

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Kelsey Magalhães Melo

**Uma ontologia para o compartilhamento de informações de um tipo
de equipamento ITS (Painel de Mensagens Variáveis – PMV)**

**São Paulo
2015**

Kelsey Magalhães Melo

Uma ontologia para o compartilhamento de informações de um tipo de equipamento
ITS (Painel de Mensagens Variáveis – PMV)

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo - IPT, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia da Computação.

Data da aprovação ____/____/____

Prof. Dr. Claudio Luiz Marte (Orientador)
USP- Universidade de São Paulo

Membros da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Claudio Luiz Marte (Orientador)
USP- Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Edit G. Lino de Campos (Membro)
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Profa. Dra. Mariana A. Giannotti (Membro)
USP- Universidade de São Paulo

Kelsey Magalhães Melo

Uma ontologia para o compartilhamento de informações de um tipo de equipamento ITS (Painel de Mensagens Variáveis – PMV)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia da Computação.

Área de Concentração: Engenharia de Software

Orientador: Prof. Dr. Claudio Luiz Marte

São Paulo
Março/2015

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica – DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

M528o

Melo, Kelsey Magalhães

Uma ontologia para o compartilhamento de informações de um tipo de equipamento ITS (Painel de Mensagens Variáveis – PMV). / Kelsey Magalhães Melo. São Paulo, 2015.
138p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Engenharia de Software.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Luiz Marte

1. Ontologia 2. Sistema inteligente de transporte 3. Painel de mensagens variáveis 4. Methontology 5. Arquitetura de software 6. Tese I. Marte, Claudio Luiz, orient. II. IPT. Coordenadoria de Ensino Tecnológico III. Título

15-24

CDU 004.82(043)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Elisangela e aos meus filhos Fernanda, Júlia e Daniel.

Por tudo.

“O aumento do conhecimento é como uma esfera dilatando-se no espaço: quanto maior a nossa compreensão, maior o nosso contato com o desconhecido.”

Blaise Pascal (1623-1662)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tudo.

À minha esposa Elisangela e aos meus filhos Fernanda, Júlia e Daniel pelo apoio, pelas palavras de otimismo e pelo tempo que os privei da minha presença.

Aos meus pais Joaquim e Marlene, pela dedicação na minha criação.

À minha irmã Keyla, pelo apoio incondicional.

Ao meu orientador Professor Dr. Cláudio Luiz Marte, pela orientação, apoio, dedicação e pelos conhecimentos passados para a realização deste trabalho.

Às Professoras Dra. Edit G. Lino de Campos e Dra. Mariana A. Giannotti pela participação na banca de qualificação e defesa e pelos comentários e apontamentos que foram de fundamental importância para o resultado final deste trabalho.

A todos meus amigos do IPT, em especial à Rosi, Marcelo, Denis, Cris, Jayro, José Luis, Adriana, Luciana, Adriano e Alessandro que em algum momento me auxiliaram na elaboração deste trabalho.

Ao Professor Mário Miyake pelos aconselhamentos sempre muito bem vindos.

Ao meu amigo Rogério Neri por não medir esforços para me ajudar, pelas conversas, sugestões e apoio que foram fundamentais durante toda a construção deste trabalho.

Aos professores do Mestrado do IPT por transmitir o conhecimento e, com isso, também ajudaram a chegar ao fim deste trabalho.

Aos colegas da secretaria, em especial ao Adilson pela eficiência e atenção.

RESUMO

Equipamentos ITS (*Intelligent Transport Systems*) são largamente usados pelas concessionárias no auxílio operacional de rodovias. Não há muita variação nos tipos de equipamentos, no entanto, há diversos fabricantes para um mesmo equipamento, o que resulta em sistemas e bases de dados diferentes nas diversas concessionárias de rodovias, e, conseqüentemente, um retrabalho para a obtenção dos dados gerados por tais equipamentos a cada fabricante diferente, uma vez que não há uma padronização na organização dessas informações. Esta dissertação propõe uma forma de encaminhamento (solução) para esse cenário por meio da construção de uma ontologia para um tipo de equipamento ITS específico, o Painel de Mensagens Variáveis (PMV), mapeando e definindo um vocabulário comum a esse equipamento ITS e também definindo o significado dos termos pertencentes a esse domínio. Com essa ontologia, que utiliza a metodologia Methontology para seu desenvolvimento, é elaborado um conjunto de conceitos e os relacionamentos entre eles e, conseqüentemente, um entendimento compartilhado. A escolha do PMV se deu pela importância do equipamento junto às concessionárias, visto que o utilizam na transmissão de informações importantes para seus usuários.

Palavras Chaves: Ontologia, ITS, Engenharia de Ontologia, Arquitetura de Software, Methontology.

ABSTRACT

An ontology for sharing information of a type of ITS equipment (Dynamic Message Signs - DMS)

ITS equipments (Intelligent Transport Systems) are widely used by concessionaires in the operating aid of highways. There are not many variations in types of equipment, however, there are several manufacturers for the same equipment, which results in different systems and databases on various concessionaires of highways, and, consequently, a rework to the obtaining of data generated by such equipment to each different manufacturer, since there is no standardization in organization of this information. This dissertation proposes a way of forwarding (solution) for this scenario through the construction of an ontology for a specific type of ITS equipment, the Dynamic Message Signs (DMS), mapping and defining a common vocabulary that ITS equipment and also defining the meaning of the terms belonging to that domain. With this ontology, which uses the Methontology Methodology for its development, is elaborated a set of concepts and relationships between them and, consequently, a shared understanding. The DMS equipment was chosen for its importance in the concessionaires, because they use such equipment in the transmission of important information for users of highways.

Keywords: Ontology, ITS, Ontology Engineering, Software Architecture, Methodology.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Primeiro semáforo em uma rua de Nova Yorque em 1928	23
Figura 2 – Processo de construção proposto pelo método Skeletal	35
Figura 3 – Processo de construção proposto pelo método TOVE	36
Figura 4 – Processo de construção de ontologia do método 101	37
Figura 5 – Processo de construção de ontologia do método DOGMA	39
Figura 6 – Processo de construção de ontologia da metodologia Methontology	40
Figura 7 – Estrutura proposta para elaboração da ontologia do equipamento ITS-PMV	52
Figura 8 – Modelo E-R do sistema da Empresa A	54
Figura 9 – Modelo E-R do sistema da Empresa B	55
Figura 10 – Modelo E-R do sistema da Empresa C	57
Figura 11 – Modelo E-R do sistema da Empresa D	58
Figura 12 – Modelo E-R do sistema da Empresa E	59
Figura 13 – Modelo E-R criado a partir dos cinco sistemas das empresas “A”, “B”, “C”, “D” e “E” – “Modelo F”	65
Figura 14 – Diagrama E-R do Modelo F	69
Figura 15 – Taxonomia de Classes	98
Figura 16 – Apresentação das classes disjuntas	99
Figura 17 – Relações entre as classes	100
Figura 18 – Propriedade das Classes	100
Figura 19 – Grafo da ontologia ITS-PMV	101

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Relação das bibliotecas de ontologias disponíveis na Web	45
Tabela 2 – Tabelas do sistema da Empresa A	53
Tabela 3 – Tabelas do sistema da Empresa B	54
Tabela 4 – Tabelas do banco da Empresa C	55
Tabela 5 – Tabelas do sistema da Empresa D	57
Tabela 6 – Tabelas do banco da Empresa E	59
Tabela 7 – Similaridades e divergências de dados	60
Tabela 8 – Formas de armazenamento (tipos)	61
Tabela 9 – Tabelas e campos do Modelo F e a correlação com as bases de dados estudadas (mapeamento)	62
Tabela 10 – Tabelas e Campos do Modelo F	66
Tabela 11 – Chaves Primarias e Chaves Estrangeiras das tabelas do Modelo F	67
Tabela 12 – Cardinalidades das tabelas do Modelo F	68
Tabela 13 – Classes e atributos	69
Tabela 14 – Classes relacionadas e cardinalidades	70
Tabela 15 – Instâncias identificadas nos dados das bases de dados	71
Tabela 16 – Conceitos complementares dos especialistas e suas origens	75
Tabela 17 – Conceitos complementares da norma NTCIP 1203 e suas origens	78
Tabela 18 – Conceito complementar da resolução 3576 da ANTT e sua origem	81
Tabela 19 – Modelo Conceitual: Glossário de Termos	87
Tabela 20 – Modelo Conceitual: Detalhamento de Conceitos (Classes e Propriedades)	92
Tabela 21 – Modelo Conceitual: Detalhamento de Verbos e suas descrições	93
Tabela 22 – Modelo Conceitual: Tabela de Relacionamentos entre as Classes	94
Tabela 23 – Modelo Conceitual: Tabela de mapeamento entre os conceitos da ontologia e os bancos de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV	95
Tabela 24 – Documento de Avaliação	105
Tabela 25 – Tabela de origem dos conceitos	110
Tabela 26 – Tabela percentual de participação e contribuição das fontes de informação	112
Tabela 27 – Tabela percentual de grupo de ocorrências de conceitos da ontologia	113

Lista de Quadros

Quadro 1 – Documento de Especificação da Ontologia	84
Quadro 2 – Fragmento de código OWL da ontologia do ITS-PMV	102

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
API	<i>Application Programming Interface</i>
ARTESP	Agência Reguladora de Transportes do Estado de São Paulo
BI	<i>Business Intelligence</i>
CACS	<i>Comprehensive Automobile Traffic Control System</i>
Call Box	Telefone de Emergência
CEN	<i>European Committee for Standardization</i>
CCO	Centro de Controle Operacional
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
DRIVE	<i>Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe</i>
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DDL	<i>Data Definition Language</i>
ERTICO	<i>Europe Road Transport Telematics Coordination Organization</i>
ETL	<i>Extract Transform Load</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GT	Glossário de Termos
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITS	<i>Intelligent Transport Systems</i>
IVHS	<i>Intelligent Vehicle Highway Systems</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i>

NTCIP	<i>National Transportation Communications for Intelligent Transportation System Protocol</i>
OCML	<i>Open Configuration and Management Layer</i>
ODE	<i>Ontology Development Environment</i>
OWL	<i>Ontology Web Language</i>
PMV	Painel de Mensagens Variáveis
PROMETHEUS	<i>Program for European Traffic with Efficiency and Unprecedented Safety</i>
RACS	<i>Road Automobile Communication System</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RSS	<i>Really Simple Syndication</i>
SAT	Sistema de Análise de Tráfego
SCA	Sistema de Controle Ambiental
SDT	<i>Traffic Telematics Association</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
USDOT	<i>United States Department of Transportation</i>
VERTIS	<i>Vehicle, Road and Traffic Intelligent Society</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Motivação	13
1.2	Objetivo	17
1.3	Contribuições	18
1.4	Método de trabalho	18
1.5	Organização do trabalho	20
2	CONCEITOS E ESTADO DA ARTE	21
2.1	Introdução	21
2.2	ITS	21
2.2.1	Definição de ITS	21
2.2.2	ITS no mundo	22
2.2.3	ITS no Brasil	24
2.3	Ontologia	25
2.3.1	Ontologia e Engenharia de Software	27
2.3.2	Tipos de Ontologia	29
2.3.3	Linguagens para representação de ontologias	30
2.3.3.1	Linguagem OWL	32
2.3.4	A Engenharia da Ontologia	34
2.3.4.1	Método Skeletal	34
2.3.4.2	Método TOVE	35
2.3.4.3	Método 101	37
2.3.4.4	Método DOGMA	38
2.3.4.5	Metodologia METHONTOLOGY	39
2.3.5	Ferramentas de desenvolvimento e edição de Ontologias	42
2.3.6	Bibliotecas de ontologias	44
2.3.7	A Ontologia e o ITS	45
2.3.8	Ontologia para integração de Bases de Dados heterogêneas	46
2.4	Considerações finais	50

3	AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO DAS INFORMAÇÕES DO EQUIPAMENTO ITS-PMV	51
3.1	Introdução	51
3.2	Estudo das bases de dados dos fabricantes de PMV	53
3.3	Levantamento de informações advindas de especialistas do domínio	72
3.4	Estudo da norma NTCIP-1203	76
3.5	Estudo da Resolução 3576 de 2010 da ANTT	79
3.6	Considerações finais	81
4	ONTOLOGIA PARA O EQUIPAMENTO ITS-PMV	83
4.1	Introdução	83
4.2	Especificação da Ontologia	83
4.3	Conceitualização da Ontologia	87
4.4	Implementação da Ontologia	97
4.5	Validação da Ontologia	104
4.6	Considerações finais	107
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	109
5.1	Introdução	109
5.2	Utilização da Methontology no desenvolvimento da ontologia	109
5.3	Extração de conhecimento advinda de bases de dados e outras fontes de informações	109
5.4	Considerações finais	114
6	CONCLUSÃO	115
6.1	Introdução	115
6.2	Considerações finais	115
6.3	Trabalhos Futuros	117
	REFERÊNCIAS	118
	APÊNDICES	124
	APÊNDICE A – ONTOLOGIA DO ITS-PMV EM OWL	125

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

No Brasil, em meados da década de 30, existiam diversas formas usadas para o transporte de cargas, porém a mais utilizada era a navegação de cabotagem, pelo fato de que as malhas ferroviárias e rodoviárias se encontravam em condições precárias para o transporte (MARTE et al., 2012).

Eleito presidente, Washington Luiz direcionou investimentos para pavimentação da malha rodoviária e construção de novas estradas, e tendo com isso adotado o seguinte slogan para a sua campanha: “Governar é construir estradas”.

O tempo passou e na década de 90, portanto, nesta conjuntura, a matriz de transportes brasileira já estava consolidada com o modal rodoviário. Em decorrência desse cenário houve um aumento vertiginoso do número de caminhões e veículos de passeio que utilizavam as rodovias. Isso contribuiu para aumentar a dificuldade do Estado em manter essas rodovias num bom estado de conservação, assim como realizar investimentos para a melhoria na infraestrutura rodoviária. Outra consequência foi um grande aumento do número de acidentes nas rodovias, influenciando negativamente na segurança dos usuários e pedestres que utilizavam as mesmas.

Com o objetivo de reduzir os custos com investimentos e manutenção com as rodovias federais e estaduais, em 1995 o governo brasileiro elaborou editais e anunciou um projeto para transferir a administração e a operação de algumas rodovias para empresas privadas em forma de concessão¹. A partir de então, empresas e grupos de empresas passaram a investir e operá-las, em troca, obtiveram o direito à cobrança de tarifa de pedágio (BRANDÃO, 2002; DUARTE, 2009).

¹ Concessão: diferenciar de privatização. Um agente executa um serviço em nome do Estado (Poder Concedente) e decorrido alguns anos (prazo estipulado para o fim da concessão) o serviço retorna ao Poder Concedente, podendo este fazer ou não nova licitação (concessão).

O governo do Estado de São Paulo também elaborou editais de concessão para algumas rodovias de sua malha viária, e na elaboração desses editais o governo teve uma forte preocupação com a segurança, como um todo, e com uma melhor forma de operação dessas rodovias. Isso o levou a introduzir nesses editais obrigações de utilização e implementação de tecnologias aplicadas à gestão de rodovias, os chamados equipamentos ITS (*Intelligent Transport Systems*) (Edital de Concessão, anexo 5 fl 2, 1997).

“Conforme o ITS Handbook 2000, ITS compreende uma larga gama de ferramentas para gerenciamento das redes de transportes. Essas ferramentas são baseadas em três características fundamentais: informação, comunicação e integração. A aquisição, processamento, integração e disponibilização da informação são o coração dos sistemas ITS” (PIARC ITS Handbook, 2000 apud MARTE, 2000).

Os ITS consistem em uma série de equipamentos e sistemas de monitoramento de tráfego utilizados em centros urbanos, e também em rodovias estaduais e federais. Esses equipamentos são amplamente utilizados em rodovias que estão concedidas às empresas privadas, ou grupo de empresas privadas, mais comumente conhecidas como “concessionárias de rodovias” (MARTE, 2000).

A implantação de ITS em rodovias é o ato de instalar equipamentos ao longo da rodovia com o objetivo de apoiar e melhorar a sua operação e, com isso, melhorar o atendimento de seus usuários, promovendo a comunicação entre o operador da rodovia e seus utilizadores. As informações geradas por esses equipamentos são enviados para os Centros de Controle Operacional (CCO) das concessionárias, de onde também saem informações para alguns equipamentos ITS.

São diversos os equipamentos de ITS, sendo alguns deles o Medidor de Velocidade (radar); o Semáforo Inteligente; a Balança de Pesagem, entre outros, porém há alguns equipamentos conhecidos como “equipamentos clássicos de ITS”, que são: *Call Box* (telefone de emergência); CFTV – Circuito Fechado de Televisão (Câmera); SAT – Sistema de Análise de Tráfego (Contador de veículos); SCA – Sistema de Controle Ambiental (Estação Meteorológica) e o PMV – Painel de Mensagens Variáveis.

Esses equipamentos, dependendo do tipo de informações trocadas, alimentam os CCOs com informações para a tomada de decisões na operação das rodovias, tais como o CFTV (trazendo imagens de trechos da rodovia); o SCA (informando condições climáticas de pontos da rodovia); o SAT (contabilizando a velocidade e a quantidade dos veículos que passam em trechos homogêneos da rodovia). Entre outros equipamentos que os CCOs utilizam para estabelecer uma comunicação com o usuário, um deles é o PMV (transmitindo informações para os usuários sobre acidentes, bloqueios, obras, entre outros); e outro equipamento é o Call Box e o 0800 (linhas diretas do usuário com o CCO), as equipes operacionais, que percorrem as rodovias e os SAU – Serviços de Apoio aos Usuários (bases distribuídas ao longo do trecho concessionado).

Todas essas informações geradas por esses equipamentos ou sistemas de ITS, ou ainda enviadas a eles, devem ser armazenadas em banco de dados - disponível no CCO - para serem destinadas a compor um sistema de informações *on-line* com o Poder Concedente. Isso para que o Poder Concedente possa cumprir o seu papel de fiscalizar a concessão (Edital de Concessão, anexo 5 fl 2, 1997).

No estado de São Paulo a agência que tem a responsabilidade de fiscalizar as concessionárias de rodovias é a Agência Reguladora de Transportes do Estado de São Paulo (ARTESP). Nos editais elaborados pela ARTESP não está explicitado quais informações deveriam ser fornecidas pelos equipamentos, assim como, não há definição de que forma essas informações devem estar estruturadas, e ainda, não é citada a maneira que essas informações devem ser disponibilizadas.

Desde 2003, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) tem sido um parceiro tecnológico da ARTESP, apoiando e ajudando no dever de fiscalização. Um dos trabalhos dessa parceria foi o desenvolvimento de um sistema que faz a leitura dos dados desses equipamentos ITS, em suas respectivas bases de dados, instaladas nas concessionárias, com o propósito de formatá-los e enviá-los de uma forma padronizada até um Centro de Controle de Informações (CCI)¹ dentro da ARTESP.

¹ Conceito similar a de um CCO, porém para acompanhamento e fiscalização. E não de operação

O cenário que a equipe do IPT (da qual o autor dessa dissertação faz parte) encontrou, por diversas vezes, no início do levantamento dos sistemas ITS (*Call Box*, PMV, SAT, SCA, CFTV entre outros) foi: sistemas sem padronização, tanto em relação à forma como os dados estavam estruturados, como também em relação às informações geradas por eles, ou seja, para cada concessionária e para cada equipamento ITS encontrado, não havia uma padronização de modelo de dados, nem mesmo uma especificação do que o equipamento deveria armazenar em banco de dados, pois o Brasil, diferentemente de países como Japão e Estados Unidos, não possui uma Arquitetura Nacional de ITS, que serviria de referência para as arquiteturas regionais. Com isso o trabalho de levantamento e padronização das informações oriundas dos equipamentos ITS foi dificultado, pois – para cada concessionária os equipamentos eram diferentes – gerando assim um novo trabalho de levantamento e padronização. O resultado disso foi um considerável esforço em termos de homens-horas, além da vulnerabilidade a erros humanos.

Internacionalmente há esforços no sentido de padronizar os equipamentos ITS. Um padrão de comunicação desses equipamentos já foi feito. Em 1992, nos Estados Unidos, o *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) iniciou o desenvolvimento do *National Transportation Communications for Intelligent Transportation System Protocol* (NTCIP) que consiste em uma família de normas criadas para promover a interoperabilidade¹ e intercambialidade² entre sistemas e equipamentos de ITS de diferentes fabricantes. Esse protocolo foi desenvolvido especificamente voltado para a comunicação entre equipamentos ITS.

No Brasil, em 2009, a resolução Nº 3.323-A da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) definiu que todos os equipamentos de ITS das rodovias federais – reguladas pela ANTT – deveriam adotar os padrões definidos pelos Protocolos de Comunicação de Dados e Dicionários de Padrões de Dados do NTCIP, com o objetivo de promover a padronização da troca de informações entre equipamentos ITS, favorecendo sua integração (LEAL et al., 2011).

¹ Interoperabilidade é a capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente com outro sistema.

² Intercambialidade é a possibilidade de utilização de um item, componente, produto, no lugar de outro, sem necessidade de adaptação ou ajustes para satisfazer aos requisitos necessários.

Mesmo com essa padronização, ainda permaneceu o fato de haver uma diversidade de equipamentos com vários fabricantes e várias versões, que deveriam passar a incluir um protocolo americano. E nesse cenário heterogêneo, cada sistema possui sua base de dados.

O *Extract Transform Load* (ETL), ou seja, “Extração; Transformação e Carga”, é uma das maneiras de integrar bases de dados heterogêneas. O ETL consiste em extrair um conjunto de dados de várias fontes e em vários formatos, filtrar, tratar esses dados de interesse e consolidar os mesmos em uma base de informações única (planilha, base de dados, arquivo, entre outros). O ETL é frequentemente usado na construção de *Data Warehouse*¹ (KIMBALL e CASERTA, 2004) e por ferramentas de *Business Intelligence*² (BI).

A ontologia é também uma forma de integrar informações de bases de dados heterogêneas (GRUBER, 2009). Segundo Gómez-Pérez (1999) a ontologia é utilizada para definir um vocabulário comum a uma área e também definir o significado dos termos pertencentes a esse domínio.

Essa dissertação propõe o uso de ontologia para auxiliar na integração das informações de bases de dados de concessionárias de rodovias, em especial aos equipamentos ITS-PMVs.

1.2 Objetivo

O objetivo dessa dissertação é uma proposta de mapeamento do conhecimento do equipamento ITS-PMV. Para esse objetivo é desenvolvida uma ontologia para representar o domínio de conhecimento desse equipamento. Ela (ontologia) está baseada no estudo das estruturas de dados dos fabricantes do equipamento PMV, no estudo de relatórios técnicos contendo o conhecimento dos especialistas das concessionárias de rodovias, em uma norma internacional e em uma resolução federal.

¹ *Data Warehouse* é usado para armazenar informações de forma consolidada, para possibilitar a análise de grandes volumes de dados e prover fácil acesso a dados íntegros e consistentes para tomadas de decisões.

² *Business Intelligence* (Inteligência de Negócio) tem o objetivo de converter o volume de dados em informações relevantes ao negócio por meio de relatórios analíticos.

1.3 Contribuições

A ausência de uma Arquitetura Nacional de ITS tem como consequência uma falta de padronização para o setor. E ainda observa-se que não foi encontrada uma ontologia para equipamentos ITS. A partir da construção da ontologia para o equipamento ITS-PMV é possível identificar as seguintes possibilidades:

- Fabricantes do equipamento PMV podem desenvolver sistemas, utilizando-a (ontologia) como vocabulário;
- Desenvolvimento de material didático para treinamento de analistas e outros envolvidos com a operação de equipamentos ITS-PMV;
- A construção de ferramentas para recuperação de informação e conteúdo de sistemas de equipamentos ITS-PMV;
- A extração de requisitos referentes à equipamentos ITS-PMV a partir do conhecimento registrado na ontologia;
- A melhoria no processo de comunicação por meio de um vocabulário único e compartilhado, evitando interpretações equivocadas de conceitos relativos ao equipamento ITS-PMV;
- A possibilidade de ser estendida e aprimorada para mapear o domínio de conhecimento de outros equipamentos ITS.

1.4 Método de trabalho

O método de trabalho adotado para a realização do objetivo proposto é composto das seguintes atividades:

Atividade I – Levantamento bibliográfico

Nessa atividade foram conceituados os sistemas ITS, como eles foram introduzidos no Brasil e quais são suas utilizações. Foram abordados também trabalhos referentes à construção de ontologias, além de pesquisar o assunto ontologia na área de ITS, e o uso de ontologia para integração de bases de dados heterogêneas. Esses estudos foram fundamentais para a elaboração do domínio de

conhecimento de equipamentos ITS. Juntos, esses conhecimentos foram usados como base para o desenvolvimento da ontologia para o equipamento ITS-PMV.

Atividade II – Obtenção do Conhecimento das informações do equipamento ITS-PMV

Esta atividade consiste no levantamento do conhecimento das informações do equipamento ITS-PMV. Para tanto, fontes de informações foram estudadas para compor um entendimento mais completo desse equipamento. Foram levantados cinco fabricantes do equipamento ITS-PMV, que nessa dissertação são chamados de “Empresa A”, “Empresa B”, “Empresa C”, “Empresa D” e “Empresa E”. (Os nomes das tabelas, campos e conteúdo das informações foram alterados para preservar os direitos dos fabricantes); contou-se com o estudo de relatórios técnicos contendo o conhecimento dos especialistas de 17 concessionárias do estado de São Paulo; foi pesquisada a norma NTCIP 1203, que trata especificamente do equipamento ITS-PMV; e foi estudada a resolução 3576 de 2010 da ANTT, que também trata especificamente desse equipamento.

Para a execução dessa atividade foram usadas técnicas pesquisadas na atividade I.

Atividade III – Elaboração da ontologia para o equipamento ITS-PMV

Esta atividade consiste na criação de uma ontologia, usando a metodologia Methontology, para o equipamento ITS-PMV no intuito de formar o domínio de conhecimento desse equipamento. Na criação desta ontologia foram utilizadas as informações levantadas na atividade anterior e conceitos já aplicados em trabalhos correlatos – estudados na atividade I.

Atividade IV – Discussão de Resultados e Conclusão

Esta atividade consiste na discussão do uso da metodologia Methontology para a construção da ontologia para o equipamento ITS-PMV, na eficiência da extração de informações, oriundos das fontes de dados, para a elaboração da ontologia para o equipamento ITS-PMV e também de outras fontes de informações como uma norma internacional, uma resolução federal e o estudo de relatórios técnicos contendo o conhecimento de especialistas do domínio. Por fim, são

apresentadas as considerações finais do trabalho e uma lista com sugestões de pesquisas futuras.

1.5 Organização do trabalho

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

A seção 2, Conceitos e Estado da Arte, apresenta uma revisão dos conceitos necessários para o desenvolvimento da dissertação, tais como equipamentos ITS, ontologia, metodologias de desenvolvimento de ontologias.

A seção 3, Aquisição de Conhecimento das Informações do Equipamento ITS-PMV, traz o estudo de fontes de informações diversas para compor um entendimento mais completo desse equipamento. São estudados os bancos de dados de fabricantes do equipamento ITS-PMV; relatórios técnicos contendo o conhecimento dos especialistas de 17 concessionárias do estado de São Paulo; a norma NTCIP 1203 e a resolução 3576 de 2010 da ANTT.

Na seção 4, Ontologia para o equipamento ITS-PMV, é proposta uma ontologia baseada nas informações levantadas na seção 3 e no estudo de trabalhos correlatos na área de ontologia, na área de ITS, e suas relações.

Na seção 5, Discussão dos Resultados, é discutida a utilização da metodologia Methontology para a construção da ontologia para o equipamento ITS-PMV. Também é discutida a extração de informações de bases de dados heterogêneas e a aquisição de conhecimento de outras fontes de informações.

Finalmente na seção 6, Conclusão, são apresentadas as considerações finais da dissertação e são propostos possíveis trabalhos futuros.

2 CONCEITOS E ESTADO DA ARTE

2.1 Introdução

Nessa seção são apresentados os conceitos de ITS para rodovias, como eles foram introduzidos no Brasil e quais são suas utilizações.

A seção segue apresentando trabalhos correlatos na área de construção de ontologias, relacionamentos de ontologias com ITS, e trabalhos sobre ontologia para integração de bases de dados, pois o objetivo dessa dissertação é a integração de informações do equipamento ITS-PMV com a elaboração de uma ontologia para esse equipamento.

2.2 ITS

2.2.1. Definição de ITS

Williams (2008) diz que termo ITS é usado para descrever sistemas aplicados a transportes em que veículos interagem um com os outros e com o ambiente, de forma a propiciar uma experiência avançada de condução, e cuja a infraestrutura inteligente melhora segurança e a capacidade dos sistemas rodoviários.

O autor, de forma mais completa define ITS como:

“serviços de apoio aos viajantes de todas as classes – motoristas, passageiros e pedestres – e também como apoio à gestão e desempenho da rede rodoviária, utilizando sistemas de informação, comunicação e controle, nos cenários urbano e rural, para proporcionar maior segurança e melhorar a experiência de viajar, incluindo aspectos intermodos ou multimodais” (WILLIAMS, 2008).

A definição de ITS dada pela Resolução nº 3.323, de 18 de novembro de 2009, publicada pela ANTT é:

“um conjunto de equipamentos e sistemas de monitoramento de tráfego utilizados nas rodovias federais concedidas, desde os equipamentos e sistemas de coleta de dados, monitoramento e sensoriamento instalados ao longo das rodovias, equipamentos e sistemas de monitoração de tráfego instalados em postos de operação e fiscalização localizados nas rodovias e equipamentos e sistemas instalados nos Centros de Controle Operacional das concessionárias, sejam eles de coleta de dados ou de gestão operacional e demais Centros de Controle com os quais esses sistemas trocam informações”.

