FRANCISCO ROZA DE MORAES

**PROPOSTA DE UM MODELO GENÉRICO DE UM SBDE QUE PERMITA A
INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Ciências”. Programa: Engenharia de Transportes, Área de concentração: Infraestrutura de Transportes – Geomática.

Orientador: Prof. Assoc. Irineu da Silva

São Carlos, SP

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M827p Moraes, Francisco Roza de
Proposta de um modelo genérico de um SBDE que permita a interoperabilidade entre sistemas/ Francisco Roza de Moraes; orientador Irineu da Silva. São Carlos, 2017.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infraestrutura de Transportes -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Dados Geográficos Digitais. 2. Sistema de Banco de Dados Espaciais. 3. Modelos de Desenvolvimento de Softwares. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **FRANCISCO ROZA DE MORAES**.

Título da dissertação: "Proposta de um modelo genérico de um SBDE que permita a interoperabilidade entre sistemas".

Data da defesa: 21/08/2017.

Comissão Julgadora:**Resultado:**

Prof. Associado **Irineu da Silva**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **Francisco Henrique de Oliveira**
(Universidade do Estado de Santa Catarina/UDESC)

Prof. Dr. **Amilton Amorim**
(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP-Presidente Prudente)

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:

Prof^a. Associada **Ana Paula Camargo Larocca**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luis Fernando Costa Alberto**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todos os esforços e os auxílios em me guiar ao longo dessa jornada, por todos os sonhos que tiveram de abrir mão para que eu pudesse alcançar aos meus próprios, agradeço também as inúmeras caronas, sem as quais este trabalho não teria se completado.

Ao meu irmão Daniel e cunhada Tatyana por todos momentos e assistências fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

A todo o restante da minha família, avós, tios e primos, que de uma maneira especial contribuíram para que eu me tornasse o que sou hoje.

Ao meu orientador Prof. Dr. Irineu da Silva, primeiramente pela amizade, pelas palavras de incentivo e também pela paciência dispendida ao nosso trabalho.

Aos irmãos e irmãs da Irmandade do Bacon e do TS, que sempre estiveram disponíveis, mesmo longe ou perto, para me ajudarem com conversas e risadas nos momentos de necessidade.

Aos amigos de sempre, desde os dias de Diocesano até os dias atuais – tanto nacionais quanto internacionais - pela paciência gasta comigo, ao longo de nossa jornada, e por sempre estarem presentes quando precisei, em especial a prof. Marlene pela assistência a qualquer momento.

A todos amigos do departamento que conviveram e auxiliaram em meu desenvolvimento pessoal, em especial as amigas Aurenice, Elaine, e Thais e aos amigos Dinato, Fábio, Gabriel, João, José, Leandro, Luiz, Rafael e Tiago, além de toda a turma do café e do bandeirão, pelas incansáveis conversas e risadas nos momentos difíceis deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Ao Departamento de Engenharia de Transportes e a Escola de Engenharia de São Carlos – STT/EESC/USP, pela oportunidade de desenvolver este trabalho

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Transportes, pela amizade, pelo auxílio e pelos conhecimentos fornecidos.

Em especial ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC/USP, por ser minha eterna *Alma mater*, o local onde me tornei bacharel em Ciências de Computação.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
SUMÁRIO	5
RESUMO.....	7
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS DO TRABALHO.....	11
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	13
2 PADRÕES E NORMAS DE DADOS DIGITAIS INTERNACIONAIS	15
2.1 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO)	15
2.1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
2.1.2 COMITÊ TÉCNICO 211 (TC-211)	16
2.1.2.1 Apresentação	16
2.1.2.2 Normas de qualidade de responsabilidade do TC-211	19
2.1.2.3 Normas de apresentação dos Metadados de responsabilidade do TC-211	22
2.1.3 COMITÊ TÉCNICO 204 (TC-204)	24
2.1.3.1 Apresentação	24
2.1.3.2 Normas de Padrão de Mapeamento (ISO 14825) de responsabilidade do TC-204.....	27
2.2 OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC)	30
3 PRINCIPAIS SISTEMAS BASEADOS EM DADOS GEOESPACIAIS DIGITAIS ...	35
3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)	35
3.1.1 DEFINIÇÃO.....	35
3.1.2 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DE SIG COM PADRONIZAÇÃO INDIVIDUAL ...	38
3.2 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES.....	41
3.3 SISTEMAS DE WEB MAPPING	43
3.3.1 SISTEMAS DE MAPEAMENTO GOOGLE.....	45

3.3.2 OPENSTREETMAP	47
3.4 VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION (VGI)	49
3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CASOS DE USOS.....	52
4 DIRETRIZES PARA UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE SBDE	55
4.1 Conceitos Básicos de ENGENHARIA DE SOFTWARE	56
4.1.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE UM PROJETO DE SOFTWARE	58
4.1.1.1 Modelo Cascata.....	60
4.1.1.2 Modelo Incremental	61
4.1.2 FATORES HUMANOS DE UM PROJETO DE SOFTWARE	63
4.2 MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE UM SBDE.....	65
4.2.1 MODELO DE DESENVOLVIMENTO GENÉRICO	66
4.2.2 CENÁRIOS DE USO DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO GENÉRICO	76
4.2.3 RECOMENDAÇÕES PARA A OBTENÇÃO E MANUSEIO DE BASE DE DADOS	79
4.2.4 CONCLUSÃO DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO GENÉRICO	79
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS	85
5.1 CONCLUSÃO	85
5.2 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS	87
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APENDICE A.....	98

MORAES, F. R. **Proposta de um modelo genérico de um SBDE que permita a interoperabilidade entre sistemas.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

RESUMO

Os constantes avanços técnico-científicos, nas diversas áreas da engenharia, ocasionaram grandes mudanças nos inúmeros métodos de abordagem do cotidiano e também, realizaram papel fundamental, na aproximação de novos usuários, com ou sem conhecimentos específicos, à utilização das novas técnicas. Na Cartografia, por exemplo, esses avanços e a aproximação de novos usuários, com diferentes necessidades de uso, possibilitaram o desenvolvimento de modernos modos de abordagem para problemas do dia a dia. A criação da estruturação de dados digitais geográficos permitiu o desenvolvimento de novas ferramentas computacionais que, como os Sistemas de Informação Geográficas, agilizaram as etapas referentes aos processos de pesquisas relacionados a utilização de dados geográficos. Contudo, para uma correta utilização das novas ferramentas, os conjuntos de dados geográficos, devem apresentar-se de modo estruturado, seguindo normas e técnicas bem elaboradas sobre esse assunto. Um esforço que, por muitas vezes, não ocorre por parte dos usuários finais que acabada por comprometer toda a eficiência do sistema eletrônico. Este trabalho aborda assim, os benefícios envolvidos na utilização de padrões e técnicas de desenvolvimento de *softwares* bem definidas e eficientes; as instituições internacionais responsáveis por estabelecerem as regras base e os esforços necessários para o desenvolvimento com qualidade de uma aplicação que utilize banco de dados espaciais.

Palavras chaves: Dados Geográficos Digitais; Sistema de Banco de Dados Espaciais; Modelos de Desenvolvimento de *Softwares*

MORAES, F. R. Proposal for a generic model of a SBDE aiming interoperability between systems. Thesis (Master) – Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

ABSTRACT

The constant technical and scientific advances, in various areas of engineering, have led to changes in the many methods of everyday approach and played a fundamental role in attracting new users, with or without specific knowledge, to the use of these new techniques. In cartography, in special, these advances and the approximation of new users, with different skill levels, enabled the development of modern methods for resolution of problems. The creation of data structure for geographic applications allowed the development of new computational tools that, as the Geographic Information Systems, helped the development related to the research processes with geographic data. However, for a correct use of these new tools, spatial databases must be developed in a structured way, following well-developed standards and techniques. An effort that, for many times, does not occur on the part of the end users that end up compromising all the efficiency of the computational system. This work present: The benefits involved in the use of standards and techniques for developing efficient software; showing the international institutions responsible for establishing the base rules and the necessary efforts for the development with quality of an application that uses spatial databases.

Keywords: Digital Geographic Data; Spatial Database System; Software Development Models

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS DO TRABALHO

As técnicas de mapeamento, ao longo da história, sofreram inúmeras evoluções em decorrência, principalmente, dos avanços técnico-científicos de cada época. Nas últimas décadas, entretanto, as evoluções foram tão expressivas, que afetaram todas as etapas dos processos cartográficos, o que modificou técnicas de coleta de dados em campo e os possíveis tratamentos matemáticos referentes a eles, apresentando novos meios de exibição dos resultados que, em conjunto com outras inovações, estabeleceram uma nova etapa para o uso e aplicações de dados geográficos georreferenciados.

Nos dias atuais, essas inovações e auxílios informatizados para o uso desses dados tornaram-nos indispensáveis em diversos setores da sociedade, devido à sua grande abrangência de informações e também à sua acessibilidade para diversas aplicações. Assim, como exposto ao longo deste trabalho, a causa fundamental dessas evoluções foi a integração dos processos cartográficos com as novas técnicas computacionais, que permitiu a realização de análises e compreensões subjetivas, de maneira mais eficiente, em relação às grandes quantidades de dados geoespaciais atualmente disponíveis.

Em relação à coleta de dados, a evolução se deu, principalmente, por meio da transformação dos aparelhos de medição, passando do modo analógico para o digital, como, por exemplo, o surgimento das estações totais topográficas. Essa evolução facilitou a execução da coleta, do acesso e do manuseio dos dados geográficos coletados. Contudo, acerca de tal tema, o ápice desse progresso ocorreu com o surgimento dos sistemas de posicionamento, por meio de sinais emitidos por constelações de satélites artificiais, os chamados *Global Navigation Satellite System* (GNSS), os quais permitem a qualquer usuário, independentemente do nível de conhecimento, determinar sua posição espacial dentro de um sistema de referência conhecido, sendo altamente utilizado em diferentes campos de aplicações geográficas no dia a dia da sociedade.

Sobre o tratamento matemático dos dados, obtidos por meio das diferentes formas de coleta em campo, a evolução contribuiu para simplificar a manipulação, a combinação e as análises das grandes quantidades de dados. Essa contribuição deu-se devido à informatização das operações,

que facilitaram o desenvolvimento de algoritmos em decorrência do grande poder computacional, do rápido processamento de amplas quantias de conjuntos de dados, que anteriormente apresentavam dificuldades no seu processamento por serem realizados manualmente.

A respeito da representação dos resultados, a evolução ocorreu pelo surgimento e utilização dos desenhos assistidos por computador, conhecidos pela sigla em inglês CAD, e das técnicas de processamento de imagens que, por meio das inclusões das imagens digitais, modificaram as estruturas de mapeamento. Tais inovações passaram a ser utilizadas amplamente em todos os ramos da engenharia, sem ficarem restritas à cartografia.

As combinações dessas evoluções resultaram no desenvolvimento de novas técnicas em todas as áreas relacionadas ao mapeamento. O ponto alto da união de tais avanços foi o surgimento dos Sistemas de Informação Geográfica, que podem ser caracterizados, simplificadaamente, como o conjunto de equipamentos computacionais, *hardware* e *software*, que possibilitam a manipulação, análise e disponibilização de informações geográficas georreferenciadas.

Esses novos conceitos de mapeamento, chamados de Sistemas de Base de Dados Espaciais (SBDE), em função das tecnologias modernas, métodos e sistemas de representação gráfica facilitaram a criação de novas ferramentas e aplicações, como, por exemplo, os sistemas de localização de rotas (WAZE) e os sistemas de consulta a imagens de uma região (*Google Maps*), ambos baseados em mapeamentos não convencionais, denominados “*Neogeography*”, em que os usuários têm o poder de criar, atualizar e utilizar os próprios mapas para diferentes fins, sem a necessidade de possuir conhecimento específico em técnicas de cartografia (HAKLAY; SINGLETON; PARKER, 2008a).

No entanto, devido ao fato de os dados produzidos pelos mapeamentos *Neogeography*, em sua maioria, serem gerados segundo padrões próprios de cada usuário para representar seus entendimentos ou abstrações do mundo real, eles nem sempre podem ser utilizados diretamente como dados cartográficos e precisam ser validados para possibilitarem sua integração às técnicas e bases de dados tradicionais. Em sua maioria, eles não seguem modelos de padronização eficientes e não apresentam preocupação com a qualidade dos dados ou das suas estruturas e, assim, não apresentam cuidado com relação a usos futuros dos elementos representados. Surgem, então, questionamentos sobre como integrar, de maneira menos custosa, esses conjuntos de dados para serem utilizados em aplicações distintas daquelas propostas inicialmente.

As questões relacionadas à tal integração podem ser apresentadas como:

- Quais são os padrões e normas que devem ser aplicados para que os dados “neogeográficos” possam ser integrados aos sistemas de mapeamento existentes e já consolidados?
- Quais são os elementos de qualidade utilizados por esses dados?
- Como tais elementos poderiam ser avaliados para determinar seus usos?
- Quais os tipos de aplicações profissionais poderiam servir-se desses dados?

Outra questão importante de ser tratada é o desconhecimento científico de muitos usuários sobre a estrutura dos dados utilizados nos sistemas cartográficos disponíveis e também os cuidados referentes a produção desses sistemas. Por essa razão, muitos dados gerados mesmo por profissionais qualificados não são intercambiáveis e dificultam o seu uso em mais de um sistema ou mesmo diretamente no próprio sistema para o qual o dado está sendo gerado. Há um consenso de que muitos “usuários” de sistemas dependentes de dados espaciais não se preocupam com a estruturação normatizada dos dados e apenas geram dados tabulados, que precisam ser reestruturados para o seu uso sistematizado.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo apresentar as iniciativas e avanços relacionados à solução dessas questões. Discutem-se, neste trabalho, os padrões e normas utilizados atualmente, como referências para o desenvolvimento das regras nacionais e internacionais, tendo como objetivo assegurar os benefícios de intercâmbio e a não necessidade do retrabalho dos dados. São expostos também os elementos de qualidade dessas regras e seus meios de análise, apresentando, da mesma maneira, os novos sistemas de mapeamento e suas utilizações.

Por fim, o trabalho pretende expor um modelo de desenvolvimento, elaborado com objetivo de possibilitar a resolução dos problemas apresentados, além de verificar e expor os cuidados e os trabalhos envolvidos em um desenvolvimento de sistemas dependentes de dados espaciais eficiente. O modelo de desenvolvimento, elaborado neste trabalho, terá como objetivo também possibilitar a composição e a estruturação de subsistemas pertencentes às aplicações de dados espaciais.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, organizados da seguinte forma:

O primeiro capítulo aborda a introdução, na qual o tema e os objetivos principais da pesquisa são apresentados para situar o leitor em relação aos atuais problemas e condições dos sistemas dependentes de dados espaciais.

Os padrões internacionais utilizados como base para o desenvolvimento das regras nacionais são expostos no segundo capítulo, no qual são mostrados os dois principais órgãos responsáveis pelas padronizações, desde as suas estruturas administrativas até a exibição das normas consideradas importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 3 exhibe casos de usos atuais de conjuntos de dados geográficos digitais. Busca-se mostrar a abrangência das áreas de atuação e também suas limitações referentes às técnicas e às estruturas das bases de dados utilizadas.

No capítulo 4, discutem-se técnicas e conceitos referentes a elaboração de *softwares* com qualidade, por meio da Engenharia de *Software*. Apresenta-se um modelo de desenvolvimento para Sistema de Banco de Dados Espaciais, onde aborda-se todos os cuidados e trabalhos envolvidos.

Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões e ideias para a continuação da pesquisa. Na sequência, são exibidas as referências bibliográficas utilizadas para a produção da dissertação e o apêndice sobre o modelo de apresentação de dados *Object Modelling Technique for Geographic Applications* (OMT-G), que possibilita a compreensão dos modelos de dados lógicos elaborados segundo o modelo de desenvolvimento proposto e a normas de dados geográficos de diversos países, como a brasileira.

2 PADRÕES E NORMAS DE DADOS DIGITAIS INTERNACIONAIS

Em seus primórdios, na década de 1960, a utilização de dados geográficos quase sempre foi exclusividade de aplicações referentes a grandes empresas, órgãos governamentais ou centros de pesquisas, devido principalmente às dificuldades relacionadas ao acesso às inovações tecnológicas da época (GOODCHILD, 2012). Mesmo assim, já havia uma preocupação com a criação de regras para padronização das bases de dados existentes, uma vez que elas já se apresentavam de modo a servirem apenas para aplicações específicas, não permitindo o seu intercâmbio com diferentes bancos de dados ou não possibilitando o seu reuso para diferentes aplicações.

Com a popularização e facilidade de acesso às novas tecnologias, evidenciou-se ainda mais a necessidade de criação de especificações técnicas para a geração de dados geográficos, que garantissem a qualidade e o fácil acesso às bases de dados assim geradas. Considerou-se também que tais especificações poderiam estimular o desenvolvimento de novas aplicações e tecnologias, com o intuito de popularizar o uso de base de dados geográficos.

Neste sentido, é importante que as comunidades científicas e profissionais conheçam os órgãos internacionais, que se preocupam com a padronização e/ou normatização de conjuntos de dados geográficos. Para tanto, na próxima seção, estão apresentados os principais detalhes contextuais, organizacionais e uma breve descrição do conteúdo de algumas normas relacionadas ao tema desta dissertação, relativos aos dois principais órgãos internacionais de padronização e normatização, que são: o *International Organization for Standardization* (ISO) e o *Open Geospatial Consortium* (OGC).

2.1 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO)

2.1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A ISO foi criada em 1946, após a união das agências padronizadoras *International Federation of the National Standardizing* (ISA), criada em 1926, com foco de atuação na Europa e abrangendo diferentes setores da produção industrial, e a *United Nations Standards Coordinating Committee* (UNSCC), criada em 1944 pelos Estados Unidos, Canadá e Grã-Bretanha, com o objetivo de padronizar os processos produtivos envolvidos nas operações de

reconstrução da Europa Pós - Segunda Guerra Mundial (ISO, 1997), tais como os processos envolvidos com a construção civil e de desenvolvimento de bens de consumo.

Essa nova instituição surgiu, então, com o objetivo de padronizar e normatizar internacionalmente a produção de bens e serviços, eliminando barreiras técnicas e facilitando o intercâmbio de conhecimento (ISO/TC 204, 2008). Atualmente ela é composta por agências normativas de inúmeros países com poder de criação e modificação das normas da instituição. Ela possui ainda ligação com outros órgãos internacionais reguladores, como a Organização das Nações Unidas (ONU) e o *Open Geographic Consortium* (OGC), além de empresas privadas interessadas em auxiliar o processo de desenvolvimento normativo nas diferentes áreas da produção de bens e serviços (ISO, 2016a).

Em função da diversidade de atuação, a ISO encontra-se estruturada no método de comitês técnicos (TC) para melhor especificar o assunto a ser regulado. Também há a possibilidade de os TC se subdividirem em grupos de trabalho (WG) para abordar, de maneira ainda mais detalhada, um assunto referente ao processo de padronização do seu comitê (ISO, 2005).

Atualmente a ISO é composta por trezentos e seis comitês técnicos, dos quais, para o uso neste trabalho, apenas dois serão abordados, segundo opção do autor. São eles: o TC-211 – *Geographic Information/Geomatics* e o TC-204 – *Intelligent Transport System*. Em ambos os comitês, o representante brasileiro junto à ISO, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), não participa dos processos de elaboração e de discussão sobre as normas desenvolvidas. Contudo, a não participação em um comitê não proíbe uma agência reguladora, membro da ISO, de utilizar essas regras na elaboração de suas normas nacionais (ISO, 2016b). Ressalta-se então que o TC211 cuida exclusivamente de dados geográficos e o TC204 de sistemas inteligentes de transporte.

2.1.2 COMITÊ TÉCNICO 211 (TC-211)

2.1.2.1 Apresentação

No final da década de 1980, devido à popularização do uso dos computadores pessoais e da crescente utilização de *softwares* para manipulação de dados geográficos, intensificaram-se os esforços nacionais e internacionais referentes à criação de normas que regulassem a manipulação desses dados (KRESSE; FADAIE, 2004). Assim, instituiu-se o Comitê Técnico 211 da ISO, em 1994, nos moldes da Comissão Europeia de Dados Digitais, que já se encontrava em processo avançado de elaboração de normas (KRESSE, 2004). A criação desse

comitê deveu-se, principalmente, ao fato das aplicações existentes naquele momento serem específicas para aplicações individuais, sem uma estruturação que propiciasse o reuso de maneira simples e pouco custosa das bases de dados existentes ou das próprias aplicações para outras soluções de problemas.

Atualmente, esse comitê conta com a participação de sessenta e oito instituições nacionais criadoras de normas, divididas em grupos de trabalhos, além de parcerias com outros grupos de padronização internacionais, como a *International Association of Geodesy* e a *United Nations Geographic Information Working Group*, que participam auxiliando os membros no processo de criação, de avaliação e de validação das normas bases do TC-211, conhecidas como normas da família ISO 19100.

A estrutura organizacional desse Comitê Técnico é composta por grupos de trabalho, conforme apresentado na Tabela 1. Os grupos são responsáveis por criar os conjuntos de normas, com a finalidade de uniformizar as distintas etapas envolvidas no tratamento de dados geográficos, atuando desde o processo de aquisição, passando pelas etapas de processamento, de armazenamento, de acesso, de gerenciamento e de apresentação dos dados; por meio de usos, dentre outros fatores, de modelos de estruturação de dados computacionais.

Tabela 1 - Distribuição Atual dos Grupos de Trabalho da ISO/TC-211.

Grupo de Trabalho	País Moderador	Foco de Trabalho
WG 1 – Framework e Modelos de referência	Austrália	Modelos de estruturação para desenvolvimento das normas desse comitê.
WG 4 – Serviços Geoespaciais	Noruega	Codificação da informação para exibição, transmissão e armazenamento.
WG 6 – Imagem	Canadá	Normatização e estruturação da utilização do uso das imagens de sensoriamento remoto.
WG 7 – Comunidade de Informações	África do Sul	Padronização do tratamento de informações armazenadas em conjuntos (ex.: ISO 19115).
WG 9 – Gerenciamento de Informação	Estados Unidos	Avaliação, atualização e manutenção dos dados (ex.: ISO 19157).
WG 10 – Acesso público onipresente	Coréia do Sul	Definição do modelo para acesso universal a informações geográficas para serviços de localização.

Adaptado de ISO/TC-211 (2016)

A utilização de modelos de estruturação de dados computacionais pode ser entendida, segundo COUGO (1997), como uma forma de analisar objetos do mundo real de maneira a facilitar sua representação em linguagem computacional. Tal análise busca compreender a essência e as relações entre os diferentes elementos do cotidiano para assim efetuar uma estruturação efetiva em formato de banco de dados.

Os modelos de estruturação podem ser divididos em três categorias, que segundo (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2000), são:

- **Modelo conceitual:** que define os objetos de um cenário, seus atributos e seus relacionamentos, independente da linguagem computacional;
- **Modelo lógico:** que apresenta a estrutura dos dados, por meio do uso de uma linguagem genérica, levando em conta estruturas do *hardware* e *software*; e
- **Modelo físico:** que pode ser definido como a etapa de modelagem, segundo a linguagem computacional escolhida, para a definição física dos elementos do banco de dados ou das funcionalidades do sistema.

A criação do modelo conceitual e do modelo lógico busca facilitar a compreensão do ambiente estudado para todos os agentes envolvidos no processo de estruturação, agindo como um manual ou contrato descritivo dos objetos e das funções da base de dados que está sendo criada. Cabe ao Comitê 211 normatizar esses dois modelos de abstração do mundo real, com o objetivo de assegurar o intercâmbio e reuso dos dados. Por sua vez, a preocupação com a implementação computacional dos modelos fica a cargo da (OGC), conforme será abordado ao longo do texto.

Conforme citado, uma das preocupações do Comitê 211 é a elaboração das normas da família 19100, referentes aos padrões de qualidade dos dados geográficos e aos métodos de apresentação dos valores de qualidade estipulados pela ISO 19157 e ISO 19115, respectivamente. Ambas de extrema importância para a criação e a avaliação de uma padronização de base de dados geográficos digitais.

Com relação à implementação dos modelos de dados para a gestão de base de dados geográficos, optou-se por não apresentar as normas relacionadas, uma vez que cada país, além de se basear nas normas da família ISO 19100, busca efetuar a abstração do seu ambiente de modo a atender às suas necessidades e os objetivos de seus projetos. Esse tipo de ação torna cada conjunto de regras nacionais específicas para suas necessidades e também para seus determinados usos, motivos esses que já mostram os possíveis problemas e dificuldades referentes à adoção, por completo, de conjuntos de normas de diferentes países.

Caso o leitor deseje um conhecimento mais aprofundado sobre o assunto “normas da família ISO 19100”, recomenda-se consultar os textos originais das normas técnicas, além da leitura complementar dos trabalhos de Kresse e Fadaie (2004); de Shi, Fisher e Goodchild (2003) e da tese de Nero (2005), como modo de consolidar e também de compreender melhor os elementos envolvidos nas regras da família ISO 19100.

