos Primários

A.4 DOCUMENTAÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as três últimas etapas necessárias para a elaboração de um mapeamento sistemático, de modo a documentar todas as informações extraídas dos estudos primários.

A.4.1 EXTRAÇÃO E REUNIÃO DE PALAVRAS-CHAVE

A reunião de palavras-chave foi feita por meio da leitura dos resumos, ou em casos onde não foi suficiente, da introdução e conclusão dos estudos primários.

Primeiramente os estudos foram classificados em três categorias: foco da pesquisa, tipo da contribuição e tipo da pesquisa, de modo que facilitasse a extração das palavras-chave em cada um dos estudos. A Tabela 3 apresenta as palavras-chave extraídas dos estudos primários segundo estas categorias.

Categoria	Palavras-chave Extraídas
Foco da pesquisa	Compartilhamento de Simbologia
	Biblioteca de Símbolos
	Gerenciamento de Símbolos
	Símbolos 3D
Tipo da contribuição	Padrão
	Biblioteca de Símbolos 3D
	Mecanismo
	Método
Tipo da pesquisa	Modelo Conceitual

	Protótipo
	Experimento

Tabela 3. Palavras-chave extraídas para classificação dos estudos primários

Estas palavras foram utilizadas como um esquema de classificação utilizado para distribuir e relacionar os estudos primários, possibilitando a criação de um mapa sistemático.

A.4.2 EXTRAÇÃO DE DADOS

Além da extração de palavras-chave para a elaboração de um esquema de classificação, outras informações foram extraídas e catalogadas de modo a mostrar possíveis tendências na área de estudo em questão.

Na Tabela 4 é apresentada uma distribuição dos estudos primários por tipo de publicação, fonte de pesquisa, áreas de estudo e quantidade.

Tipo	Fonte de Pesquisa	Áreas de Publicação	Quantidade
Periódicos	IEEE e Science Direct.	Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS. Multimedia Technology, ICMT. Environmental Science and Information Application Technology, ESIAT. Procedia Environmental Sciences.	4
Artigos (<i>Journal</i>)	Springer Link	Geo-Spatial Information Science	1
Draft	OGC	OpenGIS® Discussion Paper	1

Tabela 4. Distribuição dos estudos primários por tipos de publicação

Os países das instituições dos autores foram extraídos de todos os estudos, mostrado anteriormente na Figura 35. Com base nos estudos primários selecionados, apenas a China e o Canadá continham trabalhos relevantes para este trabalho, conforme a distribuição apresentada no gráfico da Figura 36.

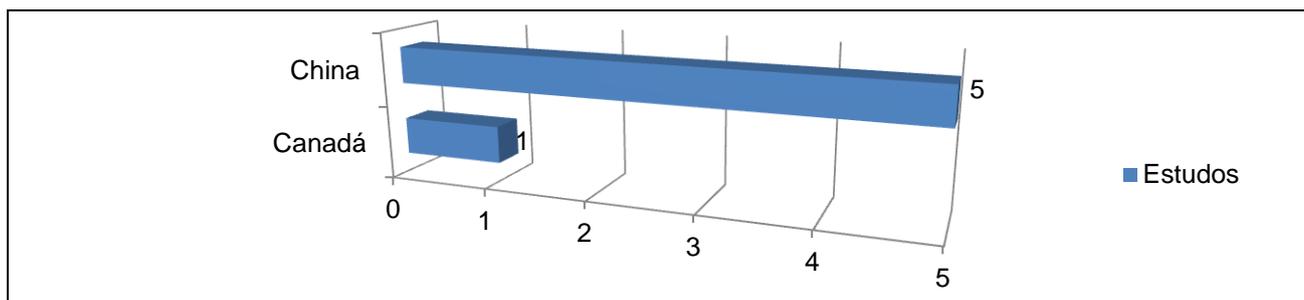


Figura 36. Quantidade de estudos primários por países das instituições dos autores.

Outra informação importante para mostrar uma tendência, é a distribuição por data de publicação, conforme o gráfico da Figura 37.

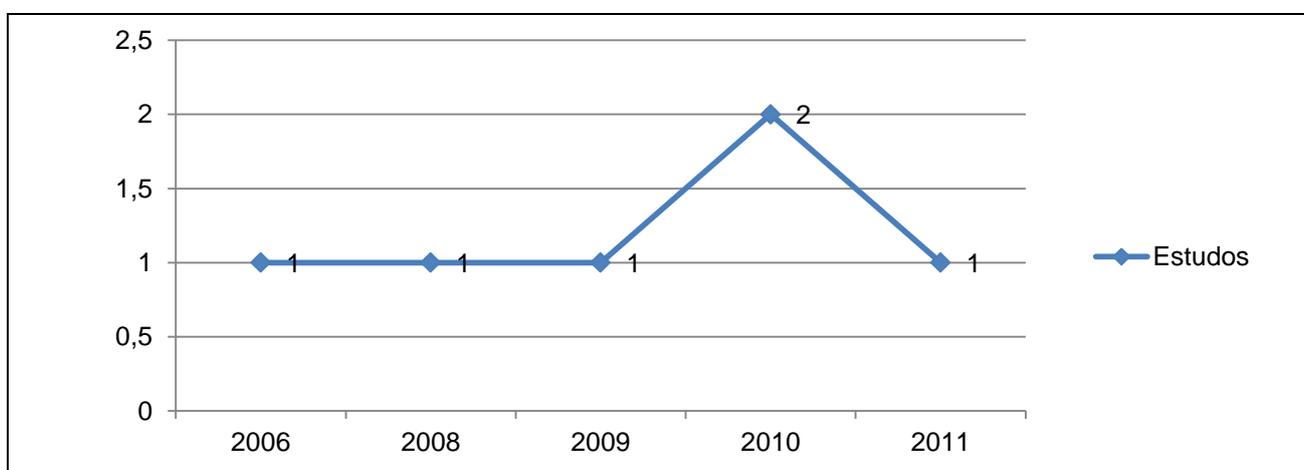


Figura 37. Distribuição por data de publicação.

É possível observar que o assunto continua em aberto, com estudos desde 2006 até recentemente em 2011, lembrando que foi definido como critério de exclusão estudos com data de publicação inferior a 2006, devido ao fato do padrão OGC *Symbology Encoding Standard* (SE, 2006) ter sido publicado nesse ano e, desta forma, estudos anteriores a sua existência não são relevantes.

A.4.3 CONFECÇÃO DO MAPA SISTEMÁTICO

Na Figura 38 é apresentado um mapa em formato de bolhas, apresentando as frequências dos estudos primários em cada uma das categorias definidas anteriormente. O mapa utiliza o eixo X para representar o Tipo de Contribuição (lado esquerdo) e o Tipo da Pesquisa (lado direito), e o eixo Y para identificar o Foco da Pesquisa. As bolhas são dispostas nas intersecções entre as categorias

dos eixos X e Y, e o seu tamanho é proporcional à quantidade de estudos pertinentes a sua intersecção.

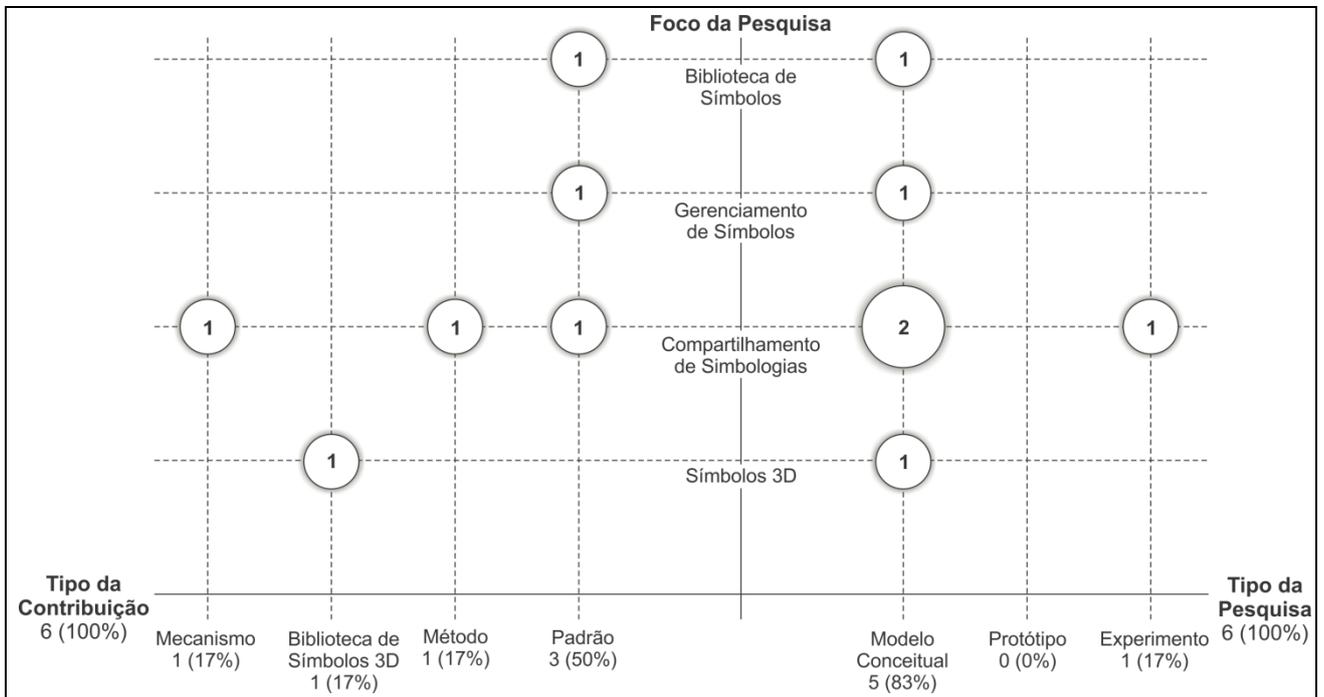


Figura 38. Mapa sistemático em formato de bolha.

Com este mapa se torna fácil à identificação das contribuições e tipos de pesquisa com base na área em estudo. Por exemplo, é possível afirmar que existem dois estudos que contribuem com um Padrão na área de Compartilhamento de Simbologia de mapas, assim como existe um Método Conceitual para descrever uma Biblioteca de Símbolos.

A.5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta algumas considerações a respeito da sistematização do mapeamento realizado, assim como as evidências que respondem cada uma das três perguntas de pesquisa que guiaram o estudo.

NOTA Para facilitar as referências aos estudos primários nas tabelas seguintes foi utilizado um código com prefixo “EP”, mais um número sequencial que está diretamente relacionado às referências completas do Apêndice B.

A.5.1 QUESTÃO DE PESQUISA 1

Q1 - Existe alguma iniciativa para a criação de um serviço web visando o compartilhamento de símbolos de mapas?

O objetivo desta questão de pesquisa foi descobrir se existe algum estudo a respeito de um padrão que defina o compartilhamento de símbolos de mapas, mais precisamente por meio de serviços web. Padrões para a escrita destes símbolos já são conhecidos, como o *Symbology Encoding* (2006) e o *Styled Layer Descriptor Profile* (2007), entretanto, nenhuma abordagem sobre o seu compartilhamento era conhecida antes deste estudo.