A experiência internacional demonstrou que a implantação de ITS é uma estratégia para otimizar os investimentos, e que um planejamento adequado e uma abordagem de engenharia são elementos importantes para uma execução rentável e sustentável. No contexto de pré Copa do Mundo, muitas cidades brasileiras estavam planejando realizar grandes investimentos em ITS de maneira a ampliar a capacidade de sua infraestrutura para atender ao crescimento do número de veículos e como preparação para receber importantes eventos (DARIDO, 2012).

2.2.2. ITS no mundo

Figueiredo (2005) diz que os transportes têm impacto em vários grupos de pessoas: nas pessoas que os utilizam, nas que os operam; nas que trabalham neles; e até naquelas que não estão nos grupos anteriormente citados. Um exemplo é o caso da degradação da qualidade do ar por causa dos gases tóxicos provenientes dos motores dos veículos, que acaba afetando toda a população.

O autor relata o surgimento do ITS no início dos anos 30 de forma tímida e lenta, dado que a tecnologia da época não era tão desenvolvida. Seu principal desenvolvimento se deu nos EUA, Europa, e Japão.

O primeiro sistema de ITS, referido na literatura, foi os semáforos nos EUA em 1928 conforme Figura 1.

Figura 1 – Primeiro semáforo em uma rua de Nova York em 1928



Fonte: Figueiredo (2005)

Nos anos 70 foram desenvolvidos vários sistemas, entre eles o CACS (*Comprehensive Automobile Traffic Control System*) e o ALI (*Autofabrer Leit and Information System*) que são sistemas para a indicação de percursos baseados nas condições de tráfego em tempo real, desenvolvidos no Japão e na Alemanha, respectivamente.

Nesse período surgiram os primeiros sistemas GPS (*Global Positioning System*) que foram resultado do desenvolvimento de um projeto militar, e que é um componente importante para o ITS (FIGUEIREDO, 2005).

Nessa mesma década foi criado o *Electronic Route Guidance* (ERG) nos EUA, considerado como parte do controle de tráfego (WILLIAMS, 2008).

Em 1986 teve início o programa PROMETHEUS (*Program for European Traffic with Efficiency and Unprecedented Safety*), liderado por empresas e universidades de 19 países onde foram desenvolvidas várias tecnologias associadas ao ITS e em 1988 foi lançado o projeto DRIVE (*Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe*) desenvolvido para teste de um sistema de comunicação para apoiar o processo de gestão de tráfego (FIGUEIREDO, 2005; JESUS, 2001).

Esses dois últimos projetos (*PROMETHEUS* e *DRIVE*) deram origem ao *PROMOTE* e a *Telematics Implementation Coordination* que em conjunto criaram a ERTICO (*Europe Road Transport Telematics Coordination Organization*), uma

organização mista público-privado com o objetivo de implementar e refinar um projeto Europeu de sistemas de transporte.

Nos anos 80, nos EUA, uma equipe de estudo criou a IVHS America (*Intelligent Vehicle Highway Systems*) com a intenção de formar um fórum para estabelecer o interesse no ITS e promover a cooperação internacional (JESUS, 2001) (WILLIAMS, 2008).

Em 1994, o USDOT (*United States Department of Transportation*) alterou o nome de IVHS para ITS America (*Intelligent Transportation Society of America*). Vários projetos foram desenvolvidos em mais de oito locais dos EUA (FIGUEIREDO, 2005).

Enquanto isso, no Japão, nos anos 80, foram desenvolvidos outros projetos, entre eles o RACS (*Road Automobile Communication System*) pelo Ministério de Obras Públicas. Algumas organizações industriais e acadêmicas organizaram a sociedade VERTIS (*Vehicle, Road and Traffic Intelligent Society*), que passou a se chamar *ITS Japan* em 2003, cuja função é apoiar e realizar atividades para promover o desenvolvimento do ITS, além da troca de informações com seus homônimos Europeus e Americanos, ERTICO e ITS America respectivamente.

2.2.3. ITS no Brasil

A adoção dos equipamentos no Brasil se deu intensamente quando o governo, federal e estadual, colocou a obrigatoriedade da utilização desses equipamentos nos editais de concessão.

Em 1997, o DNER apresentou em seu manual de procedimento básico para operação de rodovias, os canais de comunicação com os usuários da rodovia, que são, entre outros, o PMV e o Call Box (DNER, 1997).

Em 1997, a ARTESP elaborou e publicou um total de 12 editais de concessão para 12 lotes de rodovias paulistas. Nesses editais a agência obrigou a utilização de equipamentos ITS, mostrando assim o direcionamento para a adoção desses equipamentos.

A crescente utilização de equipamentos de ITS pelas concessionárias levou a ANTT, em 2009, a publicar a resolução Nº 3.323-A na qual define que todos os equipamentos de ITS das rodovias federais reguladas pela ANTT devem adotar os padrões de Protocolos de Comunicação de Dados e Dicionários de Padrões de dados do NTCIP.

Entretanto, ainda permanece o fato de haver uma grande variedade de equipamentos com vários fabricantes e várias versões, pois, como foi citado, o resultado disso é uma diversidade de estruturas de dados heterogêneas.

Gruber (2009) diz que ontologias são utilizadas para integração de bancos de dados heterogêneos, permitindo a interoperabilidade entre sistemas distintos, baseada no conhecimento. O estudo desses bancos heterogêneos fundamenta a criação de uma ontologia para permitir essa interoperabilidade.

2.3 Ontologia

O termo “Ontologia” vem do grego “*ontos*”, que quer dizer “ser”, juntamente com “*logos*” que significa “estudo de algo”. Sendo assim, a palavra “Ontologia” significa originalmente o estudo do ser. Atualmente, possui abordagem distinta na Ciência da Computação.

Ontologia, na área de Ciência da Computação, é definida por Gruber (1992) como sendo uma especificação explícita de uma conceituação. Numa extensão dessa definição, Guarino (1998) diz que uma ontologia é a especificação explícita e parcial e tenta se aproximar de uma estrutura do mundo definida por uma conceituação. Assim, uma ontologia passa a ter compromisso apenas com a consistência em um determinado domínio e não com a completude de todo o domínio. A ontologia advém daquilo de onde foi derivado, isto é, um conhecimento que pode ser obtido pela inferência sobre o que está imediatamente disponível, e não apenas formaliza o conhecimento imediato.

Domínio é certo fenômeno do mundo ou recorte do mundo. Para a criação abstrata desse fenômeno ou do recorte é necessário determinar os conceitos relevantes. Um conceito é uma noção ou ideia que se aplica aos elementos do

domínio. A identificação dos conceitos pertencentes a um domínio de interesse e dos relacionamentos entre conceitos torna possível estruturar o conhecimento, apresentando assim a descrição do fenômeno (MATSUBARA, 2012).

Toscano (2003) diz que quando o domínio de um conhecimento é representado em um formalismo declarativo, o conjunto de objetos a ser representado faz parte do denominado universo de discurso. O conjunto de objetos e as relações entre eles, que formam o universo de discurso, consistem num vocabulário. A ontologia pode então ser descrita pela definição de um conjunto de termos formados por esse vocabulário.

Uma das definições de ontologia, aplicada à ciência de computação, frequentemente citada é a de Gruber (2009):

“No contexto das ciências da informação e da computação, uma ontologia define um conjunto de representação primitiva, que é usado para modelar um domínio de conhecimento ou universo do discurso. As representações primitivas são tipicamente classes (ou conjuntos), atributos (ou propriedades) e relacionamentos (ou relações entre membros da classe). As definições das representações primitivas incluem informações sobre o seu significado e restrições na sua aplicação logicamente consistente. No contexto de sistemas de banco de dados, ontologia pode ser vista como um nível de abstração de modelos de dados, análogos aos modelos hierárquicos e relacionais, mas destinada a modelagem de conhecimento sobre os indivíduos, seus atributos e suas relações com outros indivíduos. Ontologias são normalmente especificadas em linguagens que permitem a abstração longe das estruturas de dados e suas estratégias de implementação; na prática, as linguagens de ontologias estão mais próximas do poder expresso da lógica de primeira ordem do que linguagens usadas para modelar bases de dados. Por esta razão, ontologias são descritas no campo "semântico", considerando que os esquemas da base de dados são modelos de dados em nível "lógico" ou "físico". Devido à sua independência de modelos de dados de níveis inferiores, ontologias são usadas para integração de bases de dados heterogêneos, permitindo a interoperabilidade entre sistemas desiguais e

especificando interfaces para os serviços baseados em conhecimento” (GRUBER, 2009).

O *World Wide Web Consortium* (W3C) coloca que as ontologias devem prover descrições para os seguintes tipos de conceitos:

- Classes (ou coisas) nos vários domínios de interesse;
- Relacionamentos entre essas coisas;
- Propriedades (ou atributos) que essas coisas devem possuir.

Semântica é ramo da linguística que é definida como o estudo do significado das palavras. Chateaubriand (1998) diz que uma das tendências mais fortes do final do século XX e início desse século é fazer a ontologia, de certa forma, derivar da semântica. A semântica, segundo o autor, tem a ver com a relação entre linguagem e realidade e é a partir dessa ideia que, evidentemente, ontologias e semântica se conectam. Com efeito, se a semântica tem a ver com a relação entre a linguagem e a realidade e a ontologia é o estudo da estrutura geral da realidade, então necessariamente haverá relações entre elas.

2.3.1. Ontologia e Engenharia de Software

É um tema estudado por vários autores que identificaram os possíveis usos das ontologias no contexto da engenharia de software. Como resultado, verifica-se que essas utilizações podem ocorrer em diversos níveis, tanto no tipo de ontologia a ser usada como no seu papel na engenharia de software (MATSHUBARA, 2012).

Guarino (1998) propõe a classificação da utilização de ontologia na engenharia de software de acordo com o momento em que a ontologia é usada:

- Desenvolvimento do sistema: A ontologia é usada para o sistema de software. Auxilia o arquiteto ou engenheiro de software na análise conceitual do domínio e possivelmente pode ser convertida em um dos componentes do sistema, assegurando a completude do mesmo;
- Execução do sistema: A ontologia é usada pelo sistema de software. Uma das razões para o uso da ontologia nesse momento é, por exemplo, para

possibilitar a comunicação entre os agentes de software, por meio de mensagens que contenham expressões elaboradas de acordo com a ontologia.

Alguns usos de ontologia no campo da engenharia de software pesquisadas por Uschold e Gruninguer (1996) e Uschold e Jasper (1999):

- Interoperabilidade – As ontologias podem ser usadas como uma espécie de ‘tradutor’ entre as diversas linguagens e representações, sendo mais eficiente que construir um tradutor para cada par encontrado que necessite de interação. Essa interoperabilidade se aplica para: diferentes participantes no projeto de software; heterogeneidade de informações; sistemas de aplicação; ferramentas de software; atribuição de significados distintos às mesmas palavras; culturas e políticas de organizações privadas e públicas;
- Comunicação – Ontologias permitem o compartilhamento do conhecimento, reduzem a ambiguidade conceitual de termos relevantes existentes no domínio, e facilitam a comunicação entre seres humanos e/ou agentes computacionais, isso considerando interesses, necessidades e pontos de vista distintos que cada um possa ter;
- Especificação – Sob uma perspectiva informal, ontologias podem auxiliar no processo de identificação de requisitos e no entendimento do relacionamento entre os componentes, principalmente quando há vários projetistas e partes interessadas no projeto. Já sob uma perspectiva formal, a ontologia permite a especificação declarativa de um sistema, dessa forma é possível que os projetistas trabalhem nas razões para que o sistema esteja sendo desenvolvido ao invés de ‘como’ suportar suas funcionalidades;
- Consistência – Ontologias formais¹ podem suportar verificações de consistência semiformais em relação à especificação declarativa da

¹ A diferença entre Ontologias Informais e Ontologias Formais está no fato da primeira ser expressa

ontologia, enquanto ontologias informais¹ podem ser usadas para verificações manuais do projeto;

- Busca – Uma ontologia pode ser usada como metadados, atuando como um índice de um repositório de informações;
- Reusabilidade – Uma ontologia deve suportar a importação e exportação de sub-ontologias (partes de uma ontologia) por meio da determinação de seus aspectos que possam ser reusados, mesmo em domínios e tarefas distintos. O objetivo nesse caso é obter bibliotecas de ontologias que possam ser reutilizadas e adaptadas a diferentes classes de problemas e ambientes;
- Manutenção – O estudo e o entendimento de um sistema de software são um dos maiores esforços necessários durante a fase de manutenção desse sistema. A ontologia pode ser uma peça da documentação do sistema de software;
- Aquisição de conhecimento – O uso de ontologias já existentes pode contribuir para acelerar e dar maior confiabilidade à aquisição de conhecimento para a construção de sistemas baseados em conhecimentos, fornecendo uma base inicial como um guia.

2.3.2. Tipos de Ontologia

Segundo Guarino (1998) as ontologias são classificadas, relativo ao conteúdo, nas seguintes categorias:

- Ontologias genéricas – Referem-se a conceitos de uma forma geral, os quais independem de um domínio particular. Por exemplo, espaço, tempo, evento;
- Ontologias de domínio – Apresentam conceitos sobre um determinado domínio, utilizando um vocabulário a partir de um domínio mais genérico. Por exemplo, ontologias de veículos, documentos, computação, medicina;

apenas em linguagem natural, enquanto a segunda é definida também através de linguagem de inferência (SALES, 2006)

- Ontologias de tarefas – Tratam de conceituações para resolução de problemas, sem levar em consideração o domínio no qual ocorrem. Ou seja, independentemente do domínio em que ocorram delineiam o vocabulário de acordo com uma atividade ou tarefa genérica. Por exemplo, a tarefa de realizar um diagnóstico, ou vender uma roupa.
- Ontologias de aplicação – Relaciona-se com conceitos inerentes a um domínio e tarefa específica. Estes conceitos geralmente descrevem funções realizadas por entidades do domínio, que exercem uma determinada atividade. Por exemplo, uma ontologia para uma aplicação que trabalhe com carros de luxo;
- Ontologias de representação – Explicam as conceituações que fundamentam os formalismos de representação do conhecimento, procurando tornar claros os compromissos ontológicos embutidos nestes formalismos.

Guarino (1998) sugere que ontologias sejam criadas de acordo com seu nível de generalidade. Uma ontologia de tarefa ou de domínio são especializações dos termos introduzidos por uma ontologia genérica. Já conceitos de uma ontologia de aplicação devem ser especializações dos termos das ontologias de domínio e de tarefa correspondentes. Nessa dissertação a ontologia proposta para a homogeneização de informações do equipamento PMV é a de domínio, uma vez que é mapeado o conhecimento das informações de bases de dados heterogêneas desse equipamento ITS.

2.3.3. Linguagens para representação de ontologias

A conceituação que compõe uma ontologia é uma entidade abstrata que para ser especificada, documentada ou registrada necessita ser capturada, ou seja, ter uma representação em termos de algum artefato concreto. Isso exige a necessidade de uma linguagem para representar essa ontologia de forma concisa, completa e não ambígua (MATSUBARA, 2012).

Atualmente há várias linguagens para a especificação de ontologias, tanto gráficas como em linguagem natural. Os autores Pollock e Hodgson (2004) sugerem alguns critérios básicos para apoiar a decisão sobre a escolha da linguagem de representação mais adequada. São eles:

- Acessibilidade – penetração da linguagem de representação na indústria e academia entre os profissionais e pesquisadores que irão utilizá-la;
- Processabilidade – orientação da linguagem de representação para ser processada por sistemas computacionais;
- Usabilidade – nível de facilidade para o aprendizado da linguagem de representação por novos usuários;
- Expressividade – a capacidade da linguagem de representação em capturar a semântica dos elementos do domínio de interesse de forma não ambígua;
- Cobertura do ciclo de vida – o escopo da linguagem de representação através de todo o ciclo do desenvolvimento.

Considerando as definições apresentadas anteriormente, ontologias se constituem numa poderosa ferramenta para suportar a especificação e a implementação de sistemas computacionais de qualquer complexidade (GUIZZARDI, 2000 apud MATSUBARA, 2012). A notação formal pode ser automaticamente verificada e validada. Outro ponto a ser considerado é que devido à natureza formal da notação utilizada, a especificação do domínio elimina contradições e inconsistências envolvendo restrições. Dentre algumas linguagens para notação de ontologias estão o *Resource Description Framework* (RDF¹), o *RDF-Schema* (RDF-S) e a *Ontology Web Language* (OWL). Hoje a OWL é uma recomendação da W3C (*World Wide Web Consortium*, 2007).

¹ RDF é uma linguagem para representar informação na Internet.

Arquivos RDF são modelos ou fontes de dados, tecnologia endossada e recomendada pela W3C, tendo como principais objetivos criar um modelo simples de dados, com uma semântica formal. Os arquivos RDF têm três componentes básicos: recurso, propriedade e indicação, o que torna a linguagem altamente escalável.

2.3.3.1. Linguagem OWL

A OWL é uma linguagem para definição e instanciação de ontologias Web. Uma ontologia OWL pode formalizar um domínio, definir classes e propriedades destas classes, definir indivíduos e afirmações sobre eles (domínios) e, usar a semântica formal OWL, especificar como derivar consequências lógicas, isto é, fatos que não estão presentes na ontologia, mas são vinculados pela semântica (SMITH, 2004).

Conforme Løvdahl (2011), ontologias desenvolvidas com o OWL são grafos RDF representando um conjunto de afirmações sobre um domínio em particular. Cada afirmação é representada por triplas, formadas por um sujeito, uma propriedade e um objeto. O sujeito e o objeto são nós do grafo, enquanto as propriedades são as arestas (RODRIGUES, 2014).

OWL pode ser utilizada para representar explicitamente o significado dos termos em vocabulários e os relacionamentos entre esses termos, definindo assim uma ontologia. Além disso a linguagem tem mais facilidades para expressar o significado e a semântica do que o *eXtensible Markup Language* (XML), o RDF, e o RDF-S, contribuindo dessa forma para uma maior compreensão do conteúdo Web pelas máquinas, já que o OWL adiciona mais vocabulário para descrever propriedades e classes, tais como: relações entre classes (por exemplo: disjuntas), cardinalidade (por exemplo: *exactly one*), características de propriedade (por exemplo: simétrica) (MATSHUBARA, 2012).

Segundo Harmelen e McGuinness (2004), a OWL possui três sub-linguagens incrementais projetadas para serem usadas por diferentes comunidades de implementadores e usuários:

- OWL Lite: é uma sub-linguagem da OWL DL que usa somente algumas características da linguagem OWL e possui mais limitações do que OWL DL ou OWL Full. Dá suporte para aqueles usuários que precisam, principalmente, de uma hierarquia de classificação e restrições simples. Permite somente cardinalidade com valores 0 ou 1. Assim, é mais simples criar ferramentas que suportam o OWL Lite do que as outras sub-linguagens;

- OWL DL: é usada por usuários que queiram o máximo de expressividade, com completude (todas as conclusões são garantidas de serem computadas) e capacidade de decisão (todas as computações terminarão em um tempo finito) dos mecanismos de raciocínio. Ela inclui todas as construções da linguagem OWL, mas estas construções somente podem ser usadas sob certas restrições, como separação entre tipos (uma classe não pode ser ao mesmo tempo um indivíduo ou tipo e uma propriedade não pode ser ao mesmo tempo um indivíduo ou uma classe). A sigla DL possui correspondência com a lógica descritiva (*description logics*), uma área de pesquisa que estuda um fragmento particular da lógica de primeira ordem;
- OWL Full: é usada por usuários que queiram o máximo de expressividade e independência sintática de RDF, sem nenhuma garantia computacional. A OWL Full e a OWL DL suportam o mesmo conjunto de construções da linguagem OWL, embora com restrições um pouco diferentes. Enquanto a OWL DL impõe restrições sobre o uso de RDF e requer disjunção de classes, propriedades, indivíduos e valores de dados, a OWL Full permite misturar OWL com RDF-S e não requer a disjunção de classes, propriedades, indivíduos e valores de dados. Isto é, uma classe pode ser ao mesmo tempo uma classe e um indivíduo.

Cada uma destas sub-linguagens é uma extensão de sua predecessora, isto é, cada ontologia válida em OWL Lite é uma ontologia válida em OWL DL, que por sua vez é uma ontologia válida em OWL Full e lembrando que esta relação não é simétrica, ou seja, uma ontologia válida em OWL Full pode ou não ser uma ontologia válida em OWL DL. Além disso, todo documento OWL (Lite, DL ou Full) é um documento RDF e todo documento RDF é um documento OWL Full, entretanto, somente alguns documentos RDF são documentos OWL Lite ou DL válidos.

Nessa dissertação será adotado o OWL DL, por sua robustez.

2.3.4. A Engenharia da Ontologia

A Engenharia de Ontologia é o agrupamento de atividades relacionadas ao processo de desenvolvimento, aos princípios, ao ciclo de vida, métodos e metodologias para a construção de ontologias, assim como linguagens e ferramentas para a sua especificação (GÓMEZ-PÉREZ et al., 2003).

Na literatura existem várias propostas de processos de construção de ontologias, dentre elas se destacam algumas como:

- a. o método Skeletal (USCHOLD e KING, 1995);
- b. o método TOVE (GRUNINGER e FOX, 1995);
- c. o método 101 (NOY e MCGUINNESS, 2001);
- d. o método Dogma (Spyns, Tang e Meersman, 2007);
- e. a metodologia Methontology (FÉRNANDEZ et al., 1997; 1999).

2.3.4.1. Método Skeletal

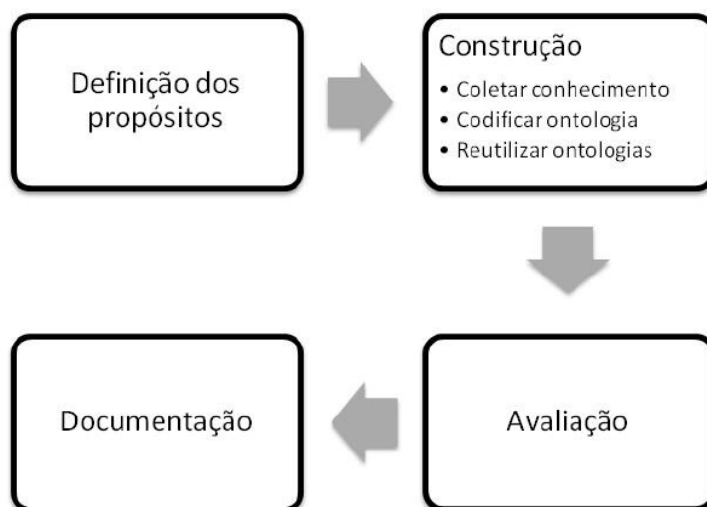
Skeletal foi o primeiro método para construção de ontologias proposto por Uschold e King (1995) e depois estendido por Uschold e Gruninger em 1996 (SILVA, 2008).

Os seguintes estágios foram considerados por Uschold e King (1995) como sendo necessários para uma metodologia abrangente (RODRIGUES, 2014):

1. Identificação do propósito e do escopo da ontologia;
2. Construção da ontologia, que se divide em:
 - a. Captura;
 - b. Codificação;
 - c. Integração com ontologias existentes.
3. Avaliação;
4. Documentação

A Figura 2 apresenta as etapas do método Skeletal.

Figura 2 – Processo de construção proposto pelo método Skeletal



Fonte: Rodrigues (2014)

A utilização de questões de competência e o uso de taxonomias são os destaques desse método que usa as questões de competência como o propósito da ontologia e podem ser utilizadas como um padrão de referência na etapa de validação, e a taxonomia representa a organização hierárquica entre os termos no domínio.

Uschold e Gruninger (1996) citam que as etapas não são suficientes para se definir uma metodologia, pois deveriam incluir técnicas, métodos e princípios para cada um das quatro etapas, e ainda indicar quais as relações existentes entre elas.

O método necessita de descrições precisas sobre as técnicas aplicadas em cada atividade além de não ser apoiada por um ciclo de vida e não fazer referência às atividades de manutenção para a ontologia (SURE e STUDER, 2001 apud RODRIGUES, 2014).

2.3.4.2. Método TOVE

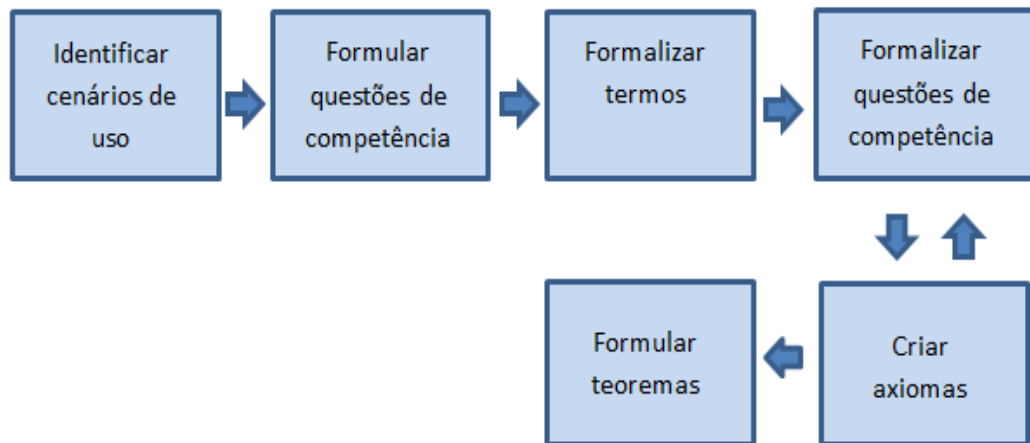
Proposto por Gruninger e Fox (1995), o método tem como base para o seu desenvolvimento o projeto *TOronto Virtual Enterprise* (TOVE) cujos princípios teóricos encontram-se na Inteligência Artificial (SILVA, 2008).

O método é composto por seis etapas:

1. Identificação dos cenários de uso;
2. Formulação das questões de competência;
3. Formalização de termos;
4. Formalização das questões de competência;
5. Criação de axiomas;
6. Formulação de teoremas para representar a ontologia.

A Figura 3 ilustra o processo de construção proposto pelo método TOVE.

Figura 3 – Processo de construção proposto pelo método TOVE



Fonte: Adaptado de Gruninger e Fox (1995)

Gruninger e Fox (1995) citam que as questões de competência podem ser consideradas requisitos em forma de perguntas, com as quais devem ser respondidas pela ontologia após sua conclusão. Outra característica é o uso de modelos intermediários para a construção da ontologia. A utilização de modelos permite o desenvolvimento iterativo, adicionando novas características de acordo com os níveis de abstração que se deseja representar (RODRIGUES, 2014)

López (1999) cita que há três pontos fracos desse método:

1. Ausência de uma separação clara entre cada etapa de desenvolvimento;
2. Carência de descrições detalhadas sobre cada atividade;
3. Falta de um ciclo de vida para o desenvolvimento da ontologia.

2.3.4.3. Método 101

Método desenvolvido por Natalya F. Noy e Deborah L. McGuinness por meio de uma experiência na concepção de uma ontologia de vinhos e alimentos. As autoras afirmam que “não há uma única metodologia correta para construção de ontologias” (SILVA, 2008).

O método 101 fornece instruções passo-a-passo para o desenvolvimento de uma ontologia usando o editor Protégé¹ (FARIA, 2009).

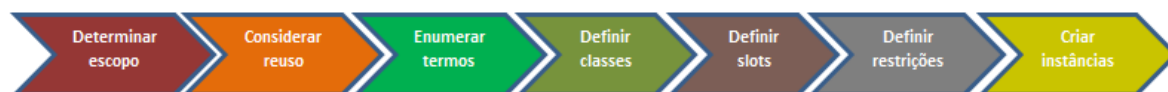
Basicamente o método propõe quatro atividades para a elaboração de uma ontologia: definir classes da ontologia; organizar as classes em uma taxonomia; definir slots (propriedades das classes) e descrever seus valores permitidos; e adicionar valores de slot para as instâncias (SILVA, 2008).

Essas atividades implicam em decisões de modelagem, além de se encontrarem dentro de um processo iterativo de um ciclo de vida da ontologia. Para tanto, sete passos são considerados importantes no processo de construção da ontologia, segundo o método:

1. Identificação do domínio e âmbito da ontologia;
2. Reutilização de ontologias existentes;
3. Enumeração dos termos importantes da ontologia;
4. Definição de classes e sua hierarquia;
5. Definição das propriedades das classes;
6. Definição das restrições;
7. Criação de instâncias.

A Figura 4 apresenta o processo de construção do método 101.

Figura 4 – Processo de construção de ontologia do método 101



Fonte: Adaptado de Noy e McGuinness (2001)

¹ Protégé é uma ferramenta *open-source* para criar e gerenciar ontologias.

Segundo Torres (2012), o método 101 tem uma abordagem interessante por facilitar a elaboração de uma ontologia por meios práticos de extração de conhecimento, todavia o especialista é consultado somente ao final do processo o que gera problemas, uma vez que erros podem ocorrer ao longo do ciclo de construção da ontologia, e pode dificultar a correção da ontologia se todas as etapas não forem refeitas.

Outra desvantagem citada por Faria (2009) é que o método 101 não é independente da ferramenta de implementação, ou seja, o Protégé.

2.3.4.4. Método DOGMA

O método DOGMA (Developing Ontology-Grounded Methods and Applications), desenvolvido pelo VUB STARLab¹, é apoiado em linguagem natural e representa o conhecimento por meio dos conceitos de *lexon* e contextualização (RODRIGUES, 2014). *Lexon* é definido por Spyns, Tang e Meersman (2007), como uma representação linguística e formal de uma afirmação sobre o domínio.

