

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

**GLEISON BAIÔCO**

**GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS E  
GOVERNANÇA DE TI**

**MODELAGEM DE UM PROCESSO DE  
GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO**

**UMA ABORDAGEM USANDO ONTOLOGIAS DE FUNDAMENTAÇÃO**

**VITÓRIA  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**GLEISON BAIÔCO**

**GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS E  
GOVERNANÇA DE TI**

**MODELAGEM DE UM PROCESSO DE  
GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO**

**UMA ABORDAGEM USANDO ONTOLOGIAS DE FUNDAMENTAÇÃO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Dr. Anilton Salles Garcia.

**VITÓRIA  
2009**

**GLEISON BAIÔCO**

**GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS E  
GOVERNANÇA DE TI**

**MODELAGEM DE UM PROCESSO DE  
GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO**

**UMA ABORDAGEM USANDO ONTOLOGIAS DE FUNDAMENTAÇÃO**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Anilton Salles Garcia, D.Sc.**

**Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)**

**Orientador**

---

**Prof. Giancarlo Guizzardi, D.Sc.**

**Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)**

---

**Prof. Luciano Paschoal Gaspary, D.Sc.**

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)**

**Vitória, Agosto de 2009.**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta conquista a todos aqueles que contribuíram para torná-la possível, aos quais relaciono na Seção de Agradecimentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder os atributos necessários para superar todos os obstáculos durante a realização deste trabalho.

Agradeço também a todos aqueles que me apoiaram, cada um de sua maneira, mas fundamentais na realização deste trabalho. Portanto, à minha família, aos meus amigos pessoais, de trabalho, da UFES, enfim, o meu muito obrigado, a contribuição de vocês foi essencial.

Finalmente, agradeço ao meu amigo e orientador Prof. Anilton Salles Garcia, pelo apoio incondicional.

## RESUMO

A tecnologia da informação (TI) vem se tornando essencial para as organizações. Nesse contexto, o gerenciamento de TI, vem evoluindo para incluir gerenciamento de serviços e governança de TI, apontando para paradigmas de gerenciamento de TI orientado ao negócio. Dessa forma, o alinhamento entre a TI e o negócio tem sido considerado como um dos fatores preponderantes para a efetividade de tais paradigmas. Em adicional, são mencionadas as contribuições provenientes da automação das atividades de gerenciamento.

Acompanhando essa evolução, o gerenciamento de configuração desempenha um papel fundamental, fornecendo informações precisas da TI a todos os envolvidos no gerenciamento. Todavia, em função desse estreito relacionamento com todos os agentes envolvidos no gerenciamento, a interoperabilidade entre esses agentes tem sido caracterizada como um dos principais desafios de pesquisa em gerenciamento de redes e serviços.

Nesse sentido, o uso de ontologias, em especial ontologias fundacionais, tem sido indicado como uma maneira promissora de se obter interoperabilidade semântica no domínio de gerenciamento de configuração, uma vez que elas expressam o significado dos conceitos do domínio, bem como os relacionamentos existentes entre eles, de forma clara e explícita. Além disso, ontologias permitem que esse significado seja definido em um formato legível por máquinas, tornando o conhecimento compartilhado por humanos e também por sistemas computacionais, permitindo a automação de processos.

Assim, este trabalho apresenta uma proposta de modelagem conceitual do domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, baseada em ontologias fundacionais. O propósito dessa ontologia é prover um modelo conceitual desse domínio, comprometido em maximizar a expressividade, a clareza e a veracidade dos conceitos pertencentes a ele. Ademais, este trabalho apresenta uma proposta de modelo de implementação, derivado do modelo conceitual desenvolvido. O objetivo é realizar uma prova de conceito da ontologia e também demonstrar como essa ontologia pode apoiar as atividades de gerenciamento de maneira automatizada.

Palavras-chave: Modelagem Conceitual, Gerenciamento de Serviços de TI, Governança de TI, Ontologias.

## **ABSTRACT**

Information technology (IT) is becoming essential for organizations. In this context, IT management has evolved to include IT service management and governance, towards business driven IT management paradigms. Thus, the alignment between IT and business has been regarded as one of the factors leading to the effectiveness of such paradigms. Moreover, contributions from management activities automation are mentioned.

Following these evolution, configuration management plays a key role by providing accurate IT information to all related to management. However, due to this closed relationship among all management agents, interoperability between these agents has been characterized as one of the main research challenges in network and service management.

In this sense, the use of ontologies, foundational ontologies in particular, has been indicated as a promising way to achieve semantic interoperability in configuration management, since they clearly and explicitly express the meaning of domain concepts, as well as the relationships between them. Moreover, ontologies allow this meaning to be defined in a readable format by machines, making the knowledge to be shared by humans and by computer systems, allowing the processes automation.

Thus, this study proposes a conceptual model of configuration management domain in the IT service management and governance context, based on foundational ontologies. The purpose of this ontology is to provide a conceptual model of this domain, committed to maximizing expressiveness, clarity and truthfulness of the concepts belonging to it. Moreover, this work proposes an implementation model, derived from the conceptual model constructed. The objective is to achieve a concept proof of the ontology and show how it can support the management activities in an automated way.

**Keywords:** Conceptual Modeling, IT Governance, IT Service Management, Ontologies.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução da Função da TI nas Organizações (SALLÉ, 2004).....	24
Figura 2.2 - Alinhamento entre a TI e o Negócio (ITIL, 2007) .....	25
Figura 2.3 - O Processo de Gerenciamento de Configuração (ITIL, 2007) .....	29
Figura 3.1 – O Processo Proposto pelo Método SABiO para Construção de Ontologias (FALBO, 2004) .....	44
Figura 3.2 - Triângulo de Ullmann: as relações entre uma coisa na realidade, sua conceituação e uma representação simbólica dessa conceituação (GUIZZARDI, 2005) .....	46
Figura 3.3 - Relações entre Conceituação, Abstração, Linguagem de Modelagem e Modelo (GUIZZARDI, 2005) .....	47
Figura 3.4 - Conseqüências de uma Linguagem de Modelagem Imprecisa para a Representação da Conceituação de um Domínio (GUIZZARDI, 2005).....	47
Figura 3.5 - Concordância Semântica Falsa entre Duas Entidades (GUIZZARDI, 2005).....	48
Figura 3.6 - Fases do Processo de Engenharia de Ontologias (GUIZZARDI, 2007).....	49
Figura 3.7 - Fases do Processo de Engenharia de Ontologias Suportado por Ontologias Fundacionais (GUIZZARDI, 2005) .....	51
Figura 3.8 - Um Fragmento da Ontologia UFO-A (GUIZZARDI et al., 2008) .....	52
Figura 3.9 - Um Fragmento da Ontologia UFO-B (GUIZZARDI et al., 2008) .....	54
Figura 3.10 - Um Fragmento da Ontologia UFO-C (GUIZZARDI et al., 2008) .....	55
Figura 3.11 - Um Fragmento da Ontologia UFO-C que Discerne entre as Relações de Dependência, Delegação e Aquisição (GUIZZARDI, 2006b) .....	57
Figura 4.1 - Modelagem Conceitual do Domínio de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI.....	61
Figura 4.2 - Composição da Ontologia de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI .....	63
Figura 4.3 - Ontologia de Processo de Negócio .....	65
Figura 4.4 - Ontologia de Serviço de TI.....	75
Figura 4.5 - Ontologia de Componente de TI .....	87

Figura 4.6 - Ontologia de Item de Configuração .....	89
Figura 5.1 - Fase de Implementação dos Modelos Conceituais do Domínio de Gerência de Configuração.....	94
Figura 5.2 - Representação Gráfica do Modelo de Implementação do Domínio de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI .....	97
Figura 5.3 - Cenário de Aplicação Baseado em (ITIL, 2007) .....	99
Figura 5.4 - Instâncias Inerentes ao Negócio Armazenadas no BDGC .....	102
Figura 5.5 - Instâncias Inerentes ao Serviço de TI Armazenadas no BDGC .....	103
Figura 5.6 - Instâncias Inerentes à Execução do Serviço de TI Armazenadas no BDGC.....	103
Figura 5.7 - Inferência dos Recursos de Hardware Utilizados nas Execuções de Serviço de TI Baseados no Uso dos Recursos de Software.....	104
Figura 5.8 - Transferência do Resultado da Inferência para o BDGC .....	105
Figura 5.9 - Resultado da Inferência Armazenado no BDGC .....	105
Figura 5.10 - Inferência de Informações Gerenciais Inerentes ao Negócio.....	106
Figura 5.11 - Inferência de Informações Gerenciais Inerentes ao Serviço de TI.....	108
Figura 5.12 - Inferência de Informações Gerenciais Inerentes à Execução do Serviço de TI, bem como à Utilização de Recursos de Hardware e Software .....	109