2.1.2.2 Normas de qualidade de responsabilidade do TC-211

A ISO 19157, atualmente em vigor, substitui o conjunto anterior de normas referentes à qualidade de informações geográficas propostas pelo TC-211 (ISO 19113 – *Quality Principles*, ISO 19114 – *Quality Evaluation procedures* e ISO 19138 – *Data Quality Measures*) e apresenta meios para permitir a comparação e análise, de forma pouco custosa, dos elementos relacionados à qualidade dos conjuntos de dados geoespaciais. Ela também possibilita determinar o nível de adequação de uma base de dados às necessidades de projetos específicos (ISO/TC 211, 2013).

Inicialmente, vale ressaltar, que, como nas versões anteriores das normas propostas pela ISO, em nenhum momento a norma 19157 procura determinar intervalos de valores para os elementos de qualidade tratados. Ela apenas apresenta os elementos e descreve suas funções.

Com relação ao nível de acurácia das medições, cabe a cada país estipular e determinar as condições necessárias para as respectivas validações. No Brasil, por exemplo, utiliza-se o Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC), conforme estabelecido pelo Decreto-Lei nº 89.817/1984, para regulamentar e determinar a qualidade dos produtos cartográficos produzidos em solo nacional (BRASIL, 1984).

Assim sendo, os elementos de qualidade apresentadas na ISO 19157 encontram-se divididos em cinco grupos. A apresentação e a explicação desses elementos de qualidade estão baseados em informações obtidas na documentação ISO 19157 (2013), assim como nos trabalhos de Shi (2009), Kresse e Fadaie (2004) e Bernhardsen (2002).

Os cinco grupos de elementos de qualidade da ISO 19157 são os seguintes:

- **Compleitude:** indica a presença ou falta dos objetos em comparação a uma base de controle.
 - **Excesso:** apresenta exagero de detalhes.
 - **Omissão:** apresenta ausência de detalhamento.
- **Consistência Lógica:** analisa o grau de concordância entre as regras lógicas e o nível de implementação da base.

- **Conceitual:** avalia as classes e os atributos utilizados corretamente, além de avaliar os requisitos.
- **Domínio:** avalia o preenchimento dos atributos por meio dos domínios possíveis de valores.
- **Formato:** avalia se os formatos de armazenamento e de exibição foram atendidos (Ex.: Data, Legenda).
- **Topológica:** verifica a qualidade geométrica e a adequação para a análise geográfica (Ex.: Observa se elementos geográficos são utilizados quando necessários).
- **Acurácia Posicional:** analisa a acurácia das posições das feições dentro de um sistema de referência.
 - **Absoluta:** verifica a proximidade da medida obtida em relação ao valor aceitável.
 - **Relativa:** verifica a proximidade da medida relativa informada em função do valor aceito.
 - **Gride:** verifica a proximidade das medidas matriciais obtida na base em relação aos valores permitidos.
- **Acurácia Temática:** analisa a acurácia dos elementos e seus valores dentro da base de dados.
 - **Exatidão de Classificação:** avalia o nível de classificação correta das feições em relação a uma base de controle.
 - **Exatidão de Atributo Qualitativo:** avalia a apresentação correta dos elementos qualitativos (Ex.: nome da rua, tipo de pavimento).
 - **Exatidão de Atributo Quantitativo:** avalia a apresentação correta dos elementos quantitativos (Ex.: distância, forma do objeto).
- **Qualidade Temporal:** verifica a qualidade dos atributos e das relações temporais das feições.
 - **Exatidão de Tempo:** verifica se o tempo de vida reportado pela base pode ser aceito para a aplicação.
 - **Consistência Temporal:** verifica se os eventos são apresentados de maneira cronológica correta.
 - **Validade Temporal:** verifica o nível de confiabilidade da data de coleta para o período de uso da base.

Além dos cinco grupos de elementos de qualidade apresentados, pode-se ainda adicionar um sexto grupo relacionado aos Elementos de Usabilidade, cujos valores abrangem as características de uma base de dados, não abordadas pelos grupos anteriores. Esse novo grupo de componentes representa especificações particulares de uma base de dados que, de algum modo, podem ser responsáveis pela determinação do uso desse conjunto de dados geográficos para uma determinada aplicação.

As informações referentes aos Elementos de Usabilidade podem abranger diferentes níveis de informações para melhor descrever a adequação dos dados a um uso específico, como, por exemplo, os possíveis usos conhecidos para uma base de dados, suas adaptações possíveis e o grau de conformidade da base com uma especificação particular.

Dessa maneira, podem-se caracterizar os elementos quantitativos de qualidade da TC-211 como responsáveis por estruturar as bases de dados de modo a conter elementos atuais, completos e precisos. Por sua vez, o sexto grupo de elementos de qualidade pode ser definido como o conjunto de elementos de refinamento para o processo de avaliação de uso de uma base de dados, que considera apenas os elementos referentes aos cinco grupos quantitativos.

Além da quantificação da qualidade, a ISO 19157 descreve também o processo que deve ser utilizado para a avaliação dos elementos envolvidos. Esse processo consiste em uma sequência de análises, divididas em dois conjuntos de etapas, que são: a etapa de especificação e a etapa de avaliação dos elementos de qualidade, como mostrado no cronograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Processo de Avaliação de Qualidade.

Adaptado de ISO 19157 (ISO/TC 211, 2013)

Como exibido na Figura 1, a etapa de especificação, compreendida pelos passos 1 ao 3, depende dos requisitos do usuário. No passo 1, o usuário determina quais serão os elementos de qualidade, dentre os relacionados na norma ISO 19157. No passo 2 são obtidos, por meio das configurações do usuário, os valores mínimos de cada elemento a ser avaliado. Por fim, no passo 3, por meio dos valores inseridos nos passos anteriores, define-se o método de avaliação a ser utilizado, que pode ser direto e o indireto, conforme descritos a seguir.

Segundo Nero (2005), o método direto efetua comparações entre os valores dos elementos da base de dados utilizada e uma base de dados de controle que, na maioria das vezes, é estabelecida por órgãos governamentais oficiais.

O método indireto, por sua vez, não realiza comparações com uma base de dados de controle. Seus resultados são obtidos por inferências ou por processos de estimação realizados com base nas informações contidas nos elementos de qualidade do conjunto de dados analisados. A norma, contudo, não explica como esse procedimento deve ser realizado.

A documentação da ISO 19157 recomenda, preferencialmente, o uso do método direto e indica o uso do modo indireto apenas quando a obtenção de uma base de dados de controle for trabalhosa ou fuja das limitações do projeto. No entanto, devido à falta de bases bem estruturadas de livre acesso para serem utilizadas como estrutura de controle, muitas análises, quando realizadas, têm utilizado o segundo método de verificação.

Por fim, na sequência das etapas de especificação do processo de avaliação de qualidade (Passo 4), é realizada a etapa de avaliação na qual, por meio do uso das informações apresentadas nos passos anteriores e pelo método de análise estabelecido, a base de dados é examinada e, ao término do processo, produz-se um relatório de avaliação sobre a qualidade desses dados. O relatório de avaliação é apresentado em conformidade com as regras da norma 19115 – Metadados, que será apresentada na sequência do texto.

2.1.2.3 Normas de apresentação dos Metadados de responsabilidade do TC-211

A utilização de banco de dados geográficos em aplicações computacionais, em sua maioria, é feita por indivíduos que não participaram dos processos de estruturação, de coleta e de criação da base de dados, o que torna necessário estabelecer um método de documentação que possibilite, a esses usuários, definir as limitações e os elementos de qualidade a serem utilizados. O objetivo dessa documentação é avaliar e determinar a utilização do conjunto de dados para aplicações geográficas (ISO/TC 211, 2005).

A maneira adotada pelo comitê técnico 211 é utilizar metadados que podem ser definidos, segundo o decreto 6.666, de criação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) brasileira (2008), como o conjunto de informações ou documentação sobre os dados, que possibilite sua análise e a determinação do seu uso. Dentre as informações relacionadas, podem ser encontrados dados da produção, da coleta, da forma de armazenamento, entre outros elementos de visibilidade.

Assim sendo, a norma ISO 19115 tem como objetivo organizar a apresentação das informações, referentes a uma base de dados geográficos, em formato de relatórios descritivos para prover, aos usuários, conhecimento sobre as características e elementos de qualidade dessa base. A norma de metadados tem ainda como objetivo definir meios para facilitar o acesso, o reuso e o compartilhamento de bancos de dados, visando o barateamento e a agilização dos processos para o desenvolvimento de pesquisas e aplicações geográficas relativas ao uso desses dados.

A utilização de relatórios descritivos em formato de metadados exerce um papel essencial e indispensável para o desenvolvimento de uma estrutura de dados geográficos, pois, por meio do seu uso, os usuários, de qualquer nível de conhecimento, poderão realizar avaliações e também consultas sobre o conteúdo de qualquer base de dados, sem muito esforço.

A facilidade de consulta às bases de dados se deve à estruturação simples do relatório de metadados, gerado de modo a possibilitar sua compreensão rápida por qualquer nível de usuário, permitindo, desse modo, a diminuição dos custos envolvidos na preparação dos dados para a utilização em projetos relacionados com bases de dados.

A Figura 2 apresenta um fragmento do modelo de estruturação de metadados utilizando o perfil brasileiro de metadados, que se baseia nas regras da ISO-19115 e de outras agências reguladoras nacionais, como a peruana, para aumentar sua compatibilidade no cenário internacional. Como se pode observar no exemplo abaixo, os relatórios criados tendem a ser apresentados de modo a facilitar o entendimento e a compreensão de seu conteúdo por qualquer nível de usuário.

Exemplo 5.6.2 – Atlas Geográfico Escolar	
PERFIL MGB PADRÃO ISO 19115	
EXEMPLOS DE METADADOS GEOESPACIAIS (SIMULAÇÃO)	
ATLAS GEOGRÁFICO ESCOLAR	
::Identificação	
Título:	Atlas Geográfico Escolar
Data:	2002-08-12 (criação); 2006-09-01 (publicação)
Edição:	Atlas Geográfico Escolar – impresso - 4ª edição e Atlas Geográfico Escolar – multimídia – 2ª edição
Série:	Atlas Geográfico Escolar
ISBN:	85-240-3066-6 – impresso e 85-240-3698-2
Resumo:	O Atlas Geográfico Escolar - conjunto de dados sobre diversos temas, sistematicamente organizados e servindo de referência para a construção de informações de acordo com a necessidade do usuário. O Atlas escolar funciona como apoio para pesquisas na área de educação. A 3ª edição impressa tem a seguinte estruturação:

Figura 2 - Exemplo de Documentação de Metadados.

Adaptado do Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (2011)

É importante observar que a utilização das regras estabelecidas pelo ISO-19115 facilita o intercâmbio de bases de dados entre diferentes regiões, uma vez que sua estruturação similar possibilita a avaliação e, assim, a determinação das possibilidades de uso inter-relacionadas. Essa padronização, juntamente com a utilização de outros padrões da família ISO 19100, permite um intercâmbio de dados sem grandes esforços ou retrabalho, evitando, assim, o desperdício financeiro e de tempo na execução de projetos geográficos em geral.

2.1.3 COMITÊ TÉCNICO 204 (TC-204)

2.1.3.1 Apresentação

O crescente empenho de órgãos públicos e instituições privadas em propiciar o desenvolvimento de tecnologias com objetivo de aumentar a segurança, o conforto e minimizar os desperdícios de recursos, melhorando, assim, os sistemas de transportes, ganhou novos horizontes com a era digital pós-década de 1980. Projetos como o americano *Intelligent Vehicle/Highway Systems*, em seguida renomeado para *Intelligent Transport System*, procurou modos de gerenciar as redes viárias por meio do uso de troca de dados entre dispositivos instalados nas vias e nos veículos (OSÓRIO; AFSARMANESH; CAMARINHA-MATOS, 2010).

Nos anos que se seguiram inúmeros outros projetos, envolvendo técnicas de transporte e de tecnologia da informação para melhor gerenciar as redes de transportes e garantir sua segurança, floresceram e passaram a utilizar o nome *Intelligent Transport System* (ITS), que, segundo Williams (2008), pode ser definido como as aplicações de auxílio aos usuários e gerenciadores do sistema de transportes, com o objetivo de aprimorar a segurança e o modo como são utilizados os recursos presentes nas redes de transportes.

Tais sistemas demonstraram, com sucesso, seu potencial de uso e, no ano de 1992, foi criado o Comitê Técnico 204 da ISO, composto nos dias atuais por 56 países, cujas responsabilidades abrangem a criação, a manutenção e a organização do desenvolvimento e da utilização das normas referentes ao ITS, por meio de seus grupos de trabalho, como apresentado na Tabela 2. O TC-204 pode então ser caracterizado como responsável por desenvolver normas e padrões com o objetivo de regular as técnicas e os conhecimentos envolvidos em aplicações referentes ao ITS (HAN et al., 2014).

Tabela 2- Grupos de Trabalho da ISO/TC-204.

Grupo de Trabalho	País Moderador	Foco de Trabalho
WG 1 – Arquitetura	Estados Unidos	Estruturação das informações e métodos utilizados no ITS.
WG 3 – Tecnologia de Base de Dados	Japão	Normatização para o intercâmbio e otimização das Bases de Dados (ex.: ISO 14825).
WG 4 – Veículos Autônomos e Identificação de Elementos	Noruega	Regulamentação desses modelos tecnológicos.
WG 5 – Tarifas e Cobrança de Pedágio	Suécia	Tarifação eletrônica e comunicação veículo/via.
WG 7 – Gestão de Frota Geral e Comercial	Canadá	Normatização do gerenciamento de veículos em trânsito.
WG 8 – Transporte Público e Emergência	Estados Unidos	Padrões relacionados ao transporte público e situações de emergência.
WG 9 – Informação, Gestão e Controle de Transporte Integrado	Austrália	Padronização para comunicações entre as centrais de gerenciamento.
WG 10 – Sistema de Informação ao Viajantes	Reino Unido	Apresentação de informações do sistema viário ao usuário.
WG 14 – Avisos do Veículo/Via e Sistemas de Controle	Japão	Diminuição da carga de trabalho envolvida ao utilizar o sistema de transporte.
WG 16 – Comunicação	Estados Unidos	Padronização do sistema de comunicação envolvido no ITS.
WG 17 – Sistemas Nomádico em ITS	Coréia do Sul	Normatização pelo uso de dispositivos móveis com conexão de rede.
WG 18 – ITS Cooperativo	Alemanha	Regulamentação da utilização do voluntário junto ao sistema de transporte.

Adaptado de ISO/TC 204 (2016)

Na atualidade, devido à grande diversidade de aplicações ITS em diferentes áreas do transporte, os sistemas são agrupados de modo a facilitar sua identificação e sua funcionalidade pelos grupos desenvolvedores. Segundo a norma 14813 (ISO/TC 204, 2011a), existem onze áreas de atuação ou domínios de serviços de ITS, que abrangem as diferentes aplicações e suas funções.

Contudo, cada domínio de serviço pode apresentar inúmeras subdivisões, denominadas grupos de serviços, e a utilização destes subgrupos tende a melhor caracterizar as aplicações de ITS (WILLIAMS, 2008).

A seguir, na Tabela 3, são apresentados os domínios de serviço utilizados para a classificação de um ITS.

Tabela 3 - Domínios de Serviço do ITS.

Domínio	Função
Informações ao viajante	Informação, em tempo real sobre o sistema, para o usuário.
Operações e gerenciamento de tráfego	Gerenciamento de todos os tipos de usuários da rede de transporte
Serviço de veículo	Aumento da segurança e da eficiência na utilização do veículo, pelo usuário.
Transporte de cargas	Gerenciamento para operações de cargas e frotas, com a finalidade de acelerar o processo em fronteiras e baldeações.
Transporte público	Informação, em tempo real, sobre o sistema para o operador e para o usuário.
Emergência	Serviço prestado quando ocorre uma ação caracterizada como emergência.
Pagamento eletrônico relacionado ao transporte	Facilitação da forma como é realizada a cobrança das taxas de utilização do sistema.
Segurança pessoal relacionada ao transporte rodoviário	Serviço de proteção a usuários, pedestres e vulneráveis, que fazem parte do sistema de transporte.
Monitoramento das condições climáticas e ambientais	Serviço de aviso para informar as condições do sistema de transporte ao usuário.
Gerenciamento e coordenação de resposta a desastres	Serviços utilizados como respostas a desastres naturais, distúrbios civis ou ataques terroristas.
Segurança nacional	Serviço de proteção ou atenuação de danos aos usuários e às instalações causadas por desastres.

Adaptado da ISO - 14813 (ISO/TC 204, 2011a)

Em função dos objetivos desta pesquisa, serão abordados apenas os sistemas ITS de localização, que podem ser caracterizados como aplicações, cujo funcionamento depende, principalmente, do uso de bases de dados viárias atuais e completas, para possibilitar respostas precisas dessas aplicações ITS. As bases de dados viárias, sempre que possível, são atualizadas por meio de sensores e de outros componentes de captura de informações instalados nos veículos, nas vias ou em dispositivos presentes durante o uso do sistema de transporte, como, por exemplo, os *smartphones* (GOMEZ; DIAZ; BOUSSETTA, 2009).

Em relação à completude das bases viárias, especificamente relacionada ao traçado das vias, são utilizadas diferentes formas para sua criação e/ou atualização, dentre as quais pode ser citada o uso de voluntários, que será abordado futuramente. Porém, assim como já abordado, deve-se sempre adotar um padrão de estruturação de dados viários, que possibilite o reuso e o intercâmbio das informações e tecnologias entre as diferentes regiões e aplicações envolvidas nos sistemas de transportes.

Deste modo, a seguir, será apresentada a regra de estruturação e de criação de bancos de dados viários, amplamente utilizada como base para o desenvolvimento de regras nacionais e também empregadas como padrão de mapeamento viário em diferentes países e empresas ao redor do mundo.

O leitor interessado em maiores conhecimentos sobre o assunto ITS deve consultar as normas específicas do comitê 204, ler os livros de Eskandarian (2012) e Williams (2008), assim como a tese de Cláudio Luiz Marte (2000), que buscam apresentar os Sistemas Inteligentes de Transporte como um todo, focando em suas normas e utilizações no cotidiano.

2.1.3.2 Normas de Padrão de Mapeamento (ISO 14825) de responsabilidade do TC-204

Os primeiros esforços de padronização para bases de dados viárias digitais faziam parte de projetos nacionais, cuja realização permitiu o desenvolvimento de bases de dados para aplicações voltadas ao ITS de seus países, como o projeto japonês *Japan Digital Road Map Association* (JDRMA) e o americano *Spatial Data Transfer Standard* (SDTS) (SHIBATA, 1994).

Com o aumento da utilização de aplicações ITS, baseadas em localização, também ocorreu o crescimento da preocupação para a criação de sistemas que possibilitassem o intercâmbio de informações geográficas viárias, além dos mapas viários. O processo de elaboração de uma regulamentação permitiria, desta forma, além do mapeamento padronizado das vias, o

desenvolvimento, o reuso e também o comércio de aplicações ITS por diferentes países (WALTER; FRITSCII, 1994).

Na Europa, órgãos públicos e instituições privadas uniram esforços para o desenvolvimento e utilização de um padrão único de mapeamento viário, por meio do qual seria possível atender às necessidades dos governos e das indústrias para as diferentes aplicações do ITS. A participação das indústrias e de outras empresas privadas tornou o padrão europeu, o *Geographic Data Files* (GDF), uma padrão de fato e não apenas uma norma na qual se basear, apenas como referência, para o desenvolvimento de uma nova norma nacional (PONS; PÉREZ, 2003). Tal padrão conquistou, assim, adeptos fora da Europa.

Dessa maneira, o Comitê 204 da ISO, devido ao grau avançado de estruturação e de utilização, optou por adotar o padrão europeu GDF 3.0, com algumas modificações como base para o desenvolvimento de mapas viários digitais para uso em ITS.

As modificações realizadas pelo TC-204 buscavam obter maior interação entre o padrão GDF e outras normas existentes, como o JDRMA japonês e o americano SDTS, para permitir um intercâmbio entre as tecnologias já existentes e em uso (ISO/TC 204, 2011b), o que fez surgir, em 2004, o padrão ISO 14825 – GDF 4.0 como norma internacional para mapeamento viário e intercâmbio de dados para ITS.

A norma 14825 que, nos dias atuais encontra-se na versão GDF 5.0, apresenta um desenvolvimento harmonizado com os padrões do Comitê 211 para estruturação de dados geográficos e com as regras da OGC, responsáveis pelos protocolos de implantações computacionais. Em comparação às normas da família ISO 19100, do TC-211 da ISO, o GDF apenas normatiza a criação de bases para as aplicações ITS e seus serviços, focando apenas nas informações das vias de transportes e nos elementos relacionados a elas (ISO/TC 204, 2011b).

Os elementos ou feições das vias, na versão atual da norma GDF, encontram-se divididos em catorze classes de elementos, conforme a Tabela 4, e cada estrutura de elementos pode conter inúmeros atributos, que buscam representar, da melhor maneira, a abstração do mundo real, para as diferentes necessidades dos sistemas ITS.

A utilização do GDF como padrão ou como referência para a criação de normas nacionais, além de proporcionar intercâmbio de informações e tecnologia entre os países, permite que empresas criadoras de bases geográficas comerciais, como a empresa *HERE*, consigam gerar bases que possam ser facilmente reutilizadas para diferentes finalidades, como por exemplo em sistemas

de navegação, gerenciamento de vias, dentre outros, possibilitando, assim, um menor custo para o cliente, além de consolidar o GDF como padrão mundial (HAN et al., 2014).

Tabela 4 – Classes de Mapeamento do Padrão GDF 5.0

Domínio	Função
Vias e Balsas	Vias rodoviárias e aquáticas para o transporte e tráfego.
Áreas Administrativas	Divisão política presente na região.
Áreas Nomeadas	Bairros, distritos, zonas cobertas por um serviço.
Cobertura e Uso do Solo	Área agrícola, floresta (artificial ou natural) e objetos que cobrem a terra.
Elevação do Terreno	Altimetria da região.
Estruturas	Construções que fazem parte do sistema de transportes
Ferrovias	Estruturas vinculadas às vias férreas.
Vias Navegáveis	Estruturas vinculadas às vias hidroviárias.
Mobiliário da Via	Objetos fixos entre os elementos das vias (Postes, calçadas, semáforos).
Serviços	Serviços relevantes ou relacionados ao ambiente viário (Manutenção, recreativo, motivo da viagem [Aeroporto]).
Transporte Público	Elementos relacionados ao transporte público (Pátios, pontos de parada, rota).
Referência Linear	Comprimentos dos trechos de vias.
Característica Linear de Datum	Forma de traduzir os modelos para o padrão de exibição de maneira correta.
Características Gerais	Características gerais a todas as classes anteriores (Localização, entrada, saída).

Adaptado de ISO/TC 204 (2011b)

O Brasil, embora não participe da criação do GDF, busca por meio do seu padrão digital de dados, criado pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, ser compatível com o GDF e, assim, poder realizar intercâmbio de tecnologias e de dados viários com os demais países membros do projeto. No entanto, futuramente, o país deverá desenvolver seu próprio padrão ou adotar um já consolidado, com modificações e adaptações, por imposição indireta das empresas e do mercado das aplicações envolvidas com mapeamento, para fins viários.

Por exemplo, a empresa de criação de bases geográficas digitais *HERE* possui, dentre outros serviços, conjuntos de dados estruturados, que seguem o padrão GDF. Com a compra da empresa *HERE*, no final de 2015, pela soma aproximada de 3 bilhões de dólares pelo conjunto de empresas automotivas Audi, BMW e Daimler, espera-se um maior desenvolvimento nas bases viárias da empresa, com foco na utilização de serviços de ITS em todo o mundo e também no desenvolvimento de aplicações para a viabilização dos veículos autônomos (NEWCOMB, 2016).

Essa nova abordagem da empresa *HERE*, pós-compra em 2015, já produziu diversas aplicações, e a sua política de disponibilização de suas bases de dados, mostra os esforços empregados para a consolidação do padrão GDF e demais padrões de dados geográficos utilizados pela empresa. Nessa situação, o Brasil deveria acelerar seu processo de adaptação de sua norma ou de adoção de regras com, por exemplo, o padrão GDF, para conseguir utilizar os benefícios já disponibilizados e também para possibilitar a entrada no mercado de desenvolvimento de aplicação de ITS, que tem se mostrado uma área em grande expansão econômica.

Por fim, recomenda-se que o leitor interessado em maiores conhecimentos sobre padrões de mapas viários e de suas estruturas cartográficas para abstração do mundo real, referente aos sistemas de transportes, consulte o documento original da ISO 14825, referente ao mapeamento para uso em ITS de posicionamento.