O DOGMA tem o ciclo de vida descrito por seis etapas (RODRIGUES, 2014):

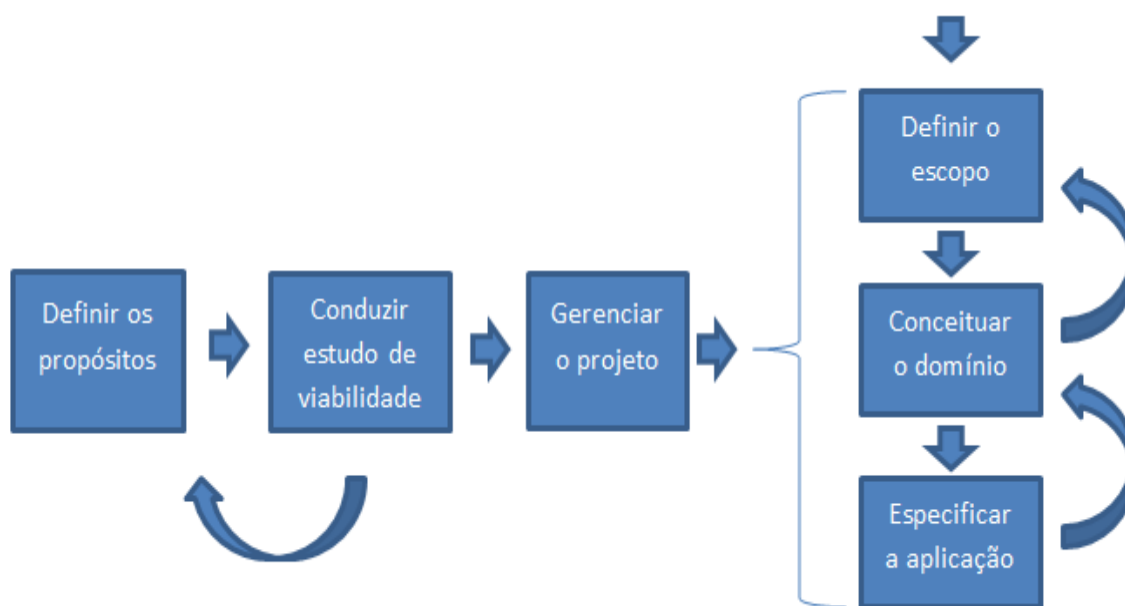
1. Definição dos propósitos da ontologia;
2. Condução do estudo de viabilidade;
3. Gerenciamento do projeto;
4. Definição do escopo;
5. Conceitualização do domínio;
6. Especificação da aplicação.

A Figura 5 apresenta as seis etapas do DOGMA

¹ O VUB STARLab (Semantics Technology and Applications Research Laboratory), fundado pelo Prof. Dr. Robert Meersman, dedica-se a pesquisa nas áreas de ontologia, base de dados, semântica, teoria de modelos, entre outros. Mais informações em: <http://starlab.vub.ac.be/website/>

Rodrigues (2014) sugere melhorias para o método, reduzindo a possibilidade de retrabalho e descrevendo com maiores detalhes algumas das atividades do ciclo de vida do DOGMA.

Figura 5 – Processo de construção de ontologia do método DOGMA



Fonte: Adaptado de Spyns, Tang e Meersman (2007)

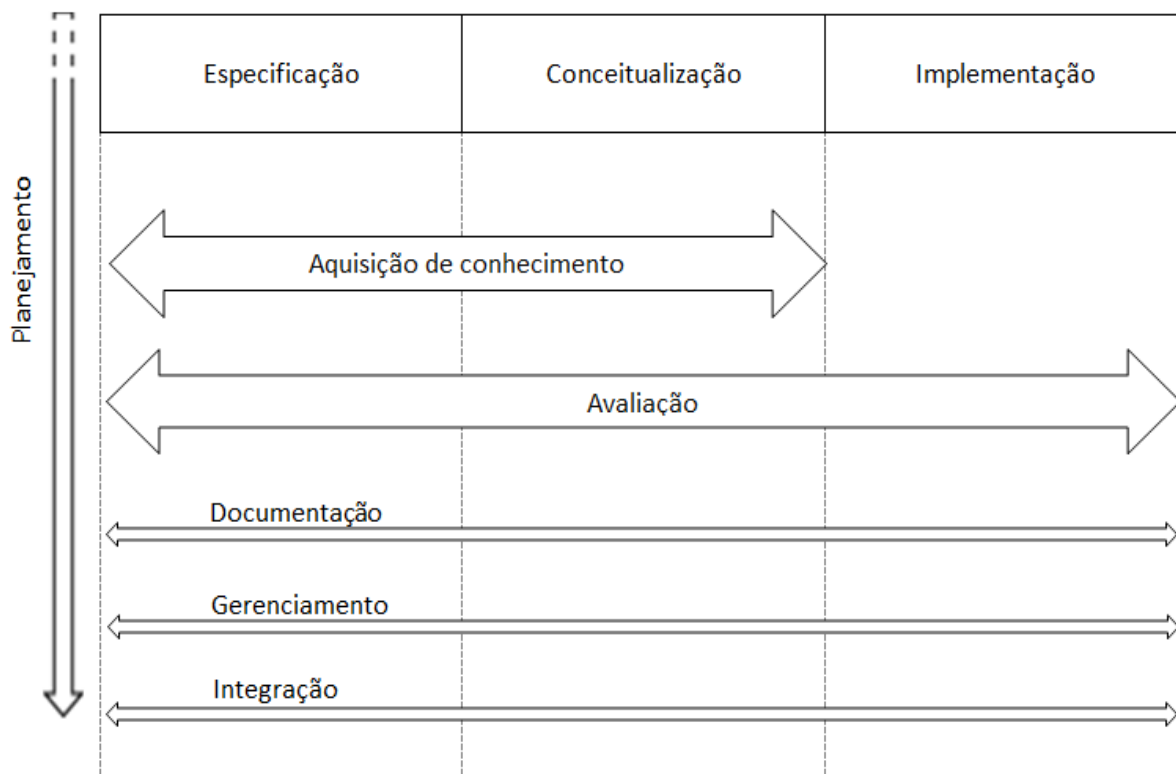
2.3.4.5. Metodologia METHONTOLOGY

O Methontology foi desenvolvido por Fernández et al. (1997) com o objetivo de criar uma especificação informal, semi-formal ou formal de uma ontologia utilizando, respectivamente, linguagem natural, um conjunto de representações intermediárias ou questões de competência. A metodologia é apoiada em um ciclo de vida formado pelas etapas de especificação, conceitualização, integração e implementação. As atividades de aquisição de conhecimento, avaliação, gerenciamento e documentação são executadas durante toda a metodologia. (FRANZOTTI, 2012; RODRIGUES, 2014).

O Método oferece suporte ao desenvolvimento de ontologias no nível do conhecimento baseado em padrões para desenvolvimento de software. É um método essencialmente descritivo.

A Figura 6 ilustra o ciclo de vida proposto pelo Methontology.

Figura 6 – Processo de construção de ontologia da metodologia Methontology



Fonte: Adaptado de Fernández et al. (1999)

A atividade de Aquisição do Conhecimento, que é executada por todo o processo, é uma atividade de apoio que é intensa nas etapas iniciais e decrescendo com o decorrer do método. Essa atividade pode ser realizada de maneira formal por meio de entrevistas com especialistas do domínio, identificação de termos em textos, técnicas de brainstorming, ou mesmo de forma informal por meio de entrevistas não estruturadas, ou com a leitura de artigos sobre o domínio.

Na etapa de Especificação é elaborado um documento de especificação inicial da ontologia a ser criada, escrita em linguagem natural. Esse documento deve conter ao menos as seguintes informações:

- O objetivo da ontologia (para que será criada);

- O nível de formalidade da ontologia, que pode ser classificada como informal, semiformal ou formal;
- O escopo da ontologia, que inclui o conjunto de termos a serem representados, suas características e granularidade.

Na etapa de Conceitualização um modelo conceitual é produzido por meio do conhecimento adquirido. Para cada atividade dessa etapa uma parte desse modelo é criado. O Glossário de Termos (GT), atividade inicial, é criado. Nele são relacionados os conceitos, instâncias, verbos e propriedades identificados nas fases anteriores. Desse GT são extraídos outros artefatos como o dicionário de conceitos e seus relacionamentos, propriedades e instâncias, dicionário dos verbos identificados e as regras para sua execução. Também são descritos os axiomas formais que definem regras de relacionamento e de restrição.

Na fase de Integração é feita uma pesquisa para a identificação de ontologias existentes das quais os termos identificados possam ser reutilizados a partir do modelo conceitual.

A etapa de Implementação consiste em codificar a ontologia. O modelo conceitual é implementado de forma a gerar um modelo formal. Nessa etapa é utilizado um ambiente para o desenvolvimento de ontologia.

A atividade de Avaliação é executada durante o processo de execução do método, com maior destaque a partir da etapa de Conceitualização. Essa atividade consiste em verificar se a mesma está correta, ou seja, se representa corretamente o conhecimento, e se o seu escopo atende o objetivo descrito na fase de Especificação, onde isso é detalhado em um artefato chamado Documento de Avaliação. Após a análise feita nessa atividade, de acordo com o resultado, é verificada a necessidade ou não de uma revisão da ontologia criada. Uma revisão do modelo conceitual, na etapa de Conceitualização, é iniciada caso seja necessário.

O Methontology foi a metodologia adotada nessa dissertação por ter influência dos processos de engenharia de software, abrangendo a maioria dos aspectos do processo de desenvolvimento de software normalmente aceitos.

Outro motivo pela adoção da dessa metodologia é pela conformidade com o ciclo de vida de software proposto pela norma IEEE 1074-2006. Além de descrever a identificação do processo de desenvolvimento da ontologia com a divisão em três tipos de atividades a serem elaboradas (atividades de gerenciamento, atividades orientadas ao desenvolvimento e atividades de suporte), descreve o ciclo de vida de uma ontologia a partir da evolução de protótipos, assim como técnicas específicas para cada atividade executada (BRANDÃO e LUCENA, 2002).

Por fim, a metodologia Methontology se destaca por fornecer detalhes de como proceder na condução de uma dada atividade, sem considerar que o desenvolvedor da ontologia já domine o assunto sobre construção de ontologia e não necessite de detalhes sobre atividades e procedimentos envolvidos (SILVA, 2008).

2.3.5. Ferramentas de desenvolvimento e edição de Ontologias

Matsubara (2012) diz que na implementação ocorre o processo de criação da ontologia. O desenvolvimento e edição de ontologias não é uma tarefa simples, já que significa tornar explícito o conhecimento de um domínio, ou seja, algo implícito. Com a ideia de ajudar no processo de construção de ontologias surgiram as ferramentas de edição. Essas ferramentas podem simplificar consideravelmente esse processo de construção, desde o início ou a partir de outras já existentes. Estas ferramentas incluem documentação, importação e exportação de ontologias existentes (de diferentes formatos), visualização gráfica, bibliotecas e mecanismos de inferência.

Muitas ferramentas foram propostas em função da diversidade de linguagens de construção de ontologias existentes. Praticamente todas as linguagens possuem ao menos uma ferramenta para apoiar a construção de ontologias. Entre elas estão:

- OilEd: Este editor foi o primeiro a permitir a representação de ontologias utilizando a linguagem OIL DAML+¹. Embora seja baseado em Protégé, a OilEd é muito simples e não lida com grandes ontologias. Não é um ambiente

¹ Oil DAML+: É uma linguagem de marcação semântica para recursos da Web. Baseia-se em padrões W3C anteriores, como RDF e RDF Schema.

completo para desenvolvimento de ontologias, já que não apoia o desenvolvimento em larga escala, a migração e a integração de ontologias, bem como seu versionamento, argumentação e muitas outras atividades que envolvem a construção de ontologias (BAPTISTA et al., 2004);

- **OntoEditor:** Com o OntoEditor uma ontologia é definida e apresentada como grafo implementada por meio de bibliotecas denominadas de TouchGraph¹ que permite a manipulação, edição e visualização dos grafos. Outra característica importante permitida pela OntoEditor é a utilização de um sistema de base de dados para a persistência e recuperação da ontologia. Assim o OntoEditor suporta consultas das ontologias utilizando metadados e a própria descrição da ontologia, uma vez que ele permite consulta por RDF (BAPTISTA et al., 2004);
- **Ontolingua:** é uma ferramenta de ontologia desenvolvida pela Universidade de Stanford, que suporta várias linguagens de ontologias como DAML e RDF-S. Foi desenvolvida para dar suporte a projetos e especificações de ontologias com uma semântica lógica clara (ISLAM et al., 2010);
- **Protégé:** É uma ferramenta de interface gráfica, bem conhecida e, provavelmente, a ferramenta de edição de ontologia mais estável desenvolvida pela Universidade de Stanford. Ela dá suporte à construção de ontologia e contempla uma arquitetura modulada, permitindo a inserção de novos recursos. Ela fornece suporte para RDF-S e OWL. Além disso, a ferramenta pode ser estendida por meio de *plug-in*². Assim, analisadores de ontologia, como o Pellet³, podem ser anexados a essa ferramenta (ISLAM et al., 2010);
- **WebOnto:** Ferramenta que possibilita a navegação, criação e edição de ontologias, representadas na linguagem de modelagem *Open Configuration and Management Layer* (OCML). Permite o gerenciamento de ontologias por interface gráfica, inspeção de elementos, verificação da consistência da

¹ <http://www.touchgraph.com/TGGoogleBrowser.html>

² Plug-in: É um programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica. Geralmente pequeno e leve, é usado somente sob demanda.

³ Pellet: É um analisador OWL DL com base nos algoritmos de *tableaux*. Ele é escrito em Java e é open source.

herança e trabalho cooperativo. Possui uma biblioteca com mais de cem ontologias (DOMINGUE et al., 2001)

- WebODE: Ambiente para engenharia ontológica que dá suporte à maioria das atividades de desenvolvimento de ontologias. A integração com outros sistemas é possível, importando e exportando ontologias de linguagens de marcação (ARPÍREZ et al., 2001).

A ferramenta Protégé foi a escolhida nessa dissertação. Algumas razões para a utilização dessa ferramenta são:

- Possibilita a geração do código fonte da ontologia, no caso OWL;
- Possui em editor gráfico de ontologia;
- Permite a inserção de novos recursos;
- Tem código livre.

2.3.6. Bibliotecas de ontologias

Quando há reuso de ontologias pré-existentes, existem duas possibilidades basicamente: alinhar a ontologia a outras ontologias, preservando as ontologias originais, ou mesclar ontologias, com o propósito de criar uma única ontologia a partir das ontologias originais (GIANNOTTI, 2010).

A Tabela 1 apresenta uma relação de bibliotecas de ontologias disponíveis na Web.

Segundo a autora, é importante a consulta às bibliotecas, seja para alinhar a ontologia a outras, ou seja, para mesclar com ontologias existentes.

As bibliotecas da Tabela 1 foram consultadas e não foram encontradas ontologias para o equipamento ITS-PMV, tampouco para qualquer outro tipo de equipamento ITS.

Tabela 1 – Relação das bibliotecas de ontologias disponíveis na Web

Nome	Origem	Link
Ontoselect	Competence Center Semantic Web (dfki) – Germany	http://olp.dfki.de/OntoSelect
Protégé	Stanford University – USA	http://protegewiki.stanford.edu/wiki/Protege_Ontology_Library
Swoogle	Project – University of Maryland – USA – 2004 – 2006	http://swoogle.umbc.edu/
Watson	Knowledge Media Institute, The Open University – UK	http://watson.kmi.open.ac.uk/WatsonWUI/
Neon	Gómez-Pérez group – Spain	http://www.neon-project.org/nw/Ontologies
DAML	Boston – USA – 2000	http://www.daml.org/ontologies/

Fonte: Adaptado de Giannotti, 2010

2.3.7. A Ontologia e o ITS

Pribyl et al. (2012), dizem que foram elaboradas várias normas para a área de ITS. É possível identificar cerca de 180 normas ativas no âmbito do Comitê Europeu de Normalização (CEN/TC278). Em conjunto com a Organização Internacional para Padronização voltada para ITS (ISO/TC204), existe mais de 310 normas. Algumas dessas normas estão sob-revisão e uma parte significativa delas foi concluída.

Para os autores Pribyl et al. (2012), as normas são documentos específicos e estruturados. Por isso, a proposta dos autores é encontrar conjuntos de instruções típicas (e análogas) nas normas e então coletar um conjunto de regras de como transformar estas típicas declarações em sentenças lógicas de primeira ordem. Para isso os autores propõem a criação de uma ontologia baseada nas normas de cobrança eletrônica.

A base para a ontologia proposta pelos autores é um dicionário terminológico, elaborado pela *Traffic Telematics Association* (SDT), que incluiu 450 páginas de

termos de acordo com o comitê CEN/TC278, que aborda a cobrança eletrônica de pedágio.

A ontologia criada pelos autores Pribyl et al. (2012) aborda a cobrança eletrônica de pedágio, ressaltando que ela (cobrança eletrônica) também faz parte do ITS. Entretanto, essa ontologia criada pelos autores não abrange outros equipamentos ITS, como por exemplo, o PMV. Os autores usaram as normas de ITS para a proposição dessa ontologia.

A ontologia proposta nessa dissertação será criada baseando-se no estudo das diversas bases de dados dos fabricantes do equipamento PMV. Além disso, assim como os autores Pribyl et al. (2012), que buscaram nas normas de ITS a aquisição de conhecimento para a elaboração da ontologia para área de cobrança eletrônica, nessa dissertação são avaliadas as normas do NTCIP e a resolução 3576 da ANTT, voltadas para o equipamento ITS-PMV.

Também foram estudados relatórios técnicos contendo o conhecimento de especialistas do domínio ITS-PMV no estado de São Paulo, ligados às empresas concessionárias de rodovias (reguladas pela ARTESP), com o propósito de se obter maiores informações para a etapa de Aquisição do Conhecimento do método Methontology, adotado nessa dissertação.

2.3.8. Ontologia para integração de Bases de Dados heterogêneas

Um dos grandes problemas encontrados, quando se tenta integrar fontes ou base de dados, encontra-se principalmente na forma como os dados foram estruturados e armazenados. Vários tipos de heterogeneidade podem ser encontrados, quando se quer extrair informações contidas em mais de uma fonte. Shelth (1999) cita que é possível classificar essas heterogeneidades como segue abaixo:

- Heterogeneidade de Sistemas: Uma mesma empresa com diferentes requisitos a serem atendidos pode necessitar de diferentes sistemas a fim de atender estas necessidades. Neste caso a heterogeneidade está relacionada

às diferenças entre as arquiteturas do sistema, tipo de hardware, sistemas operacionais, modelo de dados, linguagem do host;

- **Heterogeneidade Estrutural:** Está relacionada ao fato de que diferentes fontes de informação armazenam seus dados em estruturas com esquemas distintos. Diferenças entre estruturas são provenientes de diferentes esquemas de dados. Exemplo: A identificação de um cliente pode estar representada em uma filial pelo número do seu CPF enquanto que em outra por um número identificador sequencial;
- **Heterogeneidade Sintática:** Ocorre quando existem diferenças no formato de representação de um dado. Um exemplo para ilustrar a heterogeneidade sintática é o caso de um campo “sexo” em duas bases de dados distintas onde em uma delas a informação armazenada é “M” ou “F”, e na outra a informação armazenada é “0” ou “1”. Esta heterogeneidade não é muito complicada de ser resolvida, pode ser vencida com o uso de um dicionário de termos léxicos;
- **Heterogeneidade Semântica:** A heterogeneidade semântica leva em consideração o significado dos dados armazenados. Alguns dados encontrados podem ser classificados como palavras homófonas, ou seja, mesma grafia, mas com significado diferente, como exemplo a palavra manga, hora como fruta, hora como parte de uma camisa; e Homônimas, isto é, grafias diferentes, mas com significado igual, como exemplo: animal e bicho. Ou ainda podem ocorrer problemas de semântica devido à interpretação ou intenção do uso dos mesmos dados.

Sonia e Khan (2007) citam que para lidar com a heterogeneidade de fontes de dados é necessário que esses sejam representados em um modelo conceitual. Ontologia é a especificação explícita de conceituação que lida com a heterogeneidade semântica das fontes e facilita a interoperabilidade entre elas.

Os autores acima utilizam uma técnica que consiste em duas etapas. A primeira extrai metadados das fontes de dados, e a segunda etapa usa esses metadados para a elaboração de um modelo conceitual.

A técnica apresentada é aplicada em um ambiente distribuído, onde documentações, instruções DDL¹, e especialistas de domínio não estão disponíveis e dicionários de dados são incompletos ou ausentes. A técnica se concentra em extrair metadados das tabelas relacionais, na ausência de informação suficiente. Os metadados extraídos são convertidos em um modelo E-R² e estendido para um diagrama E-R que é útil para compreender o domínio.

O método de extração de metadados inicia-se após quatro premissas:

1. A entrada para a extração de metadados são tabelas relacionais de uma fonte onde as restrições são especificadas para cada atributo;
2. Estruturas de tabelas e relacionamentos são considerados;
3. As tabelas de entrada estão na terceira forma normal;
4. As novas tuplas (registros) adicionadas à base de dados são consistentes com as suas características.

Então um esquema intermediário é projetado para armazenar o modelo conceitual. Os principais passos do método são:

1. Entidades e Atributos: Entidades e seus atributos são identificados nesta etapa;
2. Chaves de identificação: As chaves são identificadas nesta etapa. Chaves são essenciais para construir associação referencial entre tabelas. Eles ajudam a identificar relacionamentos, cardinalidades, superclasse e subclasse para entidades.
3. Extração da Multiplicidade: Identificação das participações e das cardinalidades. Elas são necessárias para identificar superclasses, subclasses e relacionamentos. Participação: Determina se todos ou algumas entidades participam de um relacionamento. Cardinalidade: Determina o número de ocorrências entre entidade participantes em um relacionamento;

¹ *Data Definition Language*, ou Linguagem de Definição de Dados – é uma linguagem usada para a definição de estruturas de dados. (exemplos: *create table*; *alter table*)

² Entidade Relacionamento

4. Identificação das superclasses e subclasses: Elas ajudam a atribuir herança e hierarquia;
5. Identificação dos relacionamentos: relacionamentos muitos-para-muitos, relacionamentos n-ários representados como entidades, são transformados em tabelas no projeto lógico.

Após a extração dos metadados, a próxima etapa é mapear os metadados para a ontologia. Os princípios de mapeamento de metadados para a ontologia são:

1. Uma entidade é mapeada em um conceito;
2. A classe e as propriedades do objeto são mapeadas. A dependência de inclusão de cada chave estrangeira na chave primária é mapeada nas propriedades do objeto. O seu intervalo e domínios são especificados. Cada atributo das relações, excluindo-se a chave estrangeira da relação, é mapeado para a propriedade do tipo de dados. Seus tipos de dados e intervalo são especificados;
3. Restrições são aplicadas nas propriedades. Nas chaves estrangeiras restrições de 'todos os valores de' são aplicadas na chave primária. Cardinalidades mínimas e máximas são especificadas para valores únicos e não nulos.

Resumindo, os autores – Sonia e Khan (2007) – apresentaram uma técnica para mapear bancos de dados relacionais e, assim, extrair conceitos com o objetivo de construir uma ontologia para facilitar a integração de dados. Portanto, a técnica faz essa extração por meio das fontes de dados que devem estar na terceira forma normal. Ela identifica as entidades, atributos, chaves, os relacionamentos, superclasses, cardinalidades, restrições de participação e tabelas compartilhadas, com isso obtendo os metadados necessários para aquisição do conhecimento.

Nessa dissertação são aplicadas em parte as técnicas propostas pelos autores Sonia e Khan (2007), pois abordam um cenário semelhante ao pretendido nessa dissertação. O motivo disso é porque no cenário apresentados pelos autores, eles não contam com as estruturas de dados, apenas com as informações

(registros). Já nesta dissertação as estruturas de dados são conhecidas, não sendo necessária a aplicação de toda a técnica dos autores acima.

2.4 Considerações finais

Essa seção abordou a introdução ao ITS e o tema ontologia e sua relação com a engenharia de software. Abordou também a utilização da ontologia para resolver problemas de integração de bancos de dados heterogêneos.

Foi apresentado como é o processo de desenvolvimento de uma ontologia de domínio. Alguns dos métodos e metodologias foram apresentados com suas características, sendo adotada nesta dissertação a metodologia Methontology.

Foram citadas algumas ferramentas de desenvolvimento e edição de ontologias, sendo adotada nesta dissertação a ferramenta Protégé.

Foram consultadas na web algumas bibliotecas de ontologias. Não foi encontrado nenhum exemplo de ontologia para equipamento ITS-PMV. Mas, sim, foi encontrado o artigo de Pribyl et al (2012) com um exemplo de ontologia para um sistema de cobrança eletrônica de pedágio.

Foi estudado um trabalho dos autores Sonia e Khan (2007) que aplicam uma técnica para a extração de conceitos advindos de fontes de dados com o objetivo de se construir uma ontologia. Partes dessa técnica foram usadas nessa dissertação por apresentar um cenário semelhante.

Para a atividade aquisição do conhecimento as fontes de pesquisa foram: bases de dados dos fornecedores de equipamentos ITS-PMV, relatórios técnicos obtidos por meio de entrevistas com os especialistas das concessionárias de rodovias, norma internacional e resolução federal.

Este pode ser um caminho para a evolução do ITS no Brasil, pois com um conceito formal (ontologia) pode-se alcançar a interoperabilidade, reusabilidade e escalabilidade.

3 AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO DAS INFORMAÇÕES DO EQUIPAMENTO ITS-PMV

3.1 Introdução

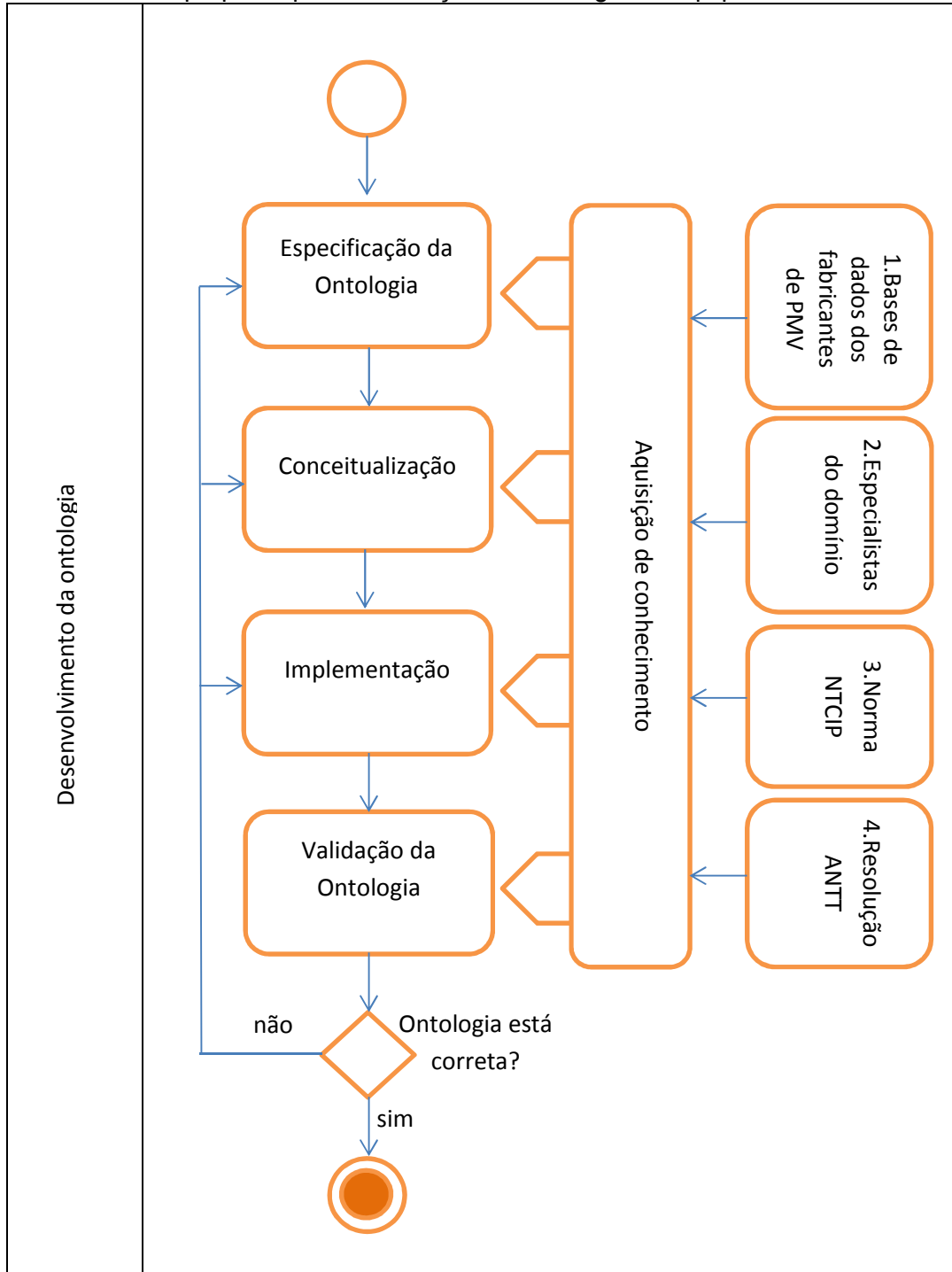
Conforme proposto pela Methontology, metodologia usada nessa dissertação para o desenvolvimento da ontologia proposta, para a condução dessa atividade, além das informações dos bancos de dados dos fornecedores de sistema do equipamento ITS-PMV, foram analisadas outras fontes de conhecimento para compor um entendimento mais completo do equipamento ITS-PMV para a etapa “Aquisição de Conhecimento” da Methontology. Para tanto as fontes de conhecimento pesquisadas foram:

1. Bases de dados dos fabricantes de ITS-PMV: Foram estudados os bancos de dados dos fabricantes de sistema do equipamento ITS-PMV para a extração de informações. Para essa atividade foi usada a técnica apresentada por Sonia e Khan (2007).
2. Conhecimento dos especialistas do domínio: Foram estudados relatórios técnicos frutos de um trabalho do IPT (equipe em que o autor dessa dissertação fez parte) em parceria com a ARTESP, trabalho esse que foi elaborado a partir de entrevistas técnicas junto a especialistas em equipamentos ITS de cada uma das 17 (dezessete) concessionárias do estado de São Paulo que operam seus trechos utilizando esses equipamentos.
3. Norma NTCIP-1203: Foi estudada a norma NEMA específica para o equipamento ITS-PMV;
4. Resolução da ANTT: Foi estudada a resolução 3576 de 2010 da ANTT, capítulo III que trata especificamente do equipamento ITS-PMV juntamente com o anexo III dessa resolução.