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 5.1 - Modelos de Implementação em OWL .....	96
----------------------------------------------------	----

## LISTA DE ACRÔNIMOS

BDGC	Banco de Dados do Gerenciamento de Configuração
BDIM	<i>Business-driven IT Management</i>
BPAO	<i>Business Process Activity Occurrence</i>
BPO	<i>Business Process Occurrence</i>
BS	<i>British Standards</i>
CCTA	<i>Central Computer and Telecommunications Agency</i>
CI	<i>Configuration Item</i>
CIM	<i>Common Information Model</i>
CMDB	<i>Configuration Management Database</i>
CMS	<i>Configuration Management System</i>
DAML	<i>DARPA Agent Markup Language</i>
DL	<i>Description Logic</i>
HP	<i>Hewlett-Packard</i>
IBM	<i>International Business Machines</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IFIP	<i>International Federation for Information Processing</i>
IM	<i>Integrated Network Management</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT	<i>Information Technology</i>
ITIL	<i>Information Technology Infrastructure Library</i>
ITIM	<i>IT Infrastructure Management</i>
ITSD	<i>IT Service Delegation</i>
ITSE	<i>IT Service Execution</i>
ITSM	<i>IT Service Management</i>
itSMF	<i>IT Service Management Forum</i>
ITSP	<i>IT Service Provider</i>
ME	Modelo de Especificação
MI	Modelo de Implementação
MIB	<i>Management Information Base</i>
MOF	<i>Microsoft Operations Framework</i>

OGC	<i>Office of Government Commerce</i>
OLA	<i>Operational Level Agreement</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PIB	<i>Policy Information Base</i>
QC	Questão de Competência
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
SABiO	<i>Systematic Approach for Building Ontologies</i>
SGC	Sistema de Gerenciamento de Configuração
SLA	<i>Service Level Agreement</i>
SMSL	<i>Systems Management Solution Lifecycle</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SWRL	<i>Semantic Web Rule Language</i>
TI	Tecnologia da Informação
UC	<i>Underpinning Contract</i>
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFO	<i>Unified Foundational Ontology</i>
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	15
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.2.	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO .....	15
1.3.	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO .....	16
1.4.	OBJETIVOS.....	18
1.4.1.	OBJETIVO GERAL.....	18
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.5.	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....	19
1.6.	RESULTADOS OBTIDOS.....	20
1.7.	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	21
1.8.	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	23
2.	GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS E GOVERNANÇA DE TI.....	24
2.1.	INTRODUÇÃO .....	24
2.2.	GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO DE SERVIÇOS DE TI.....	27
2.2.1.	ATIVIDADES DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO .....	28
2.2.2.	O PAPEL DO GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO .....	32
2.2.3.	O ESTADO DA ARTE E PRINCIPAIS DESAFIOS EM GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO .....	36
2.2.4.	TRABALHOS RELACIONADOS.....	37
2.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	40
3.	ENGENHARIA DE ONTOLOGIAS .....	41
3.1.	INTRODUÇÃO .....	41
3.2.	ONTOLOGIAS.....	42
3.3.	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE ONTOLOGIAS.....	43
3.4.	MODELAGEM CONCEITUAL .....	45
3.5.	ONTOLOGIAS FUNDACIONAIS.....	50
3.5.1.	UFO-A: UMA ONTOLOGIA DE <i>ENDURANTS</i> .....	52
3.5.2.	UFO-B: UMA ONTOLOGIA DE EVENTOS ( <i>PERDURANTS</i> ).....	54
3.5.3.	UFO-C: UMA ONTOLOGIA DE ENTIDADES SOCIAIS .....	55
3.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	58
4.	ONTOLOGIA DO GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO DE SERVIÇO DE TI.....	60
4.1.	INTRODUÇÃO .....	60
4.2.	MODELOS DE ESPECIFICAÇÃO.....	60
4.2.1.	SUB-ONTOLOGIA DE PROCESSO DE NEGÓCIO.....	64
4.2.2.	SUB-ONTOLOGIA DE SERVIÇO DE TI.....	74
4.2.3.	SUB-ONTOLOGIA DE COMPONENTE DE TI .....	85
4.2.4.	SUB-ONTOLOGIA DE ITEM DE CONFIGURAÇÃO .....	89
4.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	91

<b>5. IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DO DOMÍNIO DE GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO.....</b>	<b>93</b>
5.1. INTRODUÇÃO .....	93
5.2. MODELOS DE IMPLEMENTAÇÃO .....	94
5.3. CENÁRIO DE APLICAÇÃO .....	98
5.4. EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÃO .....	101
5.4.1. ATIVIDADE DE PLANEJAMENTO.....	101
5.4.2. ATIVIDADE DE IDENTIFICAÇÃO .....	102
5.4.3. INFERÊNCIA DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS .....	106
5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	111
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>113</b>
6.1. CONCLUSÕES .....	113
6.2. PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	114
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO A: REGRAS IMPLEMENTADAS EM SWRL E EXECUTADAS POR MEIO DO JESS.....</b>	<b>121</b>

# **1. Introdução**

## **1.1. Contextualização**

A tecnologia da informação (TI) vem, ao longo dos anos, assumindo um papel fundamental nas organizações (SALLÉ, 2004). Dos tradicionais sistemas computacionais aos fenômenos da Internet, a TI tem contribuído para a formação de uma cultura contemporânea e global, onde as fronteiras geográficas se tornam virtuais e o valor das organizações pode ser medido por sua capacidade de lidar com a informação. Nesse sentido, o desempenho da TI implica diretamente no desempenho do negócio, fazendo a diferença entre o lucro e o prejuízo (BAIÔCO et al., 2009).

A competitividade do mercado e a constante evolução tecnológica geram desafios e oportunidades. A cada momento uma nova tecnologia cria perspectivas diferentes, possibilitando que as organizações ofereçam serviços inovadores, de baixo custo ou sob medida. Por outro lado, a exigência dos clientes também evolui, demandando maior qualidade, facilidades de uso e menor custo. Todas essas componentes mostram o dinamismo dos vetores desse cenário, levando ao conseqüente dinamismo da própria TI, alvo de toda essa operação (BAIÔCO et al., 2009).

## **1.2. Motivação do Trabalho**

Dentre as principais atividades desse cenário está o gerenciamento de TI, disciplina responsável pelo estabelecimento de métodos e práticas capazes de suportar a operação da TI. No intuito de suportar os desafios impostos à TI, bem como permitir que a TI proporcione novas oportunidades ao negócio, essa disciplina tem evoluído significativamente. Do gerenciamento de dispositivos, redes e sistemas, o gerenciamento de TI tem evoluído para incluir gerenciamento de serviços e governança de TI, possibilitando que a TI agregue valor aos negócios e opere alinhada com a realização dos objetivos da organização. Em outras palavras, os desafios impostos à TI, assim como as oportunidades que a mesma proporciona aos negócios, têm exigido uma abordagem de gerenciamento de TI orientada ao negócio (MOURA et al., 2008). De fato, essa abordagem tem sido tema de diversas pesquisas em gerenciamento de redes e serviços (PAVLOU e PRAS, 2008).

Para MOURA et al. (2007), alguns fatores são essenciais para um gerenciamento de TI orientado ao negócio. Dentre esses fatores, MOURA et al. (2007) destacam a integração entre



a TI e o negócio. Em adicional, MOURA et al. (2007) destacam as contribuições que sistemas computacionais podem proporcionar quando se pensa em automação dos processos de gerenciamento. Contudo, como um paradigma emergente, esses fatores ainda são desafios de pesquisa (MOURA et al., 2007).

Como suporte à evolução da disciplina de gerenciamento, *frameworks* como o ITIL (ITIL, 2007) e padrões como a ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005) têm adquirido notoriedade e são amplamente adotados em diversas organizações (MOURA et al., 2008). O ITIL (ITIL, 2007), bem como a ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005), estabelece uma abordagem sistemática para o gerenciamento da TI, estruturando as atividades em um conjunto inter-relacionado de processos. Assim como MOURA et al. (2007), esses *frameworks* e padrões destacam a importância do alinhamento entre a TI e o negócio. Além disso, também sugerem o uso de ferramentas de apoio.