Os trabalhos que se aproximam da resposta para esta pergunta foram sintetizados na Tabela 5, sendo que ambos possuem foco no compartilhamento de simbologia de mapas.

Referências	Tipo da Abordagem
EP01	Proposta de um padrão para o desenvolvimento de um sistema capaz de gerenciar símbolos de mapas.
EP05	Experimento para interoperabilidade de símbolos por meio da conversão de símbolos CAD em fontes TrueType para serem utilizadas em sistemas SIG.

Tabela 5. Síntese dos Estudos Primários com foco no Compartilhamento de Simbologia.

O padrão proposto no estudo EP01 é o único baseado em padrões OGC e serviços web, oferecendo um serviço de catálogo, que provê a possibilidade de registrar um símbolo no servidor, assim como a possibilidade de consultá-lo e gerenciá-lo, criando desta forma uma biblioteca ou

repositório de símbolos. Não é sabido o porquê ele não foi utilizado oficialmente, apenas que foi movido para a sessão de padrões obsoletos do OGC antes mesmo de ter se tornado oficial.

Já o padrão descrito no EP05 possui uma abordagem antiga onde o símbolo deve ser compartilhado através da troca física de arquivos (FTP, E-mail, CD, etc.).

Desta forma a resposta para a Q1 é negativa.

A.5.2 QUESTÃO DE PESQUISA 2

Q2 - Existem padrões que definem bibliotecas de simbologias de mapas?

Esta questão tinha por objetivo descobrir se existem padrões para descrever bibliotecas de simbologias de mapas, uma vez que tais bibliotecas podem facilitar o compartilhamento dos mesmos. Os trabalhos que contribuem na resposta desta pergunta são apresentados na Tabela 6.

Referências	Tipo da Abordagem
EP02	Descreve e implementa uma biblioteca de símbolos com base em MapObjects.
EP03	Descrição de um XML Schema para compartilhar uma biblioteca de símbolos entre diferentes plataformas.
EP04	Estrutura de dados para criação de símbolos 3D com base em VRML, seguido do desenvolvimento de uma biblioteca de símbolos 3D.
EP06	Descrição de regras para criação uma biblioteca de símbolos, de modo a possibilitar o seu compartilhamento entre diferentes plataformas.

Tabela 6. Resumo dos Estudos Primários com foco na criação de Biblioteca de Símbolos.

A resposta para a Q2 são os próprios estudos descritos na Tabela 6, sendo que nenhum segue os padrões internacionais do OGC e possivelmente por este motivo, não são vastamente conhecidos e utilizados.

A.5.3 QUESTÃO DE PESQUISA 3

Q3 - Quais países têm apresentado trabalhos sobre padrões de informações geoespaciais relacionados a serviços ou bibliotecas de símbolos?

A resposta desta questão de pesquisa foi anteriormente respondida no gráfico da Figura 36, onde é possível perceber que a China com 83% é o país com maior número de trabalhos tratando desta necessidade, seguida pelo Canadá com 17%.

A.5.4 CONSIDERAÇÕES

O mapeamento sistemático mostrou ser a forma mais adequada aos objetivos deste estudo, de modo a elaborar uma sintetização dos trabalhos relacionados. A metodologia da revisão sistemática foi utilizada para formalizar os processos de forma rigorosa, tornando possível a execução de uma auditoria com a replicação dos mesmos resultados.

Entretanto, com essa formalização rigorosa, parece existir um risco de camuflagem de artigos relevantes, que está diretamente relacionado às *strings* de busca, que quando mal formadas ou mal pensadas podem levar a esse erro.

Nenhum autor coloca como etapa do processo de um mapeamento sistemático, ou até mesmo uma revisão sistemática, a busca informal por artigos relevantes antes da confecção da *string* de busca, com o objetivo de extrair palavras-chave importantes para inclusão na *string*.

Da mesma forma que nenhum autor responde o que é uma *string* de busca bem formada de uma forma clara. Um processo de pesquisa tende a ser pessoal e intuitivo, não sistemático e, por mais que sejam pessoas que planejam e organizam a sistematização do processo, ele acaba se tornando robotizado, o que pode deixar a desejar.

A.6 CONCLUSÕES

Este mapeamento sistemático apresentou informações diversas obtidas em todo o processo, que podem ser utilizadas como referência em outros estudos semelhantes ou em auditoria para confirmar os resultados apresentados.

A importância da criação de um serviço de simbologia de mapas foi reforçada após este trabalho, de modo que os estudos relacionados justificaram esta carência e mostram tendências, ano após ano, com diferentes autores propondo diferentes soluções para suprir esta necessidade.

Com isso, este estudo comprova que ainda existe uma lacuna para uma solução que supra a falta de interoperabilidade de simbologias de mapas entre diferentes aplicações de uma forma padronizada.

APÊNDICE B – ESTUDOS PRIMÁRIOS

Código	Ano	Fonte de Pesquisa	Referência
EP01	2006	OGC	Milan Trninic. <i>Symbology Management</i> . OpenGIS® Discussion Paper. Canadá, 2006.
EP02	2008	IEEE	Miao Yu, Meixian Sun, Junhua Teng, Xiaojuan Li, Weiguang Zhang. <i>Design and Implementation of Common Map Symbol System in GIS</i> . Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS. China, 2008.
EP03	2009	Springer Link	Qingyuan Li, Deguo Su, Hongsheng Li, Haochen Liu and Lijian Sun. <i>Approach to general data model of GIS symbol library and symbol library data exchange XML schema</i> . Geo-Spatial Information Science. China, 2009.
EP04	2010	IEEE	Guang-xue Chen, Xiao-zhou Li, Yong-jun Wei, Su-yuan Hou, Guo-jie Ji. <i>Modeling and Application of 3D Map Symbol</i> . Multimedia Technology, ICMT. China, 2010.
EP05	2010	IEEE	Taisheng Chen, Yaqi Zhang, Shanshan Tan, Guonian Lv, Mingguang Wu, Qi Luo, Hongtao Zhang. <i>Study on exchange method of CAD point symbols and TrueType fonts</i> . Environmental Science and Information Application Technology, ESIAT. China, 2010.
EP06	2011	Science Direct	Dang Li-na, Dang Gao-feng, Wu Fan. <i>The Research on Representation and Realization of Map Symbol Based on Text</i> . Procedia Environmental Sciences. China, 2011.

APÊNDICE C – ESTUDOS EXCLUÍDOS

#	Ano	Fonte de Pesquisa	Referência	Critério
01	2008	ACM	Giovanni Casella, Vincenzo Deufemia, Viviana Mascardi, Gennaro Costagliola, Maurizio Martelli. <i>An agent-based framework for sketched symbol interpretation</i> . Journal of Visual Languages and Computing. Itália, 2008.	Irrelevante
02	2006	CiteSeer	Rainer Machné , Andrew Finney , Stefan Müller , James Lu , Stefanie Widder , Christoph Flamm. <i>The SBML ODE Solver Library: a native API for symbolic and fast numerical analysis of reaction networks</i> . BioInformatics. Austria, 2006.	Irrelevante
03	2006	CiteSeer	William N. N. Hung, Xiaoyu Song, Guowu Yang, Jin Yang, Marek Perkowski. <i>Optimal synthesis of multiple output Boolean functions using a set of quantum gates by symbolic reachability analysis</i> . IEEE Trans. on CAD of Integrated Circuits and Systems. Canadá, 2006.	Irrelevante
04	2006	CiteSeer	Cory Mckay, Ichiro Fujinaga. <i>jSymbolic: A Feature Extractor for MIDI Files</i> . Int. Computer Music Conf. Canadá, 2006.	Irrelevante
05	2010	CiteSeer	Hanifa Boucheneb, Abdessamad Imine, Manal Najem. <i>Author manuscript, published in "Integrated Formal Methods- IFM 2010 6396 (2010)" Symbolic Model-Checking of Optimistic Replication Algorithms</i> . Canadá, 2010.	Irrelevante
06	2006	CiteSeer	Ran Canetti, Jonathan Herzog. <i>Universally composable symbolic analysis of mutual authentication and key exchange protocols</i> . Theory of Cryptography Conference, TCC. EUA, 2006.	Irrelevante

07	2007	CiteSeer	Daryl Shannon, Daiqian Zhan, Sukant Hajra, Alison Lee, Sarfraz Khurshid. <i>Abstracting Symbolic Execution with String Analysis Testing</i> . Academic and Industrial Conference Practice and Research Techniques. EUA, 2007.	Irrelevante
08	2009	CiteSeer	Ran Canetti, Jonathan Herzog. <i>Universally Composable Symbolic Security Analysis</i> . Theory of Cryptography Conference. EUA, 2009.	Irrelevante
09	2006	CiteSeer	William E. Aitken. <i>Under NSF grant CCR-89-18233. Abstract Value Constructors Symbolic Constants for Standard ML</i> . EUA, 2006.	Irrelevante
10	2007	CiteSeer	Daniel Tauritz Ph. D, Robert Buehler. <i>CS301 FS2007-Assignment 4 Symbolic Regression Analysis employing Genetic Programing Synopsis</i> . 2007.	Artigo foi excluído
11	2007	IEEE	Ammari, M.L.; Gagnon, F. <i>Iterative channel estimation and decoding of turbo-coded OFDM symbols in selective Rayleigh channel</i> . Parallel and Distributed Processing. Canadá, 2007.	Irrelevante
12	2011	IEEE	Tiantian Guo; Hui Zhang; Yamei Wen. <i>An Example-Driven Symbol Recognition Approach Based on Key Features in Engineering Drawings</i> . Computer-Aided Design and Computer Graphics (CAD/Graphics). China, 2011.	Irrelevante
13	2010	IEEE	Xin Wang; Wang Rui-fu; Jin Xi-fang; Yang Cai-hong. <i>The electronic chart symbol design and implementation based on ArcGIS platform</i> . Geoscience and Remote Sensing (IITA-GRS). China, 2010.	Artigo não encontrado
14	2011	IEEE	Ruohan Cao; Tiejun Lv; Hui Gao. <i>Symbol-based physical-layer network coding for two-way relay channel</i> . Military Communications Conference. China, 2011.	Irrelevante