2.2 OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC)

A estruturação do consórcio para regulamentação da implementação de dados geoespaciais teve início por meio da aceitação e da utilização, por diferentes instituições, do *software* GRASS (*Geographic Resource and Analysis Support System*) desenvolvido pelo exército americano na década de 1980 (OGC, 2016a). O objetivo inicial do programa computacional era possibilitar o gerenciamento de instalações militares e de construções civis, que foi sofrendo modificações e adaptações, ao longo do tempo, para ampliar seus campos de atuação e atender às necessidades dos novos adeptos das aplicações computacionais.

Essa reestruturação da aplicação do *software* GRASS foi responsável pela criação da *Open GRASS Foundation* que, além de gerir o programa e sua compatibilização com outras plataformas computacionais, apresentou os primeiros esforços de desenvolvimento de normas de implementação para dados e aplicações geográficas, entre seus membros (OGC, 2016a). Com o sucesso da fundação, seus participantes optaram pela formação de um novo órgão, cujo

objetivo possibilitasse a interoperabilidade dos diferentes níveis de dados e das inúmeras aplicações geoespaciais, sendo inicialmente conhecido como *Open GIS Consortium* e, atualmente, chamado de *Open Geospatial Consortium* (OGC).

Nos dias atuais, o OGC é formado por aproximadamente 530 membros, divididos entre órgãos governamentais, instituições de ensino, empresas ligadas ao mercado de uso de dados geoespaciais e outras organizações de padronização como, por exemplo, a ISO (OGC, 2016b). Dessa parceria com a ISO, a OGC mantém proximidade com os comitês TC-211 e TC-204, sendo responsável pela interpretação e padronização física dos modelos conceituais produzidos pelos comitês para a sua utilização em aplicações computacionais. Essa padronização física consiste em estabelecer as técnicas e protocolos computacionais a serem utilizados para a construção digital dessas bases de dados geográficos e funcionalidades espaciais (ISO/TC 211, 2009).

Os padrões do OGC, por serem focados na implementação computacional dos dados, são direcionados a um conjunto mais específico de usuários, que são os programadores das bases de dados e dos sistemas espaciais. Isso ocorre devido às estruturas e aos modelos de programação apresentados pelos padrões e protocolos do OGC, como, por exemplo, o padrão *Web Map Service* (WMS), responsável por organizar e estruturar mapas ou imagens digitais, a partir de dados georreferenciados para a apresentação e aplicações geoespaciais na *web*, utilizados por plataformas da internet como o *Google Maps* e o *OpenStreetMap*, que serão abordados futuramente neste trabalho.

A estrutura dos mapas digitais, no padrão WMS, pode ser caracterizada como imagens armazenadas, em camadas agrupadas, referentes à sua escala, em servidores e acessadas por meio de três operações computacionais básicas, definidas no protocolo WMS, que são:

- **GetCapabilities:** a qual permite que o usuário requisiute os metadados disponíveis na imagem e armazenados no servidor.
- **GetMap:** a qual possibilita que o usuário obtenha informações sobre os estilos e as camadas da imagem desejada, a partir de indicação de coordenadas e obtenha, como resposta, um mapa com as características escolhidas ou uma mensagem de erro de requisição para controle do sistema.
- **GetFeaturesInfo (Opcional):** a qual permite que o usuário obtenha um arquivo contendo o relatório de todos os atributos associados à coordenada indicada e às camadas selecionadas.

O processo de utilização das operações do padrão WMS pode ser explicado, segundo Yang, Cao e Evans (2007), como uma aplicação *Web Servicing* (Google, *OpenStreetMap*, *HERE*) realizando a operação *GetCapabilities*, que responde a essa operação por meio de arquivos padronizados, contendo as informações referentes ao mapa digital. O sistema cliente, da aplicação *Web Servicing*, interpreta e processa esse arquivo resposta, preparando-se para receber e exibir a imagem desse mapa.

Na sequência, o sistema cliente faz a requisição *GetMap*, que contém as informações necessárias sobre a imagem do mapa a ser requisitado e obtém como resposta uma imagem ou uma mensagem de falha para o processo. Por fim, ao receber a imagem, o cliente processa a figura recebida em seu computador para assim gerar a exibição do mapa. Esse processamento, na etapa final, consiste na sobreposição das diferentes camadas de informações (vias, atributos locais, elementos de controle, dentre outros) presentes no mapa do cliente.

Desse modo, em conjunto com o uso de outras técnicas computacionais, o usuário apenas requisita uma pequena parte do mapa completo, evitando o envio de grandes quantidades de dados, que podem limitar o funcionamento dessas aplicações. A cada nova interação do usuário com o mapa, como, por exemplo, a realização de buscas de elementos ou modificações de posição ou mudança na escala da exibição (*zoom*), será necessário efetuar uma nova requisição *GetMap*, com os novos atributos da imagem, aos servidores e um novo processamento da imagem recebida.

A utilização do padrão WMS, devido à sua simplicidade e também à sua economia de recursos computacionais, permitiu a popularização de sistemas de mapas por meio da internet, que são amplamente utilizados por todos os tipos de usuários, para inúmeros propósitos. Contudo, o funcionamento desse e de outros padrões do OGC, como o *Geography Markup Language* (GML) e o *Keyhole Markup Language* (KML), só foi possível graças à estruturação dos dados geográficos executada pelas normas do TC-211 ou do TC-204 para modelagem de dados geográficos. O GML tem a função de representar as informações geográficas em formato de texto estruturado de maneira a possibilitar a modelagem, o transporte e o armazenamento desses dados, sem muito trabalho computacional (BURGGRAF, 2006). Já o KML, em que se usa uma estrutura similar à do GML para realizar marcações gráficas nos mapas digitais, possibilita o fácil transporte dessas marcações para outras aplicações computacionais (OGC 2015).

Dessa forma, uma vez desenvolvida a abstração lógica do mundo real, possibilitada pelas normas do TC-211 ou do TC-204, a fase de implementação apenas traduz esses modelos para

linguagens computacionais de composição de banco de dados. Os padrões do OGC, desse modo, têm a função de facilitar e tornar mais eficiente o desenvolvimento dessas aplicações computacionais.

Os conceitos apresentados reforçam a ideia da necessidade da estruturação lógica dos dados digitais e também da importância dos padrões de implementação para possibilitar ganhos em relação ao intercâmbio dos dados e das aplicações computacionais dos sistemas geográficos.

Ao longo deste capítulo, foram apresentados diferentes conceitos referentes a normatização e padronização, do manuseio de conjuntos de dados geográficos. A seguir, na Tabela 5, apresenta-se organizado um resumo desses conceitos, de maneira a reforçar os principais termos abordados nesta etapa da dissertação.

Tabela 5 - Tabela de Conceitos do Capítulo.

	Resumo
International Organization for Standardization (ISO)	Agência internacional com objetivo de padronizar e normatizar a produção de bens e serviços, por meio de Comitês Técnicos.
Comitê Técnico 211 (TC-211)	Comitê Técnico da ISO responsável por desenvolver os conjuntos de regras para o manuseio de dados geográficos, conhecidas como “normas da família ISO 19100”.
ISO 19115 - Metadados	Norma do TC-211 responsável por estruturar o uso e criação de relatórios descritivos, por meio do uso de metadados, sobre um conjunto de dados geográficos.
ISO 19157 – Geographic Information – Data Quality	Norma da família 19100 responsável por apresentar os elementos de qualidade e por descrever um processo de avaliação para um conjunto de dados geográficos.
Comitê Técnico 204 (TC-204)	Comitê Técnico da ISO responsável pelo manuseio do conjunto de normas e padrões referentes ao uso em ITS.
ISO 14825 – Geographic Data Files (GDF)	Norma do TC-204 responsável por regulamentar a criação de bases geográficas viárias para usos em aplicações ITS.
Open Geospatial Consortium (OGC)	Iniciativa responsável por padronizar os processos de implementação computacional dos produtos geográficos desenvolvidos sob as regras de criação de bases de dados geográficos dos Comitê Técnicos já citados.

3 PRINCIPAIS SISTEMAS BASEADOS EM DADOS GEOESPACIAIS DIGITAIS

No início do desenvolvimento de normas e padrões para dados geográficos, em meados da década de 1980, o foco principal era permitir e garantir, sem desperdício de tempo e de dinheiro, a interoperabilidade dos dados geoespaciais entre os diferentes sistemas de informação geográfica, disponíveis no mercado naquela época, o que possibilitaria o reuso e o desenvolvimento de pesquisas na área de informações geográficas. Com o passar do tempo, contudo, com o advento de novas formas de aplicação e utilização de informações geográficas digitais, como os serviços de *Web Mapping* e os Sistemas Inteligentes de Transporte, elas passaram também a considerar esses novos sistemas e tornaram-se mais abrangentes e se preocupam, atualmente, com todas as formas de aquisição e tratamento de dados geoespaciais, sejam para usuários especializados como para voluntários.

Na sequência serão abordados alguns desses SBDE, como o SIG, o ITS de localização e os serviços de *Web Mapping*, apresentando suas características e definições, além de exemplos de seus usos no cotidiano. Devido ao foco deste trabalho, em apresentar as estruturas das bases de informações geográficas e seus usos para projetos não convencionais, buscou-se demonstrar essas tecnologias em exemplos de utilização no território nacional, expondo seus potenciais de uso e também suas limitações, que podem ser antecipadas como problemas envolvendo a base de dados, por não serem de fácil acesso ou por não estarem completas e atuais.

Por fim, abordar-se-á a técnica computacional, chamada de *Volunteered Geographic Information* (VGI), que possibilita que qualquer usuário possa criar, manipular e atualizar dados geográficos de aplicações específicas, possibilitando o desenvolvimento de novas aplicações devido ao seu poder em manter atuais os dados geográficos, além de apresentar-se como uma solução de baixo custo para a manutenção das informações presentes nessas bases de dados.

3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

3.1.1 DEFINIÇÃO

A tarefa de definir um Sistema de Informação Geográfica pode causar desconforto para profissionais do ramo. Vários autores diferem quanto a essa definição por fundamentarem-se,

em geral, na forma de utilização do SIG ou em seus campos de atuação de pesquisa (MIRANDA, 2005). Por essa razão, não existe uma definição única. Como indicado a seguir, diferentes autores e diferentes órgãos e empresas especializadas indicam diferentes definições.

O Comitê Interinstitucional de Coordenação Federal sobre cartografia digital dos Estados Unidos (FICC), em seus relatórios de atividades sobre o uso de SIG nos EUA, define os sistemas de informação geográfica como sendo um sistema computacional composto por hardware e software designados para coletar, gerenciar, manipular, analisar e apresentar dados georreferenciados a seus usuários (FICC, 1988). Já para Câmara (2005), um sistema de informação geográfica pode ser definido, simplesmente, como um sistema computacional que interage com conjuntos de dados geoespaciais.

Para a empresa ESRI (*Earth Science Research Institute*), fabricante de *softwares* de manipulação de bases de dados geográficos e líder mundial em aplicações voltadas para a área de informações geográficas digitais, um sistema de informação geográfica caracteriza-se como uma combinação de *software* e de dados geográficos, que possibilita estruturar a coleta e a administração dos dados e informações espaciais, com o objetivo de permitir a visualização, a análise e a utilização de informações geográficas (ESRI, 2016).

Com base nessas definições, e devido ao foco desta dissertação, optou-se por definir um sistema de informação geográfica como um sistema computacional (*hardware* e *software*,) composto por bases de dados geoespaciais de diferentes áreas afins, que se aproveita do poder computacional para processar grandes quantidades de dados com o objetivo de gerar informações para serem utilizadas em processos de tomadas de decisão por diferentes usuários. Desse modo, um SIG também pode ser classificado como um sistema de auxílio na tomada de decisão, como apresentado por Segantine e Silva (2015).

Nesta linha de pensamento, é preciso então definir o que é um sistema de auxílio na tomada de decisão, que embora possua uma grande variedade de definições, converge para a ideia de um sistema computacional, integrado a um ou mais banco de dados, estruturado de forma a permitir a comunicação entre eles por meio de modelos de simulações matemáticas para gerar suporte para uma decisão (FEDRA; REITSMA, 1990).

Deve-se, contudo, destacar que as respostas obtidas aos questionamentos feitos aos *softwares* de auxílio a tomada de decisão dependem de bases de dados bem estruturadas, seguindo padrões e normas nacionais e internacionais, e de dados geográficos completos e atualizados. Caso

contrário, as informações geradas pela aplicação computacional não representarão as condições atuais do ambiente questionado, o que pode não auxiliar corretamente na tomada de decisão (SEGANTINE; RAMOS, 2004).

Em relação à sua estrutura, um SIG difere de um sistema de informação gerencial qualquer, principalmente, pela sua capacidade de armazenar atributos geométricos e não apenas atributos descritivos alfanuméricos de seus componentes. Para isto, o *software* de um SIG trabalha com seus dados no formato de camadas (*layers*), com cada uma contendo elementos relacionados e interligados por meio de um sistema de coordenadas (SEGANTINE, 2001).

A apresentação das informações, em um SIG, pode ser realizada de dois modos: no formato vetorial, no qual os elementos do ambiente serão exibidos por intermédio de pontos, linhas ou polígonos, ou no formato matricial (*raster*), no qual os elementos são representados por conjuntos de elementos de figura. A Figura 3 exemplifica os diferentes modelos de camadas e suas interligações como forma de abstração e representação do mundo real para uma determinada aplicação computacional.

Figura 3 - Estruturas de Camada Temáticas de um SIG.

Fonte: Georgetown University

O funcionamento de uma aplicação computacional do modelo SIG assemelha-se, segundo Goodchild (2007), à forma como os humanos utilizam dados geográficos diariamente em suas mentes. Por meio de seu conhecimento sobre uma região e de elementos relacionados à mesma, a mente humana processa esses dados, gerando conhecimento com relação às questões efetuadas sobre os locais conhecidos.

Em um SIG, a principal diferença, para a mente humana, encontra-se no processamento de grandes quantidades de informações geográficas em um curto espaço de tempo. Contudo, devido à possibilidade de diferentes estruturas das bases de dados, tornou-se necessária a realização da padronização das mesmas para o uso nos SIG, conforme já apresentado nesta dissertação.

A utilização de *softwares* de SIG, bem como suas áreas de aplicações, segundo Câmara (1995), são amplas e estão em crescente expansão para os mais diferentes setores de administração pública e privada. Segundo o relatório *Global GIS Market 2016-2020*, da empresa de consultoria Technavio, espera-se um crescimento da utilização de soluções computacionais SIG da ordem de 10% anuais, em um mercado que apresenta, como clientes, grandes empresas de extração de recursos minerais, centros de pesquisas e ensino, órgãos governamentais, setores militares e empresas públicas (TECHNAVIO, 2015) e muitos outros. Mesmo assim, como apresentado a seguir, os usuários de SIG nem sempre se preocupam com a estruturação padronizada das informações gerando dificuldades para o sucesso total do uso desses sistemas.

3.1.2 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DE SIG COM PADRONIZAÇÃO INDIVIDUAL

Os exemplos de casos de uso de SIG são inúmeros, especialmente devido a seu potencial de avaliação de problemas, em diferentes áreas de atuação, como nos campos de administração pública e em diversas pesquisas acadêmicas.

Na área da saúde pública, os trabalhos realizados por Caixeta e Sousa (2007) e Flauzino, Souza-Santos e Oliveira (2009) abordaram a doença tropical dengue, transmitida pela picada do mosquito *Aedes Aegypti*, que assola vários países, dentre eles, o Brasil. O primeiro trabalho realizou um levantamento dos dados dos casos da doença na cidade de Goiânia, no estado de Goiás, georreferenciando as residências dos pacientes portadores da doença e, por meio de técnicas de geoprocessamento, foi possível determinar as regiões, na cidade de Goiânia, com mais focos da moléstia. Com o uso dos conhecimentos gerados por esse trabalho, foi possível

aos órgãos públicos responsáveis distribuírem, de maneira eficiente, os recursos e medidas para combater os focos transmissores.

No trabalho de Flauzino, Souza-Santos e Oliveira (2009), foram utilizados dados de diferentes estudos sobre a dengue, em diversas regiões da América Latina, considerando atributos georreferenciados do tipo socioeconômicos e ambientais, para melhor avaliar e compreender os surtos de tal enfermidade. Ao término do estudo, devido ao grande volume de dados de diferentes setores (como nível socioeconômico, sexo do paciente, idade, dentre outros), a utilização de soluções SIG mostraram-se indispensáveis para a determinação e a criação de uma base de dados, com vários atributos, para melhor representar e abordar o problema de maneira mais completa, e, assim, ser utilizada para auxiliar no combate à dengue de modo mais eficiente.

Sobre o tema de viabilidade e impactos ambientais, os trabalhos de Cardoso *et.al.* (2015) e de Moraes, Ferreira e Oliveira (2010) abordaram, por meio da utilização de ferramentas de processamento geoespaciais, maneiras de avaliar e de prever os impactos da implantação de grandes instalações, como usinas hidroelétricas e aterros sanitários, cuja instalação possa afetar o ecossistema e o dia a dia de uma região.

No primeiro estudo, Cardozo *et.al.* (2015) avaliaram os impactos causados pelas implantações das usinas hidroelétricas Passo São João e São José, ao longo do rio Ijuí no estado do Rio Grande do Sul. Por meio das análises dos diferentes fatores, tais como a distância entre as barragens e os centros consumidores, a distância entre as duas barragens e as áreas de alagamento causadas por cada usina, dentre outros, foi possível estimar os níveis de impactos causados e as áreas com maiores regiões afetadas em decorrência da instalação dessas usinas ao longo do rio Ijuí.

A pesquisa realizada por Moraes, Ferreira e Oliveira (2010) buscou avaliar e definir áreas para a realização da instalação de um aterro sanitário na cidade de Belém, no estado do Pará, onde, por meio da análise dos atributos relevantes ao projeto, como distância das áreas habitadas, áreas de disponibilidade para a construção, tempo de vida possível para o aterro, as leis ambientais do município, dentre outros, foi utilizado o *software* de modelo SIG como auxílio para o processamento dos inúmeros dados e, assim, determinar uma região para a implantação do novo aterro.

Para análises com a finalidade de melhor efetuar a gestão pública urbana, em especial na área de transportes urbanos, os trabalhos de Raia Jr. e Guerreiro (2005) e dos Santos e Raia Jr.(2006),

foram selecionados, como exemplos, por abordarem o uso de dados geoespaciais para a avaliação e a localização dos principais locais de acidentes viários na cidade de São Carlos, no interior do estado de São Paulo.

Os autores Raia Jr. e Guerreiro realizaram uma análise histórica dos acidentes viários, com o objetivo de avaliar o nível de segurança do trânsito em áreas escolares da cidade. No segundo trabalho, os pesquisadores efetuaram, assim como na primeira pesquisa, um levantamento histórico dos acidentes em todas as áreas da cidade de São Carlos. Em ambos, foram utilizadas bases de dados geográficos e ferramentas SIG para tratar os dados de forma a obter informações sobre as regiões na malha viária da cidade, com maiores riscos de acidentes e, assim, avaliar as possíveis causas e possibilitar a criação de maneiras de tratar e, possivelmente, corrigir tais problemas viários dessas regiões na cidade de São Carlos.

Assim, como apresentado nos exemplos, a utilização correta e consciente de *softwares* de geoprocessamento (SIG), transforma-os em uma ferramenta poderosa para o auxílio na tomada de decisão, em gerenciamento, administração, mapeamento, dentre outras funções. Porém, as análises desses trabalhos e de vários outros (nacionais e internacionais) mostraram que nenhum deles se preocupou com o uso de normas e padrões preestabelecidos, o que, por muitas vezes, atrasaram ou inviabilizam o correto uso dessa ferramenta.

No Brasil, mesmo possuindo investimentos tecnológicos e financeiros no setor de desenvolvimento de normas e padrões para o manuseio de dados geográficos, com o objetivo de torna-los acessíveis e transparentes, em algumas situações, o acesso a esses dados mostra-se uma tarefa difícil por restrições dos órgãos mantenedores. Em outros casos, quando os conjuntos de dados geográficos são disponibilizados, o conteúdo apresenta-se desatualizado e/ou fora de padronização, causando ao usuário perda de tempo devido ao trabalho de adequação para torná-los compatíveis com sua aplicação.

Por meio da análise dessas necessidades e das dificuldades envolvidas nos processos computacionais, o governo brasileiro, por intermédio da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, tem trabalhado em normas e padrões para, além de estruturar as bases de dados, facilitar e propiciar o acesso e difusão a bancos de dados geográficos bem organizados, que não necessitem de muitos esforços de retrabalho.

Tais esforços mostram o reconhecimento, por parte do governo brasileiro, do poder dessas soluções computacionais em suas inúmeras aplicações, e da necessidade de utilizar e possuir

bases geográficas bem estruturadas, completas, padronizadas e atuais para possibilitarem um melhor desenvolvimento e utilização dessa tecnologia. Contudo, infelizmente, esse esforço ainda não surtiu os efeitos desejados, principalmente pelo desinteresse das comunidades científica e profissional em adotá-lo e pelas inconsistências existentes na padronização e disponibilização das informações.

3.2 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES

Os Sistemas Inteligentes de Transportes, conforme já abordado, têm como objetivos a melhoria da segurança e do conforto dos usuários dos sistemas de transporte (BINJAMMAZ; AL-BAYATTI; AL-HARGAN, 2013). Neste texto, entretanto, devido à grande abrangência nas áreas de atuação desses sistemas eletrônicos, serão abordados apenas os ITS de localização, cujas aplicações são altamente dependentes de um sistema de posicionamento e de uma base de dados geográfica, atual e precisa.

O funcionamento dos modelos de ITS de localização assemelha-se aos *softwares* SIG, porém, com maior especificidade para o uso no sistema de transporte, devido ao fato de o conteúdo e o foco das suas bases de dados priorizarem as informações referentes às vias, como mostrado no padrão GDF para dados viários.

Nas rodovias brasileiras, mais especificamente nas vias sob concessão de empresas privadas no estado de São Paulo, por exemplo, a administração e gerenciamento são realizados por meio de conjuntos de dados obtidos por sensores e/ou imagens, utilizados para atualizar as bases de informação desses sistemas viários, possibilitando, assim, análises e modificações para um melhor aproveitamento dos recursos e das vias, permitindo meios para melhorar o controle de diferentes elementos envolvidos no sistema de transporte (MARTE, 2000).

Outro modo de ITS de localização, bastante pesquisado e desenvolvido no Brasil, é o sistema de informação ao usuário relacionado ao transporte público. Essa categoria de ITS de localização informa ao usuário, por meio de mensagens eletrônicas enviadas a *smartphones*, painéis eletrônicos ou outros meios da internet, informações sobre as condições atuais do serviço prestado, possibilitando ao cliente planejar o seu uso do transporte público.

No trabalho de Pilon (2009), desenvolveu-se uma aplicação eletrônica capaz de prever e informar aos usuários os horários em que uma linha de ônibus chegaria a estação de sua parada, na cidade de Vitória, no Espírito Santo. Por meio do uso da base de dados viária municipal e do posicionamento do veículo, por meio de receptores GPS instalados no veículo, o sistema

desenvolvido realiza o processamento desses dados e efetua uma estimativa do horário da chegada dos próximos ônibus a estação, da linha estudada. Os horários estimados são enviados aos usuários, proporcionando, então, um melhor planejamento de utilização do transporte público na região.

Outras aplicações de informação aos usuários têm sido desenvolvidas com foco na atualização de informações cedidas pelos próprios usuários, voluntários, do sistema, por meio de dispositivos móveis com conexão com a internet, além de também utilizar os dados obtidos por sensores nas vias e nos veículos. Os trabalhos de Oliveira Tito *et.al.* (2012) e Lima *et.al.* (2012) apresentaram o aplicativo *UbibusRoute*, desenvolvido para uso em *smartphones*, por meio do qual seus usuários têm a possibilidade de compartilhar informações, a partir da rede social *Twitter*, sobre as condições atuais do transporte público na cidade de Recife, no estado de Pernambuco. Tais informações foram obtidas pelas centrais de processamento da aplicação *UbibusRoute* que, utilizando-se de técnicas computacionais para a realização do trabalho dos dados, pôde atualizar suas bases de dados e, assim, fornecer, com maior eficiência, a melhor linha de transporte público que atenda às necessidades momentâneas do usuário.

Assim como a aplicação *UbibusRoute*, vários sistemas eletrônicos foram criados com o intuito de auxiliar os sistemas de transportes, utilizando voluntários e dispositivos móveis com acesso à internet. Em sua maioria, esses programas, da mesma maneira que um sistema SIG, dependem de dados atuais para o funcionamento e o auxílio na tomada de decisão eficiente. O uso dos voluntários e seus dispositivos móveis, compostos de inúmeros sensores, apresenta-se como uma solução parcial ou momentânea devido aos elevados custos para a manutenção e modernização dos sensores, bem como devido à dificuldade em obter os dados dos órgãos mantenedores.