Dentre os processos definidos pelos *frameworks* e padrões, o gerenciamento de configuração é a base para toda a estrutura de gerenciamento, promovendo um controle efetivo<sup>1</sup> e eficiente<sup>2</sup> da infra-estrutura e serviços de TI e fornecendo informações precisas a todos os envolvidos no gerenciamento. No contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, os principais agentes envolvidos incluem o negócio, as pessoas, os processos, as ferramentas e, por fim, as tecnologias (ITIL, 2007). Diante desse cenário, a interoperabilidade<sup>3</sup> entre esses agentes tem sido caracterizada como um dos principais desafios de pesquisa em gerenciamento de redes e serviços de TI (PRAS et al., 2007).

### **1.3. Justificativa do Trabalho**

De acordo com PRAS et al. (2007), o uso de modelos semânticos facilita a interoperabilidade entre os diferentes domínios de gerenciamento. Para definir modelos semânticos na área de gerenciamento, é necessária uma definição formal do conhecimento utilizado nesse domínio (PRAS et al., 2007). Ontologias, que são uma especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada (GRUBER, 1993), podem estabelecer uma especificação formal da semântica de certo domínio (PRAS et al., 2007). Portanto, ontologias podem ser utilizadas para estabelecer uma conceituação comum do domínio de gerenciamento de configuração,

---

<sup>1</sup> Um processo efetivo é aquele cujo resultado atende aos objetivos pré-estabelecidos (ITIL, 2007).

<sup>2</sup> Um processo eficiente é aquele cujas atividades são realizadas com o menor esforço e custo necessário (ITIL, 2007).

<sup>3</sup> Interoperabilidade semântica é a capacidade dos agentes de interoperarem (ou seja, operarem em conjunto), enquanto mantêm as semânticas do mundo real compatíveis (VERMEER, 1997, apud GUIZZARDI, 2005).

para facilitar a troca de informações, incluindo semânticas bem aceitas na área de gerenciamento (PRAS et al., 2007). Adicionalmente, essa conceituação pode ser definida em um formato compreensível por máquinas, tornando o conhecimento compartilhado não apenas por agentes humanos, mas, também, por sistemas computacionais, permitindo a automação de processos (PRAS et al., 2007). Contudo, PRAS et al. (2007) destacam que, apesar dos esforços das iniciativas de pesquisa, ainda não existe uma ontologia que possa ser considerada como um padrão *de-facto* pela comunidade internacional.

Conforme discutido em (FALBO, 1998), o desenvolvimento de ontologias é uma atividade complexa e, portanto, para construir ontologias de alta qualidade, é necessário adotar uma abordagem de engenharia. Logo, a construção de ontologias deve utilizar métodos e ferramentas apropriados.

Para GUIZZARDI (2007), a engenharia de ontologias, assim como a engenharia de software e sistemas de informação, deve incluir fases de modelagem conceitual, projeto e implementação. Na fase de modelagem conceitual, uma ontologia deve se preocupar com expressividade, clareza e veracidade em representar a conceituação do domínio. Esses fatores são atributos de qualidade essenciais para a efetividade do modelo como um arcabouço de referência para as tarefas de interoperabilidade semântica e reuso (GUIZZARDI, 2005) (GUIZZARDI, 2006). Um mesmo modelo conceitual pode dar origem a diversos modelos de implementação, para satisfazer a diversos requisitos computacionais, como decidibilidade e completude (GUIZZARDI, 2007). Portanto, cada fase requer o uso de linguagens apropriadas para o desenvolvimento de artefatos que atendam adequadamente seus objetivos. Segundo GUIZZARDI (2006), linguagens de web semântica, tais como OWL<sup>4</sup> e RDF<sup>5</sup>, são linguagens focadas em questões computacionais e, portanto, inadequadas para a fase de modelagem conceitual. Por outro lado, linguagens filosoficamente bem fundamentadas são preocupadas com expressividade e clareza conceitual e, assim, apropriadas para essa fase.

Esse cenário justifica o desenvolvimento de uma modelagem conceitual do domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, baseada em ontologias fundacionais. Além de endereçar a necessidade por interoperabilidade semântica, essa modelagem conceitual está inserida no contexto do gerenciamento de TI orientado ao negócio, promovendo a integração entre esses dois

---

<sup>4</sup> Acrônimo de *Ontology Web Language* (OWL, 2004).

<sup>5</sup> Acrônimo de *Resource Description Framework* (RDF, 2004).

domínios. Por fim, essa modelagem subsidia a automação dos processos de gerenciamento, ao derivar modelos de implementação, possibilitando, não apenas o uso convencional de ferramentas de apoio ao processo, mas também fomentando paradigmas como redes autônomas (MOURA et al., 2007).

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo Geral**

Em função das questões discutidas nas seções anteriores, o objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de uma modelagem conceitual do domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, baseado em ontologias fundacionais.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Esse objetivo geral é compreendido pelos seguintes objetivos específicos:

a) Desenvolvimento de um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, comprometido em maximizar a expressividade, a clareza e a veracidade dos conceitos inerentes a esse domínio. Conforme mencionado anteriormente, esses fatores são fundamentais para endereçar problemas de interoperabilidade semântica e promover a reutilização do modelo. Para tal, esse desenvolvimento deve utilizar uma abordagem apropriada de construção de ontologias. Ademais, é essencial que os conceitos modelados sejam extraídos de fontes adequadas, referência para o domínio investigado. Isso confere mais adequação ao modelo para com o domínio, conseqüentemente, maximizando questões inerentes à interoperabilidade e reuso. Ainda, outro fator importante a ser considerado quando se pensa em reutilização do modelo, é o fato de sua formalização não representar uma conceituação aplicada a um fim específico. Dessa forma, evita-se que o modelo fique especilizado, o que restringiria a sua utilização. Por fim, o fato de estar inserido no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI denota que o modelo deva ser capaz de inter-relacionar questões concernentes a esses dois domínios, promovendo, desse modo, o gerenciamento de TI orientado ao negócio.

b) Desenvolvimento de um modelo de implementação, derivado do modelo conceitual desenvolvido, no intuito de verificação e validação da ontologia. Nesse sentido, é essencial a

utilização de um estudo de caso condizente com o universo de discurso, ou seja, com o domínio de gerenciamento de configuração no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI.

c) Demonstração de como modelos de implementação, derivados de modelos conceituais, podem ser aplicados em sistemas computacionais visando a automação de processos.

## **1.5. Metodologia de Desenvolvimento do Trabalho**

Este trabalho teve início com uma revisão bibliográfica sobre a área de gerenciamento de TI, na qual foram avaliadas e discutidas as principais referências nesse segmento, por meio de artigos científicos, trabalhos acadêmicos, livros, dentre outras fontes. O objetivo inicial era investigar os principais desafios de pesquisa, assim como o estado da arte como propostas de solução.

Essa revisão inicial elucidou que o contexto atual considera o gerenciamento de serviços e governança de TI como o veículo de apoio para que a TI atenda aos requisitos do negócio e, além disso, lhe permita novas oportunidades. Nesse contexto, observou-se, ainda, que o alinhamento entre a TI e o negócio tem sido considerado como um dos principais desafios para a abordagem de gerenciamento de TI orientado ao negócio.

Além disso, identificou-se que, dentre as disciplinas de gerenciamento de TI, o gerenciamento de configuração tem sido tema de diversas pesquisas em função de seu estreito relacionamento para com todas as demais disciplinas envolvidas no gerenciamento. Essa característica remete a questões importantes, como a interoperabilidade entre os atores envolvidos. De fato, essa questão tem sido considerada um dos principais desafios de pesquisa em gerenciamento de redes e serviços. Como proposta de solução desse problema, constatou-se que o uso de modelos semânticos, em especial, o uso de ontologias, tem sido indicado como o estado da arte.

Por fim, notou-se a indicação do uso de ferramentas de apoio no intuito de automatização das atividades de gerenciamento. Paradigmas como redes autônomas tem adquirido notoriedade em pesquisas. Foi observado que o uso de ontologias, além de endereçar problemas de interoperabilidade semântica, possibilita que o conhecimento seja compartilhado não apenas entre agentes humanos, mas também por sistemas computacionais, viabilizando a automação de tais atividades.

As pesquisas acerca dos principais desafios, bem como do estado da arte como propostas de solução, possibilitaram delinear o escopo do trabalho. Nesse sentido, após as pesquisas iniciais, foi realizado um estudo mais aprofundado acerca do universo de discurso, a saber, o domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI. O objetivo desse estudo foi compreender o domínio em questão, como seus principais conceitos, atividades, objetivos, dentre outras questões. Como suporte a esse estudo destacam-se as bibliotecas de melhores práticas como o ITIL (ITIL, 2007) e padrões como a ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005).