15	2010	IEEE	Yang Cai-hong; Wang Rui-fu; Wang Shuo; Wang Xin. <i>The relationship between symbol index and showing content in Electric Navigational Chart based on GIS</i> . Geoscience and Remote Sensing, IITA-GRS. China, 2010.	Irrelevante
16	2008	IEEE	Jinhong Wu; Vojcic, B.R.; Zhengdao Wang. <i>Cross-entropy based symbol selection and partial iterative decoding for serial concatenated convolutional codes</i> . Information Sciences and Systems, CISS. EUA, 2008.	Irrelevante
17	2011	IEEE	Feng Wang; Fertonani, D.; Duman, T.M. <i>Symbol-Level Synchronization and LDPC Code Design for Insertion/Deletion Channels</i> . Communications. EUA, 2011.	Irrelevante
18	2011	IEEE	Yu-Chih Huang; Tunali, N.E.; Narayanan, K.R.. <i>Symbol-Level Synchronization and LDPC Code Design for Insertion/Deletion Channels</i> . Global Telecommunications Conference, GLOBECOM. EUA, 2011.	Irrelevante
19	2008	IEEE	Lyon, D.A. <i>Multi-threaded data mining of EDGAR CIKs (Central Index Keys) from ticker symbols</i> . Parallel and Distributed Processing, IPDPS. EUA, 2008.	Irrelevante
20	2006	IEEE	Casella, G.; Costagliola, G.; Deufemia, V.; Martelli, M.; Mascardi, V. <i>An Agent-Based Framework for Context-Driven Interpretation of Symbols in Diagrammatic Sketches</i> . Visual Languages and human-Centric Computing, VL/HCC 2006. Itália, 2006.	Irrelevante
21	2011	IEEE	Kobayashi, N.; Ohno, K.; Itami, M. <i>Cooperative reception using scattered pilot symbol for ISDB-T One-segment service</i> . Consumer Electronics, ICCE. Japão, 2011.	Irrelevante

22	2008	IEEE	Smiatacz, M.; Malina, W. <i>Matrix-based classifiers applied to recognition of musical notation symbols</i> . Information Technology, IT. Polônia, 2008.	Irrelevante
23	2006	IEEE	Alamri, O.; Ng, S.X.; Guo, F.; Hanzo, L. <i>A purely symbol-based precoded and LDPC-coded iterative-detection assisted sphere-packing modulated space-time coding scheme</i> . Wireless Communications and Networking Conference, WCNC. Reino Unido, 2006.	Irrelevante
24	2012	IEEE	Li Wang; Hanzo, L. <i>Low-Complexity Near-Optimum Multiple-Symbol Differential Detection of DAPSK Based on Iterative Amplitude/Phase Processing</i> . Vehicular Technology. Reino Unido, 2012.	Irrelevante
25	2007	IEEE	Zhiguo Ding; Ward, D.B.; Nabar, R.U. <i>Joint Channel Estimation and Symbol Detection for Orthogonal Space-Time Block-Coding Systems in Frequency-Selective Channels</i> . Vehicular Technology. Reino Unido, 2007.	Irrelevante
26	2006	IEEE	Zhiguo Ding; Ward, D.B.; Nabar, R.U. <i>A Probabilistic Approach of Joint Channel Estimation and Symbol Detection for OSTBC</i> . Communications, ICC '06. Reino Unido, 2006.	Irrelevante
27	2008	IEEE	Duong, T.Q. <i>Exact closed-form expression for average symbol error rate of MIMO-MRC systems</i> . Advanced Technologies for Communications, ATC 2008. Suécia, 2008.	Irrelevante
28	2011	IEEE	Chun-Feng Wu; Tzu-Fan Hsu; Wen-Whei Chang. <i>Iterative symbol decoding of convolutionally-encoded variable-length codes</i> . Information, Communications and Signal Processing, ICICS. Taiwan, 2011.	Irrelevante
29	2009	IEEE	Ming-Fu Sun; You-Hsien Lin; Wei-Chi Lai; Ta-Yang Juan; Cheng-Yuan Lee; Yen-Her Chen; Chang-Ying Chuang; Terng-Yin Hsu. <i>A 62.8 mW 4×4 MIMO-</i>	Irrelevante

			<i>OFDM modem with one-symbol-locked timing recovery, frequency-dependent I/Q mismatch estimation and adaptive equalization.</i> Solid-State Circuits Conference, A-SSCC. Taiwan, 2009.	
30	2012	Science Direct	Tiantian Guo, Hui Zhang, Yamei Wen. <i>An Improved Example-Driven Symbol Recognition Approach in Engineering Drawings.</i> Computers & Graphics. China, 2012.	Irrelevante
31	2012	Science Direct	A.V. Nikitin. <i>An efficient code for calculation of the 6C, 9C and 12C symbols for C3v, Td, and Oh point groups.</i> Computer Physics Communications. França, 2012.	Irrelevante
32	2008	Science Direct	Giovanni Casella, Vincenzo Deufemia, Viviana Mascardi, Gennaro Costagliola, Maurizio Martelli. <i>An agent-based framework for sketched symbol interpretation.</i> Journal of Visual Languages & Computing. Itália, 2008.	Repetido: 1ª fonte: ACM
33	2012	Science Direct	Torbjørn Rundmo, Juliana Granskaya, Hroar Klempe. <i>Traffic culture as symbol exchange – A cross-country comparison of Russia and Norway.</i> Safety Science. Russia, 2012.	Irrelevante
34	2006	Springer Link	Peter König and Norbert Krüger. <i>Symbols as Self-emergent Entities in an Optimization Process of Feature Extraction and Predictions.</i> Biological Cybernetics. Alemanha, 2006.	Irrelevante
35	2012	Springer Link	Iva Pauker. <i>War Through Other Means: Examining the Role of Symbols in Bosnia and Herzegovina.</i> Peace Psychology Book Series. Austrália, 2012.	Irrelevante
36	2008	Springer Link	Shelley K. Lund and Jeanette M. Troha. <i>Teaching Young People who are Blind and have Autism to Make Requests Using a Variation on the Picture Exchange Communication System with Tactile Symbols: A</i>	Irrelevante

			<i>Preliminary Investigation. Journal of Autism and Developmental Disorders.</i> EUA, 2008.	
37	2010	Springer Link	Simone Marinai, Beatrice Miotti and Giovanni Soda. <i>Mathematical Symbol Indexing for Digital Libraries.</i> Communications in Computer and Information Science. Itália, 2010.	Irrelevante

APÊNDICE D – WEB SYMBOLOGY SERVICE

Open Geospatial Consortium Inc.

Date: 2012-11-08

Reference number of this document: OGC® nn-nnrx

Version: 0.0.1

Category: OpenGIS® Implementation Specification

Editor(s): Lennon R. Bisolo, Rafael M. Sperb and Rudimar L. S. Dazzi

OpenGIS® Web Symbology Service Implementation Specification

Copyright © 2012 Open Geospatial Consortium, Inc. All Rights Reserved.
To obtain additional rights of use, visit <http://www.opengeospatial.org/legal/>.

Warning

This document is not an OGC Standard. It is distributed for review and comment. It is subject to change without notice and may not be referred to as an OGC Standard.

Recipients of this document are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

Document type:	OpenGIS® Implementation Specification
Document subtype:	Not Applicable
Document stage:	Draft
Document language:	English

Contents		Page
1	Scope.....	1
2	Compliance / Conformance	1
3	Normative references	1
4	Terms and definitions	2
5	Conventions	2
5.1	Abbreviated terms	2
5.2	Use of examples	2
5.3	XML Schemas	3
5.4	UML notation	3
5.4.1	Class diagrams	3
6	Web Symbology Service overview.....	4
7	Shared aspects.....	5
7.1	Introduction	5
7.2	Base request type.....	5
7.2.1	Request semantics.....	5
7.2.2	XML encoding	5
7.2.3	KVP encoding.....	6
7.2.4	Service parameter.....	6
7.2.5	Version parameter.....	6
7.2.6	Handle parameter.....	7
7.3	Exception report	7
8	GetCapabilities operation (mandatory).....	7
8.1	Introduction	7
8.2	Request.....	8
8.2.1	Request Semantics	8
8.2.2	XML encoding	8
8.2.3	KVP Encoding	8
8.3	Response.....	9
8.3.1	Response Semantics.....	9
8.3.2	XML encoding	10
8.3.3	Capabilities document.....	11
8.3.4	SymbolsList section	11
8.3.5	Exceptions.....	14
9	GetSymbol operation (mandatory)	14
9.1	Introduction	14
9.2	Request	14
9.2.1	Request Semantics	14
9.2.2	XML encoding	15
9.2.3	KVP Encoding	15
9.3	Response.....	16
9.3.1	Response Semantics.....	16
9.3.2	GetSymbol exceptions	17

Annex A (normative) Abstract test suite	18
Annex B (normative) XML Schema Documents.....	19
Annex C (informative) Example XML documents	24
Bibliography	27

Figures	Page
Figure 1 – UML notation in class diagrams.	3
Figure 2 – WSS interface UML diagram.	5
Figure 3 – BaseRequest.	5
Figure 4 – GetCapabilities Request.	8
Figure 5 – GetCapabilities Response.	10
Figure 6 – GetSymbol Request.....	15

Tables	Page
Table 1 – KVP-encoding of the base request type.	6
Table 2 – GetCapabilities operation request URL parameters	9
Table 3 – Elements to describe symbols within SymbolsList element.	13
Table 4 – GetSymbol operation request URL parameters.....	15
Table 5 – Exception codes for GetSymbol operation.....	17

i. Preface

This specification defines how a web service should be created to exchange data styles written under OpenGIS Symbology Encoding Implementation Specification standard.

Suggested additions, changes, and comments on this draft report are welcome and encouraged. Such suggestions may be submitted by email message or by making suggested changes in an edited copy of this document.

ii. Document terms and definitions

This document uses the specification terms defined in Subclause 5.3 of [OGC 05-008], which is based on the ISO/IEC Directives, Part 2. Rules for the structure and drafting of International Standards. In particular, the word “shall” (not “must”) is the verb form used to indicate a requirement to be strictly followed to conform to this specification.

iii. Submitting organizations

The following organizations submitted this document to the Open Geospatial Consortium Inc.

University of Itajaí Valley - UNIVALI

iv. Document contributor contact points

All questions regarding this document should be directed to the editor or the contributors:

Name	Organization
Lennon Romano Bisolo	UNIVALI
Rafael Medeiros Sperb	UNIVALI
Rudimar Luís Scaranto Dazzi	UNIVALI

v. Revision history

Date	Release	Editor	Primary clauses modified	Description
2013-01-02	01-001	Lennon R. Bisolo	Initial paper for WSS 0.0.1	Implementation Specification

vi. Changes to the OGC Abstract Specification

The OpenGIS[®] Abstract Specification does not require changes to accommodate the technical contents of this document.

Foreword

This document has a relationship with the Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification [OGC 05-078r4] and the Symbology Encoding Standard [OGC 05-077r4].

This international standard was primarily written by master students from University of Itajaí Valley from Brazil, and increases the concept in how to use a SE by a SLD whether the user wants to use your symbol in library-mode, sharing it with others in the same way are done today with WFS and WCS standards for example.

This document includes three annexes; Annexes A and B are normative, and Annex C are informative.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. The OGC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

Introduction

The Web Symbology Service (WSS) represents a change in the way symbols are used and exchanged on the Internet. Rather than sharing symbol documents at the file level using File Transfer Protocol (FTP), for example, the WSS offers direct fine-grained access to symbol document at the profile descriptor level.

Web symbology services allow clients to only retrieve the profiles they are seeking, rather than retrieving a file that contains the profile they are seeking and possibly much more. That profile can then be used to portray a map, and possibly other purposes than their producers' intended ones.

OpenGIS® Web Symbology Service Implementation Specification

1 Scope

This OpenGIS® Implementation Specification specifies how a web service should be written to exchange symbol documents (data style) in a way to interoperate the symbology of geographic data in different platforms.