A Figura 7 apresenta a estrutura do procedimento proposto: Especificação da ontologia, conceitualização, implementação, validação, e a etapa de Aquisição de Conhecimento ocorrendo durante todo o processo. Após as três etapas

(especificação, conceitualização e implementação) a ontologia é analisada na fase de validação. Caso nessa fase seja constatado algum problema, a ontologia é novamente verificada nas etapas especificação, ou conceitualização, ou implementação, até que ela (ontologia) seja validada.

Figura 7 – Estrutura proposta para elaboração da ontologia do equipamento ITS-PMV



Fonte: elaborado pelo autor

3.2 Estudo das bases de dados dos fabricantes de PMV

Para o levantamento das informações dos bancos de dados dos fabricantes de PMV, cinco sistemas são analisados para a extração de metadados para a obtenção do conhecimento de operação do equipamento ITS-PMV.

O estudo das bases de dados dos fabricantes se deu por conter o conhecimento que estes têm em relação à operação do equipamento ITS-PMV.

A seguir são apresentadas as tabelas dos bancos de dados de cada fabricante para a análise.

A Tabela 2 mostra as tabelas que compõem o sistema da Empresa A.

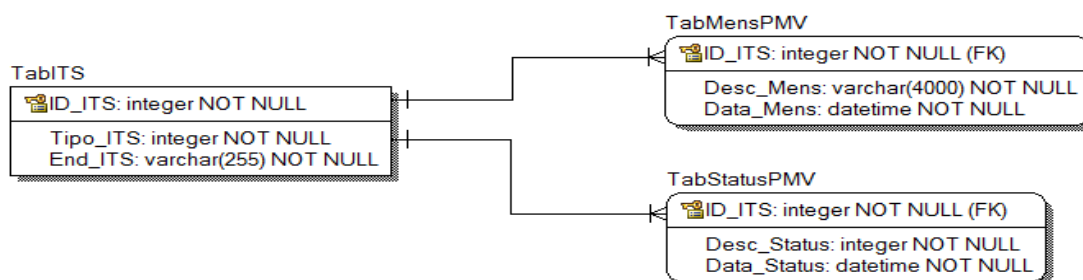
Tabela 2 – Tabelas do sistema da Empresa A

Tabela: TabITS (Tabela de cadastro de equipamentos ITS (inclusive PMVs))					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_ITS	integer	sim	Id de cada equipamento	sim	1-1 TabMensPMV 1-1 TabStatusPMV
Tipo_ITS	integer	sim	Coluna para identificar o tipo do equipamento (PMV = 1)	não	-
End_ITS	varchar(255)	sim	Coluna que armazena o endereço inteiro (Rodovia+km+complemento+sentido) Exemplo (SP330 Km210+050_S)	não	-
Tabela: TabMensPMV (Tabela de mensagens dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_ITS	integer	não	Id do equipamento	sim. Refere-se à ID_ITS da tabela TabITS	1-1
Desc_Mens	varchar(4000)	sim	Armazena a mensagem enviada ao PMV.	não	
Data_Mens	datetime	sim	Armazena data/hora da mensagem	não	
Tabela: TabStatusPMV (Tabela de status do PMV)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_ITS	integer	sim	Id de cada equipamento	sim. Refere-se à ID_ITS da tabela TabITS	1-1
Desc_Status	integer	sim	Status do equipamento. Exemplo ("0" para "sem comunicação", "1" para "com comunicação")	não	
Data_Status	datetime	sim	Armazena data/hora do status	não	

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 8 mostra o Modelo Entidade-Relacionamento do sistema da Empresa A.

Figura 8 – Modelo E-R do sistema da Empresa A



Fonte: elaborado pelo autor (usando ferramenta Erwin)

A Tabela 3 mostra a tabela que compõem o sistema da Empresa B.

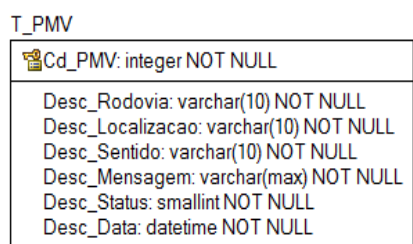
Tabela 3 – Tabelas do sistema da Empresa B

Tabela: T_PMV (Tabela de cadastro dos PMVs, status, e mensagem)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
Cd_PMV	integer	sim	Id de cada equipamento	não	-
Desc_Rodovia	varchar(10)	sim	Nome da Rodovia (Exemplo: "SP310")	não	-
Desc_Localizacao	varchar(10)	sim	Localização do equipamento (Exemplo: "Km291+690")	não	-
Desc_Sentido	varchar(10)	sim	Sentido de implantação do equipamento (Exemplo: "Norte")	não	-
Desc_Mensagem	varchar(max)	sim	Armazena a mensagem enviada ao PMV	não	-
Desc_Status	smallint	sim	Status do equipamento. Exemplo ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")	não	-
Desc_Data	datetime	sim	Data de exibição da mensagem	não	-

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 9 mostra o Modelo Entidade-Relacionamento do sistema da Empresa B.

Figura 9 – Modelo E-R do sistema da Empresa B



Fonte: elaborado pelo autor (usando ferramenta Erwin)

A Tabela 4 mostra a tabela que compõem o sistema da Empresa C.

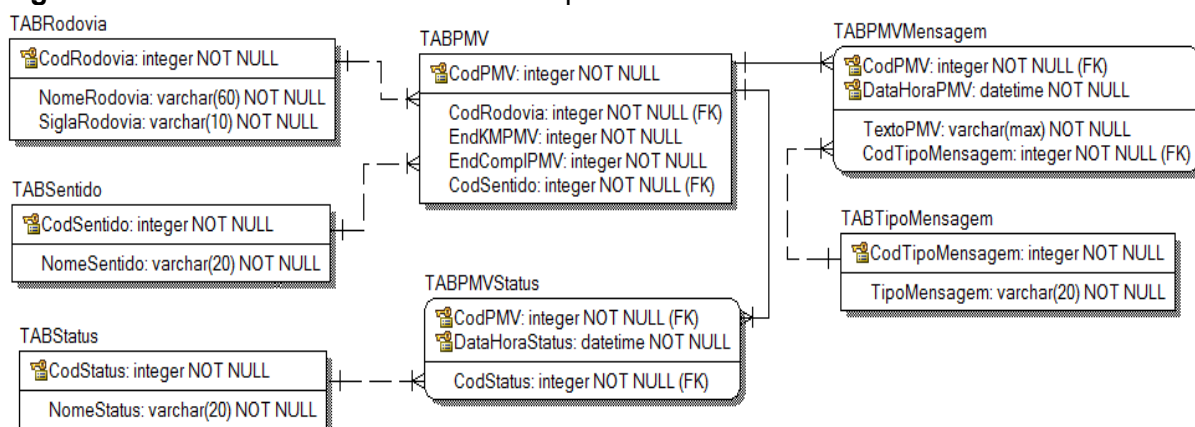
Tabela 4 – Tabelas do banco da Empresa C

Tabela: TABPMV (Tabela de cadastro dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
CodPMV	integer	sim	Id de cada equipamento	sim	1-N TABPMVMensagem 1-N TABPMVStatus
CodRodovia	integer	sim	Id da Rodovia	não, refere-se à CodRodovia da tabela TABRodovia	1-N
EndKMPMV	integer	sim	Km onde está o PMV	não	-
EndComplPMV	integer	sim	Complemento onde está o PMV	não	-
CodSentido	integer	sim	Id da Sentido do equipamento	não, refere-se à CodSentido da tabela TABSentido	1-N
Tabela: TABPMVMensagem (Tabela de mensagens dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
CodPMV	integer	sim	Id de cada equipamento	sim, refere-se à CodPMV da tabela TABPMV	1-N
DataHoraPMV	datetime	sim	Armazena a data/hora em que a mensagem foi postada.	Sim	-
TextoPMV	varchar (max)	sim	Armazena a mensagem.	Não	-
CodTipoMensagem	integer	sim	Id do tipo da mensagem	não, Refere-se à CodTipoMensagem da tabela TABTipoMensagem	1-N

Tabela: TABTipoMensagem (Tabela de Tipo de Mensagens dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
CodTipoMensagem	integer	sim	Id de cada equipamento	sim	1-N TABPMVMensagem
TipoMensagem	varchar (20)	sim	Descrição do tipo da mensagem	não	-
Tabela: TABPMVStatus (Tabela de status dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
CodPMV	integer	sim	Id de cada equipamento	sim, refere-se à CodPMV da tabela TABPMV	1-N
DataHoraStatus	datetime	sim	Armazena a data/hora em que a mensagem foi postada.	Sim	-
CodStatus	integer	sim	Id do tipo de status	não, refere-se à CodStatus da tabela TABStatus	1-N
Tabela: TABRodovia (Tabela de Rodovias)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
CodRodovia	integer	sim	Id da Rodovia	sim	1-N TABPMV
NomeRodovia	varchar(60)	sim	Nome completo da rodovia	não	-
SiglaRodovia	varchar (10)	sim	Sigla da Rodovia	não	-
Tabela: TABSentido (Tabela de Sentido das Rodovias)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
CodSentido	integer	sim	Id do Sentido da rodovia	sim	1-N TABPMV
NomeSentido	varchar (20)	sim	Descrição Sentido da rodovia	não	-
Tabela: TABStatus (Tabela de Tipo de Status dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
CodStatus	integer	sim	Id do tipo de status	sim	1-N TABPMVStatus
NomeStatus	varchar (20)	sim	Descrição do Status	não	-

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 10 mostra o Modelo Entidade-Relacionamento do sistema da Empresa C.

Figura 10 – Modelo E-R do sistema da Empresa C

Fonte: elaborado pelo autor (usando ferramenta Erwin)

A Tabela 5 mostra as tabelas que compõem o sistema da Empresa D.

Tabela 5 – Tabelas do sistema da Empresa D

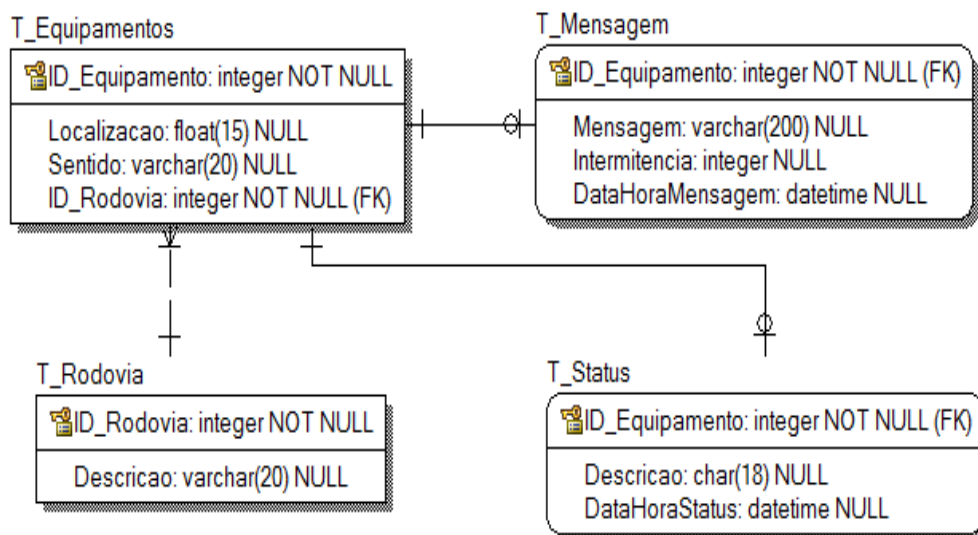
Tabela: T_Equipamentos (Tabela de cadastro de equipamentos ITS (inclusive PMVs))					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_Equipamento	integer	sim	Id de cada equipamento	sim	1-1 T_Mensagem 1-1 T_Status
Localizacao	Float (15)	não	Coluna que armazena o endereço	não	-
Sentido	varchar(20)	não	Coluna que armazena o Sentido	não	-
ID_Rodovia	integer	sim	ID da Rodovia	não, refere-se à tabela T_Rodovia	1-N
Tabela: T_Rodovia (Tabela de Rodovias)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_Rodovia	integer	sim	Id da Rodovia	sim.	1-1 T_Equipamentos
Descricao	varchar(20)	não	Coluna que armazena a sigla da Rodovia	não	-
Tabela: T_Mensagem (Tabela de mensagens do PMV)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_Equipamento	integer	sim	Id de cada equipamento	sim. Refere-se à ID_Equipamento da tabela T_Equipamento	1-1
Mensagem	varchar(200)	não	Mensagem do PMV	não	-

Intermitencia	integer	não	Indica se a mensagem está piscando ("0" com intermitência; "1" sem intermitência)	não	-
DataHoraMensagem	dateTime	não	Data/Hora que a mensagem foi postada	não	-
Tabela: T_Status (Tabela de status do PMV)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_Equipamento	integer	sim	Id de cada equipamento	sim. Refere-se à ID_Equipamento da tabela T_Equipamento	1-1
Descricao	char(18)	não	Descrição do Status do equipamento.	Não	-
DataHoraStatus	datetime	não	Armazena data/hora do status	não	-

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 11 mostra o Modelo Entidade-Relacionamento do sistema da Empresa D.

Figura 11 – Modelo E-R do sistema da Empresa D



Fonte: elaborado pelo autor (usando ferramenta Erwin)

A Tabela 6 mostra as tabelas que compõem o sistema da Empresa E.

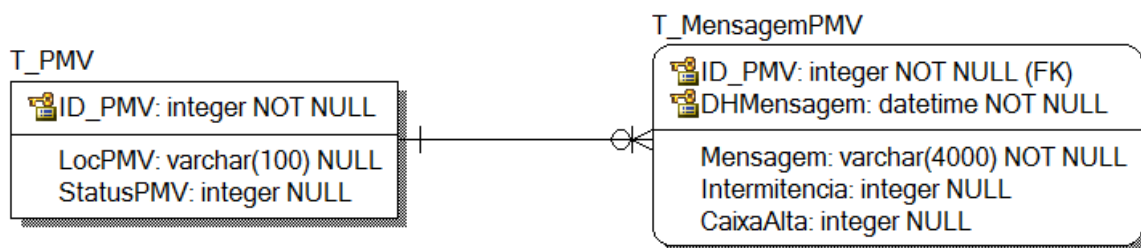
Tabela 6 – Tabelas do banco da Empresa E

Tabela: T_PMV (Tabela de cadastro dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_PMV	integer	sim	Id de cada equipamento	sim	1-1 T_MensagemPMV
LocPMV	varchar(100)	não	Armazena o endereço inteiro (Rodovia+km+complemento+sento) Exemplo (SP330 210+050 S)	não	-
StatusPMV	integer	sim	Status do equipamento	não	-

Tabela: T_MensagemPMV (Tabela de mensagens dos PMVs)					
Nome do Campo	Tipo	Requerido	Descrição	PK	Cardinalidade
ID_PMV	integer	sim	Id de cada equipamento	sim, refere-se à ID_PMV da tabela T_PMV	1-N
Mensagem	varchar (4000)	não	Armazena a mensagem.	Não	-
Intermitencia	integer	não	Indica se a mensagem está pincando ("0" com intermitência; "1" sem intermitência)	não	-
CaixaAlta	integer	não	Indica se o texto está em destaque ("0" com caixaalta; "1" sem caixaalta)	não	-
DataHoraPMV	datetime	não	Armazena a data/hora em que a mensagem foi postada.	Sim	1-N

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 12 mostra o Modelo Entidade-Relacionamento do sistema da Empresa E

Figura 12 – Modelo E-R do sistema da Empresa E

Fonte: elaborado pelo autor (usando ferramenta Erwin)

Com o propósito de reunir os metadados necessários para a obtenção do conhecimento de operação do equipamento ITS-PMV, os cinco modelos foram analisados e um único modelo foi criado, para atender a terceira forma normal para que, após a sua elaboração, a técnica de Sonia e Khan (2007) possa ser aplicada e então extraídos os metadados.

Baseado nas informações dos modelos dos fabricantes das empresas “A”, “B”, “C”, “D” e “E” pode se verificar a existência de uma variação dos dados que são disponibilizados pelos mesmos. Por este motivo, houve a necessidade de um processo intermediário para a identificação das similaridades e divergências, que são mostradas na Tabela 7.

Tabela 7 – Similaridades e divergências de dados

Fabricante	Metadados							
	Endereço (Rodovia; KM; Complemento; Sentido)	Mensagem	Status de funcionamento	Data/hora da Mensagem	Data/hora do Status	Tipo de Mensagem	Intermitência	Caixa Alta
Empresa A	x	x	x	x	x	-	-	-
Empresa B	x	x	x	x	-	-	-	-
Empresa C	x	x	x	x	x	x	-	-
Empresa D	x	x	x	x	x	-	x	-
Empresa E	x	x	x	x	-	-	x	x

Fonte: elaborado pelo autor

Existe também uma variação na estrutura de alguns dos dados adotados pelos fabricantes, por este motivo, houve a necessidade de um processo de

identificação quanto à forma de armazenamento dos dados (tipos) mostrado na Tabela 8.

Verificou-se que o dado “Data/hora do Status” é armazenado pelos fabricantes Empresa A, C e D; o dado “Tipo de Mensagem” é armazenado apenas pela Empresa C; o dado “Intermitência” é armazenado pelos fabricantes Empresa D e E; e o dado “Caixa Alta” é armazenado apenas pelo fabricante Empresa E. Analisando essas informações foram encontradas relevâncias nas mesmas por entender que elas agregam valor à informação principal do equipamento que é a mensagem em si.

Tabela 8 – Formas de armazenamento (tipos)

Tabela 3 - Formas de armazenamento (tipos)											
Fabricante	Metadados forma de armazenamento (tipos)										
	Endereço (Rodovia; KM; Complemento; Sentido)				Mensagem	Status de funcionamento	Data/hora da Mensagem	Data/hora do Status	Tipo de Mensagem	Intermitência	Caixa Alta
Empresa A	Campo único texto				texto	número	data	data	-	-	-
Empresa B	Campos separados				texto	booleano	data	-	-	-	-
	Rodovia texto	KM+complemento texto		sentido texto							
Empresa C	Campos separados				texto	número	data	data	texto	-	-
	Rodovia texto	KM número	Complemento número	sentido texto							
Empresa D	Campo único texto				texto	texto	data	data	-	número	-
Empresa E	Campo único texto				texto	número	data	-	-	número	número

Fonte: elaborado pelo autor

Baseado na análise dos 5 (cinco) sistemas das empresas “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, um modelo é criado integrando esses sistemas. Nessa dissertação esse Modelo é chamado de “Modelo F”. A Tabela 9 apresenta as tabelas e campos do modelo F e a correlação com as bases de dados estudadas dos sistemas das 5 (cinco) empresas.

Tabela 9 – Tabelas e campos do Modelo F e a correlação com as bases de dados estudadas (mapeamento)

Tabelas	Campos/Tipo				
Modelo F	Rodovia_Id (integer)	RodoviaNome (varchar(60))	RodoviaSigla (varchar(10)) (*)	-	-
Rodovia					
Empresa A	-	-	End_ITS (varchar (255)) *primeiras 5 posições	-	-
TabITS					
Empresa B	-	-	Desc_Rodovia (varchar (10))	-	-
T_PMV					
Empresa C	CodRodovia (integer)	NomeRodovia (varchar(60))	SiglaRodovia (varchar (10))	-	-
TABRodovia					
Empresa D	-	-	Descricao (varchar (20))	-	-
T_Rodovia					
Empresa E	-	-	LocPMV (varchar (100)) *primeiras 5 posições	-	-
T_PMV					
Modelo F	Sentido_Id (integer)	SentidoNome (varchar(20)) (**)	-	-	-
Sentido					
Empresa A	-	End_ITS (varchar (255)) *a partir da posição 17, uma posição com a primeira letra do sentido; ou a última posição da informação	-	-	-
TabITS					
Empresa B	-	Desc_Sentido (varchar (10))	-	-	-
T_PMV					
Empresa C	CodSentido (integer)	NomeSentido (varchar (20))	-	-	-
TABSentido					
Empresa D	-	Sentido (varchar (20))	-	-	-
T_Equipamentos					

Empresa E					
T_PMV	-	LocPMV (varchar (100)) *a partir da posição 15, uma posição com a primeira letra do sentido; ou a última posição da informação	-	-	-
Modelo F	PMV_Id (integer)	PMVKM (integer) (***)	PMVComplemento (integer) (***)	Rodovia_Id (integer)	Sentido_Id (integer)
PMV					
Empresa A					
TabITS	-	End_ITS (varchar (255)) *a partir da posição 9, três posições.	End_ITS (varchar (255)) *a partir da posição 13, três posições.	-	-
Empresa B					
T_PMV	-	Desc_Localizacao (varchar (10)) *a partir da posição 3, três posições.	Desc_Localizacao (varchar (10)) *a partir da posição 7, três posições.	-	-
Empresa C	CodPMV (integer)	EndKMPMV (integer)	EndComplPMV (integer)	CodRodovia (integer)	CodSentido (integer)
TABPMV					
Empresa D					
T_Equipamentos	ID_Equipamento (integer)	Localizacao (float(15)) *usa a parte inteira para armazenamento do quilometro	Localizacao (float(15)) *usa a parte decimal para armazenamento do complemento	ID_Rodovia (integer)	-
Empresa E					
T_PMV	-	LocPMV (varchar(100)) *a partir da posição 7, três posições.	LocPMV (varchar(100)) *a partir da posição 11, três posições.	-	-
Modelo F	PMV_Id (integer)	PMVStatusDataHora (datetime)	Status_Id (integer)	-	-
PMVStatus					
Empresa A					
TabStatusPMV	ID_ITS (integer)	Data_Status (datetime)	Desc_Status (integer) *não é uma chave estrangeira. ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")	-	-
Empresa B					
T_PMV	-	-	Desc_Status (integer) *não é uma chave estrangeira. ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")	-	-
Empresa C	CodPMV (integer)	DataHoraStatus (datetime)	CodStatus (integer) *chave estrangeira da tabela TABStatus	-	-
TABPMVStatus					
Empresa D					
T_Status	ID_Equipamento (integer)	DataHoraStatus (datetime)	Descricao (char (18)) *não é uma chave estrangeira. "sem comunicação"; "com comunicação")	-	-

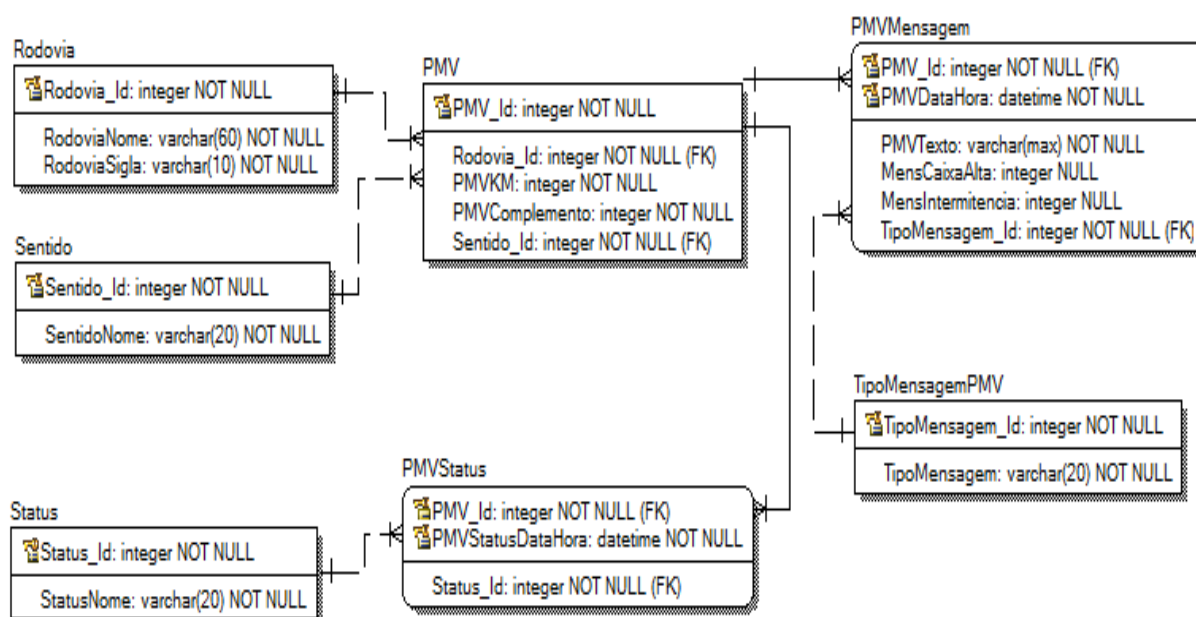
Empresa E			StatusPMV (integer) *não é uma chave estrangeira. ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")		
T_PMV	ID_PMV (integer)	-	-	-	-
Modelo F	TipoMensagem_Id (integer)	TipoMensagem (varchar(20))	-	-	-
TipoMensagemPMV					
Empresa A	-	-	-	-	-
-					
Empresa B	-	-	-	-	-
-					
Empresa C	CodTipoMensagem (integer)	TipoMensagem (varchar(20))	-	-	-
TABTipoMensagem					
Empresa D	-	-	-	-	-
-					
Empresa E	-	-	-	-	-
-					
Modelo F	Status_Id (integer)	StatusNome (varchar(20))	-	-	-
Status					
Empresa A	-	-	-	-	-
-					
Empresa B	-	-	-	-	-
-					
Empresa C	CodStatus (integer)	NomeStatus (varchar(20))	-	-	-
TABStatus					
Empresa D	-	-	-	-	-
-					
Empresa E	-	-	-	-	-
-					
Modelo F	PMV_Id (integer)	PMVTexto (****) (varchar(max))	MensIntermitencia (integer)	DataHoraPMV (datetime)	MensCaixaAlta (integer)
PMVMensagem					
Empresa A	ID_ITS (integer)	Desc_Mens (varchar(4000))	-	Data_Mens (datetime)	-
TabMensPMV					
Empresa B	-	Desc_Mensagem (varchar(max))	-	Desc_Data (datetime)	-
T_PMV					
Empresa C	CodPMV (integer)	TextoPMV (varchar(max))	-	DataHoraPMV (datetime)	-
TABPMVMensagem					
Empresa D	ID_Equipamento (integer)	Mensagem (varchar(200))	Intermitencia (integer)	DataHoraMen sagem (datetime)	-
T_Mensagem					
Empresa E	ID_PMV (integer)	Mensagem (varchar(4000))	Intermitencia (integer)	DataHoraPMV (datetime)	CaixaAlta (integer)
T_MensagemPMV					

(*) Foi adotado o tamanho de 10 posições para o campo RodoviaSigla por ser suficiente para armazenar a informação.
 (**) Foi adotado o tamanho de 20 posições para o campo SentidoNome por ser suficiente para armazenar a informação.
 (***) Foi adotado o formato *integer* para KM e Complemento, pois essas informações armazenam números inteiros.
 (****) Foi adotado o tamanho de "max" para o campo PMVTexto para abranger todos os tamanhos encontrados nos diversos bancos.

Fonte: elaborado pelo autor

Após esse mapeamento um Modelo Entidade-Relacionamento proposto baseado na análise dos 5 (cinco) sistemas das empresas “A”, “B”, “C”, “D” e “E” é apresentado na Figura 13

Figura 13 – Modelo E-R criado a partir dos cinco sistemas das empresas “A”, “B”, “C”, “D” e “E” – “Modelo F”



Fonte: elaborado pelo autor (usando ferramenta Erwin)

Analisando o modelo criado a partir dos modelos dos cinco fabricantes estudados, a técnica dos autores Sonia e Khan (2007) diz que é necessário identificar as entidades e atributos; as chaves; a extração da multiplicidade; a identificação de superclasse e subclasse; e a identificação de relacionamentos.

Para os autores as tabelas são convertidas em entidades, e os campos são os respectivos atributos dessas entidades. Sendo assim, baseados no “Modelo F” que tem seu modelo atendido pelas 4 (quatro) premissas indicadas pelos autores, tem-se a Tabela 10 com as tabelas e seus respectivos campos.

A Tabela 10 apresenta as tabelas e seus respectivos campos do Modelo F.

Tabela 10 – Tabelas e Campos do Modelo F

Tabelas	Campos			
Rodovia	Rodovia_Id	RodoviaNome	RodoviaSigla	
Sentido	Sentido_Id	SentidoNome		
PMV	PMV_Id	PMVKM	PMVComplemento	Sentido_Id
	Rodovia_Id			
PMVStatus	PMV_Id	PMVStatusDataHora	Status_Id	
PMVMensagem	PMV_Id	PMVTexto	MensIntermitencia	TipoMensagem_Id
	DataHoraPMV	MensCaixaAlta		
TipoMensagemPMV	TipoMensagem_Id	TipoMensagem		
Status	Status_Id	StatusNome		

Fonte: elaborado pelo autor

A técnica dos autores diz que a próxima etapa é identificar as chaves, para isso deve-se identificar os campos *NOT NULL* e montar o que os autores chamam de *powersets*, ou seja, um conjunto de campos candidatos a chaves primárias e chaves estrangeiras. Os autores aplicam esse método, pois eles consideram um cenário onde essas chaves não estão especificadas. Então os autores, baseados nos registros, aplicam a técnica para essa identificação. No cenário dessa dissertação essas chaves estão claramente definidas não havendo a necessidade de aplicação dessa técnica.