Paralelo aos estudos relacionados ao domínio em questão foi realizado um estudo acerca de ontologias. Além de compreender o que são ontologias, o objetivo desse estudo foi investigar uma abordagem apropriada para o desenvolvimento de modelos conceituais.

Por meio de um conhecimento mais aprofundado sobre gerenciamento de configuração, assim como ontologias, foi consolidado um estudo acerca de trabalhos relacionados. Esse estudo permitiu identificar os principais trabalhos envolvendo esses temas e, também, as lacunas existentes.

Com base nessa motivação, foi realizado o desenvolvimento da modelagem conceitual proposta neste trabalho.

Em seguida, foram desenvolvidos os modelos de implementação, no intuito de realizar uma prova de conceito da ontologia construída, bem como para demonstrar como essa ontologia pode apoiar a automatização das atividades de gerenciamento.

## **1.6. Resultados Obtidos**

Dentre os principais resultados obtidos neste trabalho, destacam-se:

a) Um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração contextualizado com o gerenciamento de serviços e governança de TI. Esse modelo conceitual compreende os conceitos relativos à TI e também aqueles relacionados ao negócio, bem como os seus inter-relacionamentos, conforme retratado como uma das principais questões para o gerenciamento de TI orientado ao negócio e, por conseguinte, um dos objetivos específicos deste trabalho. Além disso, esse modelo conceitual apresenta um alto grau de expressividade e clareza conceitual, como detalhado ao longo de seu desenvolvimento e, resumido nas considerações

finalis deste trabalho, atributos essenciais para endereçar a necessidade por interoperabilidade semântica e promover a adoção desse modelo como um repositório de conhecimento formal e explícito acerca do domínio supracitado. Por fim, representa uma conceituação comum do universo de discurso, extraída de fontes apropriadas e, ainda, sem uma aplicação específica, maximizando fatores de interoperabilidade e reuso.

b) Um modelo de implementação, derivado do modelo conceitual. Esse modelo de implementação possibilitou a prova de conceito como validação do modelo conceitual desenvolvido. Convém mencionar que esse modelo de implementação representa parte desse modelo conceitual. Além disso, convém destacar a deficiência das linguagens de implementação em representar de forma fiel os modelos conceituais, em função de suas baixas expressividades. Contudo, permitiu atestar a aderência do modelo de acordo com o propósito para o qual foi concebido, ou seja, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI. A implementação permitiu, por exemplo, validar a consistência do modelo em inter-relacionar os conceitos da TI e do negócio.

c) Uma aplicação do modelo de implementação em sistemas computacionais. Essa aplicação permitiu demonstrar como modelos conceituais podem ser derivados em modelos de implementação e aplicados em um ambiente computacional, possibilitando a automação de atividades de gerenciamento. Conforme apresentado em detalhes nessa fase de aplicação do modelo, foi possível representar como o gerenciamento de configuração pode ser apoiado por modelos de implementação em suas atividades, tanto no sentido de automação das atividades, quanto no sentido de evitar inconsistências e ambigüidades nas informações controladas pelo processo. Além disso, permitiu demonstrar como o gerenciamento de configuração pode apoiar demais processos, de forma automatizada.

## **1.7. Principais Contribuições**

A modelagem do domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, por meio de ontologias fundacionais, resultou nas seguintes principais contribuições:

a) Formalização do domínio supracitado, por meio de uma abordagem apropriada de desenvolvimento de ontologias, comprometida em maximizar a expressividade, clareza e veracidade dos conceitos modelados. Dessa forma, evitam-se interpretações ambíguas e inconsistentes e, conseqüentemente, supre-se a necessidade por interoperabilidade semântica.

Além disso, destaca-se o fato dessa formalização ser baseada nas principais referências relacionadas ao universo de discurso e, também, o fato dela não ser comprometida a uma finalidade específica, o que restringiria a sua utilização e, conseqüentemente, a sua adoção. Ainda, destaca-se o fato do modelo abranger não apenas questões inerentes à TI, mas também aquelas intrínsecas ao negócio, bem como o inter-relacionamento entre esses dois domínios, contribuindo, dessa forma, para o gerenciamento de TI orientado ao negócio.

b) Desenvolvimento de modelos de implementação como subsídio à automatização das atividades de gerenciamento. Em especial, destacam-se as contribuições dadas no uso de ontologias. Elas possibilitaram a formalização do domínio e, em adicional, a derivação dessa formalização em modelos de implementação, aplicados em sistemas computacionais. Além de possibilitar a automação convencional dos processos de gerenciamento, por meio de ferramentas de apoio, o uso de ontologias, aplicada a técnicas de inteligência artificial, por exemplo, promovem paradigmas emergentes, como redes auto gerenciáveis, geridas por meio de agentes inteligentes.

c) Por fim, para atestar a validade deste trabalho, o mesmo foi submetido para avaliação de um dos principais eventos relacionados ao seu tema, a saber, o Gerenciamento de TI orientado ao Negócio (*Business-driven IT Management - BDIM*). A edição do ano de 2009 desse evento compôs o simpósio internacional em Gerenciamento de Redes Integradas (*Integrated Network Management - IM*) do IFIP/IEEE. O artigo representando este trabalho foi aceito e apresentado nesse evento, conforme pode ser verificado em (BAIÔCO et al., 2009). Convém mencionar, que esse artigo compreende a modelagem conceitual deste trabalho, objetivo principal desta dissertação. A demonstração de utilização dessa modelagem conceitual em sistemas computacionais como apoio automatizado às atividades de gerenciamento foi apontada como trabalho futuro. A intenção é apresentá-lo em eventos relacionados a redes autônomas.

Ademais, convém destacar como uma contribuição indireta:

a) Incentivo ao uso de uma abordagem de engenharia de ontologias promovendo o desenvolvimento de ontologias de alta qualidade. Em especial, destaca-se o uso de ontologias fundacionais como forma de se obter ontologias que expressam de forma clara e não ambígua, tanto quanto possível, os conceitos reais do domínio modelado. Expressividade e clareza conceitual são fatores essenciais para endereçar problemas de interoperabilidade semântica,

além de promoverem a utilização dos modelos desenvolvidos. Em adicional, os conceitos herdados de ontologias fundacionais são importantes para promover o desenvolvimento do paradigma de redes autônomas, ao tornar explícito, para agentes computacionais, conceitos que expressam questões do cotidiano da realidade, como intencionalidades, objetivos, ações, dentre outros.

## **1.8. Organização do Trabalho**

Esta dissertação contém, além deste capítulo, mais outros cinco, a saber:

*Capítulo 2 – Gerenciamento de Serviços e Governança de TI:* fornece uma fundamentação teórica do domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, descrevendo os principais conceitos, atividades e papéis para com demais processos. Em adicional, esse capítulo discute os principais desafios, assim como o estado da arte como propostas de solução. Por fim, são discutidos os trabalhos relacionados.

*Capítulo 3 – Engenharia de Ontologias:* apresenta uma descrição acerca de ontologias e discute uma abordagem apropriada de desenvolvimento.

*Capítulo 4 – Ontologia do Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI:* apresenta uma formalização do domínio de gerenciamento de configuração de serviços de TI por meio dos modelos conceituais desenvolvidos a partir de ontologias.

*Capítulo 5 – Implementação e Aplicação de um Modelo Conceitual do Domínio de Gerenciamento de Configuração:* deriva os modelos conceituais desenvolvidos neste trabalho em modelos de implementação e realiza uma prova de conceito, bem como uma demonstração de como modelos conceituais podem ser derivados em modelos de implementação e aplicados em sistemas computacionais, possibilitando um apoio automatizado aos processos de gerenciamento.

*Capítulo 6 – Considerações Finais:* realiza as considerações finais do trabalho, apresentando as principais conclusões e as perspectivas de trabalhos futuros.



## 2. Gerenciamento de Serviços e Governança de TI

### 2.1. Introdução

Conforme introduzido no Capítulo 1, a competitividade do mercado e a constante evolução tecnológica geram desafios e oportunidades. Por um lado, a TI deve cumprir com novas regras e legislações, bem como demonstrar continuamente sua conformidade por meio de auditorias. Por outro lado, cada vez mais é imposto para a TI fazer mais com menos e criar valor adicional enquanto maximizando o uso de recursos existentes (ITIL, 2007). Nesse contexto, é possível identificar duas principais vertentes que impõem desafios para a TI: conformidade e desempenho. De fato, essas duas vertentes constituem a base da governança de TI (ISO/IEC, 2008).