The core of this specification is get a symbol written in a Symbology Encoding Implementation Specification [OGC 05-077r4] and makes it available through discovery and query operations.

Discovery operations allow the service to be interrogated to determine its capabilities and to retrieve what symbols are offered by the service.

Query operations allow symbols to be retrieved from the underlying data store based upon constraints, defined by the client.

This International Standard defines two operations:

- GetCapabilities (discovery operation)
- GetSymbol (query operation)

2 Compliance / Conformance

Compliance with this specification shall be checked using all the relevant tests specified in Annex A (normative).

3 Normative references

The following normative documents contain provisions that, through reference in this text, constitute provisions of this document. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies.

ISO 19105:2000, *Geographic information — Conformance and Testing*

OGC 05-008, *OpenGIS® Web Services Common Specification*

This OWS Common Specification contains a list of normative references that are also applicable to this Implementation Specification.

In addition to this document, this specification includes a normative XML Schema Document file as specified in Annex B.

4 Terms and definitions

For the purposes of this specification, the definitions specified in Clause 4 of the OWS Common Implementation Specification [OGC 05-008] shall apply. In addition, the following terms and definitions apply.

4.1

map

Pictorial representation of geographic data.

4.2

style

The way in which the symbols are described; the combination of distinctive characteristics that describe a symbol.

4.3

symbol

Visual representation of a given geographic data.

5 Conventions

5.1 Abbreviated terms

Most of the abbreviated terms listed in Subclause 5.1 of the OWS Common Implementation Specification [OGC 05-008] apply to this document, plus the following abbreviated terms.

FES	Filter Encoding Specification
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Secure Hypertext Transfer Protocol
KVP	Keyword-value pairs
OGC	Open Geospatial Consortium
OWS	OGC Web Service
UML	Unified Modelling Language
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WSS	Web Symbology Service

5.2 Use of examples

This International Standard makes use of XML examples. They are meant to illustrate the various aspects of a web symbology service specified in this International Standard. The bulk of the examples can be found in Annex C with some examples embedded in the body of the specification. All examples reference fictitious servers and data. Thus, this International Standard does not assert that any XML or keyword-

value pair encoded examples, copied from this International Standard, will necessarily execute correctly or validate using a particular XML validation tool.

5.3 XML Schemas

Throughout this International Standard XML Schema (see W3C XML Schema Part 1, W3C XML Schema Part 2) fragments are used to define the XML encoding of WSS operations. These fragments are gathered into a single validated schema file in Annex B.

5.4 UML notation

Most diagrams that appear in this specification are presented using the Unified Modeling Language (UML) static structure diagram, as described in Subclause 5.2 of [OGC 05-008].

5.4.1 Class diagrams

Figure 1 describes the Unified Modelling Language (UML) notations used in this International Standard for UML class diagrams.

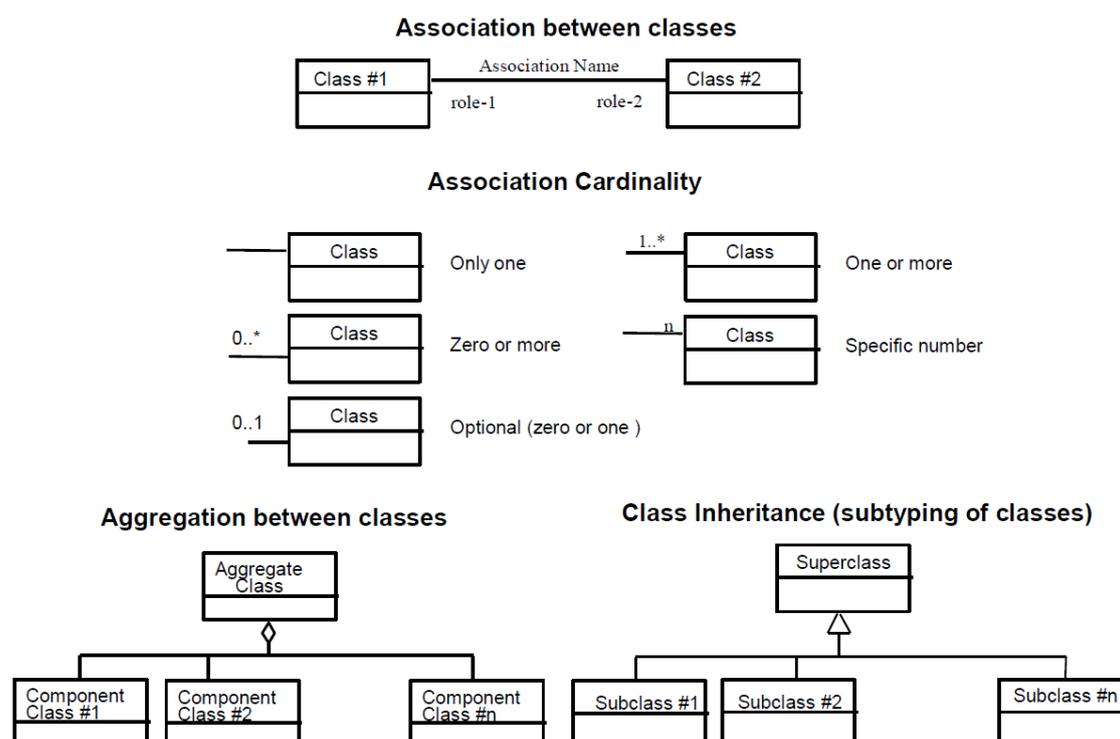


Figure 1 — UML notation in class diagrams.

In these class diagrams, the following stereotypes of UML classes are used:

- a) <<DataType>> A descriptor of a set of values that lack identity (independent existence and the possibility of side effects). A DataType is a class with no operations, whose primary purpose is to hold the information.

- b) <<Enumeration>> A data type whose instances form a list of alternative literal values. Enumeration means a short list of well-understood potential values within a class.
- c) <<Interface>> A definition of a set of operations that is supported by objects having this interface. An Interface class cannot contain any attributes.
- d) <<Type>> A stereotyped class used for specification of a domain of instances (objects), together with the operations applicable to the objects. A Type class may have attributes and associations.

See also ISO/TS 19103:2005, 6.8.2 and D.8.3.

In this International Standard, the following standard data types are used:

- a) `CharacterString` – A sequence of characters
- b) `Boolean` – A value specifying TRUE or FALSE
- c) `URI` – An identifier of a resource that provides more information
- d) `Integer` – An integer number
- e) `LocalisedCharacterString` – A `characterString` with locale language
- f) `QName` – A namespace-qualified name

6 Web Symbology Service overview

The WSS interface (currently) specifies `GetCapabilities` and `GetSymbol` operations that can be requested by a client and performed by a WSS server. Those operations are:

- a) `GetCapabilities` (required implementation by servers) – This operation allows a client to request and receive back service metadata (or `Capabilities`) documents that describe the abilities of the specific server implementation. This operation also supports negotiation of the specification version being used for client-server interactions.
- b) `GetSymbol` (required implementation by servers) – This operation allows a client to request and receive back a symbol encoded in `Symbology Encoding Implementation Specification` [OGC 05-077r4].

These operations have many similarities to other OGC Web Services, including the WMS, WFS, and WCS. Many of these interface aspects that are common with other OWSs are thus specified in the `OpenGIS® Web Services Common Implementation Specification` [OGC 05-008]. Many of these common aspects are normatively referenced herein, instead of being repeated in this specification.

Figure 2 is a simple UML diagram summarizing the WSS interface. This class diagram shows that the WSS interface class inherits the `getCapabilities` operation

from the OGCWebService interface class, and adds the getSymbol operations. (This capitalization of names uses the OGC/ISO profile of UML.)

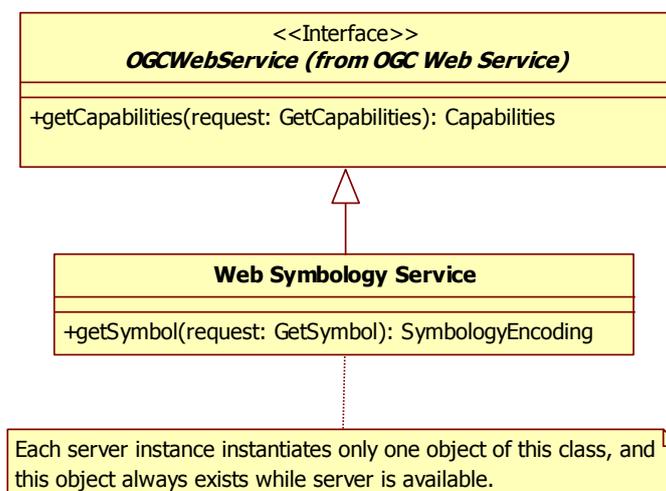


Figure 2 — WSS interface UML diagram.

NOTE In this UML diagram, the request and response for each operation is shown as a single parameter that is a data structure containing multiple lower-level parameters, which are discussed in subsequent clauses.

Each of the WSS operations is described in more detail in subsequent clauses.

7 Shared aspects

7.1 Introduction

This clause specifies aspects of the WSS Service behavior that are shared by several operations.

7.2 Base request type

7.2.1 Request semantics

The base request type (see Figure 3) is an abstract type from which all WSS operations are sub typed.

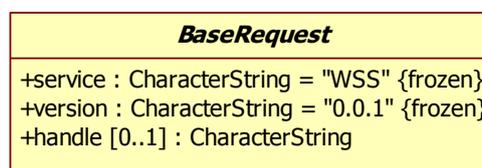


Figure 3 — BaseRequest.

7.2.2 XML encoding

The following XML Schema fragment specifies the XML encoding of the BaseRequest:

```

<xsd:complexType name="BaseRequestType" abstract="true">
  <xsd:attribute name="service" type="xsd:string"
  
```

```

        use="required" fixed="WSS"/>
    <xsd:attribute name="version" type="xsd:string"
        use="required" fixed="0.0.1"/>
    <xsd:attribute name="handle" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

```

7.2.3 KVP encoding

Table 1 defines the KVP-encoding of the base request type.

The encoding of operation requests shall use HTTP GET with KVP encoding and HTTP POST with XML encoding as specified in Clause 11 of [OGC 05-008].

The value of the mandatory REQUEST keyword shall indicate which service operation is being invoked.

NOTE XML-encoded requests do not have a REQUEST parameter because the name of the root element encodes the name of the service operation being invoked.

Table 1 — KVP-encoding of the base request type.

URLComponent	Operation	O/M ^a	Description
SERVICE	All operations.	M	See 7.2.4
VERSION ^b	All operations except GetCapabilities.	M	See 7.2.5
HANDLE	All operations.	O	See 7.2.6
^a O = Optional, M = Mandatory			
^b VERSION is mandatory for all operations except the GetCapabilities operation.			

7.2.4 Service parameter

In XML this parameter shall be encoded using an attribute named service (see 7.2.2).

In the KVP encoding, this parameter shall be encoded using the SERVICE keyword (see 7.2.3).

The mandatory service parameter shall be used to indicate which of the available service types, at a particular server, is being invoked. When invoking a web symbology service, the value of the service parameter shall be "WSS".