Em algumas aplicações, os dados oriundos da ação de voluntários são coletados e enviados a centrais para serem tratados e processados para, assim, gerarem informações atuais sobre o sistema de transporte e, então, auxiliar em diferentes processos de ITS de localização. Contudo, os usos de dados obtidos por voluntários são restritos a aplicações nas quais a acurácia não seja um fator crítico, uma vez que os sensores utilizados no processo de aquisição dos dados geográficos não apresentam os mesmos níveis de qualidade dos sensores específicos utilizados por empresas especializadas.

É importante aqui enfatizar que a coleta de dados é importante, porém, a estruturação e a padronização das bases de dados têm a mesma importância, pois funcionam como o esqueleto

de todo o sistema de ITS de localização. Uma base de dados mal estruturada pode comprometer todos os *softwares* que a utilizam. Desse modo, a estruturação e padronização, assim como a modernização das vias, requer grandes investimentos, além de extenso planejamento para determinar suas reais necessidades e limitações.

A realização de parcerias com centros de pesquisas e empresas envolvidas com o sistema de transporte (automobilísticas, logísticas, dentre outros) seria uma possível solução, aos diversos governos, para custear programas de desenvolvimento de bases viárias nacionais e também novas aplicações de ITS de localização. Esse modelo de desenvolvimento poderia ser adotado no Brasil devido ao grande mercado consumidor e a importância da frota viária brasileira, além de possibilitar o desenvolvimento de outros aplicativos ITS não específicos para localização.

O investimento em Sistemas Inteligentes de Transporte, além de permitir uma melhor segurança e conforto aos usuários, possibilita uma melhor administração das vias (MARTE et al., 2013), o que impacta também nos custos de manutenção dos sistemas de transportes, apresentando ganhos financeiros e ambientais, como discutido por Nasir et al. (2014). Assim, embora o desenvolvimento de tecnologias ITS exijam grandes somas de investimentos iniciais, com o tempo, os ganhos relacionados com sua utilização irão se mostrar eficientes, possibilitando ganhos e economias nos demais setores dos sistemas de transportes envolvidos com essa nova técnica.

3.3 SISTEMAS DE WEB MAPPING

A história do progresso do mapeamento digital tem seguido caminhos similares ao da evolução computacional. No início, sua utilização era exclusiva para centros de pesquisas e órgãos governamentais, o que demandava um alto custo, e seu uso era limitado a uma única aplicação. Com a popularização, mediante o barateamento da tecnologia e também dos novos avanços eletrônicos, como a internet, o uso de técnicas de mapeamento digitais difundiu-se para todos os níveis de usuários (DJINDJIAN, 2008), criando novas formas de acesso e também de uso dessa tecnologia. Esse é o caso das técnicas de *Web Mapping*, nas quais, o usuário, utilizando a internet, tem acesso a uma base de dados de mapas ou de imagens, que lhe possibilita interagir com seus elementos (NIVALA; BREWSTER; SARJAKOSKI, 2008), para gerar informações, conforme suas necessidades. Essa técnica aproxima os usuários leigos em cartografia do processo de utilização e de criação cartográfica, antes restrito a profissionais da área.

As apresentações das imagens digitais, aos usuários nas aplicações de Web Mapping, utilizam uma técnica computacional chamada *Quadtree*, que estrutura as diferentes camadas de imagens como uma árvore de dados computacional em função dos elementos e do nível de escala das imagens. Esse procedimento facilita e diminui os custos, temporal e computacional, de acesso às figuras de representações de uma região (GOOGLE, 2016a). Essa técnica pode ser observada na Figura 4, em que a imagem inicial (Nível 1) divide-se em quatro setores. Ao ser efetuada a aproximação (*zoom*) da imagem em um dos quadrantes (Nível 1 – Quad. 2), uma nova imagem, com maior resolução, será exibida e, mais uma vez, será dividida em quatro segmentos (Nível 2). Esse processo será repetido até serem atingidos os limites de qualidade ou escala de representação máxima de uma região que, no caso do exemplo dado, seria o Nível 3 (MICROSOFT, 2016). Por meio da utilização dessa técnica, obtém-se um ganho de processamento, tanto dos servidores quanto do computador requisitante das imagens, uma vez que apenas uma pequena seção do mapa será enviada pelos servidores de mapas geográficos e processada pelo computador cliente da aplicação *Web Mapping*.

Figura 4 - Estrutura da Técnica QuadTree.

Fonte: Microsoft (2016).

Preferencialmente, os sistemas de *Web Mapping* têm buscado imagens de alta qualidade apenas para regiões densamente povoadas e, por esse motivo, algumas das regiões mapeadas não apresentam imagens em alta resolução para todos os setores do seu sistema de mapeamento

digital (GOOGLE, 2016b). Essa opção se deve ao fato de as imagens de alta qualidade, muitas vezes, serem caras.

Em relação ao funcionamento dessas aplicações via *web*, além de sujeitas aos protocolos de implementação como o WMS, da OGC, elas são altamente dependentes das bases cartográficas digitais e das suas organizações lógicas, segundo as normas e padrões internacionais (DJINDJIAN, 2008). Além disso, as suas bases cartográficas precisam ser completas e atualizadas, o que impacta no seu custo de manutenção. Razão pela qual elas têm sido tratadas como mercadorias e são negociadas a altos custos, devido a seu alto grau de valor agregado (TYLER, 2005).

Nos dias atuais, contudo, o crescente número de aparelhos com acesso à internet e a sistemas de posicionamento global por satélites, como *smartphones* ou computadores pessoais, torna possível a qualquer usuário, por meio do uso desses dispositivos, ajudar a manusear informações geográficas (HAKLAY; SINGLETON; PARKER, 2008a), o que possibilita diminuir os altos custos de uso das bases digitais. Essa técnica, conhecida como *Volunteered Geographic Information* (VGI), possível apenas pela utilização das normas e dos padrões de estruturação e de implementação de dados geográficos, facilita a troca de técnicas e usos para favorecer novos ramos de pesquisas de mapeamento relacionados ao uso do voluntário.

Na sequência, serão apresentadas duas ferramentas famosas de *Web Mapping*, dentre as inúmeras existentes. A primeira trata-se do sistema de mapeamento do *Google* e a segunda do sistema *OpenStreetMap*, escolhidas devido ao grande número de usuários e às diferentes possibilidades de usos para a sociedade.

3.3.1 SISTEMAS DE MAPEAMENTO GOOGLE

Os sistemas geográficos de mapeamento por internet do Google objetivam apresentar, de maneira livre, informações geográficas de modo simples e rápido para consulta, a qualquer usuário, leigo ou com conhecimento cartográfico, que tenha acesso à internet (GOOGLE, 2016c).

Esses sistemas são apresentados em duas versões computacionais, o *Google Maps* (inicialmente, exclusivo para navegadores *web*) e o *Google Earth* (que necessita da instalação de *software* específico), ambas com funcionamento e estruturas similares, porém, com diferentes possibilidades de uso.

A aplicação *Google Maps* possibilita a exploração de uma região, a partir de mapas ou de imagens de satélites, com maior foco nos processos de geração de rotas e de estimação do tempo de percurso entre pontos definidos pelo usuário. A aplicação *Google Earth*, por sua vez, viabiliza a navegação por meio de imagens de satélites, tendo maior enfoque em apresentar uma região e suas informações geográficas, como, por exemplo, os nomes das áreas, o traçado das vias, imagens em 3d, dentre outros. Essas informações geográficas são organizadas em diferentes camadas de abstração, da mesma forma que em um Sistema de Informação Geográfica (GOOGLE, 2016d).

As bases de dados geográficos, de ambas as aplicações, foram elaboradas e são constantemente atualizadas por meio do uso de dados geográficos cedidos por diferentes órgãos de mapeamento, parceiros do Google, e por meio da utilização de imagens obtidas a partir de técnicas de sensoriamento remoto, adquiridas de empresas especializadas como a *DigitalGlobe*, a *Geoeye* e a *Agência Espacial Americana* (NASA) (GOOGLE, 2016e).

Esses conjuntos de dados, obtidos pelo Google, antes de serem incluídas às bases geográficas da Companhia, passam por tratamentos com objetivo de padronização e de controle da qualidade para possibilitar uma melhor utilização e fluidez na apresentação dos mapas ou das imagens de satélites. No ano de 2014, aproximadamente, três quartos das áreas povoadas do globo já haviam sido mapeadas e apresentadas pela empresa nas plataformas *Google Maps* e *Google Earth* (JACOBSON et al., 2015).

Mesmo não sendo o objetivo principal dos projetos de mapeamento do Google gerar informações para uso em projetos de engenharia, muitos usuários vêm desenvolvendo pesquisas para determinarem a possibilidade e a qualidade do uso desses aplicativos em diferentes áreas da geografia.

O trabalho de Lopes (2009), por exemplo, avaliou a possibilidade de criação de mapas, a partir dos dados do *Google Earth*, da região de Barbacena, em Minas Gerais, utilizando referências cadastrais da região como controle para tratamento e validação dos dados. Os resultados obtidos na pesquisa mostraram variações com o mundo real, porém, com os devidos cuidados, o uso do mapa desenvolvido poderia ser aceito em determinadas aplicações em que não fosse necessário alto nível de acurácia, como, por exemplo, nos estudos relacionados a bairros e quadras.

No trabalho de De Oliveira et al. (2009), foi avaliada a exatidão cartográfica de um mosaico de imagens, do município de São Leopoldo no Rio Grande do Sul, apresentado no sistema Google

Earth, cujo objetivo foi determinar a utilização dessas imagens para o planejamento ambiental municipal. Os dados da aplicação geográfica do Google foram obtidos e avaliados, com auxílio de uma rede de apoio física já existente na região, para determinar os níveis de qualidade do mosaico de imagens. Por meio dos métodos de avaliações, os autores, obtiveram um produto cartográfico obedecendo às necessidades e regras do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), para um mapa em escala 1:15.000.

Outras pesquisas, como a realizada por Ragheb e Ragab (2015), também obtiveram resultados semelhantes aos anteriores, conseguindo utilizar os produtos cartográficos gerados, a partir dos dados obtidos das aplicações geográficas do Google, para gerenciar regiões, vegetações e grandes áreas. Tais produtos cartográficos gerados apresentam-se como uma possível solução para locais onde exista carência de material cartográfico. Porém, é importante ressaltar que as criações destes mapas devem ser supervisionadas por técnicos especializados em processos cartográficos para efetuarem os tratamentos necessários a fim de se obter os melhores registros e definir possíveis utilizações para esses produtos cartográficos.

Para o uso de imagens em grandes escalas e de suas coordenadas, provenientes dos sistemas *Maps* e *Earth*, vários autores recomendam cautela devido, principalmente, ao fato de o objetivo inicial dos *softwares* geográficos do Google não ser a acurácia ou o uso em aplicações geográficas de precisão. Dessa maneira, a utilização das informações provenientes dos sistemas do Google, com a finalidade de identificação de uma região, apenas devem ser aceitas para trabalhos em que não seja necessário um alto nível de acurácia, como no caso da etapa de anteprojeto de uma obra (SHARMA; GUPTA, 2011). Mesmo assim, recomenda-se que sejam feitas visitas a campo para garantir que a informação obtida esteja atualizada.

Além dos fatores citados, as aplicações dos sistemas geográficos do Google são responsáveis pela aproximação de usuários leigos, mesmo que inconsciente, ao uso de mapas. Esse acesso torna possível novos modos de conhecimento e de análises para questões do dia a dia, transformando-se em uma ferramenta computacional indispensável e democrática, uma vez que exige apenas acesso à internet.

3.3.2 OPENSTREETMAP

O projeto *OpenStreetMap* (OSM), assim como outros sistemas de *Web Mapping*, tem como objetivo a criação e a apresentação de uma base cartográfica mundial de fácil acesso e interação, para todos os níveis de usuários. Contudo, diferencia-se das demais, por se apresentar como um

sistema computacional de dados abertos, que possibilita ao usuário utilizar, modificar e redistribuir a base geográfica, sem necessidade de pagamento de uma licença para seu uso, como pode ocorrer em alguns casos de uso da base de dados do Google (OPENSTREETMAP, 2016).

Outra grande diferença, em relação aos demais sistemas de *Web Mapping*, está na utilização de voluntários como principal meio para efetuar o cadastro e a atualização das bases de dados do projeto (ATHER, 2009). Essa técnica de atualização é conhecida como colaboração em massa ou *crowdsourcing*, muito utilizada no desenvolvimento de *softwares* computacionais e responsável por manter projetos como a Wikipédia, enciclopédia livre digital, o sistema de servidores de páginas para internet, Apache e o navegador para acesso a páginas da internet, Firefox.

O desenvolvimento das atividades do projeto *OpenStreetMap* teve início em 2004, com o objetivo de criar uma base geográfica de livre acesso para o Reino Unido, uma vez que a região apresentava bases de dados geográficos bem estruturadas, porém de alto custo para o seu acesso (BENNER; KARIMI, 2013), inviabilizando o uso desses dados geográficos por pequenas empresas e usuários comuns.

Inicialmente, o projeto OSM utilizava apenas os dados obtidos a partir de celulares e de outros dispositivos móveis com sistemas de localização por satélite, dos voluntários, para criar sua própria base de dados geográficos, possibilitando também o cadastro de diferentes conhecimentos pertinentes a caracterização dos prédios presentes nas regiões mapeadas.

No ano de 2006, já mostrando expressivo crescimento da plataforma, o portal *Yahoo! Imagery* disponibilizou a sua base de imagens aéreas de várias localidades no planeta, o que permitiu a expansão do potencial do projeto OSM. Com o passar do tempo, órgãos de inúmeros países liberaram suas bases de dados próprias ao grupo. No Brasil, por exemplo, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), reconhecendo o poder do projeto OSM, forneceu suas bases digitais viárias para completar e atualizar os dados do projeto *OpenStreetMap* para as regiões brasileiras.

Esse crescente apoio dos órgãos nacionais e das empresas de mapeamento ocorreu devido, em especial, à grande comunidade ativa de usuários responsáveis por cadastrarem e atualizarem os dados geográficos, o que possibilitou a criação de uma base de dados com viabilidade de se manter atual. Entretanto, por ser composto, em sua maioria, por usuários leigos em

mapeamento, o projeto deve requerer um baixo nível de informações necessárias para a realização do cadastramento de dados geográficos, uma vez que, do contrário, o alto nível de informações poderia ser uma barreira e acabaria inibindo a participação de usuários comuns.

Desse modo, devido aos diferentes níveis de contribuição dos voluntários, a avaliação do nível de acurácia métrica do serviço *OpenStreetMap* mostra-se uma tarefa de difícil realização, como abordado por Touya (2012). Outra preocupação recorrente em diversos autores, como Koukoletsos, Haklay e Ellul (2011), Haklay (2010) e Ather (2009), são as quantidades de contribuições efetuadas nas diferentes zonas urbanas. As pesquisas apontam as regiões centrais das cidades mapeadas pelo projeto OSM, por possuírem maior fluxo de pessoas em relação às zonas periféricas e rurais, com melhor nível de acurácia e completude do que as demais áreas.

A pesquisa de Haklay et al. (2010) demonstrou a dependência para a qualidade e completude dos dados, com relação direta ao número de contribuições por setores de zonas mapeadas. Contudo, ao contrário do comportamento similar de outras aplicações computacionais envolvidas com *crowdsourcing*, foi identificado um número máximo de contribuições necessárias em uma região para se atingir o melhor nível de qualidade do sistema: quinze contribuições. Assim, números maiores de colaborações apenas afetaria minimamente a acurácia da base. Em experimentos realizados por Haklay, em Londres, foi obtida uma compatibilização da base do projeto *OpenStreetMap* com bases privadas, como da agência inglesa *Ordnance Survey*, da ordem de 80%, quando utilizado um raio (*buffer*) de 5 metros.

Por sua vez, em relação ao nível de completude das informações da base, o projeto seguiu o comportamento de outras aplicações *crowdsourcing*, nas quais, a grande participação de usuários tem o efeito de diferentes sensores, com distintas formas de interpretação de uma região, o que pode possibilitar uma aproximação de um conhecimento mais completo dos atributos de uma área mapeada, tornando o uso dessa base geográfica possível, não apenas para sistemas de geração de rotas, mas também para sistema de consulta a serviços e informações regionais, devido ao seu potencial de se manter completa e atual.

3.4 VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION (VGI)

O termo *Volunteered Geographic Information* foi utilizado, primeiramente por Goodchild (2007b), para representar o conteúdo geográfico, criado por usuários, com o auxílio de dispositivos eletrônicos e compartilhados pela internet. Esse método pode ser compreendido como um sistema *crowdsourcing* para dados geográficos, que faz uso do voluntário como

sensor para adquirir conhecimento sobre uma região, visto que, diariamente, os indivíduos trabalham dados geográficos em suas mentes, da mesma forma que um Sistema de Informação Geográfica.

Assim sendo, realizando as devidas comparações, existem mais de 7 bilhões de possíveis sensores capazes de abstrair e prover diferentes níveis de informações sobre uma região. O trabalho desses sensores, em conjunto com outros dispositivos, como o sistema de posicionamento global, câmera, detectores atmosféricos e acelerômetro, por exemplo, ganha maior poder na interpretação e detalhamento de uma região. Tais sensores diversificam o conteúdo dos dados obtidos pelo usuário (HAKLAY; SINGLETON; PARKER, 2008b) que, unidos ao atual modo da internet, possibilita o desenvolvimento de inúmeras aplicações baseadas nos dados de origem de conhecimento coletivo, para fins geográficos (OLIVEIRA, 2012).

Pode ser apresentado como uma aplicação de sucesso que faz uso do voluntariado o sistema *OpenStreetMap*, já apresentado por este texto, que mesmo não apresentando o nível de acurácia de bases de dados comercializadas, como as vendidas pelas empresas *NavTeq* ou *Ordnance Survey*, tem a seu favor a possibilidade de manter seus elementos atualizados em um curto espaço de tempo da modificação e de permitir sua utilização sem custos aos usuários. Cita-se, neste caso, o serviço computacional de *Web Mapping MapQuest*, em que os usuários interagem com a base de dados do sistema para melhor planejar sua rota em função das diferentes informações relativas a estabelecimentos comerciais distintos nos percursos (restaurantes, postos de gasolina, hotéis, hospitais, dentre outros).

Outro exemplo de sistema computacional, que faz uso de voluntários para a criação de dados geográficos para seu melhor funcionamento, é o aplicativo de navegação viária *Waze*, utilizado em *smartphones* e *tablets*, cujo funcionamento e necessidades se assemelham aos de outras aplicações de navegação do gênero. Desse modo, o *Waze* se apresenta altamente dependente de um sistema de posicionamento por satélite e de uma base de dados viária completa e atual.

Inicialmente, a base viária do aplicativo *Waze* era constituída por poucos países e elaborada por meio da compra de dados junto a órgãos especializados ou por criações efetuadas pelos usuários do sistema, com o auxílio de imagens de satélites do serviço de *Web Mapping* da Microsoft, *Bing Maps*. No ano de 2013, com a aquisição do serviço *Waze* pelo Google, passou a ser utilizada a base geográfica e de imagens desta empresa, como referência para a estruturação dos mapas viários para a aplicação *Waze*.

Com a popularização da aplicação de navegação, o *Waze* expandiu-se e recebeu apoio de inúmeras agências nacionais de mapeamento para permitir e possibilitar o funcionamento do sistema em cada país. No Brasil, dados viários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram utilizados como ponto de partida para os usuários realizarem o mapeamento viário do país (WAZE, 2016a).

No sistema *Waze*, da mesma maneira que o projeto *OpenStreetMap*, o usuário tem a responsabilidade de efetuar o mapeamento e as correções da base viária do *software*. Contudo, a aplicação ainda apresenta como função especial a obtenção da posição e da velocidade atual dos veículos, utilizando a aplicação *Waze*, com o objetivo de complementar a base de dados, possibilitando a estimativa das condições atuais das vias e, assim, determinar com maior precisão rotas que evitem regiões congestionadas ou vias interditadas (WAZE, 2016b).

Como apresentado nos exemplos *OpenStreetMap* e *Waze*, a evolução computacional, em especial a revolução dos *smartphones*, teve um papel fundamental para possibilitar o acesso a diferentes tecnologias (sensores) e o desenvolvimento de inúmeras aplicações em que o voluntário tem papel fundamental, tanto para a criação e a correção, quanto para a atualização das informações das bases de dados para aplicações de suporte para as tomadas de decisão mais eficientes (O'REILLY; BATTELLE, 2009).

O aplicativo americano *Street Bump*, por exemplo, foi desenvolvido a pedido da prefeitura da cidade de Boston, no estado de Massachusetts, com a finalidade de verificar as condições do pavimento das vias, utilizando para isso *smartphones*, com seus acelerômetros e sensores GPS. As ondulações das vias são detectadas pelo acelerômetro e cadastradas geograficamente, manipulando a coordenada GPS junto à base de mapas dos serviços de mapas do Google. Esses dados são então enviados a servidores da prefeitura da cidade, que os utilizam para atualizar suas bases de dados para serem empregados em sistemas de auxílio na tomada de decisão, com o objetivo de melhor abordar e corrigir os problemas no pavimento das vias (STREET BUMP, 2016).

No Brasil, tem-se também exemplos de aplicativos dessa natureza como a aplicação *Buraco Monitor*, criada na cidade de Novo Hamburgo/RS, por intermédio do qual o usuário pode cadastrar problemas relacionados às vias do sistema de transportes. Outro exemplo é o aplicativo *Cidadera*, desenvolvido em São Carlos/SP, que, além de cadastrar transtornos nas vias, permite informar outros níveis de reclamações, como de acessibilidade, relacionados a sistemas públicos de serviço (transporte, saúde, saneamento básico, dentre outros). Ambos os

aplicativos funcionam em várias cidades, fornecendo os cadastros de reclamações georreferenciadas às prefeituras com o intuito de ajudar a atualizar suas bases de dados para o planejamento das soluções.

O uso de sistemas *Volunteered Geographic Information*, como abordado acima, possibilita a obtenção de dados atuais para atualizar e completar as bases de dados geográficos e age como solução para os altos custos relacionados à manutenção desses bancos de dados. Contudo, para o sucesso de aplicações dependentes do voluntário, mostra-se necessário a adesão e a participação de diferentes usuários, estabelecendo uma comunidade ativa, pois, se a comunidade não participar, a aplicação pode ser considerada ineficiente.

Inúmeros são os fatores que podem influenciar a participação do voluntário (GOODCHILD, 2007b). Entre eles pode-se citar os ganhos pessoais ou a melhor qualidade em algum serviço utilizado, como o sistema *Waze* ou o *Cidadera*, ou simplesmente por um bem mais democrático, como o projeto *OpenStreetMap* de livre acesso. Em qualquer caso, recomenda-se sempre efetuar um estudo de viabilidade antes da implementação de um sistema dependente do uso de dados de voluntários, garantindo que ocorra maior adesão de usuários para que o *software* cause impactos positivos em sua abstração do mundo real.

3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CASOS DE USOS

Assim como apresentado nos itens anteriores deste capítulo, novas possibilidades de utilização têm sido desenvolvidas graças aos avanços tecnológicos, tanto computacionais quanto em relação às técnicas de mapeamento digitais. Contudo, como é possível observar, essas aplicações apresentam-se altamente dependentes do grau de completude e de atualidade dos dados, além do nível de estruturação desses conjuntos geográficos de informações.

Como mostrado, a manutenção dos níveis de completude e de atualização das bases de dados tendem a possibilitar um funcionamento mais eficiente das aplicações, no entanto, demandam altos investimentos para a obtenção de informações atualizadas. Dessa forma, o VGI apresenta-se como uma possível solução para a diminuição dos altos valores referentes à manutenção das bases de dados geográficos, entretanto, há que se investir em mais estudos e validações dos usos dessa técnica para que tal fato ocorra.

Em relação aos níveis de estruturação das bases de dados, foi possível observar que cada modelo de aplicação apresenta necessidades organizacionais distintas. Isto se deve aos diferentes focos de emprego de cada *software*, que, nos dias atuais, devido aos problemas de normatização têm

suas estruturas de dados desenvolvidas de maneira a atenderem às necessidades de cada aplicação, sem a preocupação com a integração com outras bases de dados, para uma possível expansão de suas aplicações no futuro.

Essa abordagem ressalta a importância e a necessidade de um conjunto de regras de uniformização para a elaboração e manuseio de dados geoespaciais e suas aplicações, que sirva como referência e permita o desenvolvimento de bases de dados de diversos assuntos, possibilitando as integrações desses conjuntos de dados, de maneira pouco custosa e mais eficiente.

Apesar de o desenvolvimento de normas e padrões eficazes apresentar ganhos em um curto espaço de tempo, ainda não se encontra incutida, nos usuários, a necessidade de uma boa estruturação ou de um planejamento das necessidades do projeto, uma vez que esses cuidados podem demandar muito esforços e tempo para uma elaboração eficiente.