A governança de TI é um paradigma de gerenciamento que visa garantir que a TI agregue valor aos negócios e esteja alinhada com a realização dos objetivos da organização (ISO/IEC, 2008). Portanto, sob o ponto de vista da governança de TI, não é a tecnologia por si só que provê retorno ao negócio, mas como ela é aplicada para satisfazer seus requisitos (ITIL, 2007). Assim, gerenciar recursos tecnológicos é importante, contudo, não é suficiente. É, portanto, necessária, uma abordagem sistemática, na qual as disciplinas de gerenciamento sejam estruturadas em processos e a organização de TI seja capaz de prover serviços ao negócio, nesse caso, serviços de TI. Segundo SALLÉ (2004), à medida que o gerenciamento evolui no sentido da governança de TI, a TI se torna um parceiro estratégico para o negócio, conforme ilustrado na Figura 2.1.



Figura 2.1 - Evolução da Função da TI nas Organizações (SALLÉ, 2004)

Nessa fase, ou seja, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, os processos de TI estão totalmente integrados com o ciclo de vida dos processos de negócio, melhorando a qualidade e agilidade do negócio (SALLÉ, 2004). A Figura 2.2 ilustra esse cenário.

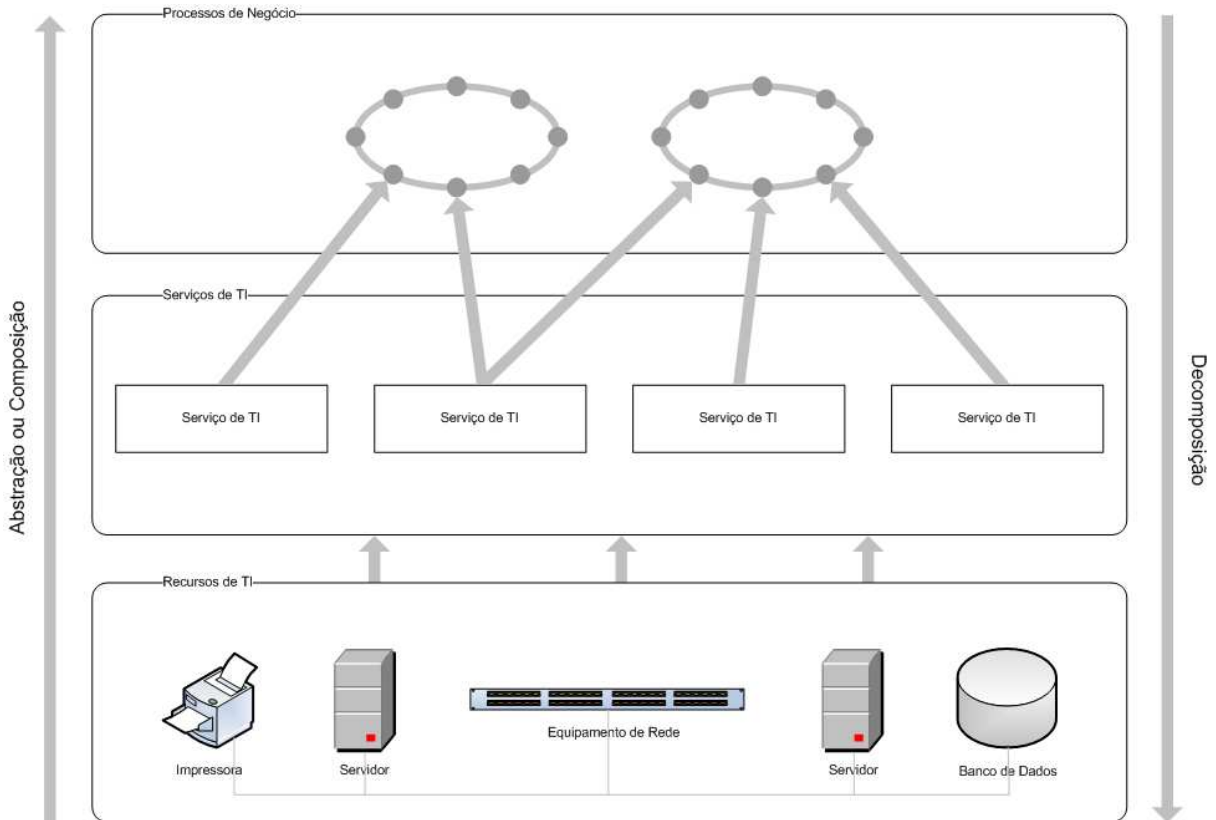


Figura 2.2 - Alinhamento entre a TI e o Negócio (ITIL, 2007)

Portanto, através do gerenciamento de serviços e governança de TI, a TI não apenas se torna um fator de sucesso para sobrevivência e prosperidade do negócio, mas também uma oportunidade para diferenciar e alcançar uma vantagem competitiva (SALLÉ, 2004).

Para subsidiar o gerenciamento de serviços e governança de TI, *frameworks* como o ITIL (ITIL, 2007) e padrões como a ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005), têm sido amplamente adotados em diversas organizações (MOURA et al., 2008).

O ITIL foi criado em 1989 pela CCTA (*United Kingdom's former Central Computer and Telecommunications Agency*). Atualmente, o ITIL é gerenciado pelo OGC (*UK's Office of Government Commerce*) e suportado pelo itSMF (*IT Service Management Forum*).

O ITIL foi o primeiro conjunto de recomendações a ser criado. Trata-se de uma biblioteca de melhores práticas em gerenciamento de serviços de TI, com o intuito de prover uma abordagem sistemática de gerenciamento. A partir da biblioteca ITIL, diversos outros *frameworks* foram instituídos, como, por exemplo: (i) HP ITSM (HP, 2000); (ii) IBM SMSL (IBM, 2003); (iii) MOF (MOF, 2001). Além de *frameworks*, padrões como o BS 15000 (BS, 2002) também foram derivados da biblioteca ITIL (SALLÉ, 2004).

A ISO/IEC 20000, por sua vez, é a padronização da norma BS 15000, sendo o primeiro padrão, de fato, de gerenciamento de serviço de TI. Portanto, a ISO/IEC 20000 é, também, baseada na recomendação ITIL. Em suma, o contexto do ITIL é ser uma fonte de boas práticas em gerenciamento de serviços de TI, usada pelas organizações para estabelecer e melhorar suas capacidades nesse segmento. A ISO/IEC 20000 provê um padrão formal e universal para as organizações que pretendem ter suas capacidades de gerenciamento de serviços de TI auditadas e certificadas. Portanto, enquanto a ISO/IEC 20000 é um padrão para ser alcançado e mantido, o ITIL oferece um conjunto de conhecimentos úteis para atingir tal padrão (ITIL, 2007). Esse fato denota o reconhecimento que o ITIL, bem como da ISO/IEC 20000, tem adquirido.

Ao estabelecer uma abordagem sistemática, a biblioteca ITIL, assim como o padrão ISO/IEC 20000, estabelece um conjunto inter-relacionado de processos com objetivos claros e bem definidos, focados nas necessidades do negócio. Dentre os principais processos, pode-se citar o gerenciamento de: (i) configuração; (ii) incidente; (iii) problema; (iv) mudança; (v) liberação; (vi) nível de serviço; (vii) capacidade; (viii) disponibilidade; (ix) continuidade dos serviços de TI; (x) financeiro.

Dessas disciplinas, o gerenciamento de configuração, objeto de estudo deste trabalho, se destaca devido a sua forte interação com todos os demais processos que compõem o arcabouço do gerenciamento de serviços de TI. Em função dessa característica, questões inerentes a esse processo têm sido classificadas como um dos principais desafios de pesquisa em gerenciamento de redes e serviços de TI. Nesse sentido, este capítulo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2.2 apresenta o processo de gerenciamento de configuração de serviços de TI, abordando seus principais conceitos, atividades, papéis para com demais processos, além dos principais desafios e estado da arte em propostas de solução, concluindo essa seção com os trabalhos relacionados. Por fim, a Seção 2.3 conclui o capítulo por meio das considerações finais.

## 2.2. Gerenciamento de Configuração de Serviços de TI

Conforme discutido anteriormente, o negócio requer serviços de TI de qualidade, providos economicamente. Segundo a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), para serem eficientes e efetivas, as organizações necessitam controlar seus serviços e infra-estruturas de TI. O gerenciamento de configuração provê um modelo lógico da infra-estrutura ou serviço, identificando, controlando, mantendo e verificando as versões dos itens de configuração existentes. O modelo lógico do gerenciamento de configuração de serviço de TI é uma representação comum única utilizada por todas as partes do gerenciamento de serviços de TI e, também, por outras partes, como recursos humanos, finanças, fornecedores e clientes.