Com isso a Tabela 11 apresenta as chaves primárias e estrangeiras de cada tabela do Modelo F.

Em seguida, os autores aplicam uma técnica para extrair a multiplicidade das relações. Para tanto eles analisam as chaves obtidas na etapa anterior juntamente com os registros. Semelhante à etapa anterior, no cenário dessa dissertação, essas multiplicidades estão definidas não havendo a necessidade da aplicação dessa técnica.

Tabela 11 – Chaves Primárias e Chaves Estrangeiras das tabelas do Modelo F

Tabela	Chave Primária	Chave Estrangeira (Tabela)
Rodovia	Rodovia_Id	-
Sentido	Sentido_Id	-
PMV	PMV_Id	Rodovia_Id (Rodovia) / Sentido_Id (Sentido) / Fabricante_Id (Fabricante) / Concessionaria_Id (Concessionaria)
PMVStatus	PMV_Id (PMV) / PMVStatusDataHora	Status_Id (Status)
PMVMensagem	PMV_Id (PMV) / PMVDataHora	TipoMensagem_Id (TipoMensagem)
TipoMensagemPMV	TipoMensagem_Id	-
Status	Status_Id	-

Fonte: elaborado pelo autor

A próxima etapa é a identificação das superclasses e subclasses. Para isso os autores de baseiam nos relacionamentos e cardinalidades. Eles indicam duas premissas para se identificar uma superclasse e sua subclasse. Em primeiro lugar a cardinalidade entre uma tabela e outra tabela deve ser 1:1. Em segundo lugar a participação deve ser obrigatória em pelo menos um lado da relação.

No entanto, autores citam que, mesmo com essas duas premissas atendidas, os resultados de superclasse e subclasse de identificação podem ser enganosos em algumas situações, como nos casos em que a condição para o relacionamento *is_a* é cumprida, mas não é uma superclasse. Sonia e Khan (2007) dão um exemplo de duas tabelas “Professor” e “Carro” com relacionamento e cardinalidade 1-1. Supondo que todos os professores da Tabela “Professor” tem um carro e cada carro da tabela “Carro” pertence a um professor. Tem participação obrigatória de ambos os lados e isso irá mostrar a tabela “Professor” como uma subclasse da tabela “Carro”, que não é verdade. Os autores citam que nesses casos, é preciso envolver um especialista de domínio para a tomada de decisão.

A Tabela 12 apresenta as cardinalidades entre cada tabela do Modelo F.

Tabela 12 – Cardinalidades das tabelas do Modelo F

Tabela	Relação/Cardinalidade	Tabela
Rodovia	1 - N	PMV
Sentido	1 - N	PMV
PMV	1 - N	PMVStatus
PMV	1 - N	PMVMensagem
TipoMensagemPMV	1 - N	PMVMensagem
Status	1 - N	PMVStatus

Fonte: elaborado pelo autor

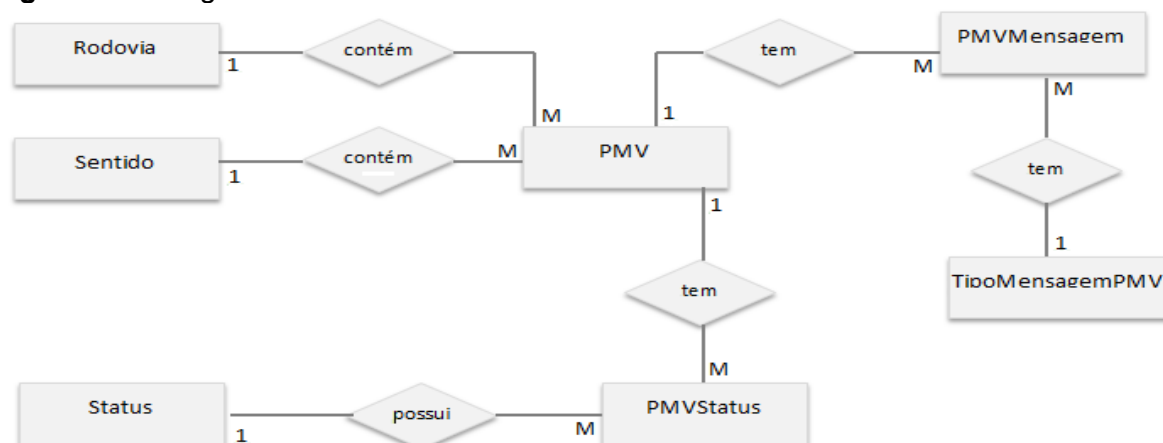
Nesse trabalho não foi identificada nenhum relacionamento com cardinalidade 1:1.

Seguindo as etapas, os autores analisam tabelas com mais de uma chave estrangeira. Tabelas com duas chaves estrangeiras formando a chave primária e sem nenhum outro campo são relacionamentos N:N. Tabelas com mais de duas chaves estrangeiras formando a chave primária são relacionamentos n-ários. Tabelas com as condições acima e que têm atributos adicionais são relacionamentos com atributos ou entidades fracas.

Analisando as tabelas não foi identificada nenhuma das condições acima.

Com a conclusão dessa etapa os metadados são reunidos para a elaboração de um DER (Diagrama de Entidade-Relacionamento).

O DER é mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Diagrama E-R do Modelo F

Fonte: elaborado pelo autor

Analisando o Diagrama E-R da Figura 14 e a Tabela 9, se consegue identificar as seguintes candidatas às classes e seus atributos mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 – Classes e atributos

Classe	Atributo	Tipo	Descrição
Rodovia	Nome_Completo	Texto	Nome completo da rodovia Exemplo: Via Anhanguera
	Nome_Reduzido	Texto	Nome reduzido da rodovia Exemplo: SP330
Sentido	NomeSentido	Texto	Nome do Sentido
Status	NomeStatus	Texto	Nome do Status
TipoMensagem	TipoMensagem	Texto	Tipo da Mensagem (Educativa, Advertência, etc)
PMV	KM	Número	KM onde o PMV está instalado
	Complemento	Número	Complemento do KM onde o PMV está instalado
StatusFuncionamento	DataHoraStatus	DataHora	Data/Hora que o Status foi postado
MensagemPMV	Mensagem	Texto	Mensagem que está sendo exibida no PMV
	DataHoraMensagem	DataHora	Data/Hora que a Mensagem foi postada
	CaixaAlta	Número	Indicador para texto com letras maiúsculas e em negrito
	Intermitencia	Número	Indicador para texto piscante

Fonte: elaborado pelo autor

Um ponto importante é identificar as relações e as cardinalidades que determinam o número de ocorrências de classes participantes de um relacionamento.

Baseado nas relações do Diagrama E-R da Figura 14, a Tabela 14 mostra as classes relacionadas e a cardinalidade entre elas.

Tabela 14 – Classes relacionadas e cardinalidades

Classe	Cardinalidade	Classe
PMV	N - 1	Rodovia
PMV	N - 1	Sentido
PMV	1 - N	StatusFuncionamento
TipoStatus	1 - N	StatusFuncionamento
PMV	1 - N	MensagemPMV
TipoMensagem	1 - N	MensagemPMV

Fonte: elaborado pelo autor

Complementando as informações adquiridas por meio do estudo do conteúdo dos dados das bases de dados dos fabricantes do ITS-PMV, se obteve algumas instâncias para as classes Sentido, TipoMensagem e TipoStatus.

A Tabela 15 apresenta essas instâncias identificadas.

Tabela 15 – Instâncias identificadas nos dados das bases de dados

Classe	Instância
Sentido	Norte
	Sul
	Leste
	Oeste
	Interno
	Externo
	Canteiro_central
TipoMensagem	Acidente
	Advertência
	Campanha
	Educativa
	Obras
TipoStatus	Sem_comunicacao
	Com_comunicacao

Fonte: elaborado pelo autor

Conclusão do levantamento de dados dos fabricantes

A técnica proposta por Sonia e Khan (2007) para o levantamento das informações baseadas na análise das fontes de dados dos fabricantes de equipamentos de PMV permitiu identificar entidades (classes) e com seus respectivos atributos, assim como também possibilitou a identificação dos

relacionamentos e cardinalidades que foram usados para compor o conhecimento do domínio do equipamento ITS-PMV.

Todos os conceitos (classes, atributos, relacionamentos, cardinalidades) encontrados no estudo das bases de dados foram incluídos na ontologia por se observar que são conceitos que estão em produção.

A Tabela 25 apresenta os conceitos incluídos na ontologia e suas origens.

3.3 Levantamento de informações advindas de especialistas do domínio

A Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP) é uma autarquia do estado de São Paulo que tem a finalidade de regulamentar e fiscalizar todas as modalidades de serviços públicos de transporte autorizados, permitidos ou concedidos a entidades de direito privado. No estado de São Paulo a ARTESP é responsável pelas determinações às concessões de rodovias estaduais.

A ARTESP elaborou e publicou um total de 12 editais de concessão para os 12 primeiros lotes de rodovias paulistas no ano de 1997. Nesses editais a agência obrigou a utilização de equipamentos ITS pelas novas concessionárias. Entretanto, nesses editais, a Agência não colocou nenhuma instrução, informando às concessionárias, de como operar os equipamentos ITS obrigatórios, pois não havia, na ARTESP, especialistas do domínio. As concessionárias implantaram esses equipamentos ITS com a base no conhecimento dos fabricantes dos mesmos.

Em 2005 o IPT iniciou um trabalho (equipe em que o autor dessa dissertação fez parte), em parceria com a ARTESP, para a aquisição do conhecimento relacionado aos equipamentos ITS junto às concessionárias de rodovias do estado de São Paulo. Esse trabalho foi elaborado a partir de entrevistas técnicas junto a especialistas em equipamentos ITS de cada uma das 17 (dezesete) concessionárias do estado de São Paulo, onde esses equipamentos são usados na operação de seus respectivos trechos de concessão.

Como resultado desse trabalho foram elaborados relatórios técnicos de verificação tecnológica desses equipamentos contendo informações referentes a 2 (duas) abordagens que envolvem os equipamentos ITS, entre eles o equipamento ITS-PMV. Essas abordagens foram: especificação técnica e operacionalidade (FERREIRA, 2005, 2012, 2013).

O estudo desses relatórios técnicos se deu por conter o conhecimento que os especialistas de cada uma das 17 concessionárias do estado de São Paulo têm em relação à operação do equipamento ITS-PMV.

Abaixo segue o estudo dessas abordagens, apresentando o detalhamento das duas abordagens: especificação técnica e operacionalidade.

- a. Informações necessárias que o sistema, que opera o equipamento ITS-PMV, deve oferecer e armazenar em relação a “especificação técnica”.
 - i. Informação com o nome da concessionária responsável pelo equipamento;
 - ii. Informação sobre o fabricante do equipamento com o nome;
 - iii. Informação com o nome da empresa integradora (quem desenvolveu o sistema de gestão do equipamento);
 - iv. Permitir a escolha da fonte que a mensagem irá ser exibida;
 - v. Permitir que as mensagens sejam exibidas em páginas.
 - vi. Permitir a categorização das mensagens;
 - vii. Permitir três linhas, no mínimo, por página.
 - viii. Permitir o armazenamento de biblioteca de mensagens já escritas;
 - ix. Permitir o índice de luminosidade manual ou automática;
 - x. Permitir que as mensagens sejam apresentadas de forma fixa ou intermitente (piscante);
 - xi. Permitir que as mensagens sejam apresentadas em “caixa alta” (letra maiúsculas e em negrito);
 - xii. Apresentar telemetria de falta de energia comercial (quando disponível);
 - xiii. Apresentar telemetria de falta de comunicação.

- b. Informações necessárias que o sistema, que opera o equipamento ITS-PMV, deve oferecer e armazenar em relação a “operacionalidade”.
- i. O equipamento ITS-PMV deve ter a informação de localização contendo a rodovia, o KM, o complemento e o sentido onde o referido equipamento está instalado;
 - ii. O equipamento ITS-PMV deve veicular mensagens no intuito de auxiliar o motorista em sua viagem;
 - iii. As mensagens devem pertencer aos seguintes tipos: Acidente; Advertência; Campanha; Educativa; Obras;
 - iv. O equipamento deve sempre estar exibindo uma mensagem com a data/hora em que foi postada;
 - v. Para chamar a atenção do motorista para uma mensagem importante usar de recurso “Caixa Alta” e/ou “Intermitência”;
 - vi. Disponibilizar uma biblioteca de mensagens pré-gravadas para exibição agendada no equipamento;
 - vii. As mensagens devem conter, no máximo, 3 (três) páginas;
 - viii. Cada página deve ter, no máximo, 3 (três) linhas de texto;
 - ix. A luminosidade deve permanecer no modo automático.
 - x. O equipamento deve armazenar a data/hora quando houver alteração no *status* de comunicação;
 - xi. O equipamento deve armazenar a data/hora quando houver alteração no *status* de energia comercial (quando disponível);
 - xii. Deve ser possível identificar o nome do responsável pela postagem da mensagem.

Conclusão do levantamento de informações advindas de especialistas do domínio

O conhecimento obtido por meio do estudo realizado nos relatórios técnicos de levantamento tecnológico dos equipamentos ITS mostrou semelhanças com as informações obtidas no estudo das bases de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV. Entretanto, algumas informações, que não foram observadas no estudo

das bases de dados, foram identificadas no levantamento advindo do estudo dos relatórios técnicos contendo o conhecimento dos especialistas do domínio.

A Tabela 16 apresenta esses conceitos inéditos obtidos com o estudo dos relatórios técnicos dos especialistas e suas origens.

Tabela 16 – Conceitos complementares dos especialistas e suas origens

Conceito	Origem
Concessionária (classe); Nome_Concessionária (atributo)	Item i da abordagem “especificação técnica”: Informação com o nome da concessionária responsável pelo equipamento.
Fabricante (classe); Nome_Fabricante (atributo)	Item ii da abordagem “especificação técnica”: Informação sobre o fabricante do equipamento com o nome.
Integrador (classe); Nome_Integrador (atributo)	Item iii da abordagem “especificação técnica”: Informação com o nome da empresa integradora (quem desenvolveu o sistema de gestão do equipamento).
LinhasTexto (atributo)	Item viii da abordagem “operacionalidade”: Cada página deve ter, no máximo, 3 (três) linhas de texto
PaginasTexto (atributo)	Item vii da abordagem “operacionalidade”: As mensagens devem conter, no máximo, 3 (três) páginas
BibliotecaMens (classe)	Item vi da abordagem “operacionalidade”: Disponibilizar uma biblioteca de mensagens pré-gravadas para exibição agendada no equipamento.
OperadorCCO (classe); NomeOperador (atributo)	Item xii da abordagem “operacionalidade”: Deve ser possível identificar o nome do responsável pela postagem da mensagem
Sem_energia_comercial (Instância); Com_energia_comercial (Instância)	Item xi da abordagem “operacionalidade”: O equipamento deve armazenar a data/hora quando houver alteração no status de energia comercial (quando disponível).

Fonte: elaborado pelo autor

A informação sobre “luminosidade” do item ix da abordagem “especificação técnica” não foi considerada, pois os especialistas relataram que o equipamento

deve permanecer no modo “automático” conforme item ix da abordagem “operacionalidade”.

As informações complementares foram observadas e consideradas por serem informações resultantes dos especialistas das 17 (dezesete) concessionárias que operam esse equipamento instalado nas rodovias concessionadas do estado de São Paulo. Esse conhecimento obtido foi agregado para compor o conhecimento do domínio desse equipamento.

A Tabela 25 apresenta os conceitos incluídos na ontologia e suas origens.

3.4 Estudo da norma NTCIP-1203

A NTCIP-1203 especifica a interface lógica entre os ITS-PMVs e os sistemas que os controlam. Ela descreve a funcionalidade de um ITS-PMV e se apoia em termos de necessidades e requisitos de utilização.

O estudo dessa norma internacional se deu para obter informações, no âmbito internacional, em relação à operação do equipamento ITS-PMV.

A versão da NTCIP-1203 estudada nessa dissertação é a v03 que é última até o momento. A NTCIP-1203 v03 define como um sistema de gerenciamento pode fazer a interface com um equipamento ITS-PMV para controlar e monitorar as mensagens enviadas a esse equipamento. A NTCIP-1203 v03 estabelece os requisitos que são aplicáveis a todos ITS-PMV-NTCIP, e estudou-se os tópicos pertinentes à operação do equipamento.

A seção 2.5 aborda os requisitos funcionais de um ITS-PMV onde relata que o funcionamento pode ser classificado em três áreas:

1. Gerir a configuração do ITS-PMV;
 - a. Determinar identidade (fabricante, tipo, modelo, versão).
 - b. Gerenciar fontes (Define e edita as fontes usadas para a exibição das mensagens).
 - c. Gerenciar brilho (Este recurso permite mudar automaticamente o brilho da mensagem de um nível para o outro. Isso permite configurar a forma como o sinal responde automaticamente às

mudanças condições de iluminação para compensar o sol que brilha na visão do viajante ou condições de manhã cedo e pré-sol).

- d. Determinar o número máximo de páginas (determinar o número máximo de páginas que podem ser incluídos em uma única mensagem).

2. Controlar o ITS-PMV;

- a. Ativar e exibir uma mensagem (O operador pode enviar uma mensagem previamente definida ou em branco para ser exibido pelo equipamento).
- b. Priorizar mensagem (Permite que o operador priorize uma mensagem. Por exemplo, um esquema de prioridade permitirá um operador exibir e manter uma mensagem relacionada com um acidente, mesmo houver previamente agendado a exibição de outras mensagens não relacionadas com o acidente).
- c. Programação de mensagens (Este recurso permite que o operador configure mensagens, inclusive em branco, para serem exibidas em um momento futuro).
- d. Alteração de mensagem com base em evento interno (Este recurso permite que o operador configure mensagens que devem ser exibidas quando determinados eventos ocorrerem, tais como a perda de comunicação ou a perda de energia comercial).

3. Monitorar o *status* do ITS-PMV.

- a. Monitorar falhas nos subsistemas (Este recurso permite que o operador determine qual componente(s) de um subsistema está relatando erros e/ou avisos. O operador pode monitorar subsistemas como: Fontes de alimentação; Comunicação; Lâmpadas; Pixels; Temperatura; Umidade).

Conclusão do estudo da norma NTCIP-1203

A seção 3 da norma NTCIP 1203 v03 define os requisitos funcionais com base nas necessidades do usuário operador do equipamento. A seção inicia definindo que para reivindicar "conformidade" para a referida norma, o fornecedor deve minimamente satisfazer obrigatoriamente as necessidades identificadas na lista de requisitos. Além disso, um dispositivo "conforme" pode oferecer recursos adicionais (opcionais), contanto que eles estejam em conformidade com os requisitos da NTCIP 1203 v03 e os padrões que são referenciados.

O conhecimento obtido por meio da norma NTCIP 1203 apresentou semelhanças com as informações observadas nos itens 3.2 e 3.3 dessa seção. Entretanto, há informações que não foram observadas nos itens 3.2 e 3.3 dessa seção.

A Tabela 17 apresenta esses conceitos inéditos obtidos com o estudo da norma NTCIP 1203 e suas origens.

Tabela 17 – Conceitos complementares da norma NTCIP 1203 e suas origens

Conceito	Origem
TipoPMV (Atributo)	Item a da Área 1: Determinar identidade (fabricante, tipo, modelo, versão).
ModeloPMV (Atributo)	Item a da Área 1: Determinar identidade (fabricante, tipo, modelo, versão).
VersaoPMV (Atributo)	Item a da Área 1: Determinar identidade (fabricante, tipo, modelo, versão).
Prioridade (Atributo)	Item b da Área 2: Priorizar mensagem (Permite que o operador priorize uma mensagem. Por exemplo, um esquema de prioridade permitirá um operador exibir e manter uma mensagem relacionada com um acidente, mesmo houver previamente agendado a exibição de outras mensagens não relacionadas com o acidente).

Fonte: elaborado pelo autor

A informação do item d da área 2 “alteração de mensagem com base em evento interno” não foi considerada, pois os conceitos associados “perda de comunicação” e “perda de energia comercial” já foram contemplados.

As informações complementares foram observadas e consideradas por apresentar um cenário internacional.

Semelhante aos outros conhecimentos obtidos, esse conhecimento foi também usado para compor o conhecimento do domínio do equipamento PMV-ITS.

A Tabela 25 apresenta os conceitos incluídos na ontologia e suas origens.

3.5 Estudo da Resolução 3576 de 2010 da ANTT

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) é uma autarquia federal brasileira responsável pela regulação das atividades de exploração da infraestrutura ferroviária e rodoviária federal e de prestação de serviços de transporte terrestre. No âmbito federal a ANTT é responsável pelas determinações às concessões de rodovias federais.

O estudo da resolução 3576 de 2010 da ANTT se deu para obter informações, no âmbito federal, em relação à operação do equipamento ITS-PMV.

A resolução 3576 de 2010 da ANTT dispõe sobre especificações dos sistemas ITS de alguns equipamentos para rodovias federais, entre eles o ITS-PMV Fixo. A resolução considera a necessidade de permitir remanejamentos e alterações desses sistemas por diferentes fornecedores e adotando a premissa de unidade conceitual e de requisitos funcionais que, integrados, permitem a compatibilidade, a intercambiabilidade e a interoperabilidade dos constituintes desse sistema.

Para tanto, a resolução estabelece, entre outras coisas, as características técnicas de equipamentos relativos aos Sistemas ITS, entre eles, o ITS-PMV Fixo; além de estipular que esses sistemas deverão adotar como padrão o protocolo NTCIP como meio de integração.

O artigo 9º da resolução 3576 afirma que o objetivo principal de um sistema de mensagens variáveis é o de dispor, ao usuário das rodovias, informações e orientações a respeito de emergências, incidentes e informações sobre o trajeto, tendo como alvo principal o aumento da segurança e a minimização do impacto dos acidentes, provendo informações sobre alternativas a rotas que se pretendem utilizar.

No artigo 11º estabelece que as mensagens devam ser programadas pelos CCOs e exibidas pelos equipamentos ITS-PMV de forma intermitente (piscante). Ainda nesse artigo, a resolução diz que as mensagens podem assumir os seguintes tipos: permanentes, pré-programadas, semi-programadas, e programáveis.

O artigo 13º estipula que na aquisição de equipamentos ITS-PMV, deverão ser observadas todas as características técnicas relacionadas no anexo II da mesma resolução. Esse anexo apresenta características que os equipamentos ITS-PMV deverão conter, entre elas estão:

- a) Operar em conformidade com o protocolo NTCIP;
- b) Possibilitar a apresentação, no seu modo alfanumérico, de 2 (duas) linhas com no mínimo 21 caracteres cada linha ou 3 linhas com no mínimo de 16 caracteres;
- c) Permitir a apresentação de caracteres da língua portuguesa com seus respectivos acentos;
- d) Ter, adicionalmente, a capacidade de apresentar mensagens com caracteres maiores em uma linha apenas, utilizando-se da capacidade total de exibição de mensagens (caixa alta);
- e) Deverá contar também com recursos de monitoração de falta de energia elétrica, permitindo ao operador, na Central de Operações, tomar conhecimento de interrupção no fornecimento de energia da rede pública, após o restabelecimento de energia (telemetria de falta de energia).

No artigo 33º estabelece que deva ser adotada a vida útil de 5 (cinco) anos para qualquer equipamento ITS.

Conclusão do estudo da Resolução 3576 de 2010 da ANTT

O estudo da Resolução 3576 de 2010 da ANTT resultou no enriquecimento do conhecimento do domínio do equipamento PMV-ITS, onde apresentou semelhanças com as informações observadas nos itens 3.2; 3.3 e 3.4 dessa seção. Já nessa fase de aquisição de conhecimento, a maioria dos conceitos encontrados nessa resolução, foram também encontrados nas outras três fontes de informações pesquisadas. Porém, ainda assim um conceito pode ser observado, que é o conceito que está no artigo 33º dessa resolução, onde diz que deve ser adotada a vida útil de 5 (cinco) anos para qualquer equipamento ITS, inclusive o ITS-PMV.

A Tabela 18 apresenta esse conceito inédito obtido com o estudo da resolução 3576 da ANTT.

Tabela 18 – Conceito complementar da resolução 3576 da ANTT e sua origem

Conceito	Origem
DataInstalacao (Atributo)	Artigo 33º estabelece que deva ser adotada a vida útil de 5 (cinco) anos para qualquer equipamento ITS

Fonte: elaborado pelo autor

Essa informação não foi observada em nenhuma outra fonte de informação, porém, o objetivo na criação da ontologia é abranger o todo, para isso, como a resolução mostra que é uma preocupação no âmbito nacional de que os equipamentos sejam revitalizados a cada 5 anos, esse conceito foi também considerado.

A Tabela 25 apresenta todos os conceitos incluídos na ontologia e suas origens.

3.6 Considerações finais

O trabalho de levantamento das informações está baseado na análise de 5 (cinco) fontes de dados dos fabricantes de equipamentos de PMV, que seviram para a elaboração de um único modelo. Aplicando a técnica proposta por Sonia e Khan (2007) esta permitiu identificar: as entidades, atributos, relacionamentos e cardinalidades, que compuseram o conhecimento do domínio ITS-PMV.

O estudo realizado nos relatórios técnicos de levantamento tecnológico dos equipamentos ITS, desenvolvidos por meio de entrevistas com especialistas em equipamentos ITS, de cada uma das 17 (dezessete) concessionárias do Estado de São Paulo, permitiu identificar novos conceitos, não observados na fonte anterior, e que agregaram conhecimento do domínio ITS-PMV.

A pesquisa da norma NTCIP-1203, e o estudo da Resolução 3576 de 2010 da ANTT, apresentaram uma contribuição menor em termos quantitativos, em relação as duas fontes anteriormente pesquisadas, pois as fontes anteriores trouxeram uma parte significativa dos conceitos que estavam presentes na norma e na resolução. Porém, foram identificados novos conceitos não observados nas duas primeiras fontes de informações.

Na próxima seção, esses conceitos levantados são utilizados para a construção da ontologia do equipamento ITS-PMV.

4 ONTOLOGIA PARA O EQUIPAMENTO ITS-PMV

4.1 Introdução

O objetivo com a construção de uma ontologia para o equipamento ITS-PMV nessa dissertação é a obtenção e a formalização das informações desse equipamento. Para tanto, as informações advindas das diversas fontes de dados de fabricantes desses equipamentos foram um importante arcabouço para a aquisição do conhecimento do ITS-PMV. Como visto na seção anterior, além dessa fonte, outras mais foram estudadas como os relatórios técnicos elaborados a partir de entrevistas junto a especialistas em equipamentos ITS de cada uma das 17 (dezesete) concessionárias do estado de São Paulo, a norma NTCIP-1203 que trata especificamente do equipamento ITS-PMV e a resolução 3576 da ANTT de 2010, capítulo III que também trata especificamente do equipamento ITS-PMV.

Nessa seção a ontologia para o equipamento ITS-PMV é desenvolvida seguindo a metodologia Methontology.

4.2 Especificação da Ontologia

Conforme a Figura 7 da seção anterior, a etapa de Aquisição de Conhecimento está presente no decorrer de todo o processo de construção da ontologia. Em paralelo a ela, a atividade inicial da metodologia Methontology é a Especificação da Ontologia. Um documento de especificação da ontologia a ser criada é preparado e escrito em linguagem natural. Essa etapa tem o objetivo de responder questões como o porquê a ontologia está sendo elaborada e qual será o seu uso ou ainda quem serão seus usuários, qual o propósito e o escopo dessa ontologia e as questões de competência.

O artefato construído nessa etapa é o Documento de Especificação da Ontologia em linguagem natural.

O Quadro 1 apresenta esse artefato.

Quadro 1 – Documento de Especificação da Ontologia**Documento de Especificação da Ontologia**

Domínios considerados: ITS-PMV, Processo de gerenciamento e manipulação do equipamento ITS-PMV.

Objetivo: Ontologia referente ao processo de gerenciamento e manipulação de sistemas desenvolvidos para a operação do equipamento ITS-PMV, provendo o conhecimento do modelo de domínio desse processo.

Escopo: A ontologia deve focar apenas no processo de gerenciamento e manipulação de sistemas que operam o equipamento ITS-PMV.

Nível de formalidade: Semi-formal, implementado em OWL-DL

Formas e artefatos usados para a aquisição de conhecimento: Fontes de dados de fabricantes do equipamento ITS-PMV; relatórios técnicos dos equipamentos ITS desenvolvidos por meio de entrevistas com especialistas em equipamentos ITS de cada uma das 17 (dezessete) concessionárias do estado de São Paulo; norma NTCIP-1203 que trata desse equipamento em particular; e resolução 3576 da ANTT que também trata desse equipamento em particular.

Utilização da Ontologia:

Uso 1: Para o fabricante/desenvolvedor de sistemas utilizá-la para obter informações desse equipamento para o desenvolvimento de sistemas para o mesmo.

Uso 2: Para a elaboração de material didático para treinamento de analistas e outros envolvidos com a operação do equipamento ITS-PMV.

Uso 3: Para o desenvolvimento de ferramentas para recuperação de informação e conteúdo de sistemas de equipamentos ITS-PMV.

Uso 4: Para a extração de requisitos referentes à equipamentos ITS-PMV.

Uso 5: Para a melhoria no processo de comunicação dentro no cenário das pessoas envolvidas, por meio de um vocabulário único e compartilhado, evitando interpretações equivocadas de conceitos relativas ao equipamento ITS-PMV.

Questões de Competência:

QC1. O fabricante é sempre o desenvolvedor do sistema que gerencia o equipamento ITS-PMV?

R.: Nem sempre, existe a figura do “Integrador” que por vezes é o próprio fabricante, porém em outras vezes é uma empresa diferente que desenvolve o sistema para gerenciar o equipamento.

QC2. Quem é o responsável pela informação veiculada no equipamento?

R.: A concessionária que administra o trecho em que o equipamento está instalado.

QC3. Na concessionária, quem é o responsável por inserir a mensagem no equipamento?