Desse modo, na sequência deste trabalho, será proposto um modelo genérico para o controle do desenvolvimento de aplicações computacionais, que utilizam bases de dados geográficos para seu funcionamento. Esse modelo terá como objetivo demonstrar todos os cuidados referentes as diferentes etapas de uma produção de aplicação computacional geográfica, com a intenção de produzir sistemas de qualidade e que atendam seus propósitos de criação.

4 DIRETRIZES PARA UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE SBDE

Ao longo deste capítulo, será proposto um modelo de desenvolvimento para Sistemas de Bases de Dados Espaciais (SBDE) de maneira a possibilitar ao leitor compreender o trabalho envolvido em um projeto de desenvolvimento de uma base desse tipo. Trabalho esse que, por vezes, acaba comprometido em decorrência de criações e alterações realizadas por usuários das aplicações, sem se importarem com as estruturas definidas pelo SBDE, o que pode prejudicar o funcionamento da aplicação.

Primeiramente, para uma melhor compreensão e melhor aceitação das técnicas a serem utilizadas na elaboração do modelo, serão apresentadas as estruturas e alguns elementos importantes para eliminarem possíveis divergências conceituais.

Os SBDE, conforme apresentados ao longo do capítulo anterior, podem ser compreendidos como aplicações de manipulação de dados espaciais, que se encontram armazenados em estruturas de base de dados computacionais. A partir de tal explicação, essas aplicações computacionais podem ser analisadas como dois sistemas distintos, o sistema de manipulação de dados e o sistema de armazenamento de dados espaciais, que se comunicam de modo a gerar respostas aos questionamentos de seus usuários (YEUNG; HALL, 2007). Desse modo, de uma maneira computacional, ambos os sistemas são elementos que necessitam de regulamentação e de estruturação quanto a seus desenvolvimentos e a seus usos, a fim de garantir a qualidade da aplicação como um todo. No entanto, nos dias atuais, em razão do crescente número de SBDE disponíveis e devido à popularização de seus usos, em especial entre os *Newgeographies*, tem havido incompatibilizações estruturais das bases de dados que acaba diminuindo o tempo de vida total da aplicação, mesmo quando atende as necessidades momentâneas dos usuários e de seus projetos.

Esse problema referente à estruturação dos dados, na maioria das vezes, decorre do não conhecimento ou da negligência por parte dos usuários.

A maneira escolhida neste trabalho para apresentar uma possível solução a esses problemas referentes aos SBDE, foi a utilização dos conceitos utilizados pela Engenharia de *Software*, área da Ciências de Computação responsável por definir e estruturar meios eficientes para o

desenvolvimento de programas computacionais (PRESSMAN, 2011). No caso dos SBDE, embora compostos por dois sistemas computacionais distintos, o modelo de desenvolvimento a ser apresentado dará conta da elaboração de ambos os sistemas, uma vez que eles apresentam semelhanças quanto às suas necessidades e aos elementos de estruturação.

Contudo, em consequência da liberdade permitida aos usuários quanto à modificação e à criação de novas estruturas de dados, o modelo a ser apresentado neste trabalho apresentará maior enfoque no desenvolvimento e no controle do sistema de armazenamento de dados espaciais, suas estruturas e seus enfoques de utilização. Pretende-se ao longo do texto apresentar diretrizes para o desenvolvimento de estruturas que abranjam as necessidades do projeto.

Em um primeiro momento, esse nível de preocupação referente aos cuidados com o desenvolvimento e as modificações de um SBDE pode aparentar exagero e até um gasto desnecessário, tanto financeiro quanto em relação ao tempo do projeto, uma vez que os sistemas, mesmo sofrendo modificações, continuam em funcionamento. Entretanto, comumente os SBDE apresentam um enorme potencial que, em razão de problemas com suas estruturas de dados, acabam sendo subutilizados e descartados antes de atingirem seu ápice de eficiência.

A abordagem apresentada a seguir tem como objetivo discutir os níveis de cuidados envolvidos na elaboração de um SBDE, que devem continuar existindo mesmo após o usuário considerar o projeto finalizado. Porém, muitas vezes, tais cuidados são ignorados por parte dos usuários, porque buscam soluções mais simplificadas para seus questionamentos, sem demonstrarem preocupação com usos futuros ou com os danos causados ao sistema e suas estruturas de banco dados, em virtude das modificações realizadas.

4.1 CONCEITOS BÁSICOS DE ENGENHARIA DE SOFTWARE

A Engenharia de *Software* pode ser compreendida como conjuntos de técnicas e conceitos utilizados durante as etapas do desenvolvimento de um *software* de qualidade. A utilização desses fundamentos tem como objetivo regular e auxiliar os processos de elaboração de um programa computacional, de maneira a propiciar um ambiente controlado e adequado às atividades referentes a tal processo (PRESSMAN, 2011).

Em um primeiro momento, para se dar continuidade às definições desta seção, faz-se necessário definir o que se espera do termo “*software* de qualidade”, uma vez que vários profissionais da área diferem quanto ao seu significado. Para esta dissertação, o conceito “*software* de

qualidade” deve ser compreendido como a eficiência e a agilidade das funções realizadas pelo mesmo e também a apresentação de documentação e de manuais estruturais referentes às características e propriedades daquela aplicação computacional. Esses documentos terão o potencial de auxílio ao uso do *software*, por parte dos diferentes níveis de usuários, e também possibilitarão a modificação e o reuso das estruturas dos dados e das funcionalidades, de maneira simples e pouco custosa.

Atualmente, muitos programas computacionais disponíveis no mercado não apresentam os conceitos de qualidade esperados por esta dissertação, como, por exemplo, a falta de uma documentação eficiente de suas estruturas. Além disso, apenas concentram seus trabalhos na eficiência momentânea de suas funcionalidades, não se importando com possíveis usos ou modificações futuras para aumentar a abrangência de sua aplicabilidade.

A falta de uma documentação eficiente das estruturas e funcionalidades de uma aplicação computacional pode ser compreendida como um incentivo à perpetuação do desenvolvimento de *software* sem qualidade e também como um fator responsável por diminuir o tempo de vida do mesmo. A redução do seu tempo de vida útil está diretamente ligada à dificuldade em possibilitar, de maneira eficiente e pouco custosa, a manutenção e a modificação de suas estruturas, o que acarreta também a não utilização de técnicas padronizadas durante o processo.

A Engenharia de *Software* considera tais técnicas padronizadas, ou modelos de projeto, como as atividades anteriores ao desenvolvimento de uma aplicação computacional, que são responsáveis por controlar e regular todos os detalhes referentes a qualquer aspecto do projeto. A utilização desses modelos de projeto objetiva assegurar a elaboração de um ambiente controlado e favorável para o desenvolvimento de um *software*, em que todos os envolvidos consigam desempenhar suas funções da melhor maneira possível para o projeto (SOMMERVILLE, 2011).

A partir dessas explicações conceituais, a Engenharia de *Software* pode então ser definida, de maneira completa, como um conjunto de técnicas que, ao serem utilizadas, facilitam os processos de desenvolvimento e favorecem práticas como o reuso, o intercâmbio e a manutenção de uma aplicação computacional.

Os primeiros esforços de utilização da Engenharia de *Software*, referentes à regulamentação dos processos de desenvolvimento de sistemas computacionais, começaram em meados da década de 1960, período este conhecido como a “Crise dos *Softwares*”. Ele pode ser

compreendido, de maneira sintetizada, como a fase em que os desenvolvimentos, por não utilizarem técnicas ou elaborarem um planejamento prévio dos projetos, produziam aplicações em que aspectos esperados pelos usuários não eram atendidos.

Os aspectos esperados pelos usuários compreendiam diversos fatores, tais como funcionalidades específicas e/ou possibilidade de modificações e de adaptações futuras do *software* que, de maneira geral, podem ser comparados aos problemas apresentados nos dias atuais pelos sistemas de manipulação de dados espaciais. Muitos desses problemas ocorrem em razão do não planejamento, por parte de seus usuários, na realização de modificações e adaptações das estruturas dos dados espaciais de aplicações já em funcionamento, o que pode comprometer toda a qualidade e a eficiência planejada para o produto.

Assim sendo, na sequência, serão utilizados conceitos propostos pela Engenharia de *Software*, que irão auxiliar a compreensão da necessidade de todos os processos envolvidos na gestão de um desenvolvimento de uma aplicação. O objetivo dessa prática será apresentar o desenvolvimento, no caso deste trabalho de um SBDE, como um conjunto de elementos em que pequenos descuidos no planejamento de seu desenvolvimento ou na modificação de sua estrutura poderá, muitas vezes, comprometer todo o sistema.

4.1.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE UM PROJETO DE SOFTWARE

A Engenharia de *Software* esforça-se em resolver os possíveis problemas, relacionados ao desenvolvimento de aplicações computacionais, por meio do uso de etapas de gerenciamento e de regulamentação dos elementos envolvidos nos processos de elaboração da referida aplicação. Esses elementos, no entanto, a cada novo projeto, podem ser distintos, necessitando assim de diferentes abordagens e técnicas de elaboração.

De uma maneira genérica, para facilitar a compreensão, um projeto de um sistema computacional necessita de quatro etapas básicas para organizar seus trabalhos que, segundo Sommerville (2011), são responsáveis por:

- **Definir os requisitos do projeto em função das necessidades esperadas;**
- **Desenvolver o projeto e a programação do produto;**
- **Validar o produto produzido em razão dos requisitos iniciais;**
- **Realizar a manutenção e pequenas atualizações do sistema.**

Essas etapas podem ser compreendidas e aplicadas como uma sequência cíclica ou apenas uma única iteração. A escolha de uma ou outra dependerá das necessidades do projeto e da escolha das pessoas envolvidas.

No decorrer dessas quatro etapas, devem ser estabelecidos pelos participantes do projeto pontos que servirão de referência a todo o projeto em desenvolvimento, tais como as estruturas de dados, os conjuntos de regras, as funcionalidades a serem implementadas, que, dentre outros, influenciarão as tomadas de decisão relativas a todo o projeto do *software*.

A utilização dessas etapas objetiva estabelecer um ambiente controlado para todos os elementos envolvidos em um projeto de aplicações computacionais, seja ele material ou virtual, de maneira a possibilitar um desenvolvimento eficiente e de qualidade. Contudo, os engenheiros de *software* compreendem que cada projeto computacional apresenta diferentes enfoques e necessidades, o que os tornam únicos.

Desse modo, adaptações e alterações nessas quatro etapas de controle são permitidas e incentivadas para produzir modelos de projetos, que podem ser compreendidos como uma planta base para todas as fases a serem seguidas e executadas em um desenvolvimento de uma aplicação computacional.

A recorrência a esses modelos é uma maneira de organizar o caos relacionado a um projeto de *software* e, assim, auxiliar todos os envolvidos no projeto na compreensão das necessidades e na manipulação dos recursos, de uma maneira eficaz.

A Engenharia de *Software* utiliza-se de pontos positivos de inúmeros processos produtivos, como o gerenciamento da produção de diferentes bens de consumo, de maneira a se beneficiar de outras técnicas já consagradas. Essa abordagem também será utilizada neste trabalho, como forma de estruturação do modelo de desenvolvimento de um SBDE, uma vez que se espera beneficiar-se dos pontos positivos de técnicas já consagradas utilizadas pela Engenharia de *Software*.

Na sequência, serão apresentados dois modelos de projeto genéricos, amplamente utilizados e estudados pela Engenharia de *Software* para realizar o controle do desenvolvimento de uma aplicação computacional, que podem ser adotados como bases para o desenvolvimento de um SBDE.

4.1.1.1 Modelo Cascata

Este modelo de projeto, também conhecido como modelo sequencial, aborda o processo de desenvolvimento de uma aplicação de maneira sistemática e contínua, em que cada etapa depende da anterior e ao mesmo tempo rege as ações futuras do desenvolvimento do projeto.

O modelo Cascata, conforme exibido na Figura 5, apresenta-se estruturado em cinco etapas sequenciais dependentes, que podem ser descritas segundo Pressman (2011), como:

Figura 5 - Diagrama do Modelo Cascata.

Adaptado de Pressman (2011)

- **Etapa de Comunicação:** essa etapa, considerada de maior importância por profissionais da área, estabelece as características, as funcionalidades e as particularidades do projeto junto a todos os usuários ligados ao desenvolvimento do software.
- **Etapa de Planejamento:** a partir dos elementos estabelecidos na Etapa de Comunicação, os envolvidos com a programação e a administração irão definir os cronogramas e as técnicas a serem utilizadas, a fim de maximizar o potencial do projeto.
- **Etapa de Modelagem:** durante essa etapa, em virtude das escolhas das fases anteriores, são elaborados as estruturas de dados e as estruturas das funcionalidades. Esse trabalho, de estruturação dos elementos do projeto, objetiva auxiliar a compreensão, por parte de todos os envolvidos, das atividades necessárias para o desenvolvimento do software.
- **Etapa de Construção:** por meio das estruturas definidas nas etapas anteriores, os programadores do projeto realizam a implementação física do *software* e também iniciam a fase de testes do sistema em desenvolvimento.
- **Etapa de Emprego:** essa etapa do modelo Cascata marca a entrega do software aos seus usuários finais e, assim, inicia-se a fase de manutenção e de atualizações do software, que pode ou não necessitar de um novo ciclo completo de etapas desse modelo

para refinar o projeto ou adicionar novas funcionalidades ou estruturas de dados ao mesmo.

Por meio de observações das estruturas das etapas, torna-se possível determinar a dependência do modelo Cascata em relação às etapas iniciais, em especial, à Etapa de Comunicação. Por muitas vezes, essa dependência pode apresentar-se como uma dificuldade, uma vez que os usuários devem saber por completo as necessidades e particularidades do projeto a ser elaborado (SOMMERVILLE, 2011).

Esse conhecimento integral, por parte dos envolvidos, acaba, muitas vezes, não ocorrendo, pois, em geral, os usuários apresentam uma visão abrangente de suas necessidades. Com o passar das etapas, tais necessidades vão sendo refinadas e, desse modo, alterações no projeto acabam sendo necessárias. Assim, em razão da estrutura sequencial e dependência das escolhas das fases iniciais do modelo Cascata, as alterações tornam-se custosas e, muitas vezes, inviabilização a continuação do projeto tornando necessário reiniciá-lo.

Outro fator considerado negativo, em especial por parte dos usuários finais dos produtos desenvolvidos sob esse modelo, é a demora em apresentar algum produto utilizável aos clientes. Essa demora, em virtude do forte controle e dependência das etapas iniciais, não se mostra bem aceita por parte dos usuários, que, normalmente, acabam se intrometendo no desenvolvimento das etapas e comprometem toda a qualidade do projeto.

4.1.1.2 Modelo Incremental

O modelo Incremental pode ser compreendido como uma possível melhoria e também uma provável solução aos problemas apresentados na utilização do modelo Cascata. A sua utilização é recomendada para projetos em que os usuários não apresentem uma compreensão completa das necessidades do novo sistema; e também para projetos em que seja possível dividir o processo de desenvolvimento em blocos de funcionalidades, com cada nova versão do sistema incrementando as funcionalidades da aplicação (PRESSMAN, 2005).

Esse modelo, de maneira simplificada, consiste em inúmeras iterações do modelo Cascata, conforme mostrado na Figura 6. As cinco etapas do ciclo base desse modelo apresentam-se organizadas de maneira mais ágil e, assim, menos cuidadosas que aquelas realizadas no processo Cascata.

Figura 6 - Diagrama do Modelo Incremental

Adaptado de Pressman (2011)

O menor nível de cuidado inerente a cada etapa do modelo não deve ser compreendido como uma falta ou descaso quanto à qualidade final da aplicação, uma vez que, em razão do uso de técnicas de desenvolvimento em blocos de funcionalidades, os ciclos de desenvolvimento serão responsáveis por menos funcionalidades, em comparação ao projeto completo do modelo Cascata.

A cada novo ciclo de etapa decorrente do desenvolvimento de novas funcionalidades, novos cuidados e análises de requisitos devem ser realizados, o que mantém uma avaliação constante e de menor quantidade de elementos do projeto. Dessa forma, em uma visão geral, os cuidados dispendidos com o projeto completo assemelham-se àqueles utilizados no modelo Cascata e apresentam o mesmo nível de eficiência.

A utilização da técnica computacional conhecida como “dividir para conquistar”, apresentada pelo modelo Incremental, possibilita um desenvolvimento ágil e, com isso, uma entrega rápida de uma versão incompleta do produto para que o usuário final possa realizar testes preliminares e assim identificar prováveis necessidades ainda não descobertas.

Para se obter sucesso no uso desse modelo, é necessário realizar uma primeira iteração eficiente que propicie a elaboração das futuras funcionalidades necessárias ao sistema, de um modo incremental.

Outro ponto negativo referente à utilização desse modelo está relacionado ao nível de complexidade do projeto a ser desenvolvido. Projetos com alto grau de complexidade, tais como inúmeras funcionalidades básicas interdependentes ou sistemas complexos de manipulação de bases de dados, necessitam de um desenvolvimento de estruturas base também complexas. Essa necessidade acabaria por forçar o desenvolvimento cuidadoso do primeiro ciclo, assemelhando-se à utilização do modelo Cascata, em razão do tempo.

Os problemas referentes a ambos os modelos, apresentados neste trabalho, têm o objetivo de reforçar a ideia da não existência de um modelo perfeito e único para ser seguido. Cabe aos participantes do projeto avaliar e definir o melhor modelo, fundamentado em um ou vários modelos base para, em razão das necessidades e dos elementos de qualidade esperados para o projeto, reger com eficiência o projeto da aplicação a ser desenvolvida.

Essa etapa, de anteprojeto do desenvolvimento de um *software*, é considerada por muitos profissionais da área de computação, como de extrema importância e diretamente ligada à qualidade do produto a ser gerado. Contudo, em vários casos de desenvolvimentos de sistemas computacionais, os cuidados com os planejamentos não fazem parte da cultura de alguns usuários, o que pode comprometer todo o processo de busca pela qualidade, discutido ao longo desta seção.

No universo deste trabalho, que abrange os SBDE, o planejamento do modelo de desenvolvimento apresenta-se ligado não apenas à elaboração do *software*, mas a todas as atividades referentes a essa aplicação computacional. Tais atividades influenciam desde o planejamento das estruturas das bases de dados, até as atividades de adaptações e modificações de funcionalidades, por parte de usuários como os *Newgeographies*.

Esse nível de cuidado necessário requer muito planejamento, especialmente em relação à manipulação das bases de dados por parte de usuários sem conhecimentos específicos, uma vez que, muitas vezes, eles manuseiam as bases de dados de maneira a eliminarem toda a qualidade planejada em seu desenvolvimento.

4.1.2 FATORES HUMANOS DE UM PROJETO DE SOFTWARE

Outro elemento importante no projeto de um software é a preocupação com os fatores humanos, que muitas vezes são negligenciados no seu desenvolvimento. Eles devem ser considerados desde as fases de anteprojeto até as etapas de atualização da aplicação.

Ao contrário do que se espera, em relação a fatores humanos, não existem apenas os programadores, mas sim uma série de outros colaboradores, que segundo Yeung e Hall (2007), podem ser divididos em quatro grupos, que são:

- **Administradores do Projeto:** são os profissionais responsáveis pela escolha dos gastos e dos investimentos referentes ao projeto. Fazem parte desse grupo os profissionais escolhidos como Líderes do Projeto que, em sua maioria, são técnicos com maior treinamento em administração de recursos e de pessoal. Os profissionais desse grupo devem conhecer todas as necessidades do projeto, para assim poderem determinar as melhores abordagens dos problemas, de maneira a propiciar um desenvolvimento eficiente e de qualidade.
- **Desenvolvedores do Projeto:** esse grupo de profissionais são os responsáveis por desenvolver os elementos presentes em um *software*. Em um projeto de SBDE, por exemplo, esses profissionais são os programadores do projeto, responsáveis por desenvolver os sistemas de Banco de Dados Espaciais, implementar as funcionalidades e efetuar as adaptações necessárias.
- **Usuários Técnicos:** são os grupos de usuários que utilizam a aplicação computacional, com determinada frequência, para realizarem seus trabalhos. Esses usuários dependem do seu correto funcionamento e das avaliações das respostas fornecidas, para executarem suas tarefas diárias. Em um exemplo para um SBDE, podem ser citados como usuários os profissionais que gerenciam um sistema viário por meio do uso de aplicações de ITS ou profissionais da administração pública, que utilizam aplicações do modelo SIG diariamente para auxiliar suas decisões.
- **Usuários Casuais:** são os grupos de usuários considerados gerais da aplicação, que o utilizam para fins de consulta e de maneira recreativa e esporádica. Esse grupo pode ser exemplificado, em um SBDE, como os usuários dos sistemas de *Web Mapping*, que devem utilizar essas informações de modo não profissional.

Os processos de determinação dos elementos, das necessidades e das funcionalidades de um sistema computacional envolvem a participação de todos os níveis de usuários e requer uma grande dedicação de todas as partes. Como resposta a esses requisitos obtidos por meio de reuniões com todos membros do projeto, serão desenvolvidos todos os modelos, estruturas de dados e funcionalidades a serem utilizadas ao longo do projeto e do tempo de vida da aplicação.

Em virtude desse papel fundamental dos fatores humanos no desenvolvimento de um sistema computacional, cabe aos líderes do projeto determinarem seus participantes, de maneira a obter os melhores resultados, e também definir estratégias de controle para priorizar necessidades e elementos fundamentais para o projeto em elaboração. Tal fundamentalidade evidencia a necessidade de um planejamento a ser seguido, ao longo de um processo de desenvolvimento de um sistema computacional, em razão das inúmeras etapas e decisões que devem ser realizadas ao longo de um projeto em que se prioriza a qualidade.

No caso de um SBDE, foco deste trabalho, a necessidade de um planejamento mostra-se mais ampla que em um desenvolvimento de uma aplicação computacional não espacial, em virtude do controle a ser realizado para assegurar a qualidade dos dados espaciais.

Esse controle tem como objetivo propiciar o correto desenvolvimento e manuseio das estruturas de um SBDE, por meio dos diferentes fatores humanos. No entanto, todos esses cuidados com relação à estruturação dos dados espaciais não terão valor, se todos os usuários, dentre eles os *Newgeographies*, não conceberem a ideia de que devem priorizar o uso de aplicações e dados espaciais de qualidade.

O modelo proposto a seguir, assim como já definido neste texto, tem o objetivo de expor as diretrizes referentes aos desenvolvimentos dos elementos de um SBDE de qualidade, expondo todos os trabalhos, os cuidados necessários e o grupo de pessoas envolvido nesse processo.

Para a elaboração deste modelo foram considerados diversos elementos, que podem auxiliar no desenvolvimento de um SBDE com qualidade, de modelos e técnicas já em utilização para diferentes abordagens de desenvolvimentos computacionais, como o modelo Cascata ou o modelo Incremental. As escolhas referentes a estruturação do modelo, foram feitas segundo o julgamento de necessidade, realizado pelo autor, para possibilitar um maior controle de qualidade no desenvolvimento de um SBDE.

4.2 MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE UM SBDE

Os SBDE, de um modo geral, podem ser compreendidos como a união de sistemas de manipulação de dados espaciais e de armazenamento que, ao interagirem, geram informações aos diversos questionamentos realizados por seus usuários. Desse modo, para um funcionamento eficiente de um SBDE devem ser seguidas regras de compatibilização para suas funcionalidades e para suas estruturas de dados, desde o início de seus desenvolvimentos até as etapas finais de uso das aplicações computacionais.

As utilizações dessas regras têm como propósito evitar incompatibilizações dos dados e assim impedir problemas de funcionamento das aplicações dos SBDE. No entanto, muitas vezes esses problemas persistem e podem acabar comprometendo toda a qualidade planejada para o sistema de manuseio dos dados espaciais.

Os problemas de incompatibilização dos dados acabam se desenvolvendo em razão, normalmente, do descaso ou do desconhecimento das regras e das estruturas de qualidade no decorrer do desenvolvimento ou das adaptações dessas aplicações computacionais. A falta do uso dessas regras, que objetivam, dentre outros fatores, facilitar o reuso e o intercâmbio dos dados, acaba por forçar a necessidade do retrabalho que, nos usos atuais desses sistemas, corresponde a mais da metade do período gasto com o uso dos dados espaciais.

Dessa maneira, o modelo proposto neste trabalho deve priorizar o uso de regras e técnicas que favoreçam o reuso e o intercâmbio de dados, sem a necessidade de efetuar processos de retrabalho dos dados espaciais. Os cuidados referentes a estruturação com qualidade das funcionalidades e dos dados espaciais também devem ser foco desse modelo que, conforme já apresentado, buscará expor todos os níveis de cuidado necessários a um desenvolvimento de qualidade para aplicações de SBDE.

4.2.1 MODELO DE DESENVOLVIMENTO GENÉRICO

O modelo proposto nesta seção possui características sequenciais e elementos de desenvolvimento fundamentados em iterações procedimentais, de maneira similar ao modelo Cascata e ao modelo Incremental. A diferença proposta pelo Modelo de Desenvolvimento Genérico está no relacionamento bidirecional entre suas etapas, conforme indicado no esquema da Figura 7.