Itens de configuração são também conhecidos pelo acrônimo CI, sigla em inglês de *Configuration Item*. Um item de configuração é um componente de uma infra-estrutura ou um item que está, ou estará, sob controle do processo de gerenciamento de configuração (ITIL, 2007) (ISO/IEC, 2005). No contexto de gerenciamento de serviços e governança de TI, os itens de configuração são vistos não somente como recursos isolados, mas como uma cadeia de recursos interligados e relacionados constituindo serviços (CALVI, 2007). Assim, tão importante quanto controlar cada item de configuração, é gerenciar como esses itens se relacionam entre si. Esses relacionamentos formam a base para a avaliação de impacto (ITIL, 2007).

De acordo com a biblioteca ITIL (ITIL, 2007) e a norma ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005), um item de configuração, bem como as informações de configuração relacionadas, pode conter diferentes níveis de detalhes. Exemplos incluem uma visão geral de todos os serviços, ou uma visão detalhada de cada componente de um serviço. Assim, um item de configuração pode se diferenciar em complexidade, tamanho e tipo, variando desde um serviço, incluindo todo hardware, software e documentação associada, a um único módulo de software ou componente de hardware. Os itens de configuração podem ser agrupados e gerenciados juntos, por exemplo, um conjunto de componentes pode ser agrupado em uma liberação<sup>6</sup>. Ademais, os itens de configuração devem ser selecionados por meio de um critério de seleção estabelecido, agrupados, classificados e identificados de maneira que eles sejam gerenciáveis durante todo o ciclo de vida do serviço.

Dentre os principais benefícios do processo de gerenciamento de configuração, pode-se citar:

---

<sup>6</sup> Uma liberação é uma coleção de itens de configuração, novos e/ou modificados, que são testados e implementados em conjunto no ambiente operacional (ITIL, 2007) (ISO/IEC, 2005).

- (a) Promove a conformidade do ambiente de TI em relação aos requisitos da organização. Exemplos incluem o controle de licenças, evitando problemas legais.
- (b) Promove a eficiência e a eficácia do ambiente de TI, na medida em que a infraestrutura é conhecida e mapeada.
- (c) Subsidiar o dinamismo imposto à TI.

Como todo processo, o gerenciamento de configuração está associado a objetivos que, em seu caso incluem:

- (a) Suportar os objetivos e requisitos de controle do negócio;
- (b) Suportar, de maneira eficiente e efetiva, todos os demais processos de gerenciamento de serviços, provendo informações de configuração de forma clara, precisa e não ambígua;
- (c) Minimizar o número de problemas relacionados à qualidade e conformidade causados por configurações inadequadas dos itens de configuração;
- (d) Subsidiar o dinamismo imposto à TI, promovendo respostas rápidas às mudanças necessárias e minimizando o impacto das mudanças no ambiente operacional;
- (e) Otimizar as configurações, capacidades e recursos da TI.

Para atingir esses objetivos, o gerenciamento de configuração, em síntese, deve definir e controlar os componentes da TI e manter as informações de configuração precisas. A próxima seção descreve as principais atividades que compõem o processo de gerenciamento de configuração, nas quais o processo é estruturado.

### **2.2.1. Atividades do Processo de Gerenciamento de Configuração**

De acordo com a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), bem como com o padrão ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005), o processo de gerenciamento de configuração é decomposto nas seguintes atividades: (i) planejamento; (ii) identificação; (iii) controle; (iv) acompanhamento do estado e relatório; e, por fim, (v) verificação e auditoria. A Figura 2.3 ilustra a interação entre essas atividades, que são descritas nos próximos itens desta seção.

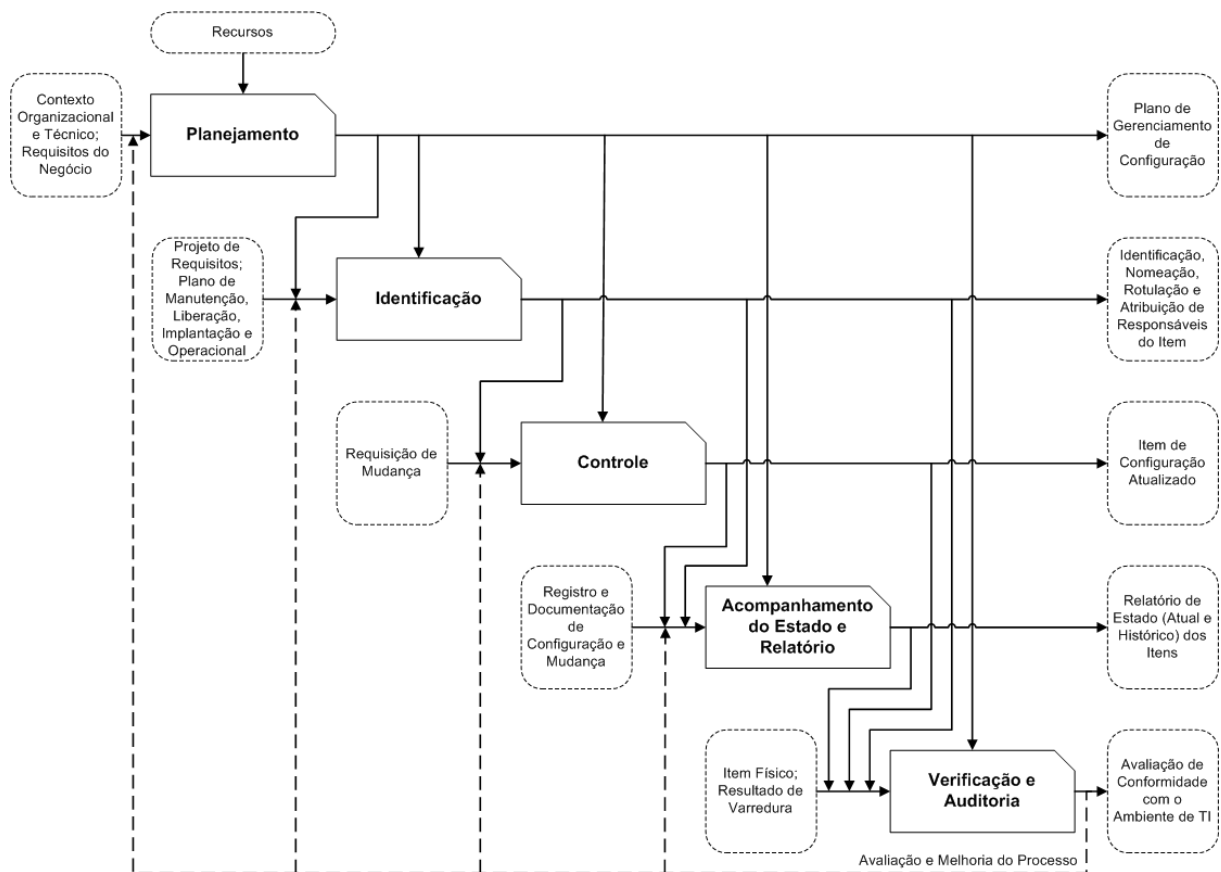


Figura 2.3 - O Processo de Gerenciamento de Configuração (ITIL, 2007)

**a) Planejamento:** essa atividade compreende o planejamento e a definição do propósito, escopo, objetivo, políticas, padrões e procedimentos para o processo de gerenciamento de configuração. O resultado dessa atividade é o Plano de Gerenciamento de Configuração, no qual são documentados todo o planejamento e definição que servirão de base para as demais atividades do processo de gerenciamento de configuração. Além disso, por meio desse planejamento e definição, os demais processos que compõem o gerenciamento de serviços como um todo saberão exatamente o que podem e o que não podem obter de informações do gerenciamento de configuração. Por conseguinte, a organização de TI, bem como o próprio negócio, terá ciência do nível de controle que eles possuem de seus recursos. É importante destacar que não existe um modelo padrão que determine a melhor abordagem para o planejamento e definição do processo de gerenciamento de configuração e, portanto, eles devem ser conduzidos de acordo com o contexto organizacional e técnico, alinhados com os objetivos do negócio.

Por meio de uma abordagem sistemática, onde são definidos os objetivos, todo o processo de gerenciamento de configuração pode ser medido e avaliado. Além disso, conforme discutido

anteriormente, desafios e oportunidades são impostos à TI a todo instante o que implica em dinamismo constante. Portanto, todo o processo deve ser constantemente avaliado para verificar se condiz com o contexto atual, ou seja, se atende aos requisitos do negócio. Esse cenário é demonstrado na Figura 2.3.