7.2.5 Version parameter

In XML this parameter shall be encoded using an attribute named version (see 7.2.2).

In the KVP encoding, this parameter shall be encoded using the VERSION keyword (see 7.2.3).

All WSS requests (except the GetCapabilities operation) shall include a parameter called version.

The version parameter shall be used to indicate to which version of the WSS specification the request encoding conforms and is used in version negotiation. When encoding a WSS request in accordance with this International Standard, the value of the version attributed shall be fixed to 0.0.1, which corresponds to the version of this International Standard.

7.2.6 Handle parameter

In XML this parameter shall be encoded using an attribute named handle (see 7.2.2).

In the KVP encoding, this parameter shall be encoded using the HANDLE keyword (see 7.2.3).

The purpose of the optional handle parameter is to allow a client application to associate a mnemonic name with a request for error handling purposes.

If a handle is specified for an operation and an exception is encountered (see 7.3) processing that operation, a Web Symbology Service shall assign the value of the handle attribute to the locator attribute in the ows:ExceptionText element (see OGC 06-121r3:2009, Clause 8) in order to identify the operation or action that generated the exception. If a handle is not specified, the server may omit the locator attribute in the ows:ExceptionText element or may use some other means, such as line numbers, to locate the exception within the operation.

7.3 Exception report

In the event that a web symbology service encounters an error while processing a request or receives an invalid request, it shall generate an XML document indicating that an error has occurred. The format of the XML error response is specified by, and shall validate against, the exception response schema defined in Clause 8 of the OWS Common Implementation Specification (see OGC 06-121r3:2009).

An ows:ExceptionReport element may contain one or more WSS processing exceptions specified using the ows:Exception element. The mandatory version attribute is used to indicate the version of the service exception report schema. This value shall be "0.0.1". The optional language attribute may be used to indicate the language used. The code list for the language parameter is defined in IETF RFC 4646.

Individual exception messages are contained within the ows:ExceptionText element. The mandatory code attribute shall be used to associate an exception code with the accompanying message.

8 GetCapabilities operation (mandatory)

8.1 Introduction

The mandatory GetCapabilities operation allows clients to retrieve service metadata from a server. The response to a GetCapabilities request shall be an XML document containing service metadata about the server, including specific information about

WSS. This clause specifies the XML document that a WSS server must return to describe its capabilities.

8.2 Request

8.2.1 Request Semantics

The GetCapabilities operation request shall be as specified in Subclauses 7.2 and 7.3 of [OGC 05-008]. The value of the “service” parameter shall be “WSS”.

Figure 4 describes the schema of a GetCapabilities request.

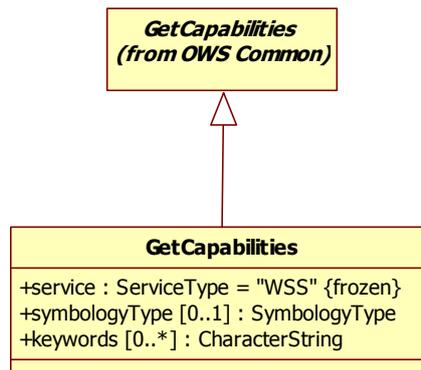


Figure 4 — GetCapabilities Request.

8.2.2 XML encoding

The following XML Schema fragment defines the XML-encoding of the GetCapabilities request:

```

<xsd:element name="GetCapabilities" type="ows:GetCapabilitiesType"/>
<xsd:complexType name="GetCapabilitiesType">
  <xsd:complexContent>
    <xsd:extension base="ows:GetCapabilitiesType">
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="SymbologyType"
          type="ows:SymbologyTypeType" minOccurs="0"/>
        <xsd:element name="Keywords" type="xsd:string"
          minOccurs="0"/>
      </xsd:sequence>
      <xsd:attribute name="service" type="ows:ServiceType"
        use="required" fixed="WSS"/>
    </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>
  
```

The base type, ows:GetCapabilitiesType, is defined in the OWS Common Implementation Specification (see OGC 06-121r3:2010, 7.2.4).

8.2.3 KVP Encoding

The KVP encoding of the GetCapabilities operation is described in Table 4 with the query parameters request.

NOTE To reduce the need for readers to refer to other documents, the first three values listed below are copied from Subclause 7.2.3 of [OGC 06-121r9:2010].

Table 2 — GetCapabilities operation request URL parameters

Name and example ^a	Optionality and use	Definition and format
service=WSS	Mandatory	Abbreviated service type identifier text
request= GetCapabilities	Mandatory	Operation name text
acceptVersions=0.0.1	Optional When omitted, return latest supported version	Prioritized sequence of one or more specification versions accepted by client, with preferred versions listed first
symbologyType=CoverageStyle	Optional When omitted, server shall return both types of symbols.	Symbology type Name is a Character String, not empty Value contain one of the enumeration typed value: FeatureTypeStyle or CoverageStyle
keywords=rivers,other	Optional When omitted, server shall return all symbols.	Comma-separated unordered list of zero or more keywords of symbols of symbolsList metadata document to be returned in service metadata document
^a All parameter names are here listed using mostly lower case letters. However, any parameter name capitalization shall be allowed in KVP encoding, see Subclause 11.5.2 of [OGC 05-008].		

EXAMPLE An example GetCapabilities operation request KVP encoded for HTTP GET is:

```
http://foo.bar/foo?service=WSS&request=GetCapabilities&acceptVersions=0.0.1&
symbologyType=CoverageStyle&keywords=rivers,other
```

8.3 Response

8.3.1 Response Semantics

Figure 5 describes the schema of a GetCapabilities response.

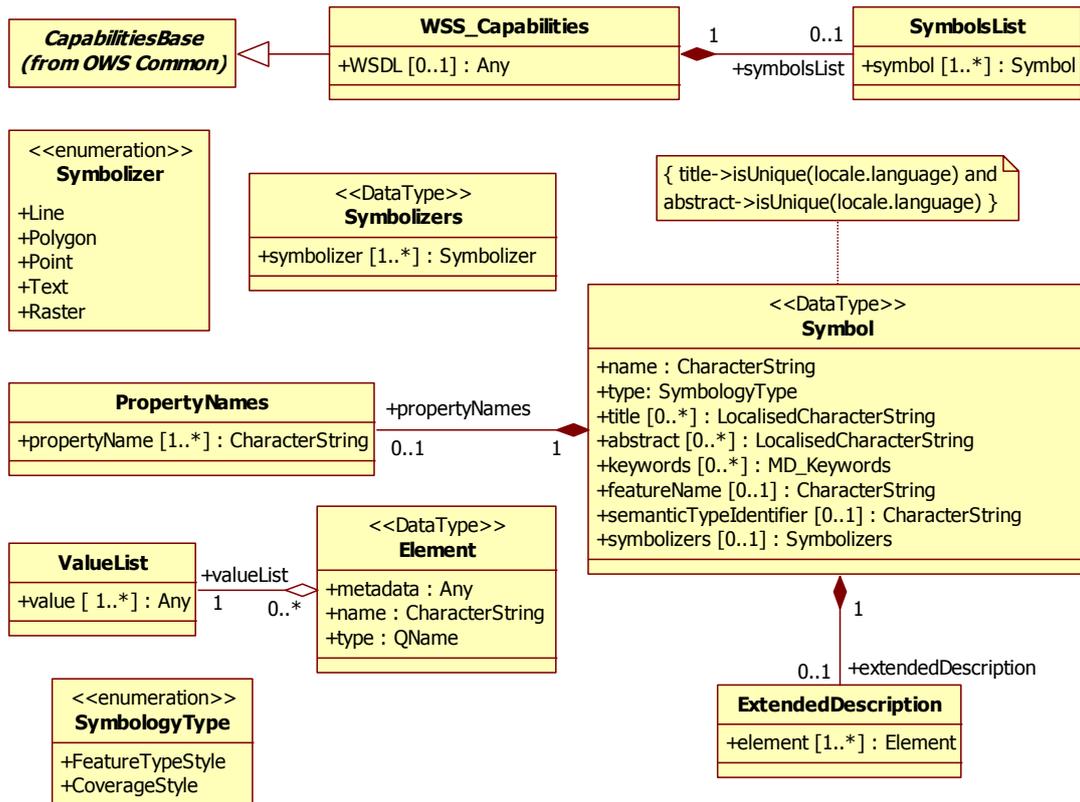


Figure 5 — GetCapabilities Response.

8.3.2 XML encoding

The root element of the response to a GetCapabilities request is the `wss:WSS_Capabilities` element which is declared by the following XML Schema fragment:

```

<xsd:element name="WSS_Capabilities"
type="wss:WSS_CapabilitiesType"/>
<xsd:complexType name="WSS_CapabilitiesType">
  <xsd:complexContent>
    <xsd:extension base="ows:CapabilitiesBaseType">
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="WSDL" minOccurs="0">
          <xsd:complexType>
            <xsd:complexContent>
              <xsd:restriction base="xsd:anyType">
                <xsd:attributeGroup
ref="xlink:simpleLink"/>
              </xsd:restriction>
            </xsd:complexContent>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
        <xsd:element ref="wss:SymbolsList" minOccurs="0"/>
      </xsd:sequence>
    </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>

```

The base type, `ows:CapabilitiesBaseType`, is defined in the OWS Common Implementation Specification (see OGC 06-121r3:2009, 7.2.4);

The elements `ows:ServiceIdentification`, `ows:ServiceProvider` and `ows:OperationMetadata` are inherited from the base type `ows:CapabilitiesBaseType`.

8.3.3 Capabilities document

In addition to the sections defined in 7.4 of OGC 06-121r3:2009, the capabilities response document shall contain the following sections:

1. WSDL section (optional)

This section allows a server to reference an optional WSDL document that describes the operations that the service offers.

2. Symbols list section (mandatory)

This section defines the list of symbols that are offered by a web symbology service. Metadata is provided about each symbol as described in Table 3.

NOTE In the schema, the `wss:SymbolsList` elements are specified as optional (i.e. `minOccurs="0"`). This is done in order to support the Sections parameter (see OGC 06-121r3:2009, 7.3.3) of the `GetCapabilities` request which allows abbreviated service metadata documents to be requested. However, when the full service metadata is generated it shall contain a Symbols list section.

8.3.4 SymbolsList section

The `wss:SymbolsList` element shall contain a list of symbols, subtyped from `se:FeatureTypeStyle` or `se:CoverageStyle`, that a WSS offers.