R.: Os sistemas devem ter um controle de acesso para a autorização de usuários cadastrados. Normalmente os Operadores de CCO são responsáveis por inserir as mensagens nos ITS-PMVs.

QC4. Quais informações do equipamento ITS-PMV são relevantes?

R.: Informação indicando o “tipo”, o “modelo”, a “versão” do equipamento.

QC5. Há um prazo para a revitalização do equipamento ITS-PMV?

R.: A ANTT estipulou um prazo de 5 anos para que ocorra a revitalização de todos os equipamentos ITS, inclusive o ITS-PMV.

QC6. Quais as informações necessárias para a identificação do local onde um ITS-PMV está instalado?

R.: O endereço único de um equipamento deve conter a rodovia, o quilometro, o complemento, e o sentido de pista.

QC7. Há tipos de mensagens, quais são?

R.: Sim, os tipos podem ser “Acidente”, “Advertência”, “Campanha”, “Educativa”, “Obras”.

QC8. Para chamar ainda mais a atenção do usuário da rodovia para mensagens importantes, como as mensagens devem ser exibidas?

R.: Com o objetivo de dar mais destaque às mensagens importantes há algumas formas de apresentá-las como: Alternância (piscante), Caixa Alta (texto com letras maiúsculas e em negrito).

QC9. Há tipos de *status*, quais são?

R.: Sim, esse equipamento pode estar: (com comunicação); (sem comunicação); (com energia comercial); (sem energia comercial); porém os sistemas devem suportar outros tipos de *status*. A informação de status deve indicar a data/hora em que ocorreu o evento.

QC10.Quanto à forma, como as mensagens devem ser exibidas no ITS-PMV?

R.: As mensagens são elaboradas e enviadas ao equipamento pelo Operador de CCO dependendo do evento ou circunstância que está ocorrendo na rodovia. Entretanto, para que as mensagens possam ser lidas pelos usuários da rodovia as mensagens devem ter no máximo três páginas com três linhas.

QC11.Deve haver uma biblioteca de mensagens?

R.: Sim, no momento em que não houver ocorrências no trecho em que o equipamento ITS-PMV está instalado, mensagens devem ser exibidas. Para tanto o sistema deve dispor de uma biblioteca de mensagens previamente cadastradas para a exibição alternada em intervalo definido pela concessionária. Entretanto, se uma mensagem for inserida com um *status* de “prioridade”, a mesma não pode ser substituída por uma mensagem automática da biblioteca.

4.3 Conceitualização da Ontologia

Na etapa de conceitualização da ontologia o conhecimento obtido na seção anterior será usado como insumo para essa etapa, assim como o Documento de Especificação da Ontologia, produzido na etapa anterior.

O primeiro artefato preparado nessa etapa é o Glossário de Termos (GT) que determina e descreve os termos relevantes para o escopo do sistema.

O Glossário de Termos é detalhado na Tabela 19 com a definição de cada termo.

Tabela 19 – Modelo Conceitual: Glossário de Termos

Conceito	Definição	Tipo	Relação
Fabricante	Empresa fabricante do equipamento ITS. A mesma empresa pode desenvolver o sistema que opera o equipamento fabricado.	Classe	
Nome_Fabricante	Nome do fabricante do equipamento ITS.	Atributo	Fabricante
Integrador	Empresa desenvolvedora do sistema que opera um (ou mais) equipamento(s) ITS.	Classe	
Nome_Integrador	Nome do integrador/desenvolvedor do sistema que gerencia o equipamento.	Atributo	Integrador
Concessionária	Empresa a qual foi concedido pelo Governo (Estadual/Federal) o dever e o direito de administrar as rodovias que fazem parte de um determinado trecho de concessão.	Classe	
Nome_Concessionária	Nome da concessionária que administra determinado trecho.	Atributo	Concessionária
Rodovia	Rodovia pertencente ao trecho concessionado à concessionária. São nelas onde equipamentos ITS são instalados para ajudar em sua operação.	Classe	

Nome_Rodovia	Nome completo da rodovia onde o equipamento está instalado.	Atributo	Rodovia
Sigla_Rodovia	Sigla da rodovia onde o equipamento está instalado. Exemplo SP330	Atributo	Rodovia
Sentido	Sentido é a identificação do "lado" para onde a rodovia segue. Para equipamentos ITS, serve para identificar o local onde o referido equipamento está instalado.	Classe	
Nome_Sentido	Nome do sentido da rodovia onde o equipamento está instalado. Pode ser "norte", "sul", "leste", "oeste", "canteiro central", "interno", "externo".	Atributo	Sentido
Norte	Quando o equipamento está instalado no sentido "norte" da rodovia.	Instância	Nome_Sentido
Sul	Quando o equipamento está instalado no sentido "sul" da rodovia.	Instância	Nome_Sentido
Leste	Quando o equipamento está instalado no sentido "leste" da rodovia.	Instância	Nome_Sentido
Oeste	Quando o equipamento está instalado no sentido "oeste" da rodovia.	Instância	Nome_Sentido
Interno	Quando o equipamento está instalado no sentido "interno" da rodovia.	Instância	Nome_Sentido
Externo	Quando o equipamento está instalado no sentido "externo" da rodovia.	Instância	Nome_Sentido
Canteiro_central	Quando o equipamento está instalado no "canteiro central" da rodovia.	Instância	Nome_Sentido
StatusFuncionamento	Status de um equipamento ITS quanto ao seu funcionamento em um determinado momento.	Classe	
DataHoraStatus	Data/hora em que o equipamento assumiu o status apresentado.	Atributo	Status

TipoMensagem	São os tipos que a mensagem deve possuir para avaliar se é uma mensagem do tipo apropriada para o evento que ocorre na rodovia.	Classe	
Tipo_Mensagem	Os tipos da mensagem devem ser “Acidente”, ou “Advertência”, ou “Campanha”, ou “Educativa”, ou “Obras”.	Atributo	TipoMensagem
Educativa	Tipo de mensagem que informa algo educativo (exemplo: Crianças no banco traseiro).	Instância	Tipo_Mensagem
Advertencia	Tipo de mensagem que informa que o usuário da rodovia deve ficar atento para algo que possa estar acontecendo a frente. (Exemplo neblina a frente).	Instância	Tipo_Mensagem
Campanha	Tipo de mensagem que informa que há algum tipo de campanha ocorrendo naquele trecho (Exemplo: campanha do agasalho, ou campanha de prevenção do diabetes).	Instância	Tipo_Mensagem
Acidente	Tipo de mensagem que informa que houve um acidente.	Instância	Tipo_Mensagem
Obras	Tipo de mensagem que informa que há uma obra sendo executada à frente.	Instância	Tipo_Mensagem
KM	Quilometro da rodovia onde o equipamento está instalado.	Atributo	PMV
DataInstalacao	Data/Hora que o equipamento foi instalado na rodovia. Informação necessária para monitorar a vida útil do equipamento.	Atributo	PMV
Complemento	Complemento em metros do quilometro da rodovia onde o equipamento está instalado.	Atributo	PMV

PMV	O PMV (Painel de Mensagens Variáveis) é um dos Equipamentos ITS. Esse equipamento é usado pelas concessionárias de rodovias como um canal para a transmissão de informações importantes para os usuários das rodovias.	Classe	
TipoPMV	Informação sobre o Tipo do PMV	Atributo	PMV
ModeloPMV	Informação sobre o Modelo do PMV	Atributo	PMV
VersaoPMV	Informação sobre a Versão do PMV	Atributo	PMV
MensagemPMV	Mensagem exibida no equipamento ITS-PMV. Pode ter sido elaborada pelo Operador de CCO para informar uma condição da pista, ou pode ser proveniente de uma biblioteca de mensagens previamente cadastradas.	Classe	
Mensagem	Texto apresentado no PMV.	Atributo	MensagemPMV
DataHoraMensagem	Data/Hora que a mensagem foi postada no PMV.	Atributo	MensagemPMV
CaixaAlta	Indicação para mostrar se o texto é apresentado em letras maiúsculas e em destaque (negrito).	Atributo	MensagemPMV
Intermitencia	Indicação para mostrar se o texto é apresentado com intermitência (piscante).	Atributo	MensagemPMV
LinhasTexto	Indica a quantidade de linhas de uma mensagem para cada página de texto.	Atributo	MensagemPMV
PaginasTexto	Indica a quantidade de páginas de uma mensagem de texto.	Atributo	MensagemPMV

Prioridade	Indica se a mensagem tem prioridade sobre mensagens da biblioteca de mensagens.	Atributo	MensagemPMV
BibliotecaMens	Biblioteca de mensagens previamente cadastradas para a exibição alternada no PMV em intervalo definido pela concessionária.	Classe	
OperaradorCCO	Funcionário responsável pela operação do CCO (Centro de Controle Operacional) da concessionária. Ele tem a responsabilidade de exibir as mensagens para promover a informação/orientação ao usuário da rodovia.	Classe	
NomeOperador	Nome do Operador do CCO.	Atributo	OperaradorCCO
TipoStatus	São os tipos de status que um equipamento ITS pode assumir. Pode ser "com comunicação" ou "sem comunicação" entre outros.	Classe	
NomeStatus	Nome dos tipos de status que podem ser "com comunicação", "sem comunicação", "com energia comercial", "sem energia comercial".	Atributo	TipoStatus
Sem_energia_comercial	Status que indica que houve falta da energia comercial. (O equipamento pode funcionar com baterias).	Instância	NomeStatus
Sem_comunicacao	Status que indica que houve falta de comunicação entre o CCO e o equipamento em campo.	Instância	NomeStatus
Com_energia_comercial	Status que indica que o equipamento está funcionando com energia comercial.	Instância	NomeStatus
Com_comunicacao	Status que indica que há comunicação entre o CCO e o equipamento em campo.	Instância	NomeStatus

Fonte: elaborado pelo autor

O segundo artefato preparado nessa etapa é um detalhamento dos conceitos (classes e seus atributos relacionados), incluindo o tipo de cada atributo.

A Tabela 20 apresenta o detalhamento dos conceitos (Classes e suas Propriedades).

Tabela 20 – Modelo Conceitual: Detalhamento de Conceitos (Classes e Propriedades)

Classe	Atributo	Tipo do atributo
Fabricante	Nome_Fabricante	texto
Integrador	Nome_Integrador	texto
Concessionaria	Nome_Concessionária	texto
Rodovia	Nome_Rodovia	texto
Rodovia	Sigla_Rodovia	texto
Sentido	Nome_Sentido	texto
Status	Nome_Status	texto
TipoMensagem	Tipo_Mensagem	texto
PMV	TipoPMV	texto
PMV	ModeloPMV	texto
PMV	VersaoPMV	texto
PMV	KM	número
PMV	Complemento	número
PMV	DataInstalacao	datetime
StatusFuncionamento	DataHoraStatus	datetime
MensagemPMV	Mensagem	texto
MensagemPMV	DataHoraMensagem	datetime
MensagemPMV	CaixaAlta	número
MensagemPMV	Intermitencia	número
MensagemPMV	LinhasTexto	número
MensagemPMV	PaginasTexto	número
MensagemPMV	Prioridade	número
OperaradorCCO	NomeOperador	texto

Fonte: elaborado pelo autor

Após o detalhamento dos conceitos (Classes e Propriedades), o terceiro artefato preparado nessa etapa é um detalhamento dos verbos. Esse detalhamento é apresentado juntamente com sua descrição.

A Tabela 21 apresenta o detalhamento dos verbos e suas descrições.

Tabela 21 – Modelo Conceitual: Detalhamento de Verbos e suas descrições

Verbo	Descrição
fabricar_equipamento	Empresa fabricante do equipamento
integrar_equipamento	Empresa que desenvolve o sistema de gestão do equipamento
exibir_mensagem	Exibição de mensagem pelo operador do sistema
exibir_mensagem_biblio	Exibição de mensagem a partir de uma biblioteca
pertencer_equipamento	Concessionária detentora do equipamento
instalar_equipamento	Atribuir um endereço ao equipamento
tipificar_mensagem	Atribuir um tipo de mensagem ao texto exibido
responsabilizar_mensagem	Atribuir responsabilidade a um operador de CCO pela mensagem exibida

Fonte: elaborado pelo autor

Com os conceitos (classes e propriedades) e verbos definidos, o quarto artefato preparado nessa etapa é uma tabela de relacionamentos entre conceitos (classes) com informações de restrição e cardinalidade, incluindo as relações inversas.

A Tabela 22 apresenta a Tabela de Relacionamentos entre as Classes.

Tabela 22 – Modelo Conceitual: Tabela de Relacionamentos entre as Classes

Classe Origem	Relação	Classe Destino	Relação Inversa	Cardinalidade (Origem-Destino)
PMV	pertence	Concessionaria	inverso_pertence	*-1
Fabricante	fabrica	PMV	inverso_fabrica	1-*
Integrador	integra	PMV	inverso_integra	1-*
PMV	exibe	MensagemPMV	inverso_exibe	1-*
PMV	localizado	Rodovia	inverso_localizado	*-1
PMV	instalado	Sentido	inverso_instalado	*-1
PMV	tem_status	StatusFuncionamento	inverso_tem_status	*-1
MensagemPMV	tem_tipo_msg	TipoMensagem	inverso_tem_tipo_msg	*-1
BibliotecaMens	tem_tipo_msg	TipoMensagem	inverso_exibe_bibli	*-1
StatusFuncionamento	tem_tipo_staus	TipoStatus	Inverso_tem_tipo_staus	1-*
OperadorCCO	inclui_msg	MensagemPMV	inverso_inclui_msg	1-*

Fonte: elaborado pelo autor

Para a integração dos bancos de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV estudados nessa dissertação, um mapeamento, mostrando os conceitos da ontologia e as tabelas e campos dos bancos de dados, foi elaborado. A Tabela 23 apresenta esse mapeamento.

Tabela 23 – Modelo Conceitual: Tabela de mapeamento entre os conceitos da ontologia e os bancos de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV

Conceito	Fabricante	Mapeamento
Sigla_Rodovia (atributo)	Empresa A	Tablela TabITS Campo End_ITS (primeiras 5 posições)
	Empresa B	Tablela T_PMV Campo Desc_Rodovia
	Empresa C	Tablela TABRodovia Campo SiglaRodovia
	Empresa D	Tablela T_Rodovia Campo Descricao
	Empresa E	Tablela T_PMV Campo LocPMV (primeiras 5 posições)
Nome_Rodovia (atributo)	Empresa A	-
	Empresa B	-
	Empresa C	Tablela TABRodovia Campo NomeRodovia
	Empresa D	-
	Empresa E	-
Nome_Sentido (atributo)	Empresa A	Tablela TabITS Campo End_ITS (a partir da posição 17, uma posição, com a primeira letra do sentido)
	Empresa B	Tablela T_PMV Campo Desc_Sentido
	Empresa C	Tablela TABSentido Campo NomeSentido
	Empresa D	Tablela T_Equipamentos Campo Sentido
	Empresa E	Tablela T_PMV Campo LocPMV (a partir da posição 15, uma posição com a primeira letra do sentido)
DataHoraStatus (atributo)	Empresa A	Tablela TabStatusPMV Campo Data_Status
	Empresa B	-
	Empresa C	Tablela TABPMVStatus Campo DataHoraStatus
	Empresa D	Tablela T_Status Campo DataHoraStatus
	Empresa E	-
Tipo_Mensagem (atributo)	Empresa A	-
	Empresa B	-
	Empresa C	Tablela TabStatusPMV Campo TipoMensagem
	Empresa D	-
	Empresa E	-

KM (atributo)	Empresa A	Tabela TabITS Campo End_ITS (a partir da posição 9, três posições)
	Empresa B	Tabela T_PMV Campo Desc_Localizacao (a partir da posição 3, três posições)
	Empresa C	Tabela TABPMV Campo EndKMPMV
	Empresa D	Tabela T_Equipamentos Campo Localizacao (usa a parte inteira do campo tipo float para armazenamento do quilometro)
	Empresa E	Tabela T_PMV Campo LocPMV (a partir da posição 7, três posições)
Complemento (atributo)	Empresa A	Tabela TabITS Campo End_ITS (a partir da posição 13, três posições)
	Empresa B	Tabela T_PMV Campo Desc_Localizacao (a partir da posição 7, três posições)
	Empresa C	Tabela TABPMV Campo EndCompIPMV
	Empresa D	Tabela T_Equipamentos Campo Localizacao (usa a parte decimal do campo tipo float para armazenamento do complemento)
	Empresa E	Tabela T_PMV Campo LocPMV (a partir da posição 11, três posições)
Mensagem (atributo)	Empresa A	Tabela TabMensPMV Campo Desc_Mens
	Empresa B	Tabela T_PMV Campo Desc_Mensagem
	Empresa C	Tabela TABPMVMensagem Campo TextoPMV
	Empresa D	Tabela T_Mensagem Campo Mensagem
	Empresa E	Tabela T_MensagemPMV Campo Mensagem
DataHoraMensagem (atributo)	Empresa A	Tabela TabMensPMV Campo Data_Mens
	Empresa B	Tabela T_PMV Campo Desc_Data
	Empresa C	Tabela TABPMVMensagem Campo DataHoraPMV
	Empresa D	Tabela T_Mensagem Campo DataHoraMensagem
	Empresa E	Tabela T_MensagemPMV Campo DataHoraPMV
CaixaAlta (atributo)	Empresa A	-
	Empresa B	-
	Empresa C	-
	Empresa D	-
	Empresa E	Tabela T_MensagemPMV Campo CaixaAlta

Intermitencia (atributo)	Empresa A	-
	Empresa B	-
	Empresa C	-
	Empresa D	Tabela T_Mensagem Campo Intermitencia
	Empresa E	Tabela T_MensagemPMV Campo Intermitencia
NomeStatus (atributo)	Empresa A	Tabela TabStatusPMV Campo Desc_Status ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")
	Empresa B	Tabela T_PMV Campo Desc_Status ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")
	Empresa C	Tabela TABPMVStatus Campo CodStatus (chave estrangeira da tabela TABStatus)
	Empresa D	Tabela T_Status Campo Descricao
	Empresa E	Tabela T_PMV Campo StatusPMV ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")

Fonte: elaborado pelo autor

4.4 Implementação da Ontologia

Nessa etapa é feita a implementação da ontologia utilizando os artefatos elaborados nas etapas anteriores e a geração do código em OWL-DL. Para tanto é usada a ferramenta Protégé.

O resultado dessa etapa é apresentado em alguns diagramas, em um fragmento do código-fonte OWL e, no apêndice A, o código-fonte completo.

A definição da Taxonomia¹ de Classes é a primeira etapa para a implementação da ontologia.

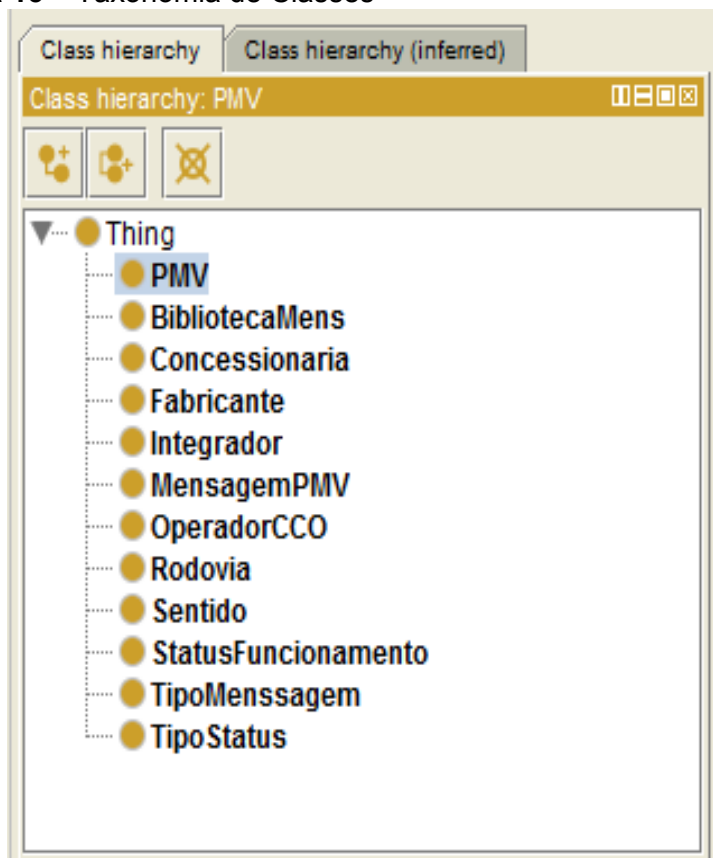
Conforme apresentado na Figura 15, a taxonomia segue uma estrutura hierárquica: inicia por conceitos mais gerais e os especializa conforme a

¹ Taxonomia: De forma mais genérica, taxonomia é uma classificação. Trata-se de uma estrutura de organização baseada na hierarquia que vai do geral para o específico.

necessidade. Para documentar o modelo, é recomendável que a definição de cada termo seja adicionada como um comentário à respectiva classe na ontologia (RODRIGUES, 2014). O artefato usado para essa tarefa é o GT apresentado na Tabela 19.

A Figura 15 mostra a taxonomia de classes criado com o Protégé.

Figura 15 – Taxonomia de Classes



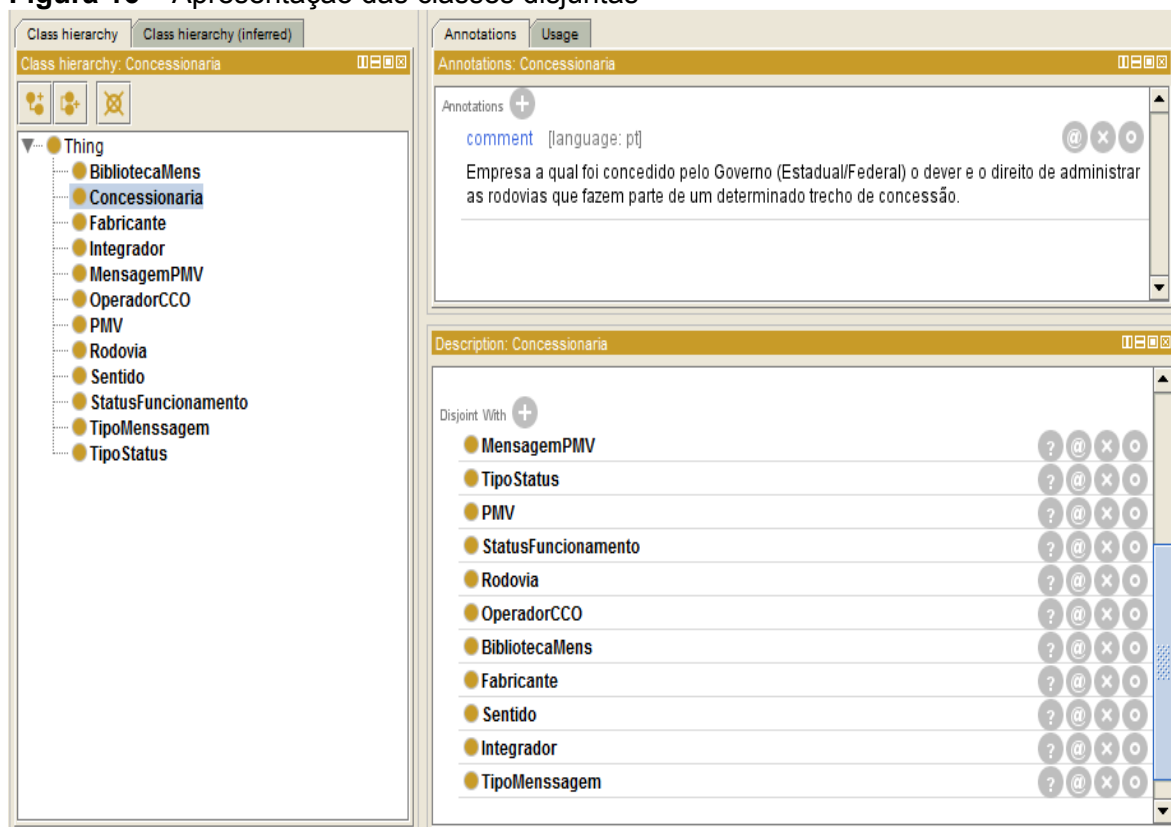
Fonte: elaborado pelo autor

É importante destacar que no Protégé, todas as classes são subclasses da classe “*Thing*”. Por este motivo, é importante que termos distintos sejam representados por classes disjuntas, caso contrário, não é possível afirmar que o elemento de uma classe pertence exclusivamente à ela (RODRIGUES, 2014).

Em seguida serão informadas as classes disjuntas, ou seja, desconectar um grupo de classes. Isto irá garantir que um indivíduo que tenha sido declarado como sendo membro de uma das classes do grupo, não será um membro de nenhuma outra classe naquele mesmo grupo.

A Figura 16 mostra a disjunção entre as classes PMV, Rodovia, Concessionaria, Sentido, StatusFuncionamento, Fabricante, TipoStatus, MensagemPMV, TipoMensagem, BibliotecaMens, Integrador e OperadorCCO.

Figura 16 – Apresentação das classes disjuntas

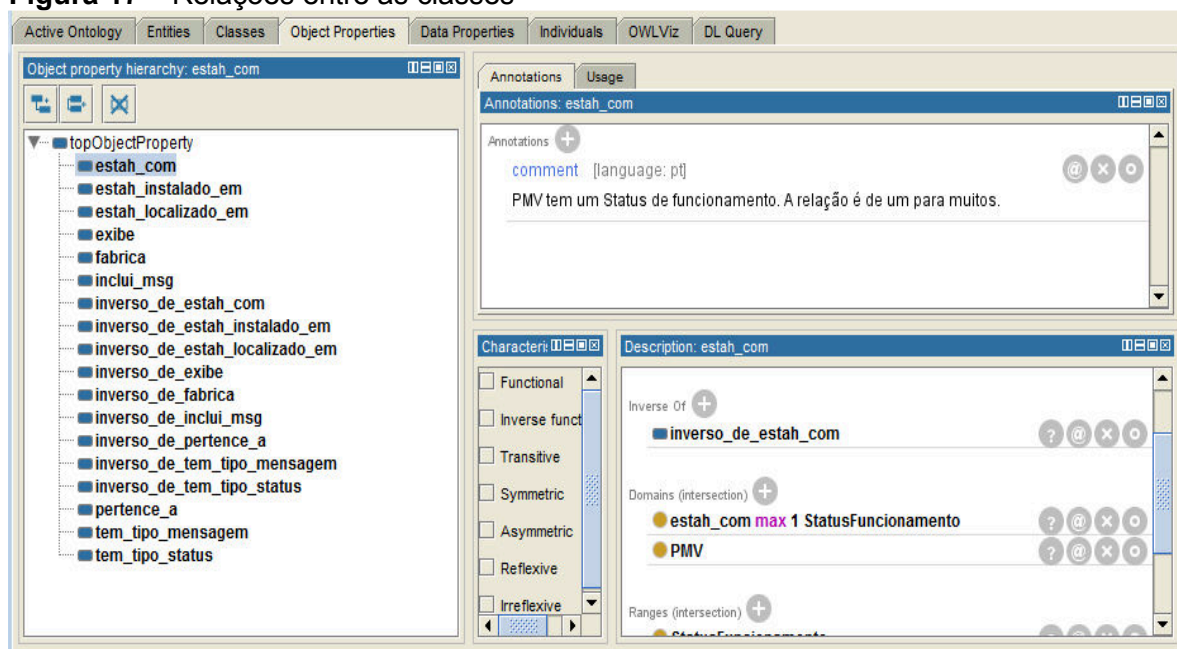


Fonte: elaborado pelo autor

Na sequência, é necessário representar a estrutura interna dos conceitos dentro do domínio. Para isso foram criadas as relações entre as classes, ou seja, as propriedades do objeto, que ligam um indivíduo a outro indivíduo. Os artefatos usados foram a tabela de Detalhamento de Verbos e suas descrições vista na Tabela 21 e a tabela de Relacionamentos entre os Conceitos vista na Tabela 22. São anotadas também as relações inversas respectivas a cada relação identificada.

A Figura 17 mostra as relações entre as classes.

Figura 17 – Relações entre as classes

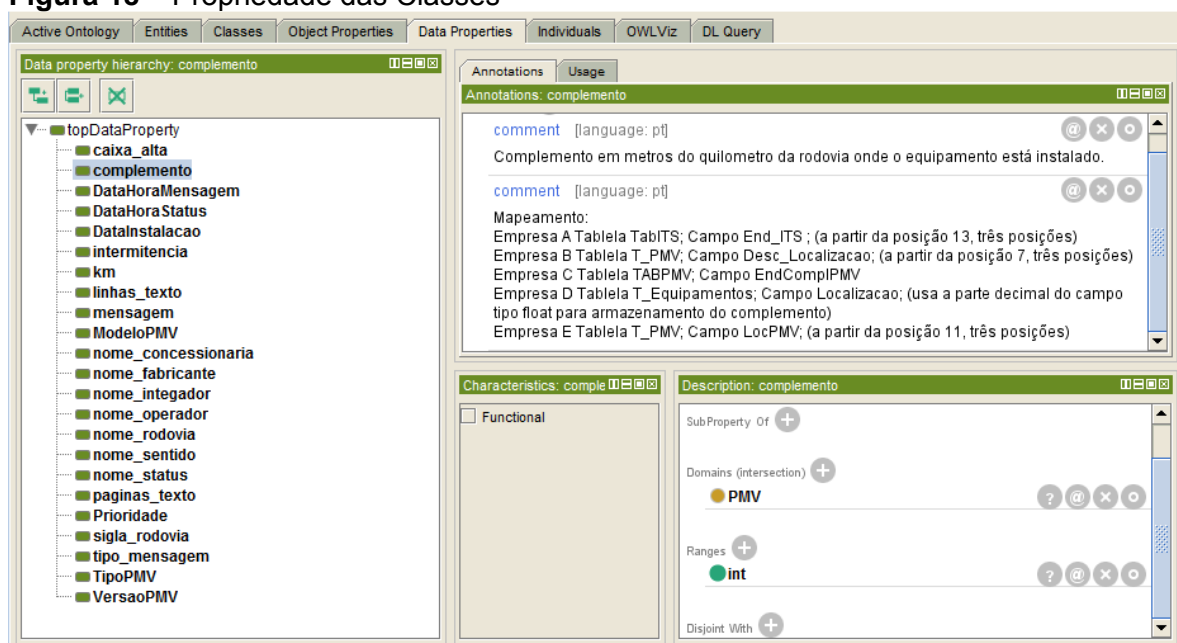


Fonte: elaborado pelo autor

Os artefatos usados nessa etapa são o GT apresentado na Tabela 19, o Detalhamento de Conceitos e Propriedades apresentado na Tabela 20 e o Mapeamento entre os conceitos apresentado na Tabela 23. Agora esses atributos são anotados, cada um respectivamente à sua classe.