Por fim, em função de sua amplitude e complexidade, convém mencionar que a atividade de planejamento e definição considere ferramentas de apoio que possam automatizar algumas atividades do processo. É prudente que essas ferramentas sejam integradas, compondo o sistema de gerenciamento de configuração (SGC), também conhecido pelo acrônimo CMS, sigla em inglês de *Configuration Management System*. No que tange ao gerenciamento de serviços como um todo, é aconselhável, ainda, que o CMS, por sua vez, seja integrado aos demais sistemas que compõem esse processo.

**b) Identificação:** essa atividade compreende a seleção e identificação das estruturas de configuração para todos os itens de configuração, incluindo seus responsáveis, seus relacionamentos e documentações de configuração. Ela inclui a alocação de identificadores e números de versões para os itens de configuração, rotulação de cada item e, por fim, registro do item no banco de dados do gerenciamento de configuração (BDGC), também conhecido pelo acrônimo CMDB, sigla em inglês de *Configuration Management Database*. O BDGC é um banco de dados utilizado para armazenar todos os detalhes relevantes de cada item de configuração, bem como os relacionamentos entre esses itens.

Para que essa atividade seja exercida, a atividade de planejamento deve subsidiá-la com métodos apropriados. Por exemplo, durante a fase de planejamento, é necessário definir o escopo do processo de gerenciamento de configuração, no qual é determinada a sua abrangência e, por conseguinte, os tipos de itens de configuração a serem gerenciados, bem como o nível de detalhamento de seus atributos. Conforme observado anteriormente, não existe uma abordagem única para essas definições e, assim, elas devem ser conduzidas de acordo com os objetivos do negócio. Portanto, é necessária uma definição que abranja tanto quanto o necessário, observando-se um escopo que não seja insuficiente, mas também que não contenha informações desnecessárias, tornando o processo de gerenciamento de configuração inviável no que diz respeito ao tratamento e manutenção de tais informações. Uma vez definidos os tipos e detalhes dos itens a serem gerenciados, é fundamental determinar os relacionamentos existentes entre os mesmos. Essas definições produzirão as estruturas de configuração, ou seja, o modelo do banco de dados de gerenciamento de configuração, que

representa o modelo lógico da infra-estrutura de TI. Esse modelo lógico, por sua vez, retrata o que de fato existe no mundo real, sob controle do gerenciamento de serviços. Após isso, a atividade de planejamento deve definir os critérios de nomeação, rotulação, associação de responsáveis, bem como a definição de quando um item de configuração deve ser registrado no BDGC.

**c) Controle:** essa atividade compreende o controle dos itens de configuração, garantindo que somente itens autorizados e identificáveis são aceitos e registrados. Esse controle ocorre durante todo o ciclo de vida do item de configuração, ou seja, desde a concepção do item até o seu descarte. Dessa forma, a atividade de controle garante que nenhum item é adicionado, modificado, substituído ou removido sem uma documentação de controle apropriada. Exemplos de uma documentação apropriada, pela qual a atividade de controle pode permitir uma modificação nas propriedades de um item de configuração, incluem uma requisição de mudança, devidamente aprovada, de acordo com o processo de gerenciamento de mudança. Sem um controle sistemático dos itens de configuração, o processo de gerenciamento de configuração se torna incompatível com a situação real da infra-estrutura de TI. Além disso, essa atividade impõe maturidade a outros processos, como o gerenciamento de mudanças e o gerenciamento de liberação.

Durante a fase de planejamento, um plano de controle deve ser definido para conduzir a atividade de controle. Esse plano deve contemplar, dentre outras coisas, os seguintes itens: (i) controle de licenças, garantindo que somente produtos devidamente licenciados estão sendo utilizados, evitando, dessa forma, problemas legais para a corporação; (ii) controle de versão dos itens de configuração, ou seja, a sistemática de manutenção das diversas versões que um item adquire durante todo seu ciclo e vida; (iii) controle de acesso, evitando acessos não autorizados ao sistema de gerenciamento de configuração como um todo e, por fim, outros tipos de controles, que interfaceiam com demais processos do gerenciamento de serviços, como o processo de gerenciamento de mudanças e liberação.

**d) Acompanhamento do Estado e Relatório:** cada item de configuração tem um ou mais estados que ele pode assumir durante todo o seu ciclo de vida. Exemplos de estados de um item de configuração incluem: (i) em desenvolvimento; (ii) em teste; (iii) em operação; (iv) desativado. Assim, essa atividade visa garantir que todas as informações de configuração, bem como as documentações necessárias estão sendo devidamente registradas em cada fase do ciclo de vida de um item de configuração. Dessa forma, essa atividade mantém todo o



histórico de informações acerca do item de configuração durante todo o seu ciclo de vida, possibilitando uma rastreabilidade em relação às mudanças ocorridas em cada fase, bem como os registros armazenados em cada período.

Em suma, essa atividade gera informações de acompanhamento do processo de gerenciamento de configuração, para relatar se o processo está sendo seguido da forma como foi planejado. Ademais, freqüentemente outras disciplinas requerem relatórios acerca de informações da situação atual ou histórica. Por exemplo, o processo de gerenciamento financeiro requer informações acerca do uso de licenças de um determinado produto por uma determinada unidade de negócio, para orçamento, contabilização e cobrança.

**e) Verificação e Auditoria:** essa atividade compreende uma série de revisões e auditorias que verificam a existência física dos itens de configuração e conferem se eles estão registrados corretamente no sistema de gerenciamento de configuração, mais especificamente, no banco de dados do gerenciamento de configuração. Em resumo, essa atividade avalia se a situação atual da infra-estrutura de TI condiz com as configurações registradas no BDGC. Qualquer divergência deve ser avaliada e corrigida. Em geral, divergências indicam que existem problemas no processo de gerenciamento de mudanças. Portanto, a atividade de verificação e auditoria, além de buscar a integridade das informações armazenadas no BDGC, identifica possíveis problemas em outros processos do gerenciamento de serviços.

### **2.2.2. O Papel do Gerenciamento de Configuração**

Conforme discutido anteriormente, o processo de gerenciamento de configuração é a base do gerenciamento de serviços como um todo, uma vez que gerencia toda e qualquer informação acerca dos itens a serem gerenciados, fornecendo-as, de forma precisa, aos demais processos. Isso implica que todos os demais processos que compõem a estrutura de gerenciamento possuem interação com o gerenciamento de configuração. Os principais processos que se relacionam com o gerenciamento de configuração incluem:

**a) Gerenciamento de Incidentes:** Um incidente é qualquer evento que não faz parte do funcionamento padrão de um serviço e que causa, ou pode causar, uma interrupção do mesmo ou uma redução da sua qualidade. Esse processo busca resolver incidentes (através de qualquer meio necessário) restabelecendo, o mais rápido possível, o fornecimento do serviço ao cliente, visando minimizar o impacto dos incidentes sobre o negócio e garantir que a

qualidade do serviço, bem como sua disponibilidade, seja condizente com o nível de serviço acordado. Portanto, ao registrar um incidente, essa disciplina necessita acessar as informações pertinentes ao item de configuração associado ao incidente. Por exemplo, para determinar a localização e o responsável pelo item, bem como para determinar se há um problema, ou um erro conhecido, com uma solução de contorno associada, que possa ser aplicada ao item para resolução do incidente. Em adicional, esse processo pode requerer informações acerca de quais serviços são impactados em função do incidente e, por conseguinte, quais processos de negócio, além de registros relevantes, como acordos de nível de serviço.

**b) Gerenciamento de Problemas:** Um problema é uma condição definida e identificada a partir de um ou mais incidentes que apresentam sintomas comuns ou de situações que possam ocasionar incidentes, cuja causa raiz, em ambos os casos, é desconhecida. Um erro conhecido, por sua vez, é um problema cuja causa raiz é conhecida e que possui uma solução estabelecida. Essa solução pode ser uma solução de contorno, ou uma solução definitiva. Portanto, o objetivo desse processo é assegurar a estabilidade dos serviços de TI, minimizando a ocorrência de incidentes, através da identificação e eliminação dos erros conhecidos na infra-estrutura de TI. É responsável por gerenciar problema, identificar sua causa raiz e propor soluções para eliminá-lo, armazenando todas essas informações no banco de dados de gerenciamento de configuração. Para isso, essa disciplina se relaciona com o gerenciamento de configuração obtendo informações acerca dos incidentes registrados, derivando-os em problemas, de forma que a causa raiz seja identificada, soluções definitivas sejam estabelecidas e a probabilidade de novas ocorrências de incidentes, relacionados a esse problema, seja reduzida ou eliminada. Em situações em que a solução definitiva ainda não tenha sido aplicada, soluções de contorno são utilizadas como uma alternativa.