The following XML Schema fragment defines the `wss:SymbolsList` element:

```
<xsd:element name="SymbolsList" type="wss:SymbolsListType"/>
<xsd:complexType name="SymbolsListType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="Symbol" type="wss:SymbolType"
maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="SymbolType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element ref="wss:Name"/>
    <xsd:element ref="wss:Type"/>
    <xsd:element ref="wss:Title" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd:element ref="wss:Abstract" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd:element ref="ows:Keywords" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd:element name="PropertyNames" minOccurs="0"
type="wss:PropertyNamesType"/>
    <xsd:element name="FeatureName" minOccurs="0"
type="xsd:string">
      <xsd:annotation>
        <xsd:documentation>
```

```

        A FeatureName is entend to contain a
        FeatureTypeName or a CoverageName
        </xsd:documentation>
    </xsd:annotation>
</xsd:element>
<xsd:element name="SemanticTypeIdentifier"
type="xsd:string" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
<xsd:element name="Symbolizers" type="wss:SymbolizersType"
minOccurs="0"/>
<xsd:element name="ExtendedDescription"
type="wss:ExtendedDescriptionType" minOccurs="0"/>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="PropertyNamesType">
<xsd:sequence>
<xsd:element name="PropertyName" type="xsd:string"
minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="SymbolizersType">
<xsd:sequence>
<xsd:element name="Symbolizer" minOccurs="1"
maxOccurs="unbounded">
<xsd:simpleType>
<xsd:restriction base="xsd:string">
<xsd:enumeration value="Line"/>
<xsd:enumeration value="Polygon"/>
<xsd:enumeration value="Point"/>
<xsd:enumeration value="Text"/>
<xsd:enumeration value="Raster"/>
</xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
</xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="ExtendedDescriptionType">
<xsd:sequence>
<xsd:element ref="wss:Element" maxOccurs="unbounded"/>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="Element" type="wss:ElementType"/>
<xsd:complexType name="ElementType">
<xsd:sequence>
<xsd:element ref="ows:Metadata"/>
<xsd:element ref="wss:ValueList"/>
</xsd:sequence>
<xsd:attribute name="name" type="xsd:string" use="required"/>
<xsd:attribute name="type" type="xsd:QName" use="required"/>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="ValueList" type="wss:ValueListType"/>
<xsd:complexType name="ValueListType">
<xsd:sequence maxOccurs="unbounded">
<xsd:element ref="wss:Value"/>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="Value" type="xsd:anyType"/>

```

The wss:SymbolsList element shall contain one wss:Symbol element for each symbol that the service offers. The element contains metadata about the symbol.

Table 3 lists the elements that are used to describe each symbol listed within the wss:SymbolsList element.

Table 3 — Elements to describe symbols within SymbolsList element.

Element Name	Description
Name	A wss:Name element shall contain the name of the symbol. This element is mandatory.
Type	The wss:Type element shall contain the type of the symbol. The value must be one in your enumeration list: FeatureTypeStyle or CoverageStyle, being the type of styles in the OGC 05-077r4 Symbology Encoding Implementation Specification. This element is mandatory.
PropertyNames	The PropertyNames element is optional and represents the names of the geometries (usually one) and the names of other attributes used for labels or Filters. This information shall be used for translation when the property names of the server does not coincide with the property names of the client.
FeatureName	The FeatureName identifies the specific feature type or coverage that the feature-type style or coverage style is for. It is allowed to be optional, but if it exists it should be informed by the server, in the way that the client can translate it.
SemanticTypeIdentifier	The SemanticTypeIdentifier is a Symbology Encoding experimental element and is intended to be used to identify what the feature style or coverages style is suitable to be used for generic symbolizers. For example, a single style may be suitable to use with many different types. The syntax of the SemanticTypeIdentifier string is undefined, but the strings “generic:line”, “generic:polygon”, “generic:point”, “generic:text”, “generic:raster”, and “generic:any” are reserved to indicate that a style may be used with any types with the corresponding default geometry type.
Symbolizers	A Symbolizers element contains a list of symbolizers utilized for describe how a feature or coverage is to appear on a map. The value can be one of the five: Line, Polygon, Point, Text and Raster, and can exists more than one type because of the rules of the symbol.
Title	An unordered list of zero or more human-readable titles that briefly identify this symbol in menus. The xml:lang attribute may be used to specify a language for the title. If more than one wss:Title element is listed, each title shall have a different value for the xml:lang attribute.
Abstract	An unordered list of zero or more wss:Abstract elements. Each wss:Abstract element is a descriptive narrative for more information about the feature type. The xml:lang attribute may be used to specify a language for the abstract. If more than one wss:Abstract element is listed, each abstract shall have a different value for the xml:lang attribute.
Keywords	The ows:Keywords element contains short words to aid catalogue searching.
ExtendedDescription	A WSS may add elements to the description of a symbol, without having to redefine the capabilities schema, using the wss:ExtendedDescription element. The wss:ExtendedDescription element contains one or more wss:Element elements. The wss:Element element includes a name attribute, a type attribute and contains a value list enumerating one or more values for the named extended descriptive element. The name attribute is used to designate the name of the extended descriptive element. The type attribute is used to designate a type for the values in the value list of the extended descriptive element. The type shall be taken from the list of built-in types

Element Name	Description
	defined by XML Schema (see W3C XML Schema Part 2). The wss:Element element also includes an ows:Metadata element that shall be used to reference metadata describing the wss:Element. The wss:ExtendedDescription element is intended to be used by communities of interest to customize the description of a symbol for specific purposes or by vendors wishing to add vendor-specific descriptive information to the description of a symbol in a capabilities document. In all cases, clients shall be able to safely ignore all of the extended descriptive elements. Each extended description wss:Element added to the description of a symbol shall be accompanied by an ows:Metadata element offering descriptive metadata about the added element.

8.3.5 Exceptions

When a WSS server encounters an error while performing a GetCapabilities operation, it shall return an exception report message as specified in Table 8 of OGC 06-121r9:2010.

9 GetSymbol operation (mandatory)

9.1 Introduction

The GetSymbol operation allows WSS clients to retrieve a symbol from a data store. A WSS processes a GetSymbol request and returns a response document to the client that consists in a Symbology Encoding (OGC 05-077r4) instance that satisfies the KVP values specified in the request or an exception if zero occurrences are encountered.

9.2 Request

9.2.1 Request Semantics

Figure 6 describes the schema of a GetSymbol request.

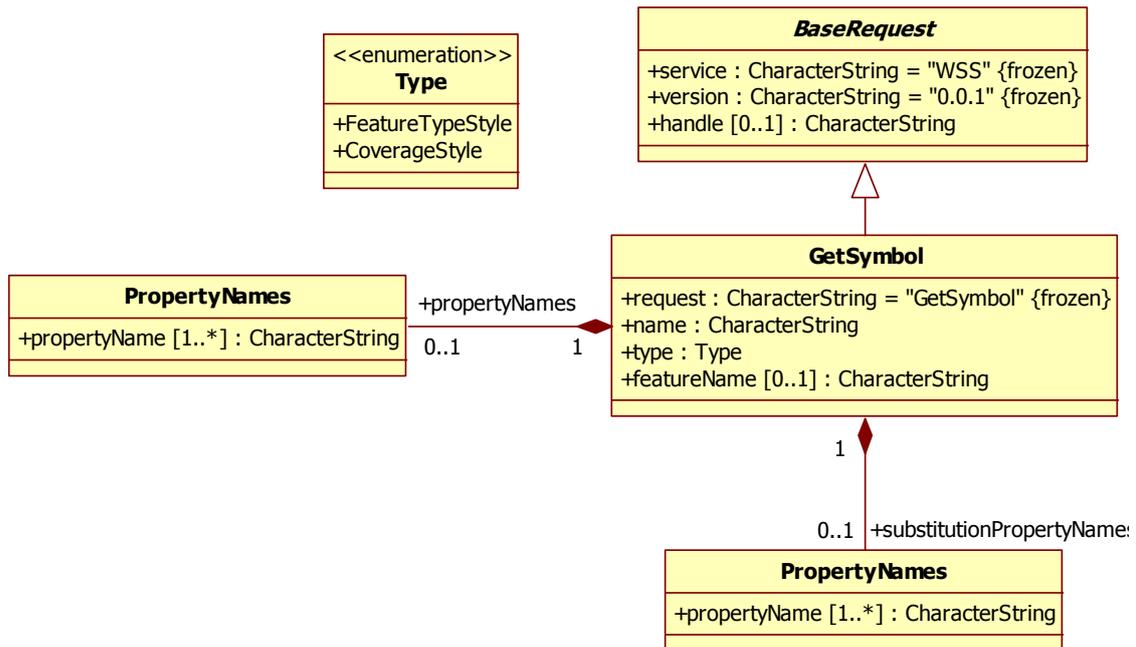


Figure 6 — GetSymbol Request.

9.2.2 XML encoding

The following XML Schema fragment defines the XML-encoding of the GetCapabilities request:

```

<xsd:element name="GetSymbol" type="wss:GetSymbolType"/>
<xsd:complexType name="GetSymbolType">
  <xsd:complexContent>
    <xsd:extension base="wss:BaseRequestType">
      <xsd:sequence>
        <xsd:element ref="wss:Name"/>
        <xsd:element ref="wss:Type"/>
        <xsd:element name="FeatureName" minOccurs="0"
type="xsd:string"/>
        <xsd:element name="PropertyNames" minOccurs="0"
type="wss:PropertyNamesType"/>
        <xsd:element name="SubstitutionPropertyNames"
minOccurs="0" type="wss:PropertyNamesType"/>
      </xsd:sequence>
    </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>
  
```

9.2.3 KVP Encoding

The KVP encoding of the GetSymbol operation is described in Table 4 with the query parameters request.

Table 4 — GetSymbol operation request URL parameters

Name and example ^a	Optionality and use	Definition and format
-------------------------------	---------------------	-----------------------

request= GetSymbol	Mandatory	Operation name
name=symbol	Mandatory	Name of a desired symbol is a Character String, not empty Value contain the name of the desired symbol.
type=FeatureTypeStyle	Mandatory	Type of the desired symbol is a Character String, not empty Value contain the type of the desired symbol.
featureName=geodado	Optional	Name of the feature type or coverage is a character string used to identify the feature type name or coverage name that the feature-type style or coverage style is for. If not informed, the symbol will not contain this information.
propertyNames=geometry, symbology	Optional	The Names of the geometries (usually one) and other attributes used for labels or Filters. Comma-separated list of Character String. This information shall be used for translation when the property names of the server does not coincide with the property names of the client.
substitutionPropertyNames= geometria, simbologia	Optional	The Substitution Names of the PropertyNames listed above. Comma-separated list of Character String, one per requested PropertyNames, in the respective order.

a All parameter names are here listed using mostly lower case letters. However, any parameter name capitalization shall be allowed in KVP encoding, see Subclause 11.5.2 of [OGC 05-008].

NOTE 2 The data type of many parameters is specified as “Character String type, not empty”. In the XML Schema Documents specified herein, these parameters are encoded with the xsd:string type, which does NOT require that these strings not be empty.

NOTE 3 The UML class diagram contained in Subclause 9.2.1 provides a useful graphical view of the contents of the GetSymbol operation request listed in Table 4.

The “Multiplicity and use” columns in Table 4 specify the optionality of each listed parameter and data structure in the GetSymbol operation request. Since all parameters and data structures are mandatory in the operation request, all parameters and data structures shall be implemented by all WSS clients, using a specified value(s). Similarly, all parameters and data structures shall be implemented by all WSS servers, checking that each request parameter is received with any specified value(s).