Como se pode notar, no esquema apresentado, o modelo bidirecional sugerido permite avançar e retroceder entre as distintas etapas, o que promove maior fluidez no desenvolvimento do projeto e, com isso, uma menor dependência em relação à compreensão total das necessidades do sistema a ser desenvolvido, uma vez que, a cada nova necessidade, será possível retroceder às etapas iniciais do ciclo do projeto. Contudo, conforme apresentado nos modelos anteriores, será necessário um nível mínimo de conhecimento sobre as necessidades do sistema, a fim de se evitar muitos retrocessos em um mesmo ciclo e, assim, atrasar todo o desenvolvimento do sistema.

Caberá aos Líderes dos Projetos realizarem a escolha dos retrocessos necessários e lidarem com a novas necessidades ou optar por trata-las em um novo ciclo de desenvolvimento. Essas escolhas, embora executadas pelos Líderes de Projeto, são realizadas em conjunto com todos os componentes humanos do projeto, uma vez que tal escolha influenciará todos os envolvidos e também todas as etapas futuras.

Figura 7 - Modelo de Desenvolvimento Genérico.

Vale a pena ressaltar que esse aspecto cíclico tem a vantagem de manter o projeto em constante desenvolvimento, o que garante que a base de dados e suas funcionalidades sejam atuais de acordo com as necessidades dos usuários, o que aumenta o tempo de vida da aplicação.

Na sequência, serão apresentados os detalhes fundamentais de cada etapa desse modelo, tendo em vista o desenvolvimento de um SBDE, de acordo com o esquema ilustrado na Figura 7.

- **Etapa 1 – Planejamento**

A etapa de planejamento pode ser definida como a fase do projeto de um SBDE em que se deve determinar todas as ferramentas e os elementos do ambiente, no qual são realizados os desenvolvimentos e também a utilização da aplicação em desenvolvimento. O objetivo dessa etapa, como o próprio nome a designa, é o planejamento de todos os elementos que devem ser utilizados ao longo do ciclo de vida da aplicação, de maneira a garantir um ambiente controlado para todo o ciclo de elaboração e de utilização do SBDE.

Em razão dos objetivos iniciais do projeto, conhecidos superficialmente, todos os grupos de participantes devem ser consultados para contribuírem com as escolhas das características que devem controlar o desenvolvimento do projeto. Essas escolhas, em razão de sua importância, são responsáveis por reger todas as etapas futuras desse modelo, que devem ser realizadas com muito cuidado e sempre de modo a priorizar a eficiência do projeto do SBDE.

De forma genérica, neste modelo de desenvolvimento, essas escolhas são organizadas em três grupos:

A. Elementos de Estruturas Computacionais

Esses elementos são os responsáveis pelo ambiente computacional, seu funcionamento e eficiência. Neste conjunto de elementos, são definidos todos os sistemas e configurações referentes à fluidez do ambiente eletrônico, tal como a escolha do sistema operacional padrão, os protocolos de comunicação, os protocolos de segurança, os meios de acesso aos dados e repositórios, dentre outros elementos do ambiente do projeto.

O objetivo deste grupo é padronizar todo o ambiente eletrônico do projeto de maneira a evitar problemas referentes a incompatibilizações em relação a diferentes versões de protocolos ou ambientes desiguais.

B. Elementos de Padrões de Criação

Esses elementos são encarregados de regular todas as condições referentes ao desenvolvimento das estruturas dos sistemas de um projeto de SBDE. A partir das

necessidades iniciais, são definidas quais as normas e padrões a serem utilizadas ao longo do projeto, tais como as normas de qualidade de dados espaciais da ISO ou padrões nacionais de dados espaciais, por exemplo. Assim como também são definidas as diferentes linguagens computacionais, em razão das necessidades e dos conhecimentos técnicos dos desenvolvedores, para realizarem o projeto.

O conjunto Elementos Padrões de Criação desempenha papel fundamental em todo o processo de desenvolvimento e também na utilização do SBDE, uma vez que, por meio de suas escolhas, são assegurados ou não a eficiência das estruturas e também o poder de reuso e/ou intercâmbio dos dados da aplicação.

Neste ponto do planejamento, os Administradores do Projeto desempenham maior influência, uma vez que, em virtude de seus conhecimentos ou de consultas realizadas com técnicos especializados, suas escolhas são responsáveis por reger todo o desenvolvimento estrutural dos dados e das funcionalidades do SBDE nas próximas etapas do ciclo.

C. Elementos de Sistemas de Apoio

Este conjunto de elementos é responsável por definir todas as demais ferramentas computacionais utilizadas para auxiliar no desenvolvimento do SBDE, tais como sistemas de edição de imagens, *softwares* de obtenção de dados, sistema de edição e manipulação de texto, dentre outros que possam servir de apoio em um desenvolvimento do SBDE.

Em um primeiro momento, esse controle realizado pelo conjunto de Elementos de Sistemas de Apoio pode aparentar ser dispensável. No entanto, em um sistema em que se objetiva a qualidade, como um SBDE, todos os cuidados com a padronização são necessários. Por exemplo, mesmo que diferentes softwares de apoio executem uma mesma função, em seu interior suas estruturas e funcionalidades podem diferir quanto ao funcionamento e causar pequenas incompatibilidades que, com o passar do tempo, podem afetar toda a qualidade do sistema principal.

Desse modo, a etapa de planejamento, com base nos três conjuntos de elementos, deve sempre ser realizada no início de cada novo ciclo, com o objetivo de eliminar as divergências estruturais e também as incompatibilidades quanto às regras dos projetos para facilitar o desenrolar das próximas etapas do ciclo de desenvolvimento.

Em razão de todo o controle exercido nessa etapa, os elementos nela determinados têm potencial para serem reutilizados em projetos similares com objetivos semelhantes, porém, sempre efetuando as adaptações e verificações necessárias. Essa prática de reuso de ambientes de desenvolvimento, somada ao uso de regras estruturais similares, pode auxiliar na consolidação de estruturas de dados e também propiciar o uso de técnicas de reuso e o intercâmbio por causa da similaridade estrutural.

Por fim, ao término desta etapa, recomenda-se o desenvolvimento de um documento detalhado com todas as escolhas realizadas. A elaboração desse documento visa auxiliar a divulgação de tais escolhas, com o objetivo de permitir que modificações possam ser efetuadas nas mesmas condições em que o desenvolvimento do sistema foi realizado, o que evitaria problemas de incompatibilizações da ordem do sistema e também facilitaria na consolidação dessas escolhas como base para outros sistemas a serem desenvolvidos no futuro.

- **Etapa 2 – Análise**

Após a etapa de Planejamento, tem-se início a etapa de Análise. Nesta segunda etapa do modelo proposto, são definidas, de maneira mais completa, todas as funcionalidades, as necessidades e as limitações envolvidas no projeto, por meio de reuniões de levantamento de requisitos.

De maneira simplificada, pode-se dizer que, nesta etapa, são definidos e compreendidos os elementos relacionados ao projeto, de modo similar, por todos os grupos de fatores humanos envolvidos no processo de desenvolvimento. Essa compreensão dos elementos ocorre por meio de reuniões, com a participação de representantes de todos os grupos envolvidos, que objetivam o entendimento do domínio de aplicação, as necessidades e as limitações da aplicação a ser elaborada.

As participações de todos os grupos de fatores humanos, nessas reuniões de levantamento de requisitos, são fundamentais para uma compreensão por completo do ambiente a ser elaborado, uma vez que os distintos grupos apresentam diferentes abstrações do problema a ser implementado. Dessa maneira, tais reuniões têm o potencial de eliminar conflitos de conceitos, da ordem estrutural ou funcional do sistema, e também apresenta formas para priorizar atividades que agilizem e auxiliem o controle das etapas futuras.

A partir dessas reuniões, em razão dos requisitos obtidos, são verificadas e validadas as regras estruturais selecionadas na etapa anterior e, caso necessário, retorna-se à etapa anterior para redefinições das regras do projeto, e na sequência são elaborados os modelos conceituais e

modelos lógicos, já discutidos neste trabalho, que agem como contratos e referência para as funcionalidades e para as estruturas do sistema a ser elaborado. Esses modelos, em razão de seus enfoques de uso espacial, devem ser estruturados, utilizando uma linguagem gráfica como a *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G), que foi desenvolvida para possibilitar uma compreensão, de modo simplificado, de todos os grupos envolvidos em um trabalho referente a dados espaciais.

Os modelos produzidos segundo a linguagem OMT-G, além de auxiliarem no desenvolvimento do projeto, também desempenham forte importância nas fases de manutenção e de modificação das estruturas do sistema elaborado. Por apresentar as escolhas e características do sistema de uma maneira de fácil entendimento, devido ao uso da linguagem gráfica, os modelos produzidos podem auxiliar usuários finais a compreenderem as estruturas e, desse modo, realizarem modificações que mantenham a compatibilidade e a qualidade esperada para o sistema de dados.

Por fim, mesmo o modelo proposto apresentando caráter bidirecional, recomenda-se investir tempo e dedicação nas fases de levantamento de requisitos, com o propósito de evitar interrupções e retrocessos em etapas futuras, em razão das modificações necessárias para nova compreensão do sistema. Uma etapa de análise bem elaborada pode demandar tempo do projeto de desenvolvimento, porém, a sua correta elaboração apresenta potencial de agilizar e garantir a fluidez das etapas futuras do processo. Para maior compreensão dos elementos da linguagem OMT-G e também visualização de exemplos de sua utilização, recomenda-se a leitura do Apêndice A, apresentado ao final deste trabalho.

- **Etapa 3 – Projeto**

Após a compreensão dos elementos e da produção dos modelos conceituais e lógicos do sistema em desenvolvimento, realizada nas etapas anteriores, torna-se necessário efetuar a determinação, a elaboração e a preparação das regras, das técnicas e do pessoal, referentes à estruturação e ao desenvolvimento dos elementos e das funcionalidades do sistema.

Essa etapa ocorre em virtude das definições das etapas anteriores, com as regras e técnicas estabelecidas na etapa de planejamento e com os requisitos do sistema acertados na etapa de Análise. Contudo, a participação nesta etapa restringe-se apenas aos administradores e desenvolvedores do projeto, uma vez que devem ser realizadas escolhas técnicas que devem desempenhar o papel de auxiliar a etapa futura de implementação computacional.

De maneira sumarizada, esta etapa pode ser compreendida similarmente a etapa de planejamento, referente aos Elementos de Padrões de Criação, com os administradores e desenvolvedores determinando quais regras e técnicas devem ser aplicadas ou adaptadas para melhor atender as necessidades dos requisitos. Ocorre também nesta etapa uma preparação do ambiente para as fases de implementação computacional. Dessa maneira, podem ocorrer modificações e adaptações nas regras do projeto com o objetivo de propiciar maior eficiência nas fases futuras.

As alterações e adaptações nas regras e técnicas devem ser notificadas nos documentos de controle, produzidos na etapa de planejamento, a fim de manter o ambiente controlado. Ainda sobre as escolhas dessa etapa, os envolvidos devem buscar formas de incorporar nos planejamentos estruturais do projeto maneiras de propiciar o reuso e o intercâmbio dos dados, além de se esforçarem em elaborar meios para evitar a incompatibilidade dos dados, como, por exemplo, sistemas de verificações estruturais para a base de dados, de modo a proteger a aplicação e seus elementos, quando em uso.

Todos os planejamentos quanto ao uso das regras, como as da ISO, da OGC ou dos padrões nacionais, devem ser realizados nesta etapa em razão das necessidades e dos interesses dos usuários finais, definidos na etapa de Análise. Por exemplo, o planejamento e o treinamento realizados nesta etapa devem propiciar o uso de técnicas VGI ou a compatibilização das estruturas de dados com outros sistemas já em funcionamento, e, assim, facilitar aos desenvolvedores do projeto realizarem seus trabalhos nas fases de implementação da aplicação.

- **Etapa 4 – Idealização**

A partir dos planejamentos, efetuados na etapa de Projeto, e dos requisitos, definidos por todos os grupos de usuários na etapa de Análise, os administradores e desenvolvedores podem elaborar os modelos físicos dos diferentes elementos do projeto. Esses modelos seguem a mesma ideia daqueles anteriores, de gerar conhecimento e controle das etapas futuras e são diferentes apenas por serem elaborados com características das linguagens e técnicas computacionais que foram escolhidas para implementarem os componentes.

De modo geral, esta etapa representa a elaboração dos modelos de pré-implementação dos elementos do projeto, em razão das escolhas efetuadas por todos os grupos de fatores humanos nas etapas anteriores. Os referidos modelos físicos devem ser validados em reuniões, novamente, com todos os grupos de envolvidos para assegurar a consistência do que deve ser

implementado, de acordo com as necessidades esperadas para o projeto. Durante esta etapa, também são idealizadas as organizações dos metadados informativos das estruturas e das bases de dados espaciais do sistema em razão das normas estruturais selecionadas anteriormente.

O objetivo desta etapa consiste em produzir e definir as estruturas que devem ser traduzidas para linguagens computacionais, na etapa de Implementação, e também produzir modelos, específicos para a programação e para as estruturações das bases de dados. Esses modelos devem ser divulgados em formato de documentos e/ou manuais, para possibilitar e facilitar a compreensão das etapas e das estruturas utilizadas no processo de implementação e, assim, permitir o auxílio em processos futuros de atualização ou criação de novas estruturas para o sistema, por usuários de fora do projeto de desenvolvimento do SBDE.

Vale salientar que esta etapa, no modelo proposto, pode ser compreendida como continuação direta da etapa de Projeto, apenas separada pelo autor, para melhor explicar o modelo. No entanto, as duas etapas de Projeto e de Idealização podem ser compreendidas e realizadas como uma única, em razão dos seus enfoques de estruturar as regras de criação e de produzir modelos físicos e relatórios de metadados, responsáveis por auxiliar as fases de implementação e por também facilitar as etapas de alteração ou modificações futuras da utilização do sistema.

- **Etapa 5– Implementação**

Nesta fase, ocorre a tradução dos modelos, elaborados anteriormente, para as linguagens computacionais determinadas nas etapas de planejamento. No princípio desta fase, de maior participação dos desenvolvedores, devem ser determinadas as partilhas do trabalho, em razão das escolhas efetuadas na etapa de Projeto, para possibilitar a execução de uma implementação no formato de blocos funcionais.

Para se obter sucesso no decorrer desta etapa, os administradores do projeto devem exercer um papel fundamental de ligação entre os diferentes grupos de desenvolvedores. Esse trabalho, por parte dos administradores do projeto, objetiva manter todos os grupos operacionais em sincronia, de maneira a possibilitar realizações de testes preliminares dos conjuntos de sistemas e também efetuarem controle quanto ao cronograma do projeto, para melhor organizar e estruturar a etapa atual.

No decorrer da fase de implementação, além da codificação do sistema principal, também devem ser efetuados os desenvolvimentos das aplicações auxiliares, cujo objetivo de uso consiste em assistir e simplificar o manuseio do sistema principal, por parte do usuário final.

Essas aplicações auxiliares podem ser exemplificadas como sistemas de produção de relatórios metadados, sistemas de adaptações e verificações de estruturas de dados, dentre outros programas, cujo funcionamento possa também abranger e facilitar a compatibilização do sistema principal com outras ferramentas já existentes.

Por fim, assim como já comentado, a etapa de Implementação responsabiliza-se por efetuar os processos de verificações e validações dos produtos desenvolvidos, em razão das documentações elaboradas nas etapas anteriores, como os modelos físicos ou relatórios de metadados, por exemplo. A determinação do método e da quantidade de avaliações, a ser efetuada durante esta etapa, deve ser de responsabilidade dos administradores que, em razão do conhecimento do projeto e das ligações com os grupos de desenvolvedores, devem elaborar meios para organizar e definir modelos de testes eficientes.

Esses testes podem ser elaborados com a participação ou não de grupos controlados de usuários finais, cujo objetivo seja validar as estruturas e também avaliar a usabilidade do sistema em desenvolvimento. Por meio de reuniões, entre os grupos de trabalho e os administradores do projeto, os resultados dos testes são discutidos de maneira a resolver os pontos identificados.

Caso seja necessário, em virtude dos resultados dos testes, os desenvolvedores e administradores do processo devem discutir a necessidade do retorno às etapas de planejamento anteriores para solucionar os pontos identificados ou optar por prosseguir com o projeto e esperar um novo ciclo de desenvolvimento para sanar o que foi identificado.

- **Etapa 6– Manutenção**

A etapa final deste ciclo corresponde à entrega do sistema desenvolvido, em virtude das escolhas e dos processos das etapas anteriores, para a utilização dos usuários finais. Esse processo de entrega da aplicação também marca o início da fase de manutenção e de atualizações, conforme as necessidades reportadas pelos usuários do sistema.

Em decorrência das modificações necessárias ao sistema implementado, os administradores do projeto devem efetuar planejamentos de maneira a programar melhor os processos a serem realizados. Os desenvolvedores do projeto, ao longo desse planejamento, devem ser consultados com o objetivo de auxiliar nas escolhas das técnicas e padrões que devam ser utilizados nesses processos de modificações.

Um processo de avaliação, de todas as etapas ocorridas no modelo, deve ser elaborado de maneira a possibilitar que novos ciclos possam ocorrer de modo eficiente e ágil. A partir desse processo de avaliação, os administradores do projeto devem organizar os meios e as ferramentas para se iniciar um novo ciclo de etapas, com o qual devem ser alcançadas novas funcionalidades e também novas documentações de controle funcional e estrutural do SBDE desenvolvido.

Com o término da apresentação das etapas do modelo genérico, fica possível observar os níveis de cuidado envolvidos em um processo de desenvolvimento de SBDE. O caráter genérico desse modelo permite a sua utilização como referência para a elaboração de qualquer SBDE, com necessidade de poucas alterações, tais como SIG, sistemas de *Web Mapping*, dentre outros.

Outro fator positivo da especificidade genérica desse modelo fica a cargo da praticidade de sua utilização para a criação ou modificação de sistemas pertencentes aos SBDE, como os sistemas de manipulação de dados e os sistemas de armazenamento de dados espaciais.

A partir de poucas alterações do modelo, tal como a permuta das fases de consultas aos grupos de usuários finais pela utilização dos modelos e relatórios estruturais do sistema, fica possível adaptar a funcionalidade dessa referência para ser utilizada em processos de modificações e/ou criações de estruturas de dados espaciais.

Esse processo de adaptação do modelo evidencia também a necessidade e a importância do desenvolvimento dos relatórios de metadados estruturais e dos modelos de referência, com qualidade e relacionados às escolhas da elaboração do SBDE, uma vez que, por meio de sua utilização, a compatibilização de estruturas elaboradas sob as mesmas regras de controle pode ser auxiliada e similarmente favorecida, o que apresenta potencial para contribuir com o reuso e o intercâmbio dos dados espaciais de diferentes SBDE.

O modelo apresentado também pretendeu enfatizar as necessidades e os cuidados referentes às etapas de planejamento de um SBDE, em razão das escolhas e do nível de influência que elas irão desempenhar durante a elaboração e o tempo de vida da aplicação em desenvolvimento. Essas escolhas devem ser muito bem avaliadas, devido às necessidades do projeto e aos benefícios esperados com sua utilização.

Desse modo, as reuniões e as discussões efetuadas, referentes às apresentações e escolhas das técnicas a serem utilizadas, com todos os grupos envolvidos no projeto, são essenciais para a compreensão das necessidades do sistema, tanto para regular as funcionalidades quanto para definir as estruturas de armazenamentos dos dados espaciais.

Ao longo dessas reuniões, por meio dos administradores do projeto, devem ser priorizadas a utilização de regras estruturais de contexto internacional ou nacional, amplamente estudadas e atualizadas para possibilitarem maior eficiência e também interação entre os sistemas regidos e desenvolvidos sob essas regras. No entanto, em território brasileiro, por exemplo, em razão da falta de regras nacionais abrangentes, para o controle de dados espaciais, devem ser realizadas adaptações, de acordo com as normas e os padrões utilizados no desenvolvimento de componentes ou de um SBDE, de maneira a possibilitar que as necessidades dos usuários sejam atendidas.

Essas modificações nas regras, apesar de necessárias para a eficiência e a longevidade das mesmas, nesse cenário apresentado de falta de abrangência, podem ocasionar desenvolvimentos em que a compatibilização das estruturas demandará custosos processos de retrabalho de dados, que constitui um enfoque contrário ao buscado por esse modelo.

Outro fator negativo, fora do controle do modelo apresentado, são os usuários que apenas buscam a solução para os seus problemas e questionamentos espaciais. Embora o modelo, por meio das fases de planejamento, procure elaborar formas para tratar esses usuários, um controle eficiente demandaria elaborar regras abrangentes e também, em especial, realizar imposições a seus usos por meio de leis nacionais ou outros meios. No entanto, além da falta de normas e padrões estruturais de dados espaciais em geral, esse usuário também envolve questões culturais que demandarão maiores esforços do que a simples utilização de um modelo de desenvolvimento para resolverem tais problemas. Essa questão, entretanto, não é o foco deste trabalho.

4.2.2 CENÁRIOS DE USO DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO GENÉRICO

Na sequência serão apresentados alguns cenários de utilização do modelo proposto para a elaboração de um SBDE ou de seus sistemas componentes. As quatro situações tratadas abordam, de maneira geral, os diversos processos efetuados para a criação e as alterações dos componentes de um SBDE, por meio da utilização do modelo proposto com modificações conforme a necessidade do processo.

Vale ressaltar que, para o controle dos cenários apresentados, não devem ocorrer distinções quanto ao tamanho do grupo envolvido nos processos. A utilização do modelo proposto, tanto para grupos como para um único envolvido, deve seguir a lista de responsabilidades apresentada na seção sobre fatores humanos, deste capítulo.

A diferença entre os tamanhos dos grupos, apenas irá influenciar na quantidade de responsabilidades que um mesmo indivíduo deve executar e, com isso, no nível de complexidade do projeto. Em geral, o desenvolvimento de um SBDE completo exige grandes grupos. Já trabalhos que envolvam modificações de bases de dados espaciais existentes podem demandar grupos menores. Contudo, os cuidados com os processos, independentemente da complexidade, devem ser semelhantes, uma vez que a qualidade esperada é sempre a mesma, não importando seu tamanho.

- **Cenário 1: Elaboração de um SBDE completo**

Neste cenário deve-se seguir o modelo proposto por completo. Mesmo assim, em função das necessidades do projeto e também para expandir o método proposto, são permitidas e até incentivadas a realização de alterações nas estruturas das etapas. Ressalta-se, contudo, que alguns elementos previstos nas etapas do modelo devem ser respeitados e mantidos em qualquer projeto de desenvolvimento de um novo SBDE.

A elaboração ou utilização de um ambiente para o desenvolvimento, prevista na etapa de Planejamento, deve sempre ocorrer e respeitar as necessidades e limitações do projeto. A representação desses planejamentos, em formato de documentação e manuais, é indispensável para o auxílio futuro das atividades a serem realizadas pelo grupo envolvido ou novos agentes.

As etapas referentes a produção dos modelos e dos relatórios estruturais devem ser realizadas, conforme exposto no modelo, em razão das suas importâncias para a compreensão do projeto em realização, assim como as fases futuras de adaptações a ser realizadas no decorrer do ciclo de vida do SBDE.

As adaptações permitidas, neste cenário, envolvem as maneiras como devem ser abordadas as reuniões de levantamentos de requisitos, as ações de seus participantes, os métodos utilizados na etapa de Análise, o modo de trabalho na etapa de Implementação e as abordagens dos processos de correção e manutenção dos elementos do SBDE.

As adaptações permitidas são associadas aos procedimentos de execução das etapas de planejamentos, que foram efetuadas seguindo os cuidados previsto pelo modelo. As modificações quanto a essas etapas de planejamento só devem ocorrer por meio de análises e com o objetivo de aumentarem os níveis de cuidado do processo, nunca de maneira a diminuir os cuidados das etapas de planejamento.

- **Cenário 2: Elaboração de um Sistema de Manipulação para uma base de dados já existente**

A primeira atividade a ser efetuada, neste cenário, deve ser o estudo dos relatórios de metadados e dos modelos estruturais já existentes para a base de dados que se pretende utilizar. O objetivo, neste caso, é identificar os elementos que podem influenciar na elaboração das etapas a serem desenvolvidas no modelo. A partir do conhecimento das limitações e das estruturas da base de dados será possível elaborar ou adaptar um ambiente de desenvolvimento, para este cenário, e assim dar continuidade ao uso do modelo proposto com algumas modificações.

As modificações devem priorizar os cuidados com a elaboração das funcionalidades, uma vez que a estrutura da base de dados já se encontra desenvolvida. Neste cenário de desenvolvimento, o Líder do Projeto deve exercer controle, nas reuniões de levantamento de requisitos, de maneira a evitar as definições ou funcionalidades que não estejam de acordo com as estruturas ou limitações da base de dados existente.