A Figura 18 mostra a criação atributos (propriedade das classes).

Figura 18 – Propriedade das Classes

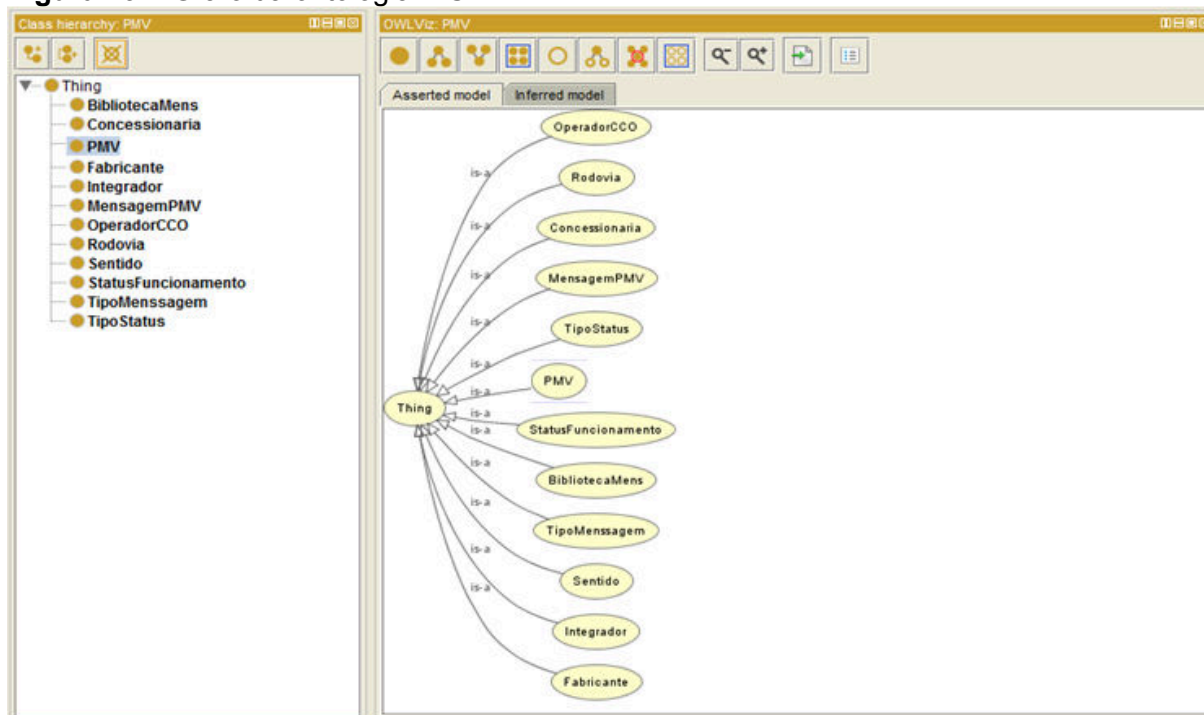


Fonte: elaborado pelo autor

A ferramenta Protégé disponibiliza uma visualização do grafo da ontologia.

A Figura 19 mostra o grafo da ontologia estruturada com as classes e subclasses.

Figura 19 – Grafo da ontologia ITS-PMV



Fonte: elaborado pelo autor

No decorrer da etapa de construção da ontologia, é recomendável que ela seja submetida à verificação por meio de um motor de inferência. Esse procedimento almeja dois objetivos: o primeiro testa a taxonomia das classes, e o segundo testa a organização da ontologia quanto à lógica (RODRIGUES, 2014).

Nessa dissertação foi usado Pellet como motor de inferência que, no teste de taxonomia, verifica se uma classe é subclasse de outra classe. A classe 'Concessionaria' é disjunta da classe 'OperadorCCO', como pode ser visto na Figura 16, e ambas são subclasses da classe 'Thing'. Desse modo, elementos da classe 'Concessionaria' pertencem exclusivamente à concessionária, enquanto elementos da classe 'OperadorCCO' pertencem exclusivamente à operadorCCO e tanto a 'Concessionaria' quanto a 'OperadorCCO' pertencem à classe 'Thing'. Se uma equivalência for adicionada às classes 'Thing' e 'Concessionaria', é possível afirmar que ambas representam os mesmos elementos. Se 'OperadorCCO' for definido

como uma subclasse de ‘Concessionaria’, ao submeter a ontologia ao motor de inferência, é apresentado um erro de modelagem: a classe ‘OperadorCCO’ não pode ser uma subclasse de ‘Concessionaria’, uma vez que ambas são disjuntas.

Caso não haja a disjunção entre as classes ‘Concessionaria’ e ‘OperadorCCO’, o motor de inferência classifica a taxonomia de forma normal em uma situação onde ‘OperadorCCO’ seja uma subclasse de ‘Concessionaria’. Esta situação, embora logicamente possível, tornaria o modelo conceitualmente incorreto, uma vez que a ‘Concessionaria’ e ‘OperadorCCO’ representam elementos distintos no domínio. Por este motivo, é recomendável que o especialista no domínio acompanhe ou revise o processo de modelagem, reduzindo a ocorrência de erros conceituais na ontologia.

Quanto ao teste de lógica, o motor de inferência se baseia nas propriedades do modelo para inferir se é possível atribuir instâncias às classes. Se não for possível gerar ao menos uma instância, a classe é considerada inconsistente e uma mensagem de erro é gerada.

Após a implementação da ontologia, o Quadro 2 apresenta um fragmento do código (devido ao seu tamanho) na linguagem OWL. O código completo em OWL da ontologia do equipamento ITS-PMV está no APÊNDICE A.

Quadro 2 – Fragmento de código OWL da ontologia do ITS-PMV

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY swrl "http://www.w3.org/2003/11/swrl#" >
  <!ENTITY swrlb "http://www.w3.org/2003/11/swrlb#" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <!ENTITY protege "http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#" >
  <!ENTITY xsp "http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#" >
]>
<rdf:RDF xmlns="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:swrl="http://www.w3.org/2003/11/swrl#"
  xmlns:swrlb="http://www.w3.org/2003/11/swrlb#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:xsp="http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#"
  >
```

```

xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
xmlns:xsp="http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#"
xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
xmlns:swrlb="http://www.w3.org/2003/11/swrlb#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
<owl:Ontology rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl"/>
...
<!-- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain -->
<owl:AnnotationProperty rdf:about="&rdfs;domain"/>

<!-- java:edu.stanford.smi.protege.model.DefaultCls -->

<rdfs:Datatype rdf:about="java:edu.stanford.smi.protege.model.DefaultCls"/>
...
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_com -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_com">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV tem um Status de funcionamento. A relação é de um para
muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <rdfs:domain>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_com"/>
      <owl:onClass rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
      <owl:maxQualifiedCardinality
rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">1</owl:maxQualifiedCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
...
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#complemento -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#complemento">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Complemento em metros do quilometro da rodovia onde o
equipamento está instalado.</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A Tabela TabITS; Campo End_ITS ; (a partir da posição 13, três posições)
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc_Localizacao; (a partir da posição 7, três posições)
Empresa C Tabela TABPMV; Campo EndComplPMV
Empresa D Tabela T_Equipamentos; Campo Localizacao; (usa a parte decimal do campo tipo float

```

```

para armazenamento do complemento)
Empresa E Tabela T_PMV; Campo LocPMV; (a partir da posição 11, três posições)
</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
...
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria -->
  <owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria">
    <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-
ontologies.com/PMV.owl#EquipamentoITS"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-
ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
    <rdfs:comment xml:lang="pt">Empresa a qual foi concedido pelo Governo (Estadual/Federal) o
dever e o direito de administrar as rodovias que fazem parte de um determinado trecho de
concessão.</rdfs:comment>
  </owl:Class>
...
<!-- Generated by the OWL API (version 3.4.2) http://owlapi.sourceforge.net -->

```

Fonte: elaborado pelo autor

4.5 Validação da Ontologia

Nessa etapa de validação da ontologia usam-se as questões de competência definidas na etapa de especificação da ontologia, apresentada no Quadro 1, no intuito de verificar se o conteúdo esperado foi incluído nela (ontologia). No caso da ontologia responder a essas questões de competência então se considera que seu conteúdo está validado (MATSUBARA, 2012).

A Tabela 24 apresenta o Documento de Avaliação contendo as questões de competência definidas na etapa de especificação da ontologia e se essas questões são atendidas pela ontologia construída.

Tabela 24 – Documento de Avaliação

<p>QC1. O fabricante é sempre o desenvolvedor do sistema que gerencia o equipamento ITS-PMV?</p> <p>R.: Nem sempre, existe a figura do “Integrador” que por vezes é o próprio fabricante, porém em outras vezes é uma empresa diferente que desenvolve o sistema para gerenciar o equipamento.</p> <p>Respondido pela Ontologia: Sim, a classe “Fabricante” com seu atributo “Nome_Fabricante” e a classe “Integrador” com seu atributo “Nome_Integrador” atendem à QC1.</p>
<p>QC2. Quem é o responsável pela informação veiculada no equipamento?</p> <p>R.: A concessionária que administra o trecho em que o equipamento está instalado.</p> <p>Respondido pela Ontologia: Sim, a classe “Concessionaria” com seu atributo “Nome_Concessionaria” atende à QC2.</p>
<p>QC3. Na concessionária, quem é o responsável por inserir a mensagem no equipamento?</p> <p>R.: Os sistemas devem ter um controle de acesso para a autorização de usuários cadastrados. Normalmente os Operadores de CCO são responsáveis por inserir as mensagens nos ITS-PMVs.</p> <p>Respondido pela Ontologia: Sim, a classe “OperadorCCO” com seu atributo “NomeOperador” atende à QC3.</p>
<p>QC4. Quais informações do equipamento ITS-PMV são relevantes?</p> <p>R.: Informação indicando o “tipo”, o “modelo”, a “versão” do equipamento.</p> <p>Respondido pela Ontologia: Sim, os atributos “tipo”, “modelo” e “versao” da classe “PMV” atendem à QC4.</p>
<p>QC5. Há um prazo para a revitalização do equipamento ITS-PMV?</p> <p>R.: A ANTT estipulou um prazo de 5 anos para que ocorra a revitalização de todos os equipamentos ITS, inclusive o ITS-PMV.</p> <p>Respondido pela Ontologia: Sim, o atributo “DataInstalacao” da classe “PMV” atende à QC5.</p>

QC6. Quais as informações necessárias para a identificação do local onde um ITS-PMV está instalado?

R.: O endereço único de um equipamento deve conter a rodovia, o quilometro, o complemento, e o sentido de pista.

Respondido pela Ontologia: Sim, a classe “Rodovia” com seus atributos “sigla_rodovia” e “nome_rodovia”; juntamente com a classe “Sentido” com seus atributos “nome_sentido”; mais a classe “PMV” com seus atributos “km” e “complemento” atendem à QC6.

QC7. Há tipos de mensagens, quais são?

R.: Sim, os tipos podem ser “Acidente”, “Advertência”, “Campanha”, “Educativa”, “Obras”.

Respondido pela Ontologia: Sim, as instâncias “Acidente”, “Advertencia”, “Campanha”, “Educativa”, “Obras” do atributo “Tipo_Mensagem” da classe “TipoMensagem” atendem à QC7.

QC8. Para chamar ainda mais a atenção do usuário da rodovia para mensagens importantes, como as mensagens devem ser exibidas?

R.: Com o objetivo de dar mais destaque às mensagens importantes há algumas formas de apresentá-las como: Alternância (piscante), Caixa Alta (texto com letras maiúsculas e em negrito).

Respondido pela Ontologia: Sim, os atributos “CaixaAlta” e “Intermitencia” da classe “MensagemPMV” atendem à QC8.

QC9. Há tipos de *status*, quais são?

R.: Sim, para esse equipamento pode estar (com comunicação); (sem comunicação); (com energia comercial); (sem energia comercial); porém os sistemas devem suportar outros tipos de *status*. A informação de status deve indicar a data/hora em que ocorreu o evento.

Respondido pela Ontologia: Sim, a classe “TipoStatus” com seu atributo “Nome_Status” e suas instâncias “Sem_energia_comercial”, “Sem_comunicacao”, “Com_energia_comercial” e “Com_comunicacao”, juntamente com a classe “StatusFuncionamento” e seu atributo “DataStatus” atendem à QC9.

QC10. Quanto à forma, como as mensagens devem ser exibidas no ITS-PMV?

R.: As mensagens são elaboradas e enviadas ao equipamento pelo Operador de CCO dependendo do evento ou circunstância que está ocorrendo na rodovia. Entretanto, para que as mensagens possam ser lidas pelos usuários da rodovia as mensagens devem ter no máximo três páginas com três linhas.

Respondido pela Ontologia: Sim, os atributos “LinhasTexto” e “PaginasTexto” da classe “MensagensPMV” atendem à QC10.

QC11. Deve haver uma biblioteca de mensagens?

R.: Sim, em momento em que não houver ocorrências no trecho em que o equipamento ITS-PMV está instalado, mensagens devem ser exibidas. Para tanto o sistema deve dispor de uma biblioteca de mensagens previamente cadastradas para a exibição alternada em intervalo definido pela concessionária. Entretanto, se uma mensagem for inserida com um *status* de “prioridade”, a mesma não pode ser substituída por uma mensagem automática da biblioteca.

Respondido pela Ontologia: Sim, a classe “BibliotecaMens” e seus atributos juntamente com o atributo “Prioridade” da classe “MensagemPMV” atendem à QC11.

Fonte: elaborado pelo autor

A validação indica se a ontologia foi construída corretamente e se é capaz de responder ao conjunto de questões de competência ao domínio, formuladas no início da etapa de Especificação da Ontologia (RODRIGUES, 2014).

Portanto, a ontologia construída é validada, pois responde as questões de competência definidas na etapa de especificação da mesma.

4.6 Considerações finais

As informações levantadas na seção anterior serviram de base para a construção da ontologia proposta, utilizando a metodologia Methontology. Com isso foram criados alguns artefatos no percorrer das etapas da metodologia.

Na etapa de Especificação da Ontologia o artefato gerado foi o “Documento de Especificação da Ontologia”; na etapa Conceitualização da Ontologia os artefatos gerados foram o “Glossário de Termos”, o “Detalhamento de Conceitos (Classes e Propriedades)”, o “Detalhamento de Verbos e suas descrições”, a “Tabela de Relacionamentos entre as Classes” e a “Tabela de mapeamento entre os conceitos da ontologia e os bancos de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV”; na etapa Implementação, com a utilização da ferramenta Protégé, foi gerado o código OWL; e, por fim; na etapa Validação o artefato gerado foi o “Documento de Avaliação”. Com isso, o processo de desenvolvimento da ontologia tornou-se organizado e conciso.

Na seção seguinte são discutidos os resultados da adoção e aplicação da metodologia Methontology e a contribuição das várias fontes para a construção da ontologia.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Introdução

Nessa seção é mostrada como a adoção e aplicação da metodologia Methontology contribuiu para o desenvolvimento da ontologia. Foi avaliado o processo de extração de informações a partir de bases de dados heterogêneas, e sua contribuição para a aquisição de conhecimento para a elaboração da ontologia proposta. Foi verificada também a contribuição que outras fontes de informações, como o estudo do conhecimento dos especialistas, a norma NTCIP 1203 e a resolução 3576 de 2010 da ANTT, deram ao processo de composição do conhecimento desse domínio.

5.2 Utilização da Methontology no desenvolvimento da ontologia

A metodologia Methontology tem um ciclo de vida evolutivo e apresentou um processo de desenvolvimento da ontologia desde o início. No processo de desenvolvimento se estabelece a definição de escopo e propósito, respondendo questões como: por qual motivo a ontologia está sendo criada e quais serão os seus usos. São listadas as fontes de conhecimento, onde existe a etapa de Aquisição de Conhecimento, etapa essa que é intensa durante a especificação, porém diminui ao longo do desenvolvimento da ontologia. A metodologia propõe a integração de outras ontologias àquela que está sendo desenvolvida, e, quando possível, resulta em um documento de integração. A etapa de implementação codifica a ontologia em uma linguagem computável. A última etapa da metodologia é a etapa de avaliação que valida a ontologia criada em relação à especificação de requisitos. Vários documentos são gerados durante o ciclo de vida do Methontology, entre eles o “Documento de Especificação da Ontologia” e o “Glossário de Termos”, o que facilita também o seu reuso e compartilhamento.

5.3 Extração de conhecimento advinda de bases de dados e outras fontes de informações

A motivação para a realização desse trabalho foi a heterogeneidade das bases de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV. Para tanto, a extração das informações para a elaboração da ontologia proposta se iniciou nas bases de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV. No entanto, a metodologia Methontology orienta a consulta, para a aquisição de conhecimento, de fontes formais por meio de entrevistas com especialistas do domínio, técnicas de *brainstorming*, entre outras, ou mesmo de fontes informais como entrevistas não estruturadas, ou leitura de artigos sobre o domínio. Portanto outras fontes de informações foram estudadas como relatórios técnicos contendo o conhecimento dos especialistas de ITS, a norma NTCIP 1203 e a resolução 3576 de 2010 da ANTT.

Uma tabela foi criada para indicar a procedência das informações para a identificação de cada conceito, para apresentar a importância de cada fonte para a obtenção do conhecimento.

A Tabela 25 apresenta as origens do conhecimento para a obtenção da informação para a definição dos conceitos.

Tabela 25 – Tabela de origem dos conceitos

Fontes de informação Conceitos	Bases de dados dos fabricantes	Especialistas do domínio	Norma NTCIP 1203	Resolução ANTT 3576
StatusFuncionamento (Classe)	Sim	Sim	Sim	Sim
PMV (Classe)	Sim	Sim	Sim	Sim
StatusFuncionamento (Classe)	Sim	Sim	Sim	Sim
MensagemPMV (Atributo)	Sim	Sim	Sim	Sim
Mensagem (Atributo)	Sim	Sim	Sim	Sim
TipoStatus (Classe)	Sim	Sim	Sim	Sim
NomeStatus (Atributo)	Sim	Sim	Sim	Sim
CaixaAlta (Atributo)	Sim	Sim	Não	Sim
Intermitencia (Atributo)	Sim	Sim	Não	Sim
Sem_comunicacao (Instância)	Sim	Sim	Sim	Não
Com_comunicacao (Instância)	Sim	Sim	Sim	Não
PaginasTexto (Atributo)	Não	Sim	Sim	Sim
Sem_energia_comercial (Instância)	Não	Sim	Sim	Sim
Com_energia_comercial (Instância)	Não	Sim	Sim	Sim

Rodovia (Classe)	Sim	Sim	Não	Não
Nome_Rodovia (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
Sigla_Rodovia (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
Sentido (Classe)	Sim	Sim	Não	Não
Nome_Sentido (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
DataHoraStatus (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
TipoMensagem (Classe)	Sim	Sim	Não	Não
Tipo_Mensagem (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
Educativa (Instância)	Sim	Sim	Não	Não
Advertencia (Instância)	Sim	Sim	Não	Não
Campanha (Instância)	Sim	Sim	Não	Não
Acidente (Instância)	Sim	Sim	Não	Não
Obras (Instância)	Sim	Sim	Não	Não
KM (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
Complemento (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
DataHoraStatus (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
DataHoraMensagem (Atributo)	Sim	Sim	Não	Não
OperaradorCCO (Classe)	Não	Sim	Sim	Não
LinhasTexto (Atributo)	Não	Sim	Não	Sim
Fabricante (Classe)	Não	Sim	Sim	Não
Nome_Fabricante (Atributo)	Não	Sim	Sim	Não
BibliotecaMens (Classe)	Não	Sim	Sim	Não
NomeOperador (Atributo)	Não	Sim	Sim	Não
Integrador (Classe)	Não	Sim	Não	Não
Nome_Integrador (Atributo)	Não	Sim	Não	Não
Concessionária (Classe)	Não	Sim	Não	Não
Nome_Concessionária (Atributo)	Não	Sim	Não	Não
DataInstalacao (Atributo)	Não	Não	Não	Sim
TipoPMV (Atributo)	Não	Não	Sim	Não
ModeloPMV (Atributo)	Não	Não	Sim	Não
VersaoPMV (Atributo)	Não	Não	Sim	Não
Prioridade (Atributo)	Não	Não	Sim	Não
Norte (Instância)	Sim	Não	Não	Não
Sul (Instância)	Sim	Não	Não	Não
Leste (Instância)	Sim	Não	Não	Não
Oeste (Instância)	Sim	Não	Não	Não
Interno (Instância)	Sim	Não	Não	Não
Externo (Instância)	Sim	Não	Não	Não
Canteiro_central (Instância)	Sim	Não	Não	Não

Fonte: elaborado pelo autor

Com base na Tabela 25, os dados foram analisados e foi verificado o percentual de participação de cada fonte de informação e o percentual de contribuição em relação ao conhecimento acumulado a cada fonte estudada.

A Tabela 26 mostra que 66% dos conceitos foram obtidos com o estudo das bases de dados dos fabricantes. Com o estudo do conhecimento dos especialistas foram obtidos 77%, entretanto 24% deles foram novos conceitos em relação ao que foi obtido com o estudo das bases de dados dos fabricantes. O estudo da norma NTCIP 1203 contribuiu para a obtenção de 41% dos conceitos, onde 8% deles não constavam no estudo dos bancos de dados dos fabricantes nem no estudo do conhecimento dos especialistas. Por fim, a resolução 3576 de 2010 da ANTT foi a que menos contribuiu na obtenção dos conceitos com 26%, de onde 2% não constavam nos outros três estudos.

Os números percentuais acima citados mostram que existe uma considerável sobreposição de informações. À medida que novas fontes são analisadas, estas diminuem a colaboração individual, uma vez que a maioria dos conceitos já foram incorporados, pela atividade de Aquisição de Conhecimento. O que mostra também que as primeiras fontes estudadas contribuíram significativamente para essa aquisição.

Tabela 26 – Tabela percentual de participação e contribuição das fontes de informação

Fontes de informações	Percentual de participação na ontologia	Contribuição (em relação ao conhecimento acumulado)
Bases de dados dos fabricantes	66%	66%
Especialistas (concessionárias de SP)	77%	24%
Norma internacional NTCIP 1203	41%	8%
Resolução Federal 3576 da ANTT	26%	2%

Fonte: elaborado pelo autor

Ainda com base na Tabela 25, pode-se concluir ou ao menos verificar alguns indícios analisando os grupos de ocorrências de conceitos.

A Tabela 27 apresenta o percentual de grupo de ocorrências de conceitos da ontologia, onde esses grupos são encontrados e a conclusão ou indício a que se tem analisando o referido grupo.

Tabela 27 – Tabela percentual de grupo de ocorrências de conceitos da ontologia

Percentual / Onde foram encontrados os conceitos (Separados por cor)		Conclusão
13%	- Bases dos Fabricantes - Especialistas - NTCIP - Resolução	Há um consenso entre esses conceitos, pois estão presentes em todas as fontes estudadas. Portanto esses conceitos são imprescindíveis.
8%	- Bases dos Fabricantes - Especialistas - NTCIP ou Resolução	Aqui há quase um consenso, onde ou a NTCIP ou a resolução não apresenta, mas é encontrado em três dos quatro estudos. Pode-se entender que ou a NTCIP ou a Resolução não se atentou para esses conceitos e poderiam revisá-los.
6%	- Especialistas - NTCIP - Resolução	Pode-se entender que há um consenso entre os especialistas, NTCIP e Resolução, porém os fabricantes devem rever esses conceitos, pois não estão implementando-os em seus sistemas.
32%	- Bases dos Fabricantes - Especialistas	Pode-se entender que os especialistas e os fabricantes estão alinhados quanto a esses conceitos, porém a NTCIP e a Resolução não apresentam os mesmos, o que se pode supor que a operação do equipamento possa não ser o foco desses dois últimos.
19%	- Especialistas - NTCIP ou Resolução	Há conceitos que são tácitos dos especialistas e que aparecem hora na NTCIP, hora na Resolução, hora em nenhum dos dois. Porém nunca foram implementados pelos fabricantes. Isso pode mostrar um desejo do mercado e que os fabricantes não estão atentos.
9%	- NTCIP - Resolução	Mostra que tanto Fabricantes como Especialistas talvez devam estar mais atentos a NTCIP e a Resolução.
13%	- Bases dos Fabricantes	São instâncias retiradas de registros das bases de dados que apresentam o negócio de cada concessionária.

Fonte: elaborado pelo autor

5.4 Considerações finais

Com a aplicação da metodologia Methontology, que detalha o processo de desenvolvimento de ontologias, por meio de suas etapas, desenvolveu-se a ontologia de maneira organizada e abrangente no que se refere ao seu domínio de estudo, estruturação e possibilidade de reuso.

O estudo das bases de dados dos fabricantes do equipamento ITS-PMV mostrou-se uma importante fonte de obtenção de conhecimento para o desenvolvimento da ontologia proposta, principalmente ao se olhar para o percentual de contribuição que essa fonte proporcionou para a identificação dos conceitos.

Tão importante quanto as bases de dados dos fabricantes foi o estudo do conhecimento dos especialistas desse domínio, que, igualmente à fonte anterior, proporcionou um percentual elevado na obtenção do conhecimento. Embora a contribuição efetiva tenha sido menor em função de vários conceitos se sobreporem e já terem sido considerados anteriormente.

Ao se olhar para o percentual de contribuição proporcionado pela norma NTCIP 1203 e, principalmente, pela resolução 3576 de 2010 da ANTT, pode-se interpretar que houve uma contribuição menor. Entretanto, o que deve ser analisado, não é a quantidade, mas sim que existem novos conhecimentos que puderam ser adquiridos com essas outras fontes.

6 CONCLUSÃO

6.1 Introdução

Nessa seção são apresentadas conclusões sobre a dissertação com considerações finais sobre a ontologia elaborada e suas principais contribuições. Por fim são propostas sugestões para possíveis trabalhos futuros.

6.2 Considerações finais

Relembrando o objetivo desta dissertação, ou seja, o mapeamento do conhecimento do equipamento ITS-PMV, entende-se que ele foi alcançado, pois foi desenvolvida uma ontologia que representa o domínio de conhecimento desse equipamento.

O trabalho de desenvolvimento de uma ontologia pode ser oneroso, pois necessita a alocação de recursos, incluindo pessoas com conhecimento nesse desenvolvimento, e prazo. Entretanto, sob o aspecto da obtenção e organização da informação e sua disponibilização, empenhar esses recursos para sua (ontologia) elaboração pode contribuir para a construção de sistemas e pesquisas na área de desenvolvimento de software. Isso porque a ontologia consegue reunir e organizar o conhecimento que, por vezes, está distribuído e não organizado em forma de bancos de dados, de aplicações, de documentos, ou mesmo tácito na mente de pessoas que conhecem o processo.

Com a ontologia, é possível o compartilhamento do conhecimento por partes interessadas no processo, como a equipe de desenvolvimento de uma aplicação, unificando o entendimento e ajudando na comunicação entre os envolvidos. Ela (ontologia) também reduz a ambiguidade conceitual de termos do domínio em questão, e pode ser usada para a verificação e validação de um projeto de desenvolvimento de software.

Embora tenham sido consultadas algumas bibliotecas de ontologias, não foi encontrado nenhum exemplo envolvendo o equipamento ITS-PMV. Em função disso

foram buscados métodos e metodologias para o desenvolvimento de ontologias, assim como ferramentas para seu desenvolvimento e edição.

Escolhida a metodologia Methontology, que preconiza a atividade de aquisição de conhecimento, foram elencadas fontes de informações, sendo as que mais contribuíram foram: as bases de dados de cinco fabricantes de equipamentos ITS-PMV e estudo dos relatórios técnicos, realizados pelo IPT, contendo o conhecimento dos especialistas das dezessete concessionárias de rodovia do Estado de São Paulo.

Além das fontes anteriores foram pesquisadas a norma NTCIP 1203 e a resolução 3576 da ANTT que tiveram uma contribuição menor em termos quantitativos em relação às fontes anteriores.

Com o uso da metodologia Methontology vários artefatos foram gerados nas etapas de desenvolvimento da ontologia: Especificação, Conceitualização, Implementação e Validação; o que tornou o processo de desenvolvimento da ontologia organizado, abrangente e conciso.

O uso da ontologia como forma de equacionar a heterogeneidade de bases de dados e obtenção de conhecimento mostrou-se eficaz para o mapeamento das informações desse equipamento e a construção de um vocabulário e, com isso, formalizando, organizando e estruturando esse domínio.

Um próximo passo seria reunir os possíveis *stakeholders* envolvidos, ou seja, fabricantes, especialistas das concessionárias, representantes da NTCIP, representantes da ARTESP, representantes da ANTT, entre outros e apresentar os resultados desse trabalho com o objetivo de se discutir e consolidar os conceitos e as questões de competência levantados nessa dissertação e, possivelmente, melhorar a ontologia construída.

Nessa dissertação foi desenvolvido um exemplo de ontologia para um equipamento específico de ITS. Foi sugerido que é possível estender essa ontologia para outros equipamentos ITS. Este pode ser um caminho para a normatização dos equipamentos ITS, visando alcançar a interoperabilidade e reusabilidade.

6.3 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros é apresentada uma lista com sugestões de pesquisas. As sugestões podem ser usadas para complementar ou como alternativa a essa dissertação.

São elas:

- Desenvolvimento de aplicação utilizando o código OWL gerado nessa dissertação para criar, automaticamente, as classes, atributos e relacionamentos;
- O aperfeiçoamento da ontologia ITS-PMV, por meio da inclusão de novos conceitos;
- Estender a ontologia ITS-PMV para abranger outros equipamentos ITS, tais como *Call Box*, SAT, SCA, entre outros;
- O uso de SPARQL¹ para efetuar pesquisas na ontologia em substituição ao processo de inferências recursivas;
- A comparação entre diferentes motores de inferência, além do Pellet, com o objetivo de apontar qual é o mais eficiente para a classificação e validação do modelo;
- Uso de outro método ou metodologia de desenvolvimento de ontologias para construção de uma ontologia para um equipamento ITS, e a comparação com a metodologia (Methontology) utilizada nessa dissertação.
- Uso de outra ferramenta de edição de ontologias como apoio para a construção de uma ontologia para um equipamento ITS, e a comparação com a ferramenta Protégé usada nessa dissertação.

¹ SPARQL (*Simple Protocol and RDF Query Language*): uma linguagem de consulta que permite consistir conjunções e disjunções em conjuntos de triplas RDF/OWL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Resolução Nº 3.323-A, de 18 de Novembro de 2009. Diário Oficial da União (DOU), 29 dez. 2009. Disponível em:
http://appweb2.antt.gov.br/resolucoes/05000/resolucao3323a_2009.htm. Acesso em: 20 fev. 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Resolução nº 3576, de 02 de setembro de 2010. Diário Oficial da União (DOU), 03 dez. 2010. Disponível em:
http://appweb2.antt.gov.br/resolucoes/06000/resolucao3576_2010.htm. Acesso em: 22 dez. 2014.
- AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (ARTESP). Edital de Concessão SISTEMA RODOVIÁRIO ANHANGUERA / BANDEIRANTES – Anexo 05 – Serviços Correspondentes a Funções Operacionais. São Paulo, Edital 007/CIC/1997. 22p.
- ARPÍREZ, J. C.; CORCHO, O.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Web ODE: a Scalable Workbench for Ontological Engineering. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE CAPTURE PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE. Victoria, British Columbia, Canada, 2001.
- BAPTISTA, C. S.; VASCONCELOS, K.F.; ARRUDA, L.S. OntoEditor: a Web tool for manipulating ontologies stored in database servers. Database and Expert Systems Applications, 2004. Proceedings. 15th International Workshop on, Issue Date: 30 Aug. until 3 Sept. 2004.
- BRANDÃO, A. A. F. LUCENA, C. J. P. Uma Introdução à Engenharia de Ontologias no Contexto da Web Semântica. Technical Report (PUC-RioInfo. MCC29/02), Departamento de Informática, PUC-Rio, 2002.
- BRANDÃO, L. E. T. Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil. 132 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC, Rio de Janeiro, dez. 2002.
- CHATEAUBRIAND, O. A filosofia, a linguagem e o mundo. In: BRITO, A. N.; VALE, Oto Araújo. Filosofia, linguística, informática: aspectos da linguagem. Goiânia: Ed. UFG, 1998.
- DARIDO, G. B.; PENA, I. G. B. Planejamento Em Sistemas de Transportes Inteligentes (ITS). Caderno Técnico – ANTP, São Paulo, v.8, p.10-48, mai. 2012.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM. Diretoria de Capacitação Tecnológica. Procedimentos básicos para operação de rodovias. Rio de Janeiro, 121p. publicação 699, 1997.
- DOMINGUE, J.; MOTTA, E.; SHUM, S. B.; VARGAS-VERA, M.; KALFOGLOU, Y. Supporting Ontology Driven Document Enrichment within Communities of Practice. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE

CAPTURE. International Conference On Knowledge Capture. Victoria, British Columbia, Canada, 2001.

DUARTE, F. M. R. Concessão e Administração de Rodovias. Porto Alegre: Notadez, 2009.

FARIA, M. J. F. L. Definição de uma Ontologia Aplicada ao Futebol. Porto, 2009. 147 f. Dissertação Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Autoban. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 460p. (Relatório Técnico IPT nº 86.541/205).

FERREIRA, M. R.; DOMINGUES, M. C. M. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Auto Raposo Tavares (CART). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013. 272p. (Relatório Técnico IPT nº 131.301/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Autovias. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 433p. (Relatório Técnico IPT nº 89.436/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Centrovias. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 315p. (Relatório Técnico IPT nº 82.463/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Colinas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 504p. (Relatório Técnico IPT nº 89.771/205).

FERREIRA, M. R.; DOMINGUES, M. C. M. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Ecopistas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013. 219p. (Relatório Técnico IPT nº 132.084/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Ecovias dos Imigrantes. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. (Relatório Técnico IPT nº 88.239/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Intervias. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 373p. (Relatório Técnico IPT nº 82.466/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária

Renovias. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 361p. (Relatório Técnico IPT nº 89.208/205).

FERREIRA, M. R.; DOMINGUES, M. C. M. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Rodoanel Oeste. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2012. 185p. (Relatório Técnico IPT nº 130.334/205).

FERREIRA, M. R.; DOMINGUES, M. C. M. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Rodovias do Tietê. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2012. 257p. (Relatório Técnico IPT nº 129.635/205).

FERREIRA, M. R.; DOMINGUES, M. C. M. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Rota das Bandeiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2012. 234p. (Relatório Técnico IPT nº 129.915/205).

FERREIRA, M. R.; DOMINGUES, M. C. M. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária SPMar. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013. 186p. (Relatório Técnico IPT nº 132.266/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Triângulo do Sol. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 416p. (Relatório Técnico IPT nº 89.622/205).

FERREIRA, M. R.; DOMINGUES, M. C. M. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária ViaRondon. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013. 225p. (Relatório Técnico IPT nº 133.276/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Vianorte. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. 329p. (Relatório Técnico IPT nº 84.014/205).

FERREIRA, M. R.; MARTE, C. L. Verificação Tecnológica dos Sistemas Inteligentes de Automação de Rodovias (Intelligent Transport Systems – ITS) da Concessionária Viaoeste. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005. (Relatório Técnico IPT nº 88.946/205).

FÉRNANDEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. Ontological Engineering – Working Notes, Stanford University, California, 1997.

FÉRNANDEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; SIERRA, J. P. Building a Chemical Ontology Using METHONTOLOGY and the Ontology Desing Environment. IEEE Intelligent System 14 (1), p. 37-46, 1999.

FIGUEIREDO, L. M. B. Sistemas Inteligentes de Transporte. Porto, 2005. 250p. Tese de Doutorado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Universidade do Porto, Porto, 2005.

FRANZOTTI, F. Modelagem Orientada a Serviços: uma abordagem integrada a engenharia de ontologias. São Paulo, 2012. 190 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Coordenadoria de Ensino Tecnológico, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2012.

GIANNOTTI, M. A.; Desenvolvimento de Ontologias para Sistemas de Apoio a Logística Humanitária Baseados em Serviços de Informações Geográficas: Uma Aplicação para Banco de Alimentos. Tese de Doutorado em Engenharia – USP – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GÓMEZ-PÉREZ, A. Ontological engineering: A state of the art. Expert Update: Knowledge Based Systems and Applied Artificial Intelligence, v. 2, n. 3, p. 33-43, 1999.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; CORCHO, O. Ontological Engineering. Springer-Verlag, London, United Kingdom, 2003.

GRUBER, T. R.; A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Computer Science Department Stanford University – Knowledge System Laboratory – Stanford University, CA, USA, set, 1992, pp. 192.

GRUBER, T.; “Ontology” in the Encyclopedia of Database Systems, Ling Liu and M. Tamer Özsu (Eds.), Springer-Verlag. 2009. Disponível em: <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm> Acesso em: 13/05/2014

GRUNINGER, M.; FOX, M. S. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI95) - Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. 1995. p. 10p.

GUARINO, N.; Formal Ontologies and Information Systems. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE (FOIS), 1., 1998, Trento, Itália. Trento: IOS Press, 1998.

GUIZZARDI, G. Desenvolvimento para e com reuso: Um estudo de caso no domínio de vídeo sob demanda. 2000, 202f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

HARMELEN, F. V; MCGUINNESS, D. L. OWL Web Ontology Language Overview. Fev. 2004. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210> Acesso em: 16 mai. 2014.

Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard for Developing a Software Project Cycle Process. IEEE Std 1074-2006 (Revision of IEEE Std 1074-1997) p. 01-104, New York, NY, 2006.

ISLAM, N.; SIDDIQUI, M. S.; SHAIKH, Z. A. TODE : A Dot Net based tool for ontology development and editing. Computer Engineering and Technology (ICCET), 2010 2nd International Conference on , Issue Date: 16-18 April 2010.

JESUS, I. M. S. Sistemas Inteligentes de Transporte. Porto, 2001. 156p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Universidade do Porto, Porto, 2001.

KIMBALL, R; CASERTA, J. The data warehouse ETL toolkit: practical techniques for extracting. Cleaning, Conforming, and Delivering Data, p. 528, 2004.

LEAL, A. G.; SANTOS, A. S.; PUHLMANN, H. F. W.; PEREIRA, M. J. Avaliação automatizada da conformidade e interoperabilidade de equipamentos e sistemas de ITS ao padrão NTCIP por meio da plataforma de testes TTCN-3. In: 7º Congresso Brasileiro de Rodovias e Concessões, 2011, Foz de Iguaçu. Anais do 7º CBRC. São Paulo: ABCR, 2011.

LÓPEZ, M. F. Overview of Methodologies for Building Ontologies. Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Ontologies and Problem Solving Methods KRR5. Stockholm, Sweden: [s.n.]. 1999. p. p.4.1-4.12.

LØVDAHL, C. A comparison of information modeling in ORM and OWL - Master's thesis. University of Oslo - Departament of Informatics - Master's Thesis. [S.I.]. 2011.

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

MARTE, C. L.; MELLO, F. N. P.; FERREIRA, M. R. ITS em Rodovias Brasileiras. Caderno Técnico – ANTP, São Paulo, v.8, p.132-150, mai. 2012.

MATSUBARA, C. Procedimento para Elaboração de Ontologias Orientadas a Arquitetura Aplicando o ODP. São Paulo, 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Coordenadoria de Ensino Tecnológico, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2012.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Mar, 2001.

NTCIP; National Transportation Communications for ITS Protocol. NTCIP 1203 v03.04 – Object Definitions for Dynamic Message Signs (DMS). Published by American Association of State Highway and Transportation Officials; by Institute of Transportation Engineers; and by National Electrical Manufacturers Association; in May, 2011.

POLLOCK, J.T.; HODGSON, R. Adaptive Information: Improving Business Through Semantic Interolerability, Grid Computing, and Enterprise Integration, Wiley-Interscience, ISBN: 0471488542, 2004.

PRIBYL, P.; FABERA, V.; PALTUS, V.; LYFA, L. Domain-oriented Ontology for ITS Systems. Proceedings on 9th International Conference - 2012 ELEKTRO. Rajecské Teplice, SLOVAKIA, p. 364-368, 21-22 mai. 2012.

RODRIGUES, R. S; Uma ontologia para previdência privada complementar. Dissertação (Mestrado Profissional) – Coordenadoria de Ensino Tecnológico, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2014.

SHELTH, A. P.; Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantics. The Springer International Series in Engineering and Computer Science, v. 495, p. 5-29, 1999.

SILVA, D. L. Uma Proposta Metodológica para Construção de Ontologias: Uma Perspectiva Interdisciplinar entre as Ciências da Informação e da Computação. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SMITH, M. K; WELTY, C; MCGUINNESS, D. L. OWL Web Ontology Language Guide. Fev. 2004. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/> Acesso em: 16 mai. 2014.

SALES, L. F; ONTOLOGIAS DE DOMÍNIO - ESTUDO DAS RELAÇÕES CONCEITUAIS E SUA APLICAÇÃO. Dissertação de Mestrado em Ciências da Informação – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

SONIA, K.; KHAN, S.; Building Local Ontology from Database Relations in Data Integration. Emerging Technologies, 2007. ICET 2007. International Conference on, p. 108-113. Nov. 2007.

SPYNS, P.; TANG, Y.; MEERSMAN, R. A model theory inspired collaborative ontology engineering methodology. Journal of Applied Ontology, n.4, 2007. p.01-25.

SURE, Y.; STUDER, R. On-To-Knowledge Methodology - Employed and Evaluated Version. [S.I.]. 2001.

TORRES, G. M. Construção Colaborativa de Ontologias para Domínios Visuais Utilizando Fundamentação Ontológica. Porto Alegre, 2012. 119 f. Dissertação Mestrado em Ciência da Computação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TOSCANO, W. Minerador WEB: um estudo sobre mecanismos de descoberta de informações na WEB. 2003, 117p. São Paulo. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP.

USCHOLD, M.; KING, M.; Towards a Methodology for Building Ontologies. Edinburgh: Artificial Intelligence Applications Institute, University of Edinburgh, 1995.

USCHOLD, M.; GRUNINGER, M.; Ontologies: principles, methods and applications. The Knowledge Engineering Review, v. 11, n. 2, p. 93-136, 1996.

USCHOLD, M.; JASPER, R.; A Framework for understanding and Classifying Ontology Applications. In Proceedings of IJCAI Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods, agosto 1999.

WILLIAMS, B. Intelligent transport systems standards. Artech House, 2008.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, W3C. OWL Web Ontology Language overview. 2007. Disponível em: http://www.w3.org/2007/OWL/wiki/OWL_Working_Group Acesso em: 16 mai. 2014.

APÊNDICES

-->

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_com -->

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_com">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV tem um Status de funcionamento. A relação é de um para muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <rdfs:domain>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_com"/>
      <owl:onClass rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
      <owl:maxQualifiedCardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">1</owl:maxQualifiedCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_instalado_em -->

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_instalado_em">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV está instalado em um sentido. A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_estah_instalado_em"/>
</owl:ObjectProperty>
```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_localizado_em -->