EXAMPLE An example GetSymbol operation request KVP encoded for HTTP GET is:

```
http://foo.bar/foo?service=WSS&request=GetSymbol&version=0.0.1&name=symbol,type=FeatureTypeStyle&featureName=feature&propertyNames=geometry,symbology&substitutionPropertyNames=geometria,simbologia
```

9.3 Response

9.3.1 Response Semantics

The response to a successful GetSymbol request is a symbology encoding as per [OGC 05-077r4].

Further, the response is expected to be a data structure whose type is the same subtype of Symbology Encoding (FeatureTypeStyle or CoverageStyle) as the requested symbol has. Even, the FeatureTypeName or CoverageName shall be the FeatureName informed by client; as well the property names shall be the requested in SubstitutionPropertyNames.

9.3.2 GetSymbol exceptions

When a WSS server encounters an error while performing a GetSymbol operation, it shall return an exception report message as specified in Subclause 7.4 of [OGC 05-008]. The allowed standard exception codes shall include those listed in Table 5. For each listed exceptionCode, the contents of the “locator” parameter value shall be as specified in the right column of Table 5.

NOTE To reduce the need for readers to refer to other documents, the first four values listed below are copied from Table 20 in Subclause 8.3 of [OGC 05-008].

Table 5 — Exception codes for GetSymbol operation

exceptionCode value	Meaning of code	“locator” value
OperationNotSupported	Request is for an operation that is not supported by this server	Name of operation not supported
MissingParameterValue	Operation request does not include a parameter value, and this server did not declare a default value for that parameter	Name of missing parameter
InvalidParameterValue	Operation request contains an invalid parameter value	Name of parameter with invalid value
NoApplicableCode	No other exceptionCode specified by this service and server applies to this exception	None, omit “locator” parameter
SymbolNotFound	Request is for a symbol that does not exist in this server of the respective type.	Name of symbol not found and your requested type

Annex A
(normative)

Abstract test suite

An abstract test suite is not provided in this version of this Implementation Specification, because is expected only in version 1.0.0.

Annex B (normative)

XML Schema Documents

This Annex consolidates the XML fragments found in this International Standard into a single file called wss.xsd that may be used with an XML parser to validate WSS requests.

All the XML Schema Document contain documentation of the meaning of each element and attribute, and this documentation shall be considered normative as specified in Subclause 11.6.3 of [OGC 05-008].

B.1 wss.xsd

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsd:schema xmlns:wss="http://www.opengis.net/wss" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se" xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows/2.0"
xmlns:fes="http://www.opengis.net/fes/2.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace" targetNamespace="http://www.opengis.net/wss"
elementFormDefault="qualified" version="0.0.1">
  <xsd:annotation>
    <xsd:documentation>This XML Schema Document includes and imports,
directly or indirectly, all the XML Schemas defined by the
Web Symbol Service (WSS) Implementation Specification.
WSS is an experimental standard based on OGC Standard.
Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document
may be the subject of patent rights.
The authors shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.
</xsd:documentation>
  </xsd:annotation>
  <!-- =====
Includes and Imports
===== -->
  <xsd:import namespace="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
schemaLocation="http://www.w3.org/2001/xml.xsd"/>
  <xsd:import namespace="http://www.w3.org/1999/xlink" schemaLocation="http://www.w3.org/1999/xlink.xsd"/>
  <xsd:import namespace="http://www.opengis.net/ows/2.0"
schemaLocation="http://schemas.opengis.net/ows/2.0/owsAll.xsd"/>
  <xsd:import namespace="http://www.opengis.net/se"
schemaLocation="http://schemas.opengis.net/se/1.1.0/FeatureStyle.xsd"/>
  <!-- ===== -->
  <!-- = BASE REQUEST TYPE = -->
  <!-- ===== -->
  <xsd:complexType name="BaseRequestType" abstract="true">
    <xsd:attribute name="service" type="xsd:string" use="required" fixed="WSS"/>
    <xsd:attribute name="version" type="xsd:string" use="required" fixed="0.0.1"/>
    <xsd:attribute name="handle" type="xsd:string"/>
  </xsd:complexType>
  <!-- ===== -->
  <!-- = COMMON FEATURE METADATA ELEMENTS = -->
  <!-- ===== -->
  <xsd:element name="Name" type="xsd:string">
    <xsd:annotation>
      <xsd:documentation>The name of the symbol.</xsd:documentation>
    </xsd:annotation>
  </xsd:element>
  <xsd:element name="Type" type="wss:SymbologyTypeType">
    <xsd:annotation>
      <xsd:documentation>
        The type of the symbol. The value must be one in your enumeration list, being the type of
        styles in the OGC 05-077r4 Symbology Encoding Implementation Specification.
      </xsd:documentation>
    </xsd:annotation>
  </xsd:element>
```

```

<xsd:simpleType name="SymbologyTypeType">
  <xsd:restriction base="xsd:string">
    <xsd:enumeration value="FeatureTypeStyle"/>
    <xsd:enumeration value="CoverageStyle"/>
  </xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
<xsd:element name="Title">
  <xsd:annotation>
    <xsd:documentation>Human-readable titles that briefly identify this symbol in menus. The xml:lang
attribute may be used to specify a language for the title. If more than one this element is listed, each one shall have a
different value for the xml:lang attribute.</xsd:documentation>
  </xsd:annotation>
  <xsd:complexType>
    <xsd:simpleContent>
      <xsd:extension base="xsd:string">
        <xsd:attribute ref="xml:lang" default="en"/>
      </xsd:extension>
    </xsd:simpleContent>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
<xsd:element name="Abstract">
  <xsd:annotation>
    <xsd:documentation>Descriptive narrative for more information about the feature type. The xml:lang
attribute may be used to specify a language for the abstract. If more than one this element is listed, each one shall
have a different value for the xml:lang attribute.</xsd:documentation>
  </xsd:annotation>
  <xsd:complexType>
    <xsd:simpleContent>
      <xsd:extension base="xsd:string">
        <xsd:attribute ref="xml:lang" default="en"/>
      </xsd:extension>
    </xsd:simpleContent>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
<!-- ===== -->
<!-- =  GETCAPABILITIES Request and Response           = -->
<!-- ===== -->
<!-- REQUEST -->
<xsd:element name="GetCapabilities" type="wss:GetCapabilitiesType"/>
<xsd:complexType name="GetCapabilitiesType">
  <xsd:complexContent>
    <xsd:extension base="ows:GetCapabilitiesType">
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="SymbologyType" type="wss:SymbologyTypeType"
minOccurs="0">
          <xsd:annotation>
            <xsd:documentation>When omitted, server shall return both types of
symbols.</xsd:documentation>
          </xsd:annotation>
        </xsd:element>
        <xsd:element name="Keywords" type="xsd:string" minOccurs="0">
          <xsd:annotation>
            <xsd:documentation>When omitted, server shall return all
symbols.</xsd:documentation>
          </xsd:annotation>
        </xsd:element>
      </xsd:sequence>
      <xsd:attribute name="Service" type="ows:ServiceType" use="required" fixed="WSS"/>
    </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>
<!-- RESPONSE -->
<xsd:element name="WSS_Capabilities" type="wss:WSS_CapabilitiesType"/>
<xsd:complexType name="WSS_CapabilitiesType">
  <xsd:complexContent>
    <xsd:extension base="ows:CapabilitiesBaseType">
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="WSDL" minOccurs="0">
          <xsd:complexType>
            <xsd:complexContent>
              <xsd:restriction base="xsd:anyType">
                <xsd:attributeGroup ref="xlink:simpleAttrs"/>
              </xsd:restriction>
            </xsd:complexContent>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
      </xsd:sequence>
    </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>

```

```

        </xsd:element>
        <xsd:element ref="wss:SymbolsList" minOccurs="0">
          <xsd:annotation>
            <xsd:documentation>Shall contain a list of symbols, subtyped from
se:FeatureTypeStyle or se:CoverageStyle</xsd:documentation>
          </xsd:annotation>
        </xsd:element>
      </xsd:sequence>
    </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="SymbolsList" type="wss:SymbolsListType"/>
<xsd:complexType name="SymbolsListType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="Symbol" type="wss:SymbolType" maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="SymbolType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element ref="wss:Name"/>
    <xsd:element ref="wss:Type"/>
    <xsd:element ref="wss:Title" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd:element ref="wss:Abstract" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd:element ref="ows:Keywords" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd:element name="PropertyNames" type="wss:PropertyNamesType" minOccurs="0">
      <xsd:annotation>
        <xsd:documentation>A list of names of the geometries (usually one) and the names of
other attributes used for labels or Filters. This information shall be used for translation when the property names of
the server does not coincide with the property names of the client.</xsd:documentation>
      </xsd:annotation>
    </xsd:element>
    <xsd:element name="FeatureName" type="xsd:string" minOccurs="0">
      <xsd:annotation>
        <xsd:documentation>Identifies the specific feature type or coverage that the feature-type
style or coverage style is for.</xsd:documentation>
      </xsd:annotation>
    </xsd:element>
    <xsd:element name="SemanticTypeIdentifier" type="xsd:string" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded">
      <xsd:annotation>
        <xsd:documentation>Is a Symbology Encoding experimental element and is intended to
be used to identify what the feature style or coverages style is suitable to be used for generic symbolizers. For
example, a single style may be suitable to use with many different types. The syntax of the SemanticTypeIdentifier
string is undefined, but the strings "generic:line", "generic:polygon", "generic:point", "generic:text", "generic:raster",
and "generic:any" are reserved to indicate that a style may be used with any types with the corresponding default
geometry type</xsd:documentation>
      </xsd:annotation>
    </xsd:element>
    <xsd:element name="Symbolizers" type="wss:SymbolizersType" minOccurs="0">
      <xsd:annotation>
        <xsd:documentation>Contains a list of symbolizers utilized for describe how a feature or
coverage is to appear on a map. The value can be one of the five: Line, Polygon, Point, Text and Raster, and can
exists more than one type because of the rules of the symbol.</xsd:documentation>
      </xsd:annotation>
    </xsd:element>
    <xsd:element name="ExtendedDescription" type="wss:ExtendedDescriptionType" minOccurs="0">
      <xsd:annotation>
        <xsd:documentation>A WSS may add elements to the description of a symbol, without
having to redefine the capabilities schema, using this element.</xsd:documentation>
      </xsd:annotation>
    </xsd:element>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="PropertyNamesType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="PropertyName" type="xsd:string" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="SymbolizersType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="Symbolizer" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
      <xsd:simpleType>
        <xsd:restriction base="xsd:string">
          <xsd:enumeration value="Line"/>
          <xsd:enumeration value="Polygon"/>

```