O nível de controle necessário reforça a necessidade da análise e compreensão prévia das bases de dados pelos envolvidos no processo, assim como a necessidade de documentações eficientes e completas dos sistemas disponíveis.

- **Cenários 3: Elaboração de um sistema de armazenamento que funcione em um sistema de manipulação específico**

Neste cenário, os responsáveis devem inicialmente analisar todas as estruturas funcionais, os modelos e os relatórios produzidos para o sistema, de maneira a compreenderem o que deve ser elaborado como modelo de armazenamento compatível com o sistema existente.

Após a compreensão inicial dos elementos do sistema de manipulação, pode-se dar prosseguimento a fase de preparação do ambiente de desenvolvimento, que deve preocupar-se com as limitações do projeto e também avaliar as necessidades de seus usuários.

Na sequência, as reuniões de levantamento de requisitos, em razão das avaliações, devem ser direcionadas pelo Líder do Projeto, de maneira a atenderem as necessidades do novo projeto, respeitando, prioritariamente, as limitações do sistema em funcionamento.

A cada nova etapa de modelagem, prevista pelo modelo e seguida neste cenário, devem ser realizados a produção da documentação necessária, com o objetivo de auxiliar o manuseio futuro das bases de dados em desenvolvimento. O manuseio futuro da base de dados produzidas pode ser compreendido como a etapa de Manutenção do modelo proposto, devido à natureza das modificações a serem realizadas.

- **Cenários 4: Elaboração de um sistema de armazenamento que funcione em interação com outras bases de dados existentes**

Este é o cenário mais comum de uso dos SBDE, na atualidade. Ele requer que seus envolvidos compreendam as estruturas e as características das bases de dados já existentes para poderem reproduzi-las e adaptá-las conforme suas necessidades. Deve-se, contudo, ressaltar que é importante que se mantenham os níveis de qualidades de todos os elementos do sistema, de maneira similar ao cenário anterior.

Em razão das atividades apresentadas nos quatro cenários, deve-se observar a necessidade da existência de modelos e de relatórios estruturais de metadados para cada componente de um SBDE. A análise desses documentos tem papel fundamental no planejamento e na compreensão das limitações de seus elementos, os quais serão utilizados como base para o desenvolvimento de diferentes projetos.

Essa percepção reforça a importância de escolher e priorizar a utilização de elementos desenvolvidos com qualidade para que a utilização de estruturas eficientes e a produção de documentação auxilie no processo de intercâmbio e reuso dessas estruturas.

4.2.3 RECOMENDAÇÕES PARA A OBTENÇÃO E MANUSEIO DE BASE DE DADOS ESPACIAIS EXISTENTES

O processo de obtenção de uma base de dados espacial pode ser sumarizado como o trabalho em que um ou mais usuários que, necessitam de conjuntos de dados espaciais específicos, realizam para obter dados por meio de pesquisas e consultas aos portais da internet, empresas privadas e a centros de pesquisas e/ou órgãos especializados para atenderem às suas necessidades de informações espaciais. As pesquisas efetuadas pelos usuários têm como objetivo determinar a existência de bases de dados produzidas sobre o assunto desejado, assim como avaliar o seu conteúdo em conformidade com as especificações de qualidade da ISO 19157, já abordado neste texto.

No caso de sucesso da busca, a primeira ação a ser tomada é entrar em contato com a entidade ou com os responsáveis pela base de dados para iniciar os processos de transferência das informações desejadas. Na hipótese de insucesso da busca, deve-se seguir o modelo proposto neste texto para desenvolver um novo sistema de dados, em razão das necessidades do projeto em desenvolvimento.

Atualmente, muitos produtores de bases de dados, como uma forma de auxiliar o uso de dados espaciais digitais, disponibilizam suas bases de maneira livre por meio do acesso aos seus portais pela internet, como o portal de Dados Abertos da Polícia Federal Rodoviária, que possibilita o acesso a dados referentes a informações como números de acidentes e infrações cometidas nas rodovias brasileiras. Vale ressaltar também os esforços dos portais de órgãos governamentais, como o IBGE e da Agência Nacional de Águas, além de outros. No entanto, no cenário atual, pode haver bases de dados restritas, como a de centros de pesquisa privados ou bases de dados governamentais confidenciais. Nestes casos, é necessário realizar um contato mais formal com seus mantenedores, que por vezes pode demandar tempo e custo.

Com a base de dados disponibilizada por seus produtores ou mantenedores e em função do seu conteúdo e de suas estruturas, existem dois caminhos a serem seguidos pelos usuários para o seu uso, conforme descrito a seguir:

A. A base de dados está organizada estruturalmente e com documentação eficiente

Neste caso, o primeiro passo deve ser o estudo detalhado dos relatórios de metadados e dos manuais estruturais, que contêm as informações dos elementos e dos tipos de dados disponíveis. Em seguida o usuário deve preparar um relatório com destaques de dúvidas sobre o conteúdo da base de dados. Caso necessário, deve-se solicitar auxílio dos produtores ou de profissionais da área para a adaptação e manipulação dos dados finais.

Uma vez a estrutura da base compreendida e todas as dúvidas preliminares sanadas, deve-se realizar um projeto com as etapas e as atividades a serem efetuadas para realizar as manipulações e as alterações necessárias e desejadas pelo usuário. A cada processo de alteração de elementos da base, documentos e relatórios estruturais devem ser produzidos para auxiliar os usos futuros desse novo conjunto de dados. É importante ressaltar que, mesmo com o uso de bases estruturadas, ou com qualidade conforme definido neste texto, limitações não planejadas ou problemas de diferentes tipos podem ocorrer e devem ser

relatados a seus mantenedores, como forma de boa prática e de auxílio aos usuários desses dados espaciais digitais futuros.

B. A base de dados é composta apenas de informações geográficas e alfanuméricas sem nenhum documento ou manual estrutural.

Geralmente, os dados de uma base desse tipo são disponibilizados no formato de tabelas, com formatação personalizada e adequada para os fins a que se propõe. Para a aplicação dessa base em projetos diferentes do original, será necessário realizar um processo de transformação e adequação dos elementos e das estruturas, por vezes custoso e extenso. Neste caso, conforme abordado ao longo do texto, esses conjuntos de dados não podem ser definidos como base de dados de qualidade ou estruturada e, em sua maioria, podem demandar extensos processos de retrabalho para torna-los elementos de uma base de dados com qualidade.

Os processos de retrabalho, nesta hipótese, devem se iniciar com a compreensão das tabelas disponibilizadas para determinar a possibilidade do seu reuso. Na sequência, deve-se seguir as diretrizes propostas neste texto para a elaboração de uma base de dados. É importante salientar que neste caso, muitas vezes, os usuários possuem grandes expectativas sobre os dados disponibilizados, em especial os cedidos por órgãos governamentais, principalmente quando a base de dados possui elevado volume de informações. É essencial, contudo, deixar claro que um arquivo com dados tabulados, na maioria dos casos, é apenas uma lista de registros, que mesmo atendendo às necessidades para as quais ela foi originalmente criada, deve ser vista com resguardo em razão das dificuldades envolvidas no seu reuso e adaptações possíveis.

Em ambas as hipóteses fica evidente a importância dos estudos e da compreensão das características e das limitações das bases de dados já existentes para se definir seus usos e as possíveis modificações. A existência dos manuais estruturais e registros de metadados para caracterizarem as bases de dados podem simplificar essas atividades. Porém, como o estudo de manuais não faz parte da cultura de muitos usuários, há sempre o perigo de retrabalhos extenuantes desnecessários. O usuário deve, portanto, priorizar o uso de bases de dados com documentações eficientes e estudar os manuais e as orientações dos produtores antes de utilizar as ferramentas disponibilizadas. Da mesma forma, ele deve estar consciente da necessidade de se criar documentações apropriadas, sempre que houver modificações na base de dados.

4.2.4 CONCLUSÃO DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO GENÉRICO

Em razão do objetivo da elaboração do Modelo de Desenvolvimento Genérico, foram apresentados, de maneira ampla, os esforços, divididos em etapas, conforme apresentado resumidamente na Tabela 6, referentes ao preparo, à execução e à manutenção de aplicações computacionais do modelo SBDE. Tais esforços mostram a necessidade, em razão das atividades apresentadas no modelo, de um empenho conjunto de todos os grupos envolvidos, para se elaborar de maneira eficiente *softwares* do modelo SBDE, com qualidade.

Tabela 6 - Etapas do Modelo de Desenvolvimento Genérico.

Etapas de Desenvolvimento	Função
Planejamento	Determinar todas as ferramentas e os elementos do ambiente do desenvolvimento do projeto.
Análise	Definir as necessidades e as limitações de cada envolvido no projeto.
Projeto	Determinar e elaborar as regras para a estruturação dos elementos e das funcionalidades.
Idealização	Definir os modelos estruturais do SBDE, a partir das regras anteriores.
Implantação	Traduzir, de forma computacional, as estruturas definidas na etapa de Idealização do projeto.
Manutenção	Analisar o funcionamento e as pequenas modificações, que podem necessitar de um novo ciclo de etapas.

Ao longo do planejamento desse modelo, optou-se por efetuar sua estruturação de maneira a facilitar a sua adaptação para qualquer SBDE e seus sistemas componentes. A partir dessa escolha de elaboração, em um primeiro momento, o modelo apresentado pode aparentar simplicidade e até superficialidade, no entanto, os cuidados apresentados por esse modelo são semelhantes aos utilizados por empresas desenvolvedoras de soluções do tipo SBDE e também por Infraestrutura de Dados Espaciais, responsáveis por estruturar as normas e os padrões de dados espaciais de um país ou um continente.

No Brasil, por meio da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, os esforços referentes ao desenvolvimento de normas e padrões para dados espaciais assemelham-se às etapas de planejamento do Modelo de Desenvolvimento Genérico. O documento Padrões de

Interoperabilidade de Governo Eletrônico foi estruturado de modo a apresentar uma regulamentação para os diferentes usos da Tecnologia da Informação, com o propósito de assegurar a interoperabilidade dos serviços e determinar um ambiente controlado para os usuários de sistemas computacionais no governo brasileiro, similarmente aos trabalhos e ao documento proposto na etapa de Planejamento do modelo apresentado.

Outros exemplos de trabalhos realizados pela INDE também podem ser citados como similares aos esforços e cuidados apresentados pelo modelo deste trabalho, dentre eles: o Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil, responsável por estruturar a elaboração de metadados espaciais referentes às normas brasileiras e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), responsável por definir a estruturação dos modelos conceituais sob a regulamentação brasileira (DSG, 2010).

Os esforços da ET-EDGV merecem atenção, pois objetivam especificar e determinar a maneira como deve ser abstraído o mundo real a ser mapeado para a criação dos modelos computacionais. A ET-EDGV busca padronizar os produtos de dados espaciais, de modo a evitar incompatibilizações e propiciar o reuso desses produtos. No entanto, em decorrência da falta de abrangência dessa norma e da falta de obrigatoriedade de seu uso por lei, a ET-EDGV não é conhecido pelos usuários de dados espaciais nacionais.

Contudo, a continuidade dos trabalhos da INDE, sobre as normas da ET-EDGV, é fundamental para se alcançar uma norma nacional abrangente e que auxilie a diminuir os problemas referentes à incompatibilização entre as diferentes estruturas de dados espaciais.

O Modelo de Desenvolvimento Genérico proposto pode ser adaptado com facilidade para elaborar estruturas de dados específicos, como, por exemplo, estruturas de dados para abranger sistemas de transportes ou sistemas de cadastramento urbano, definidas em razão das necessidades obtidas nas reuniões das etapas iniciais de compreensão do problema e/ou ambiente. Tal fato mostra a capacidade do modelo em atender às necessidades de desenvolvimento de um SBDE, assim como outros sistemas complementares e/ou estruturas que possam ser utilizadas como normas e padrões.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

5.1 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de sistemas para o manuseio de bases de dados espaciais, assim como a elaboração de estruturas de armazenamentos desses dados, apresenta-se como tarefas custosas, que demandam excessivo tempo e altas somas, e podem ainda não apresentar o sucesso esperado.

Este estudo teve como objetivo apresentar os esforços das agências reguladoras internacionais, juntamente com o apoio de diversos países, em elaborarem regras e processos relacionados à estruturação, ao desenvolvimento, à consulta e à utilização de bases de dados espaciais para aplicações de SBDE. A referida pesquisa mostrou a utilização desses SBDE nos dias atuais, diante das inúmeras possibilidades de aplicações por usuários com pouco ou nenhum conhecimento cartográfico.

Inicialmente, buscou-se retratar as dificuldades e as preocupações referentes à comunicação entre os agentes e as etapas de produção das estruturas normativas. Essa preocupação relaciona-se às diferentes áreas de atuação dos profissionais envolvidos no projeto e suas distintas abstrações do mundo real, forçando, assim, o estabelecimento de uma definição introdutória do foco de uso da estruturação e, conseqüentemente, dos possíveis usos dos produtos gerados.

Após terem sido apresentadas algumas contribuições de órgãos governamentais, de centros de pesquisa e de indústrias para o desenvolvimento de normas e padrões para dados espaciais, este estudo buscou conceituar os esforços despendidos na elaboração de sistemas de manipulação de dados espaciais. Por meio de técnicas e conceitos, amplamente estudados e desenvolvidos, da Engenharia de *Software*, foi elaborado um modelo de desenvolvimento para SBDE, em que foi possível exibir níveis de cuidado, quanto ao planejamento e à execução das atividades envolvidas no desenvolvimento, além apresentar os diferentes níveis de participações, indispensáveis dos vários grupos envolvidos no projeto.

O modelo, por meio de suas seis etapas com caráter bidirecional, apresentou os esforços, de maneira genérica, referentes ao desenvolvimento e também às necessidades que devem ser atendidas a fim de se elaborar um SBDE ou seus componentes, de modo eficiente. Pôde-se observar que, assim como os demais programas os SBDE também necessitam de um

planejamento de ordem organizacional para seu ambiente, e estrutural para o seu projeto, para se atingir os níveis de qualidade esperados, tanto para o desenvolvimento quanto para a realização de modificações nas estruturas de um SBDE.

O modelo, apresentado neste texto, auxiliou também a compreensão de que os processos de compatibilização de bases de dados espaciais envolvem esforços maiores do que apenas a utilização de normas eficientes, como, por exemplo, a existência dos usuários finais que apenas buscam resoluções para seus questionamentos, sem se importarem com a estrutura dos dados ou com seu uso futuro por outros usuários. Tal situação desempenha um papel de difícil solução, uma vez que faz parte da cultura dos usuários em diversos países.

Uma possível forma de controlar esse problema, proposta no texto e passível de ser testada, seria a elaboração de padrões nacionais amplos, com diferentes focos de utilização, e bases de dados espaciais atuais e completas, sob a estruturação dessas normas nacionais, para forçar os usuários, mesmo que inconscientemente, a utilizar e ajudar a consolidar as regras do país. No Brasil, esses esforços encontram-se em fase inicial, porém, em contínuas pesquisas e avanços que utilizam um desenvolvimento semelhante ao proposto no Modelo de Desenvolvimento Genérico deste texto. No entanto, esse esforço nacional ainda não apresenta uma regra abrangente ou bases de dados espaciais para serem utilizadas ou ajudar a consolidar suas regras, o que evidencia o árduo trabalho envolvido na elaboração de regras eficientes e de qualidade e, assim, também, a SBDE.

Com relação à utilização dos dados geográficos digitais, algumas conclusões já foram apresentadas no capítulo referente ao assunto. Elas podem ser sintetizadas de acordo com a utilização desses produtos cartográficos digitais, que aproximaram usuários comuns do uso de produtos cartográficos, a ponto de elas estarem presentes e se tornarem essenciais no dia a dia.

Contudo, esses produtos, quando em uso específico, devem sempre ser verificados e validados, uma vez que suas bases de dados podem não se apresentar atuais e/ou completas ou, ainda, a aplicação não ter como objetivo as características apropriadas para o uso que está sendo feito dela, como, por exemplo, em muitos casos de utilização da ferramenta *Google Maps* para medições precisas, mesmo não havendo por parte da própria empresa a garantia de nenhum nível de precisão em suas aplicações.

O auxílio apresentado por essas novas ferramentas é inegável, entretanto, estudos têm sido amplamente realizados com o objetivo de avaliar outras possíveis utilizações e também analisar

as potenciais melhorias para essas novas aplicações atenderem a novos requisitos, com o objetivo de facilitar atividades do cotidiano.

Desse modo, no presente trabalho, esforçou-se em apontar as dificuldades relacionadas ao desenvolvimento e à implantação de um SBDE e também os cuidados necessários para a realização desse processo com qualidade e eficiência. É importante salientar que as normas e padrões devem ser constantemente atualizados e modificados para propiciar melhor interação entre os usuários de qualquer nível de conhecimento e suas necessidades. Da mesma forma, o modelo proposto, mesmo genérico, deve sempre ser atualizado conforme a necessidade do usuário que for utiliza-lo.

5.2 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Durante o desenvolvimento deste trabalho, aspectos relacionados aos temas pesquisados surgiram como possíveis assuntos para a continuação e a realização de futuras pesquisas, que objetivariam efetuar uma melhor análise e avaliação das normas já existentes, expandindo-as de modo a atender às necessidades de seus usuários. A seguir serão apresentados alguns desses pontos com uma síntese dos possíveis trabalhos.

Inicialmente, seria possível efetuar a continuidade e ainda o aprofundamento do modelo proposto, de maneira a atender, de forma mais ampla e completa, ao desenvolvimento de SBDE específicos, como SIG ou ITS de localização, enfatizando as reuniões de requisitos de forma mais plena.

Outra pesquisa envolveria o modelo proposto e a avaliação da norma, elaborada pela INDE, com objetivo de determinar seu potencial de uso, assim como estabelecer possíveis modificações para aumentar sua abrangência e manter a qualidade buscada na elaboração da mesma.

Poder-se-ia também fazer um estudo, referente às necessidades dos sistemas de transportes nacionais, para adaptar o padrão GDF, já consolidado mundialmente, com o objetivo de produzir um padrão nacional para sistemas de transportes, que seja amplo e possibilite a comunicação e o intercâmbio com outras tecnologias, o que favoreceria a troca de conhecimento com outros países em relação aos sistemas de ITS de localização.

Outro aspecto a gerar novos estudos seria a utilização de voluntários para cadastramento urbano e consequente manutenção das bases já produzidas. Esse tema vem obtendo muita

representatividade, devido ao grande número de possíveis auxiliadores com suas respectivas aplicações. Em relação à estruturação e produção de SBDE, poderiam ainda ser avaliados quais aspectos devem ser abordados, em um processo de desenvolvimento, para que tais sistemas atendam ao uso de voluntários de maneira eficiente e de qualidade para manter suas bases completas e atuais, sem perder a qualidade das informações.

Devido principalmente à sua ampla aplicabilidade, a normatização e seus usos não convencionais podem gerar diferentes estudos para a realização, de uma maneira pouco custosa, de verificações da qualidade dos dados, provenientes de voluntários ou de bases públicas como a do Google ou do OSM, o que permitirá a determinação de sua utilização em diferentes níveis de projetos. As análises de outros temas relacionados a esse trabalho, além das citadas anteriormente, são possíveis, necessárias e também incentivadas, uma vez que o país está apenas começando a abordar o tema em questão.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATHER, A. A quality analysis of openstreetmap data. **ME Thesis, University College London, London, UK**, v. 22, 2009.

BENNER, J.; KARIMI, H. A. Geo-crowdsourcing. In: **Advanced Location-Based Technologies and Services**. [s.l.] Taylor & Francis, 2013. p. 145–164.

BERNHARDSEN, T. **Geographic information systems: an introduction**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2002.

BINJAMMAZ, T.; AL-BAYATTI, A.; AL-HARGAN, A. GPS integrity monitoring for an intelligent transport system. **Positioning Navigation and Communication (WPNC), 2013 10th Workshop on**, p. 1–6, 2013.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML Guia do Usuário**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

BORGES, K. A. V.; DAVIS JR, C. A.; LAENDER, A. H. F. Modelagem conceitual de dados geográficos. **CASANOVA, MA et al., Banco de dados geográficos. Curitiba, Mundogeo**, p. 93–146, 2005.

BRASIL. **DECRETO Nº 89.817, DE 20 DE JUNHO DE 1984**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>.

BRASIL. **DECRETO Nº 6.666, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2008**. [s.l.] Casa Civil, 2008. . Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm>.

BURGGRAF, D. S. Geography Markup Language. **Data Science Journal**, v. 5, n. 3–1, p. 178–204, 2006. Disponível em: <http://portal.opengis.org/files/?artifact_id=4700>.

CAIXETA, D. M.; SOUSA, F. G. de. **A utilização de ferramentas e técnicas de geoprocessamento na identificação e análise das áreas de maior ocorrência de casos de dengue em Goiânia-GOSimpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 2007. .

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. 1995.

264 1995.

CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. **CASANOVA, MA et al. Banco de dados geográficos. Curitiba: Mundogeo**, p. 11–52, 2005.

CARDOSO, O. R.; DAMBRÓS, M. M. G.; XAVIER, R. A.; DA CRUZ WEISS, C. V.; GAUER, N. P. **A Utilização de SIG no Auxílio da Análise dos Impactos Ambientais Causados pelas Usinas Hidroelétricas Passo São João e São José Localizadas no Rio Ijuí–RSScientia Plena**, 2015. .

CONCAR. **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil**. Brasília: CONCAR, 2011. . Disponível em: <http://www.concar.gov.br/pdf/111@Perfil_MGB_homologado_nov2009_v1.pdf>.

COUGO, P. S. **Modelagem conceitual e projeto de bancos de dados**. [s.l.] Campus, 1997.

DE OLIVEIRA, M. Z.; VERONEZ, M. R.; TURANI, M.; REINHARDT, A. O.; DA SILVA, R. M. Imagens do Google Earth para fins de planejamento ambiental: uma análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS. **Proceedings of the 14th Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto anais, INPE, Campinas, Brazil**, p. 1835–1842, 2009.

DJINDJIAN, F. Webmapping in the historical and archaeological sciences. An introduction. **Archeologia e Calcolatori**, v. 19, p. 9–16, 2008.

DOS SANTOS, L.; JUNIOR, A. A. R. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO EM SÃO CARLOS (SP): IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS DE DESLOCAMENTO ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELIPSE DE DESVIO PADRÃO/Spatial distribution of the traffic accidents in the São Carlos of city: identification of trends. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, 2006.

DSG. **ET-EDGV Versão 2.1.3.** Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_EDGV_Vs_2_1_3.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2016.

DSG. **ET-EDGV Força Terrestre.** Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/EDGV_DEFESA_F_Ter_2a_Edicao_2016_Aprovada_Publicada_BE_7_16.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2016.

ESKANDARIAN, A. **Handbook of intelligent vehicles**. [s.l.] Springer, 2012.

ESRI. **GIS Dictionary**. Disponível em: <<http://support.esri.com/other-resources/gis-dictionary/term/GIS>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

FEDRA, K.; REITSMA, R. F. Decision support and geographical information systems. In: **Geographical information systems for urban and regional planning**. [s.l.] Springer, 1990. p. 177–188.

FICC. **A summary of GIS activities in the federal government**. Disponível em: <<http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015024894696;view=1up;seq=2;size=125>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

FLAUZINO, R. F.; SOUZA-SANTOS, R.; OLIVEIRA, R. M. **Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão** *Revista Panamericana de Salud Pública* SciELO Public Health, , 2009. .

GOMEZ, A.; DIAZ, G.; BOUSSETTA, K. ITS forecast: GIS integration with active sensory system. **2009 Global Information Infrastructure Symposium**, p. 1–6, 2009.

GOODCHILD, M. F. **Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0**. *IJSDIR* 2: 24–32, 2007a. .

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

GOODCHILD, M. F. Geographic Information Systems. In: BAINBRIDGE, W. S. (Ed.). **Leadership in science and technology: a reference handbook**. Volume 2 ed. [s.l.] SAGE Publications, 2012. p. 738–745.

GOOGLE. **Maps SDK for iOS**. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/ios-sdk/utility/quadtrees>>. Acesso em: 16 dez. 2016a.

GOOGLE. **Earth Help**. Disponível em: <<https://support.google.com/earth/answer/187961?hl=en>>. Acesso em: 16 dez. 2016b.

GOOGLE. **Termos de Serviço adicionais do Google Maps/Google Earth**. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR_br/help/terms_maps.html>. Acesso em: 16 dez. 2016c.

GOOGLE. **Google Launches Free 3D Mapping and Search Product**. Disponível em:

<https://googlepress.blogspot.com.br/2005/06/google-launches-free-3d-mapping-and_28.html>. Acesso em: 16 dez. 2016d.

GOOGLE. **Programa de parceiros para coleta de dados para mapas**. Disponível em: <<https://maps.google.com/help/maps/mapcontent/basemap/>>. Acesso em: 16 dez. 2016e.

HAKLAY, M. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. **Environment and planning B: Planning and design**, v. 37, n. 4, p. 682–703, 2010.