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_localizado_em">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV está localizado em uma rodovia. A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
</owl:ObjectProperty>
```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#exibe -->

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#exibe">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV exibe uma mensagem. A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_exibe"/>
</owl:ObjectProperty>
```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#fabrica -->

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#fabrica">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Fabricante fabrica PMV. A relação é de um para muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
</owl:ObjectProperty>
```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#includi_msg -->

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#includi_msg">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Operador de CCO é o responsável por incluir a mensagem no PMV. A relação é de um para
  muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_includi_msg"/>
</owl:ObjectProperty>
```

```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_estah_com -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_estah_com">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV tem um Status de funcionamento. Relação inversa. A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_com"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_estah_instalado_em -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_estah_instalado_em">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV está instalado em um sentido. Relação inversa. A relação é de um para muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_estah_localizado_em -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_estah_localizado_em">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV está localizado em uma rodovia. Relação inversa. A relação é de um para muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#estah_localizado_em"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_exibe -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_exibe">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV exibe uma mensagem. Relação inversa. A relação é de um para muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_fabrica -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_fabrica">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Fabricante fabrica PMV. Relação inversa. A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#fabrica"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_inclui_msg -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_inclui_msg">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Operador de CCO é o responsável por incluir a mensagem no PMV. Relação inversa. A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_pertence_a -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_pertence_a">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV pertencem a uma concessionária. Relação inversa. A relação é de um para muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria"/>

```

```

<rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
<owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#pertence_a"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_tem_tipo_mensagem -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_tem_tipo_mensagem">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">As mensagem devem ter um tipo de mensagem ("Acidente", ou "Advertência", ou
"Campanha", ou "Educativa", ou "Obras"). Relação inversa. A relação é de um para muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#BibliotecaMens"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_tem_tipo_status -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_tem_tipo_status">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">O Status de funcionamento deve ser de um tipo. Relação inversa. A relação é de um para
muitos.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#pertence_a -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#pertence_a">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">PMV pertencem a uma concessionária. A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#tem_tipo_mensagem -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#tem_tipo_mensagem">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">As mensagem devem ter um tipo de mensagem ("Acidente", ou "Advertência", ou
"Campanha", ou "Educativa", ou "Obras"). A relação é de muitos para um.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#BibliotecaMens"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_tem_tipo_mensagem"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#tem_tipo_status -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#tem_tipo_status">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">O Status de funcionamento deve ser de um tipo. A relação é de muitos para
um.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#inverso_de_tem_tipo_status"/>
</owl:ObjectProperty>

<!--
////////////////////////////////////
//
// Data properties
//
////////////////////////////////////
-->

```

```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#DataHoraMensagem -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#DataHoraMensagem">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Data/Hora que a mensagem foi postada no PMV.</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A Tabela TabMensPMV; Campo Data_Mens
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc_Data
Empresa C Tabela TABPMVMensagem; Campo DataHoraPMV
Empresa D Tabela T_Mensagem; Campo DataHoraMensagem
Empresa E Tabela T_MensagemPMV; Campo DataHoraPMV
</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:dateTime"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#DataHoraStatus -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#DataHoraStatus">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Data/hora em que o equipamento assumiu o status apresentado.</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A Tabela TabStatusPMV; Campo Data_Status
Empresa B (não tem essa informação)
Empresa C Tabela TABPMVStatus; Campo DataHoraStatus
Empresa D Tabela T_Status; Campo DataHoraStatus
Empresa E (não tem essa informação)
</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:dateTime"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#DataInstalacao -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#DataInstalacao">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Data/Hora que o equipamento foi instalado na rodovia. Informação necessária para
monitorar a vida útil do equipamento.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:dateTime"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#ModeloPMV -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#ModeloPMV">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Informação sobre o Modelo do PMV</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Prioridade -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Prioridade">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Indica se a mensagem tem prioridade sobre mensagens da biblioteca de mensagens. Indica
se a mensagem tem prioridade sobre mensagens da biblioteca de mensagens.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoPMV -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoPMV">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Informação sobre o Tipo do PMV</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#VersaoPMV -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#VersaoPMV">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Informação sobre a Versão do PMV</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#caixa_alta -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#caixa_alta">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Indicação para se o texto é apresentado em letras maiúsculas e em destaque (negrito).</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A (não tem essa informação)
Empresa B (não tem essa informação)
Empresa C (não tem essa informação)
Empresa D (não tem essa informação)
Empresa E Tabela T_MensagemPMV; Campo CaixaAlta
</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#BibliotecaMens"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#complemento -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#complemento">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Complemento em metros do quilometro da rodovia onde o equipamento está instalado.</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A Tabela TabITS; Campo End_ITS ; (a partir da posição 13, três posições)
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc_Localizacao; (a partir da posição 7, três posições)
Empresa C Tabela TABPMV; Campo EndComplPMV
Empresa D Tabela T_Equipamentos; Campo Localizacao; (usa a parte decimal do campo tipo float para armazenamento do complemento)
Empresa E Tabela T_PMV; Campo LocPMV; (a partir da posição 11, três posições)
</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#intermitencia -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#intermitencia">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Indicação para mostrar se o texto é apresentado com intermitência (piscante).</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A (não tem essa informação)
Empresa B (não tem essa informação)
Empresa C (não tem essa informação)
Empresa D Tabela T_Mensagem; Campo Intermitencia
Empresa E Tabela T_MensagemPMV; Campo Intermitencia
</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#km -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#km">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A Tabela TabITS; Campo End_ITS ; (a partir da posição 9, três posições)
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc_Localizacao; (a partir da posição 3, três posições)
Empresa C Tabela TABPMV; Campo EndKMPMV
Empresa D Tabela T_Equipamentos; Campo Localizacao; (usa a parte inteira do campo tipo float para armazenamento do

```

```

quilometro)
Empresa E Tabela T_PMV; Campo LocPMV; (a partir da posição 7, três posições)
</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Quilometro da rodovia onde o equipamento está instalado.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#linhas_texto -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#linhas_texto">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Indica a quantidade de linhas de uma mensagem para cada página de
texto.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#mensagem -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#mensagem">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A Tabela TabMensPMV; Campo Desc_Mens
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc_Mensagem
Empresa C Tabela TABPMVMensagem; Campo TextoPMV
Empresa D Tabela T_Mensagem; Campo Mensagem
Empresa E Tabela T_MensagemPMV; Campo Mensagem
</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Texto apresentado no PMV.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_concessionaria -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_concessionaria">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Nome da concessionária que administra determinado trecho.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_fabricante -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_fabricante">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Nome do fabricante do equipamento ITS.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_integador -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_integador">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Nome do integrador/desenvolvedor do sistema que gerencia o
equipamento.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Integrador"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_operador -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_operador">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Nome do Operador do CCO.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>

```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_rodovia -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_rodovia">
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
```

```
Empresa A (não tem essa informação)
```

```
Empresa B (não tem essa informação)
```

```
Empresa C Tabela TABRodovia; Campo NomeRodovia
```

```
Empresa D (não tem essa informação)
```

```
Empresa E (não tem essa informação)</rdfs:comment>
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Nome completo da rodovia onde o equipamento está instalado.
```

```
</rdfs:comment>
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
```

```
<rdfs:range rdf:resource="xsd:string"/>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_sentido -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_sentido">
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
```

```
Empresa A Tabela TabITS; Campo End ITS; (a partir da posição 17, uma posição, com a primeira letra do sentido)
```

```
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc_Sentido
```

```
Empresa C Tabela TABSentido; Campo NomeSentido
```

```
Empresa D Tabela T_Equipamentos; Campo Sentido
```

```
Empresa E Tabela T_PMV; Campo LocPMV; (a partir da posição 15, uma posição com a primeira letra do sentido)</rdfs:comment>
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Nome do sentido da rodovia onde o equipamento está instalado. Pode ser  
&quot;norte&quot;, &quot;sul&quot;, &quot;leste&quot;, &quot;oeste&quot;, &quot;canteiro central&quot;, &quot;interno&quot;,  
&quot;externo&quot;.</rdfs:comment>
```

```
</rdfs:comment>
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
```

```
<rdfs:range rdf:resource="xsd:string"/>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_status -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#nome_status">
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
```

```
Empresa A Tabela TabStatusPMV; Campo Desc_Status; ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")
```

```
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc_Status; ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")
```

```
Empresa C Tabela TABPMVStatus; Campo CodStatus; (chave estrangeira da tabela TABStatus)
```

```
Empresa D Tabela T_Status; Campo Descricao
```

```
Empresa E Tabela T_PMV; Campo StatusPMV; ("0" para "sem comunicação"; "1" para "com comunicação")
```

```
</rdfs:comment>
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Nome dos tipos de status que podem ser &quot;com comunicação&quot;, &quot;sem  
comunicação&quot;, &quot;com energia comercial&quot;, &quot;sem energia comercial&quot;.</rdfs:comment>
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
```

```
<rdfs:range rdf:resource="xsd:string"/>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#paginas_texto -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#paginas_texto">
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Indica a quantidade de páginas de uma mensagem de texto.</rdfs:comment>
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
```

```
<rdfs:range rdf:resource="xsd:int"/>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#sigla_rodovia -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#sigla_rodovia">
```

```
<rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
```

```
Empresa A Tabela TabITS; Campo End ITS; (primeiras 5 posições)
```

```
Empresa B Tabela T_PMV; Campo Desc Rodovia
```

```

Empresa C      Tabela TABRodovia; Campo SiglaRodovia
Empresa D      Tabela T_Rodovia; Campo Descricao
Empresa E      Tabela T_PMV; Campo LocPMV; (primeiras 5 posições)</rdfs:comment>
<rdfs:comment xml:lang="pt">Sigla da rodovia onde o equipamento está instalado. Exemplo SP330
</rdfs:comment>
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
<rdfs:range rdf:resource="xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#tipo_mensagem -->

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#tipo_mensagem">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mapeamento:
Empresa A (não tem essa informação)
Empresa B (não tem essa informação)
Empresa C Tabela TabStatusPMV; Campo TipoMensagem
Empresa D (não tem essa informação)
Empresa E (não tem essa informação)
</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Os tipos da mensagem devem ser "Acidente", ou "Advertência", ou "Campanha", ou
"Educativa", ou "Obras"</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <rdfs:range rdf:resource="xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<!--
////////////////////////////////////
//
// Classes
//
////////////////////////////////////
-->

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#BibliotecaMens -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#BibliotecaMens">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Integrador"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Biblioteca de mensagens previamente cadastradas para a exibição alternada no PMV em
intervalo definido pela concessionária.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Concessionaria">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Integrador"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Empresa a qual foi concedido pelo Governo (Estadual/Federal) o dever e o direito de
administrar as rodovias que fazem parte de um determinado trecho de concessão.</rdfs:comment>

```



```

</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Fabricante">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Integrador"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Empresa fabricante do equipamento ITS. A mesma empresa pode desenvolver o sistema
que opera o equipamento fabricado.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Integrador -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Integrador">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Empresa desenvolvedora do sistema que opera um (ou mais) equipamento
ITS.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#MensagemPMV">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Mensagem exibida no equipamento ITS-PMV. Pode ter sido elaborada pelo Operador de
CCO para informar uma condição da pista, ou pode ser proveniente de uma biblioteca de mensagens previamente
cadastradas.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#OperadorCCO">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Funcionário responsável pela operação do CCO (Centro de Controle Operacional) da
concessionária. Ele tem a responsabilidade de exibir as mensagens para promover a informação/orientação ao usuário da
rodovia.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#PMV">

```

```

<owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia"/>
<owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
<owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
<owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
<owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
<rdfs:comment xml:lang="pt">O PMV (Painel de Mensagens Variáveis) é um dos Equipamentos ITS. Esse equipamento é
usado pelas concessionárias de rodovias como um canal para a transmissão de informações importantes para os usuários das
rodovias.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Rodovia">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Rodovia pertencente ao trecho concessionado à concessionária. São nelas onde
equipamentos ITS são instalados para ajudar em sua operação.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Sentido é a identificação do &quot;lado&quot; para onde a rodovia segue. Para
equipamentos ITS, serve para identificar o local onde o referido equipamento está instalado.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#StatusFuncionamento">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Status de um equipamento ITS quanto ao seu funcionamento em um determinado
momento.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem">
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">São os tipos que a mensagem deve possuir para avaliar se é uma mensagem do tipo
apropriada para o evento que ocorre na rodovia.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus -->

<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus">
  <rdfs:comment xml:lang="pt">São os tipos de status que um equipamento ITS pode possuir. Pode ser &quot;com
comunicação&quot; ou &quot;sem comunicação&quot; entre outros.</rdfs:comment>
</owl:Class>

<!--
////////////////////////////////////
//
// Individuals
//
////////////////////////////////////
-->

```

```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Acidente -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Acidente">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <tipo_mensagem></tipo_mensagem>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Tipo de mensagem que indica quando a mensagem está informando que houve um acidente.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Advertência -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Advertência">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <tipo_mensagem></tipo_mensagem>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Tipo de mensagem que indica quando a mensagem está informando que o usuário da rodovia deve ficar atento para algo que possa estar acontecendo a frente. (Exemplo neblina a frente).</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Campanha -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Campanha">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <tipo_mensagem></tipo_mensagem>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Tipo de mensagem que indica quando a mensagem está informando que há algum tipo de campanha ocorrendo naquele trecho (Exemplo: campanha do agasalho, ou campanha de prevenção do diabetes).</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Canteiro_central -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Canteiro_central">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <nome_sentido></nome_sentido>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Quando o equipamento está instalado no "canteiro central" da rodovia.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Com_comunicacao -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Com_comunicacao">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <nome_status></nome_status>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Status que indica que há comunicação entre o CCO e o equipamento em campo.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Com_energia_comercial -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Com_energia_comercial">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
  <nome_status></nome_status>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Status que indica que o equipamento está funcionando com energia comercial.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Educativa -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Educativa">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <tipo_mensagem></tipo_mensagem>

```

```

<rdfs:comment xml:lang="pt">Tipo de mensagem que indica quando a mensagem está informando algo educativo
(exemplo: Crianças no banco traseiro).</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Externo -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Externo">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <nome_sentido></nome_sentido>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Quando o equipamento está instalado no sentido &quot;externo&quot; da
rodovia.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Interno -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Interno">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <nome_sentido></nome_sentido>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Quando o equipamento está instalado no sentido &quot;interno&quot; da
rodovia.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Leste -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Leste">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <nome_sentido></nome_sentido>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Quando o equipamento está instalado no sentido &quot;leste&quot; da
rodovia.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Norte -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Norte">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <nome_sentido></nome_sentido>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Quando o equipamento está instalado no sentido &quot;norte&quot; da
rodovia.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Obras -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Obras">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoMensagem"/>
  <tipo_mensagem></tipo_mensagem>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Tipo de mensagem que indica quando a mensagem está informando que há uma obra
sendo executada à frente.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Oeste -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Oeste">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
  <nome_sentido></nome_sentido>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">Quando o equipamento está instalado no sentido &quot;oeste&quot; da
rodovia.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sem_comunicacao -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sem_comunicacao">

```

```

<rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
<nome_status></nome_status>
<rdfs:comment xml:lang="pt">Status que indica que houve falta comunicação entre o CCO e o equipamento em
campo.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sem_energia_comercial -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sem_energia_comercial">
<rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#TipoStatus"/>
<nome_status></nome_status>
<rdfs:comment xml:lang="pt">Status que indica que houve falta da energia comercial. (O equipamento pode funcionar
com baterias).</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sul -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sul">
<rdf:type rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/PMV.owl#Sentido"/>
<nome_sentido></nome_sentido>
<rdfs:comment xml:lang="pt">Quando o equipamento está instalado no sentido &quot;sul&quot; da
rodovia.</rdfs:comment>
</owl:NamedIndividual>
</rdf:RDF>

<!-- Generated by the OWL API (version 3.4.2) http://owlapi.sourceforge.net -->

```