```

        <xsd:enumeration value="Point"/>
        <xsd:enumeration value="Text"/>
        <xsd:enumeration value="Raster"/>
    </xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
</xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="ExtendedDescriptionType">
    <xsd:sequence>
        <xsd:element ref="wss:Element" maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="Element" type="wss:ElementType"/>
<xsd:complexType name="ElementType">
    <xsd:sequence>
        <xsd:element ref="ows:Metadata"/>
        <xsd:element ref="wss:ValueList"/>
    </xsd:sequence>
    <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" use="required"/>
    <xsd:attribute name="type" type="xsd:QName" use="required"/>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="ValueList" type="wss:ValueListType"/>
<xsd:complexType name="ValueListType">
    <xsd:sequence maxOccurs="unbounded">
        <xsd:element ref="wss:Value"/>
    </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="Value" type="xsd:anyType"/>
<!-- ===== -->
<!-- = GETSYMBOL Request and Response = -->
<!-- ===== -->
<!-- REQUEST -->
<xsd:element name="GetSymbol" type="wss:GetSymbolType"/>
<xsd:complexType name="GetSymbolType">
    <xsd:complexContent>
        <xsd:extension base="wss:BaseRequestType">
            <xsd:sequence>
                <xsd:element ref="wss:Name"/>
                <xsd:element ref="wss:Type"/>
                <xsd:element name="FeatureName" type="xsd:string" minOccurs="0">
                    <xsd:annotation>
                        <xsd:documentation>Name of the feature type or coverage is used to
substitute the feature type name or coverage name that the feature-type style or coverage style is
for.</xsd:documentation>
                    </xsd:annotation>
                </xsd:element>
                <xsd:element name="PropertyNames" type="wss:PropertyNamesType" minOccurs="0">
                    <xsd:annotation>
                        <xsd:documentation>The Names of the geometries (usually one) and other
attributes used for labels or Filters. Comma-separated list. This information shall be used for translation when the
property names of the server does not coincide with the property names of the client.</xsd:documentation>
                    </xsd:annotation>
                </xsd:element>
                <xsd:element name="SubstitutionPropertyNames" type="wss:PropertyNamesType"
minOccurs="0">
                    <xsd:annotation>
                        <xsd:documentation>The Substitution Names of the property names listed in
PropertyNames element. Comma-separated list, one per requested PropertyNames, in the respective
order.</xsd:documentation>
                    </xsd:annotation>
                </xsd:element>
            </xsd:sequence>
        </xsd:extension>
    </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>
<!-- RESPONSE -->
<!-- The response to a successful GetSymbol request is a Symbology Encoding as per [OGC 05-077r4].
Further, the response is expected to be a data structure whose type is the same subtype of Symbology Encoding
(FeatureTypeStyle or CoverageStyle) as the requested symbol has. Even, the FeatureTypeName or CoverageName
shall be the FeatureName informed by client; as well the property names shall be the requested in
SubstitutionPropertyNames. -->
</xsd:schema>

```


Annex C (informative)

Example XML documents

C.1 Introduction

This annex provides more example XML documents than given in the body of this document.

C.2 GetCapabilities – Minimum request

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wss:GetCapabilities Service="WSS" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wss wss.xsd"
xmlns:wss="http://www.opengis.net/wss" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"/>
```

C.3 GetCapabilities – Complete request

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wss:GetCapabilities Service="WSS" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wss wss.xsd"
xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows/2.0" xmlns:wss="http://www.opengis.net/wss"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <ows:AcceptVersions>
    <ows:Version>0.0.1</ows:Version>
  </ows:AcceptVersions>
  <ows:Sections>
    <ows:Section>SymbolsList</ows:Section>
  </ows:Sections>
  <ows:AcceptFormats>
    <ows:OutputFormat>text/xml</ows:OutputFormat>
  </ows:AcceptFormats>
  <ows:AcceptLanguages>
    <ows:Language>en-US</ows:Language>
    <ows:Language>pt-BR</ows:Language>
  </ows:AcceptLanguages>
  <wss:SymbologyType>CoverageStyle</wss:SymbologyType>
  <wss:Keywords>rivers</wss:Keywords>
</wss:GetCapabilities>
```

C.4 Capabilities document

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wss:WSS_Capabilities version="0.0.1" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wss wss.xsd"
xmlns="http://www.opengis.net/ows/1.1" xmlns:fes="http://www.opengis.net/fes/2.0"
xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows/2.0" xmlns:wss="http://www.opengis.net/wss"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <ows:ServiceIdentification>
    <ows:Title>Web Symbology Service</ows:Title>
    <ows:Abstract>Network service for exchange geodata symbols</ows:Abstract>
    <ows:Keywords>
      <ows:Keyword>Symbology Exchange</ows:Keyword>
      <ows:Keyword>Styled Layers Descriptor</ows:Keyword>
    </ows:Keywords>
    <ows:ServiceType>OGC WSS</ows:ServiceType>
    <ows:ServiceTypeVersion>0.0.1</ows:ServiceTypeVersion>
  </ows:ServiceIdentification>
  <ows:ServiceProvider>
    <ows:ProviderName>Geodata Univali</ows:ProviderName>
    <ows:ProviderSite/>
    <ows:ServiceContact>
      <ows:IndividualName>Lennon R. Bisolo</ows:IndividualName>
    </ows:ServiceContact>
  </ows:ServiceProvider>
</wss:WSS_Capabilities>
```

```

<ows:PositionName>Student</ows:PositionName>
<ows:ContactInfo>
  <ows:Phone>
    <ows:Voice>+55 47 3341-7500</ows:Voice>
  </ows:Phone>
  <ows:Address>
    <ows:DeliveryPoint>Rua Uruguai, 458</ows:DeliveryPoint>
    <ows:City>Itajaí</ows:City>
    <ows:PostalCode>88302-202</ows:PostalCode>
    <ows:Country>Brasil</ows:Country>
    <ows:ElectronicMailAddress>lennon@univali.br</ows:ElectronicMailAddress>
  </ows:Address>
</ows:ContactInfo>
</ows:ServiceContact>
</ows:ServiceProvider>
<ows:OperationsMetadata>
  <ows:Operation name="GetCapabilities">
    <ows:DCP>
      <ows:HTTP>
        <ows:Get xlink:href="geodata.acad.univali.br"/>
      </ows:HTTP>
    </ows:DCP>
  </ows:Operation>
  <ows:Operation name="GetSymbol">
    <ows:DCP>
      <ows:HTTP>
        <ows:Get xlink:href="geodata.acad.univali.br"/>
      </ows:HTTP>
    </ows:DCP>
  </ows:Operation>
</ows:OperationsMetadata>
<ows:Languages>
  <ows:Language>en-US</ows:Language>
  <ows:Language>pt-BR</ows:Language>
</ows:Languages>
<wss:WSDL/>
<wss:SymbolsList>
  <wss:Symbol>
    <wss:Name>Point_Symbol</wss:Name>
    <wss:Type>FeatureTypeStyle</wss:Type>
    <wss:Title xml:lang="en">Point Symbol</wss:Title>
    <wss:Title xml:lang="pt">Ponto</wss:Title>
    <wss:Abstract xml:lang="en">Symbol of type point</wss:Abstract>
    <wss:Abstract xml:lang="pt">Símbolo do tipo Ponto</wss:Abstract>
    <ows:Keywords>
      <ows:Keyword>Symbol</ows:Keyword>
      <ows:Keyword>Point</ows:Keyword>
    </ows:Keywords>
    <wss:PropertyNames>
      <wss:PropertyName>Geometry</wss:PropertyName>
      <wss:PropertyName>Symbology</wss:PropertyName>
    </wss:PropertyNames>
    <wss:Symbolizers>
      <wss:Symbolizer>Point</wss:Symbolizer>
    </wss:Symbolizers>
    <wss:ExtendedDescription>
      <wss:Element name="Workspace" type="CartaSAO">
        <ows:AdditionalParameters>
          <ows:AdditionalParameter>
            <ows:Name>Title</ows:Name>
            <ows:Value>Peixes_Carta05</ows:Value>
          </ows:AdditionalParameter>
        </ows:AdditionalParameters>
        <wss:ValueList>
          <wss:Value>Any other value</wss:Value>
        </wss:ValueList>
      </wss:Element>
    </wss:ExtendedDescription>
  </wss:Symbol>
  <wss:Symbol>
    <wss:Name>Raster_Symbol</wss:Name>
    <wss:Type>CoverageStyle</wss:Type>
    <wss:Title xml:lang="en">Raster Symbol</wss:Title>
    <wss:Title xml:lang="pt">Bitmap</wss:Title>
    <wss:Abstract xml:lang="en">Symbol of type raster</wss:Abstract>

```

```

    <wss:Abstract xml:lang="pt">Símbolo do tipo Bitmap</wss:Abstract>
    <ows:Keywords>
      <ows:Keyword>Symbol</ows:Keyword>
    </ows:Keywords>
    <wss:Symbolizers>
      <wss:Symbolizer>Raster</wss:Symbolizer>
    </wss:Symbolizers>
  </wss:Symbol>
</wss:SymbolsList>
</wss:WSS_Capabilities>

```

C.5 GetSymbol request

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wss:GetSymbol service="WSS" version="0.0.1" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wss wss.xsd"
xmlns:wss="http://www.opengis.net/wss" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <wss:Name>Symbol</wss:Name>
  <wss:Type>FeatureTypeStyle</wss:Type>
  <wss:FeatureName>Feature</wss:FeatureName>
  <wss:PropertyNames>
    <wss:PropertyName>Geometry</wss:PropertyName>
    <wss:PropertyName>Symbology</wss:PropertyName>
  </wss:PropertyNames>
  <wss:SubstitutionPropertyNames>
    <wss:PropertyName>Geometria</wss:PropertyName>
    <wss:PropertyName>Simbologia</wss:PropertyName>
  </wss:SubstitutionPropertyNames>
</wss:GetSymbol>

```

C.6 GetSymbol – FeatureTypeStyle type response

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<FeatureTypeStyle version="1.1.0" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/se FeatureStyle.xsd"
xmlns="http://www.opengis.net/se" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:oceansea="http://www.myurl.net/oceansea">
  <FeatureTypeName>Feature</FeatureTypeName>
  <Rule>
    <Name>main</Name>
    <PolygonSymbolizer uom="http://www.opengeospatial.org/sld/units/pixel">
      <Fill><SvgParameter name="fill">#96C3F5</SvgParameter></Fill>
    </PolygonSymbolizer>
  </Rule>
</FeatureTypeStyle>

```

C.7 GetSymbol – CoverageStyle type response

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<CoverageStyle version="1.1.0" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/se FeatureStyle.xsd"
xmlns="http://www.opengis.net/se" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <Rule>
    <Name>ChannelSelection</Name>
    <Description>
      <Title>Gray channel mapping</Title>
    </Description>
    <RasterSymbolizer>
      <ChannelSelection>
        <GrayChannel>
          <SourceChannelName>Band.band1</SourceChannelName>
        </GrayChannel>
      </ChannelSelection>
      <ContrastEnhancement><Normalize/></ContrastEnhancement>
    </RasterSymbolizer>
  </Rule>
</CoverageStyle>

```

Bibliography

- [1] OGC® WCS 2.0 Interface Standard – Core, OGC document 09-110r3
- [2] OGC Web Services Common Standard, OGC document 06-121r9
- [3] Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification, OGC document 05-078r4
- [4] Symbology Encoding Implementation Specification, OGC document 05-077r4
- [5] OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard, OGC document 09-025r1
- [6] Template for OWS Implementation Specifications, OGC document 05-009r2
- [7] W3C XML, Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Third Edition), W3C Recommendation (4 February 2004)