HAKLAY, M.; BASIOUKA, S.; ANTONIOU, V.; ATHER, A. How many volunteers does it take to map an area well? The validity of Linus' law to volunteered geographic information. **The Cartographic Journal**, v. 47, n. 4, p. 315–322, 2010.

HAKLAY, M.; SINGLETON, A.; PARKER, C. Web mapping 2.0: The neogeography of the GeoWeb. **Geography Compass**, v. 2, n. 6, p. 2011–2039, 2008a.

HAKLAY, M.; SINGLETON, A.; PARKER, C. Web Mapping 2 . 0 : The Neogeography of the GeoWeb. **Geography Compass**, v. 2, n. 6, p. 2011–2039, 2008b.

HAN, C.; BENNETT, P.; GREEN, D.; BALLINGALL, S. Emerging digital mapping requirements for Cooperative ITS. **ARRB Conference, 26th, 2014, Sydney, New South Wales, Australia**, n. 2.3, 2014.

ISO. **Friendship Among Equals: Recollections from ISO's First Fifty Years**. Geneva: ISO Central Secretariat, 1997.

ISO. **My ISO Job - Guidance for delegates and experts**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/myisjob_2005-en.pdf>.

ISO. **My ISO job - What delegates and experts need to know**. Geneva: ISO, 2016a. . Disponível em: <http://www.iso.org/iso/my_iso_job.pdf>.

ISO. **Standards catalogue**. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc.htm>. Acesso em: 16 dez. 2016b.

ISO/TC 204. **DRAFT BUSINESS PLAN**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO_TC_204__Transport_information_and_control_systems_.pdf?nodeid=1166991&vernum=0>.

ISO/TC 204. **ISO 14813-1: Sistemas Inteligentes de Transporte - Arquitetura(s) de Modelo de Referência para o Setor de ITS.** [s.l.] International Organization for Standardization, 2011a. .

ISO/TC 204. **ISO 14825: Intelligent transport systems - Geographic Data Files (GDF) - GDF5.0.** [s.l.] International Organization for Standardization, 2011b. .

ISO/TC 204. **Intelligent transport systems,** 2016. . Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=54706>. Acesso em: 16 dez. 2016.

ISO/TC 211. **ISO 19115: Geographic Information - Metadata - Part 1: Fundamentals.** [s.l.] International Organization for Standardization, 2005. .

ISO/TC 211. **STANDARDS GUIDE.** Disponível em: <http://www.isotc211.org/Outreach/ISO_TC_211_Standards_Guide.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2016.

ISO/TC 211. **ISO 19157: Geographic information/Geomatics.** [s.l.] International Organization for Standardization, 2013. .

ISO/TC 211. **Geographic information/Geomatics.** Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=54904>. Acesso em: 16 dez. 2016.

JACOBSON, A.; DHANOTA, J.; GODFREY, J.; JACOBSON, H.; ROSSMAN, Z.; STANISH, A.; WALKER, H.; RIGGIO, J. A novel approach to mapping land conversion using Google Earth with an application to East Africa. **Environmental Modelling & Software**, v. 72, p. 1–9, 2015.

KOUKOLETOS, T.; HAKLAY, M.; ELLUL, C. An automated method to assess data completeness and positional accuracy of OpenStreetMap. In: 11th international conference on geocomputation, London, UK, **Anais...**2011.

KRESSE, W. Standardization of Geographic Information. **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXth ISPRS Congress**, p. 249–253, 2004.

KRESSE, W.; FADAIE, K. **ISO standards for geographic information.** [s.l.] Springer

Science & Business Media, 2004.

LARMAN, C. **Utilizando UML e padrões: uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos**. [s.l.] Bookman, 2000.

LIMA, V.; MAGALHÃES, F.; TITO, A. O.; SANTOS, R.; RISTAR, A.; SANTOS, L.; VIEIRA, V.; SALGADO, A. C. UbibusRoute: Um Sistema de Identificação e Sugestão de Rotas de Ônibus Baseado em Informações de Redes Sociais. **Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, São Paulo**, p. 516–527, 2012.

LOPES, E. E. Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas. 2009.

MARTE, C. L. **Sistemas computacionais distribuídos aplicados em automação dos transportes**. 2000. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2000.

MARTE, C. L.; YOSHIOKA, L. R.; MEDEIROS, J. E. L.; PERON, L.; DOS SANTOS, A. S.; MARQUEZ, J. M. Sistemas Inteligentes de Transporte Aplicados em Corredores BRT: Casos Brasileiros. **XXVIII-ANPET, Curitiba, Brasil**, 2013.

MICROSOFT. **Bing Maps Tile System**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb259689.aspx>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. [s.l.] Embrapa Informação Tecnológica; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2005.

MORAES, I. S.; FERREIRA, H. de S.; OLIVEIRA, S. de F. da C. **A UTILIZAÇÃO DO SIG COMO FERRAMENTA PARA INDICAÇÃO DE ÁREAS POSSÍVEIS A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM-PABélemIII** Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, , 2010. .

NASIR, M. K.; MD NOOR, R.; KALAM, M. A.; MASUM, B. M. Reduction of fuel consumption and exhaust pollutant using intelligent transport systems. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

NERO, M. A. **Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional**. 2005. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

NEWCOMB, D. Inside Audi, BMW and Daimler's \$3 Billion Bet On HERE's Mapping Business. **FORBES**, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/dougnewcomb/2016/06/27/inside-audi-bmw-and-daimlers-3-billion-bet-on-heres-mapping-business/#4fc0345813b6>>.

NIVALA, A.-M.; BREWSTER, S.; SARJAKOSKI, T. L. Usability evaluation of web mapping sites. **The Cartographic Journal**, v. 45, n. 2, p. 129–138, 2008.

O'REILLY, T.; BATTELLE, J. **Web squared: Web 2.0 five years on**. [s.l.] "O'Reilly Media, Inc.", 2009.

OGC. **OGC History**. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc/historylong>>. Acesso em: 16 dez. 2016a.

OGC. **OGC Members**. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc/members>>. Acesso em: 16 dez. 2016b.

OLIVEIRA, V. O crowdsourcing à frente da mídia colaborativa e democrática: uma perspectiva cidadã para a web 2.0. **Publicado em**, 2012.

OLIVEIRA TITO, A. de; GOMES DE LIMA, V.; MARTINS DOS SANTOS, L.; RODRIGUES RISTAR, A. R.; JOHN DOHERTY, M.; VIEIRA, V.; TEDESCO, P.; SALGADO, A. C. RECOMENDAÇÃO INTELIGENTE E PERSONALIZADA DE ROTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO. **Revista de Sistemas e Computação-RSC**, v. 2, n. 2, 2012.

OPENSTREETMAP. **Copyright and License**. Disponível em: <<http://www.openstreetmap.org/copyright/en>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

OSÓRIO, A. L.; AFSARMANESH, H.; CAMARINHA-MATOS, L. M. Towards a reference architecture for a collaborative intelligent transport system infrastructure. In: **Working Conference on Virtual Enterprises**. [s.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 469–477.

PILON, J. A. Sistema de informação ao usuário do transporte coletivo por ônibus na cidade de Vitória-ES. **Ponta Grossa: UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**, 2009.

PONS, J. M. S.; PÉREZ, M. R. Geographic information systems and intelligent transport systems: technologies used to form new communication networks. **Networks and Communication Studies**, v. 17, n. 1–2, p. 53–70, 2003.

PRESSMAN, R. S. **Software engineering: a practitioner's approach**. [s.l.] Palgrave Macmillan, 2005.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. 7ª Edição. 7ª ed. [s.l.] Mc Graw Hill, 2011.

QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R. Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2006.

RAGHEB, A. E.; RAGAB, A. F. Enhancement of Google Earth Positional Accuracy. 2015.

RAIA JR, A. A.; GUERREIRO, T. de C. M. Análise da Segurança de Trânsito em Áreas Escolares. **Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito**, v. 15, 2005.

RAMME, F. L. P.; SANTOS, N. F. **Desenvolvimento de um banco de dados geográficos para a categoria de informação hidrografia da ET-EDGV em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SBSR, Ed.)** **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** Foz do Iguaçu, PRINPE, , 2013. . Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0219.pdf>>.

SEGANTINE, P. C. L. **Estudo do Sinergismo entre os Sistemas de Informação Geográfica e o de Posicionamento Global** Universidade de São Paulo, , 2001. .

SEGANTINE, P. C. L.; RAMOS, R. A. R. **A discussion on different techniques for GIS data collecting, precision, accuracy and quality of database** ERSA, , 2004. .

SEGANTINE, P.; SILVA, I. **Topografia para Engenharia: Teoria e Prática de Geomática**. [s.l.] Elsevier Brasil, 2015.

SHARMA, A.; GUPTA, D. Derivation of topographic map from elevation data available in google earth. 2011.

SHI, W. **Principles of modeling uncertainties in spatial data and spatial analyses**. [s.l.] CRC Press, 2009.

SHI, W.; FISHER, P.; GOODCHILD, M. F. **Spatial data quality**. [s.l.] CRC Press, 2003.

SHIBATA, M. Updating of digital road map. In: **Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1994. Proceedings., 1994**. [s.l.] IEEE, 1994. p. 547–550.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software, 9ª edição**. 9ª ed. São Paulo: Pearson, 2011.

STREET BUMP. **About Street Bump**. Disponível em: <<http://www.streetbump.org/about>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

TECHNAVIO. **Global GIS Market 2016-2020**. Disponível em: <<http://www.reportlinker.com/p02365691-summary/Global-GIS-Market-in-Retail-Sector.html>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

TOUYA, G. What is the level of detail of OpenStreetMap. In: Workshop on role of volunteered geographic information in advancing science: quality and credibility. Columbus (Ohio), USA, **Anais...**2012.

TYLER, M. **Web Mapping Illustrated**O'Reilly, Seba, , 2005. .

WALTER, V.; FRITSCII, D. MODLLING AND STORAGE OF ROAD NETWORK DATA. **ADVANCED GEO GRAPHIC DATA MODELLING**, p. 109–140, 1994.

WAZE. **Sobre o Waze**. Disponível em: <<https://wiki.waze.com/wiki/Brasil>>. Acesso em: 16 dez. 2016a.

WAZE. **Routing server**. Disponível em: <https://wiki.waze.com/wiki/Routing_server>. Acesso em: 16 dez. 2016b.

WILLIAMS, B. **Intelligent transport systems standards**. [s.l.] Artech House, 2008.

YANG, P.; CAO, Y.; EVANS, J. Web map server performance and client design principles. **GIScience & Remote Sensing**, v. 44, n. 4, p. 320–333, 2007.

YEUNG, A. K. W.; HALL, G. B. **Spatial database systems: Design, implementation and project management**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2007. v. 87

A estruturação de organização de uma base de dados geoespacial difere-se dos bancos de dados comuns apenas pela possibilidade de armazenamento de informações relacionadas a geometria e as coordenadas das feições (QUEIROZ; FERREIRA, 2006). Essa distinção possibilita, por meio das técnicas computacionais, combinar tais informações georreferenciadas de maneira a gerar conhecimento, que auxiliará seu usuário a tomar melhores decisões relacionadas a seus questionamentos.

Contudo, para um funcionamento eficiente, para os usuários, as bases de dados geográficos devem ser desenvolvidas de modo a abordar corretamente o ambiente real representado, com objetivo de facilitar a integração com outros bancos de dados e também com as aplicações computacionais, do modelo SIG, ITS ou *Web Mapping*, por exemplo.

Em solo brasileiro, o exército apresenta-se como uma das instituições responsáveis por definir as regras a serem utilizadas para o desenvolvimento desse tipo de produto digital, em auxílio as regulamentações propostas pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais.

As normas apresentadas, pela INDE, preocupam-se com as relações, as interligações e com os atributos de cada feição. Tais normas possuem o objetivo de representar o mundo real de maneira a atender o foco e as necessidades relacionadas ao desenvolvimento dessas regras, assim como abordado ao longo dessa dissertação.

Na sequência deste apêndice, serão apresentados conceitos para compreender os modelos elaborados para as normas brasileiras sobre dados geográficos, que seguem estruturas semelhantes as utilizadas para a criação organizada de *softwares* complexos.

MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS GEOGRÁFICOS

A fase de modelagem conceitual de uma base de dados segundo Ramme e Santos (2013), pode ser caracterizada como a etapa de maior importância de todo o projeto. Tal fase, considerada inicial, do processo de criação do banco de dados é responsável por determinar todos os elementos, ou feições das bases geográficas, assim como seus possíveis atributos, como por exemplo, o nome, a sua descrição, dentre outros.

Nessa etapa também são definidas as relações entre os elementos propostos. As ligações têm como função representar as interações entre os fundamentos, do modo de abstração escolhido na estruturação, para melhor abordar o mundo real.

A elaboração dessas regras requer muito cuidado e análises referentes ao foco e as necessidades primordiais dessa estruturação, pois qualquer engano ou falta de caracterização de um elemento nessa etapa será repassado ao produto final, ou seja, a base e a aplicação pronta para o uso. A realização de correções e modificações, nesse passo do projeto, apresentam-se pouco custosas em relação a alterações estruturais realizadas com o produto já pronto (PRESSMAN, 2005).

Dessa maneira, no momento da criação dos modelos conceituais são utilizados e realizadas inúmeras análises das necessidades do projeto e do ambiente real, o que torna essa etapa muito demorada, envolvendo os profissionais de todas as áreas relacionados ao projeto para assim gerar uma norma que atenda suas funções.

Ao final desse estágio do projeto, serão obtidos os modelos conceituais que tem a função semelhante a um contrato, pois, através de suas representações o programador realizará o desenvolvimento da base de dados, em uma linguagem computacional. Ao seu término da etapa de programação essa documentação também poderá ser utilizada como sintetizador das estruturas, devido a seu fácil entendimento, por qualquer usuário para compreender as possibilidades e limitações do produto cartográfico digital. Um exemplo do desenvolvimento do modelo conceitual é apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Modelo Conceitual do Pacote de Classes do Sistema de Transporte/Aeroportuário.

Fonte de ET-EDGV Força Terrestre (2016)

OBJECT MODELING TECHNIQUE FOR GEOGRAPHIC APPLICATIONS (OMT-G)

O fácil entendimento dos modelos conceituais deve-se por causa da utilização do modelo OMT-G, que baseia-se em estruturas da *Unified Modeling Language* (UML) como uma linguagem gráfica utilizada para compreensão, estruturação e definição das necessidades em um projeto de sistema computacional complexo (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2000).

Os modelos OMT-G, além das primitivas da UML, apresentam a oportunidade de estruturação de elementos geográficos, o que possibilita maior representação semântica nos modelos devido ao uso da geometria e outras características geográficas dos elementos.

Por meio de sua representação gráfica e do uso de regras de elaboração definidas pela estrutura do OMT-G, fica possível compreender e discutir os processos de modelagem entre todos os envolvidos. A utilização desse processo garante um mesmo entendimento do processo a ser desenvolvido, pois a abstração do ambiente real já apresenta-se definida e assim será igual para todos os envolvidos no projeto (BORGES; DAVIS JR; LAENDER, 2005).

Para a continuação desse anexo, devido a seu foco em estabelecer entendimento sobre os modelos da norma brasileira, apenas serão abordados os conceitos relacionados ao modelo de diagrama de classes da OMT-G, descrevendo suas estruturas e seus conteúdos necessários para a compreensão dos diagramas apresentados nas especificações técnicas de estruturação de dados digitais.

ESTRUTURAS DO DIAGRAMA DE CLASSE DA OMT-G

- **Classe:** primeiramente, as classes são utilizadas como representações simplificadas dos elementos presentes em uma base de dados. No modelo OMT-G existem duas possibilidades de reprodução
 - **Classe Convencional:** representa os elementos sem atributos geoespaciais, conforme a Figura 9 (a).
 - **Classe Georreferenciadas:** representa os elementos com atributos geoespaciais, para o uso na norma ET-EDGV pode dividir-se em cinco subclasses, referentes a apresentação dos elementos.
 - **Classe Genérica:** pode apresentar diferentes geometrias, em função da escala de apresentação, conforme a Figura 9 (b).

- **Classe com Primitiva Geométrica Ponto:** apresenta os elementos que são representados por pontos, em determinada escala, conforme a Figura 9 (c), que utiliza uma estrela como referência.
- **Classe com Primitiva Geométrica Linha:** apresenta os elementos que são representados por linhas, em determinada escala, conforme a Figura 9 (d), que utiliza uma linha como referência.
- **Classe com Primitiva Geométrica Polígono:** apresenta os elementos que são representados por polígonos, em determinada escala, conforme a Figura 9 (e), que utiliza um quadrado como referência.
- **Classe Genérica com representação complexa:** apresenta elementos com diferentes geometrias relacionadas a sua representação, conforme a Figura 9 (f), que utiliza a letra C como referência.

Figura 9 - Classes do Modelo OMT-G Utilizadas nas Normas Brasileiras.

- **Relacionamentos:** representam as ligações e interações entres os diferentes elementos do sistema, conforme a Figura 10 que apresenta a multiplicidade, uma associação simples e o sentido de leitura da relação, assim como a estruturas das classes, também apresentam-se divididas em dois grupos.

Figura 10 - Exemplo de Relacionamentos e Multiplicidade entre Classes da OMT-G.

- **Associação Simples:** relacionamento entre classes, representado por linha contínua, onde ao menos um dos elementos seja não geográfico, como mostra a Figura 11 (a) onde representa-se a classe pessoa e seu relacionamento com elementos do tipo classe empresa.
- **Relacionamento Espacial:** relacionamento entre classes georreferenciadas, representado por linha tracejada, como mostra a Figura 11 (b) onde representa-se a ligação espacial entre uma cidade e os bairros presentes.

Figura 11 - Associações entre as Diferentes Classes da OMT-G na Norma Brasileira.

- **Multiplicidade:** define a quantidade de elementos inter-relacionados, exibidos perto da caixa de representação da classe e de seu relacionamento, podendo ser representados por seis tipos diferentes grupos, mostrado na Figura 12.

• 1 : Apenas um valor.	• * : Zero ou mais.
• 1..* : Um ou mais.	• 0..1 : Zero ou um.
• 0..* : Zero ou mais.	• m..n : Faixas de valores.

Figura 12 - Valores de Multiplicidades Permitidos pela Norma Brasileira.

A Figura 13 representa a ligação de um ou mais elementos da classe Pessoa, que trabalham para zero ou mais elementos da classe empresa. Resumidamente, esse exemplo apresenta a possível relação que permite uma ou mais pessoas trabalhar para nenhuma ou várias empresas, cobrindo os casos de uma pessoa não trabalhar para uma empresa, a pessoa trabalhar para uma empresa e a pessoa trabalhar para várias empresas.

Figura 13 - Exemplo de Associação e Multiplicidade entre Classes.

- **Generalização / Especialização:** representa a relação entre elementos gerais com outros elementos específicos. Sendo a Generalização estruturada como classes específicas gerando uma classe mais genérica e a especialização agindo ao contrário. As representações são realizadas como linhas saindo das classes geradoras até chegar, com um triângulo, a classe criada, conforme a Figura 14.

Figura 14 - Exemplo de Generalização OMT-G.

Existe também a generalização cartográfica, que apresenta classes geométricas, de um mesmo elemento em diferentes escalas, gerando a **classe genérica**. Sua representação é feita por linha tracejadas ligadas a um quadrado como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Exemplo de Generalização Espacial da OMT-G.

- **Agregação (Simples ou Espacial):** indica que um objeto faz parte ou encontra-se contida em outra classe, modelo “associação todo por parte”. No caso da agregação espacial, apenas classes da mesma geometria podem realizar agregação entre si. Esse tipo de associação é representado por um diamante na ligação com a classe todo e também indica que as partes podem existir sem o todo, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Exemplo de Agregação Espacial da OMT-G

- **Composição (Simples ou Espacial):** associação similar a agregação, porém mais forte entre as classes. Nesse caso, a parte necessita do todo para existir, quando o todo for eliminado, suas partes também são terminadas. A representação, assim como a agregação, utiliza um diamante porém nesse caso preenchido, como mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Exemplo de Composição Espacial da OMT-G

EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO DIAGRAMA DE CLASSE DA OMT-G

Com o termino da apresentação da estruturação básica da OMT-G, a seguir será, abordado na Figura 18, a interpretação de um dos modelos reais, a classe de Sistema de Transporte/Aeroporto, utilizados na norma brasileira para mapeamento em pequenas escalas. Para um maior conhecimento sobre os padrões OMT-G e UML, recomenda-se a leitura dos livros (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2000), (PRESSMAN, 2005) e (LARMAN, 2000), além dos documentos (COUGO, 1997) e do (QUEIROZ; FERREIRA, 2006).

Inicialmente, na Figura 18, as caixas amarelas e verde devido a convenção no desenvolvimento das especificações técnicas nacionais, tem significado exclusivo para a norma como relacionamento obrigatório e características opcionais para agregar valor aos outros elementos. Esse modelo de apresentação foi escolhido, para tornar o pacote de exibição mais limpo e simples para a compreensão dos leitores.

As classes apresentadas em amarelo claro, são as estruturas envolvidas no mapeamento para elementos do Sistema de Transportes/Aeroporto. Onde fica possível observar a classe genérica “Pista_Ponto_Pouso”, que contém atributos como nome, geometria aproximada, extensão, altitude, entre outros, para melhor caracterizar sua estrutura e possibilitar diferentes distinções e análises aos usuários do produto geográfico gerado por essa regra.

Essa classe, “Pista_Ponto_Pouso”, apresenta uma generalização cartográfica em três outras classes, não necessariamente toda generalização cartográfica irá relacionar-se com três classes (ponto, linha, polígono), em virtude do elemento a sua exibição em diferentes escalas poderá apenas possuir duas das classificações geográficas possíveis.

Todas as classes envolvidas na generalização, tanto simples quanto cartográfica, irão herdar os atributos e as operações possíveis da sua classe Pai. Nesse exemplo, as classes “Pista_Ponto_Pouso_A”, “Pista_Ponto_Pouso_L” e “Pista_Ponto_Pouso_P” irão possuir as mesmas características da classe Pai (“Pista_Ponto_Pouso”).

A classe “Pista_Ponto_Pouso” ainda realiza uma agregação espacial com a classe “Complexo_Aeroporto”, que por envolver conjuntos de elementos físicos de diferentes geometrias de representação apresenta-se representada por uma Classe Genérica com representação complexa. A agregação informa, que o todo é a classe “Complexo_Aeroporto” e a parte são os elementos da classe “Pista_Ponto_Pouso”.

Figura 18 - Modelo Conceitual do Pacote de Classes do Sistema de Transporte/Aeroportuário.

Fonte: ET-EDGV Força Terrestre (2016)

A agregação representa que um ou mais elementos da classe “Pista_Ponto_Pouso” fazem parte de nenhum ou um elemento da classe “Complexo_Aeroportuario”. Essa cardinalidade apresenta-se referente a possibilidade de que existam pistas de pouso que não façam parte de um aeroporto, como acontece em algumas regiões do Brasil.

A classe “Complexo_Aeroportuario” ainda realiza agregação espacial com elementos de outro pacote de classes, nesse caso com o pacote do mapeamento em grandes escalas Edificações e a classe “Edif_Constr_Aeroportuaria”, que representa a possibilidade de zero ou mais edifícios aeroportuários em um aeroporto (complexo aeroportuário).

A Figura 19 representa de maneira simplificada o pacote da MapTopoGE para edificações, apresentando a classe “Edif_Constr_Aeroportuaria” que além de seus atributos, mediante a generalização, também possui os atributos e funções da classe “Edificacao”.

Figura 19 - Modelo Conceitual do Pacote de Classes do Pacote de Edificações.

Adaptado de ET-EDGV Força Terrestre (2016)

Assim como a classe “Edif_Constr_Aeroportuaria”, os elementos da estruturação “Complexo_Aeroportuario” também realizam generalização, nesse caso, com estruturas presentes no pacote de mapeamento em pequenas escalas para transportes, especificamente com a classe “Estrut_Transporte”, que por sua vez realizam agregações com outros elementos de diferentes partes.

Esse exemplo, buscou apresentar de maneira simplificada o modo como são utilizados os modelos conceituais, para compreensão da abstração do mundo real realizada para a estruturação da norma brasileira. Como abordado no texto, essa norma apresenta-se em

constante modificação e atualização para sempre melhor atender as necessidades e ao foco de seu desenvolvimento.

A utilização da linguagem OMT-G, baseada em UML, por apresentar-se de maneira visual possibilita um entendimento mais rápido por parte dos seus usuários, contudo não são todos os desenvolvedores de bases geográficas ou *softwares* computacionais que apresentam esse modo de documentação, dificultando assim a percepção da estrutura de sua aplicação.

Também são poucos os usuários que verificam essas informações sobre as estruturas computacionais, por muitas vezes os usuários apenas buscam aplicações e bases geográficas, no caso desse trabalho, para atenderem as suas necessidades sem a consciência dos benefícios do uso de aplicações e bancos de dados bem definidos.