**c) Gerenciamento de Mudança:** Uma mudança é uma ação que gera um novo estado para um ou mais itens de configuração. Mudança é uma constante em qualquer negócio e, para sobreviver, a organização precisa da habilidade de adaptar-se e efetivamente gerenciar a mudança. O principal objetivo desse processo é gerenciar as mudanças que ocorrem em uma infra-estrutura de TI, assegurando que os métodos, técnicas, procedimentos e padrões estão sendo devidamente seguidos, no intuito de minimizar incidentes ocasionados por mudanças mal planejadas. Um dos fatores de sucesso no planejamento de mudanças é a avaliação de possíveis impactos. Nesse sentido, o processo de gerenciamento de configuração fornece

informações vitais à disciplina de gerenciamento de mudanças, uma vez que mantém um modelo lógico que representa fielmente a situação real do ambiente.

**d) Gerenciamento de Liberação:** Conforme descrito anteriormente, uma liberação é uma coleção de novos e/ou alterados itens de configuração que são testados e implementados em conjunto no ambiente operacional. O principal objetivo dessa disciplina é administrar a distribuição de software, hardware e demais atualizações na infra-estrutura de TI. Somente itens verificados, testados e aprovados é que são implementados em ambiente operacional. Assim, minimiza-se a distribuição de produtos mal concebidos e, também, permite-se que, em caso de falhas, seja possível o retorno das versões originais. Portanto, antes de implementar uma mudança, essa disciplina requisita informações sobre o item de configuração, tais como o estado atual, versão, localização etc. Na ocorrência de um determinado problema, o gerenciamento de configuração pode, ainda, apoiar essa disciplina por meio da restauração das versões originais dos itens modificados.

**e) Gerenciamento de Nível de Serviço:** essa disciplina é responsável por negociar acordos de nível de serviço e garantir que eles sejam cumpridos. Para isso ela assegura a contínua identificação, monitoração e revisão dos níveis ideais dos serviços de TI, que foram acordados para satisfazer as necessidades do negócio. Nesse sentido, essa disciplina requer do gerenciamento de configuração, dentre outras coisas, informações acerca dos serviços de TI que o provedor é capaz de fornecer. Informações dessa natureza determinam se o provedor é capaz de atender às necessidades de um determinado negócio, durante a fase de requisição de serviço. Uma vez estabelecido o acordo de nível de serviço, essa disciplina requer do gerenciamento de configuração os níveis de serviço acordados, bem como informações acerca da infra-estrutura de TI que compõe o serviço que é prestado ao negócio.

**f) Gerenciamento de Capacidade:** essa disciplina é responsável por garantir que a capacidade de um serviço de TI e da infra-estrutura de TI seja capaz de entregar os níveis de serviço acordados a um custo efetivo e em prazos adequados. O gerenciamento da capacidade considera todos os recursos necessários para entregar um serviço de TI e faz planejamento de curto, médio e longo prazo conforme os requisitos de negócio. Assim, esse processo procura balancear a demanda do negócio com a capacidade de oferta do serviço de TI, evitando que um serviço não seja prestado de acordo com a necessidade do negócio, mas também que não seja oferecido além da necessidade. Nesse sentido, essa disciplina utiliza informações do gerenciamento de configuração para planejar a otimização da infra-estrutura de TI,

redimensionando recursos sobrecarregados, alocando de forma mais apropriada recursos com capacidade excedente e desenvolvendo planos de capacidade dos serviços de TI.

**g) Gerenciamento de Disponibilidade:** Essa disciplina é responsável por definir, analisar, planejar, medir e melhorar todos os aspectos da disponibilidade dos serviços de TI, conforme os requisitos do negócio. O conceito de disponibilidade pode ser entendido como a habilidade de um item de configuração de desempenhar a sua função acordada quando necessário. A fraqueza de um serviço de TI está diretamente relacionada com a fraqueza dos itens que o compõem. Portanto, para desempenhar suas atividades, o processo de gerenciamento de disponibilidade consulta o gerenciamento de configuração para identificar quais pontos da cadeia de recursos que compõem um determinado serviço de TI estão suscetíveis a falhas.

**h) Gerenciamento de Continuidade dos Serviços de TI:** o objetivo dessa disciplina é garantir que o provedor de serviços de TI possa sempre prover, ao menos, o nível mínimo de serviço acordado com o negócio, ou seja, manter a continuidade do serviço de TI prestado ao negócio, mesmo em situações adversas. Para isso, ela identifica, avalia e minimiza, a um nível aceitável, os riscos que podem gerar um impacto sério nos serviços de TI. Ademais, ela assegura a sua rápida restauração na ocorrência de um incidente, mantendo planos de contingência e de recuperação de desastres. O modelo lógico provido pelo gerenciamento de configuração é vital para o gerenciamento de riscos, provendo informações, por exemplo, de quais itens de configuração são impactados por um determinado risco. O gerenciamento de configuração é útil, também, ao fornecer as configurações de referência básicas (*baselines*) dos itens de configuração, que são utilizadas pelos planos de contingência e de recuperação de desastres na especificação dos requisitos para recuperação da infra-estrutura na ocorrência de um desastre. Além disso, esses planos verificam se as configurações de referência são mantidas em locais apropriados para serem utilizadas na restauração do ambiente, quando necessário.

**i) Gerenciamento Financeiro:** essa disciplina é responsável por gerenciar os requisitos de orçamento, contabilidade e cobrança de um provedor de serviço de TI. Assim, ela administra os custos, a alocação de recursos financeiros e o retorno do investimento, realizando provisões orçamentárias dos serviços de TI, considerando os custos envolvidos e os possíveis benefícios nos investimentos, em especial, nas tomadas de decisões a respeito das mudanças no ambiente. Portanto, essa disciplina necessita de informações sobre o uso dos serviços e

demais itens de configuração associados, possibilitando determinar, por exemplo, o custo de TI para uma determinada unidade de negócio da organização.

Por fim, com as evoluções dos *frameworks* e padrões de gerenciamento, outras disciplinas têm sido desenvolvidas ou estão adquirindo notoriedade, como a disciplina de gerenciamento do conhecimento, dentre outras. Como todos os itens a serem gerenciados em uma infraestrutura de TI são ditos itens de configuração e, portanto, controlados pelo processo de gerenciamento de configuração, é natural que qualquer disciplina que componha a estrutura de gerenciamento requeira informações providas por esse processo. Assim, a próxima seção discute acerca dos principais desafios impostos a essa disciplina, bem como o estado da arte em suas propostas de soluções.

### **2.2.3. O Estado da Arte e Principais Desafios em Gerenciamento de Configuração**

Conforme abordado nas seções anteriores, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, os processos da TI estão totalmente integrados aos processos de negócio. Nesse contexto, um dos principais aspectos a ser considerado é o impacto da TI nos processos de negócio e vice-versa (MOURA et al., 2008) (ITIL, 2007). A consequência desse fato para os processos de gerenciamento é que esses devem ser capazes de gerenciarem toda a cadeia, ou seja, desde a TI até o negócio, conforme ilustrado na Figura 2.2. Nesse sentido, o gerenciamento de TI orientado ao negócio tem sido tema de diversas pesquisas em gerenciamento de redes e serviços (PAVLOU e PRAS, 2008). Segundo MOURA et al. (2007), um dos principais desafios é realizar a integração entre esses dois domínios. O gerenciamento de configuração, nesse caso, deve estar apto a responder, de forma clara, precisa e não ambígua, a questões como: quais são os processos de negócio e como eles se relacionam com os serviços e componentes de TI? (ITIL, 2007).

Ademais, conforme descrito pela biblioteca ITIL (ITIL, 2007), em função da amplitude e complexidade do processo de gerenciamento de configuração, manter suas informações atualizadas é uma atividade árdua. Nesse sentido, convém mencionar que a automatização desse processo se torna uma questão bastante apropriada. De fato, automação de processos de gerenciamento tem sido reconhecida como um dos fatores de sucesso para se alcançar um gerenciamento de TI orientado ao negócio (MOURA et al., 2007) (TOSIC, 2006).

Além de sua amplitude e complexidade, o gerenciamento de configuração é fortemente relacionado com todos os demais processos de gerenciamento. No contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, esse estreito relacionamento inclui a interação entre os principais agentes envolvidos nesse contexto, tais como: (i) negócio, (ii) pessoas; (iii) processos; (iv) ferramentas; e (v) tecnologias (ITIL, 2007). Em função da amplitude e complexidade do processo de gerenciamento de configuração, bem como das fortes relações com outros processos, a interoperabilidade semântica entre os agentes relacionados a esse contexto tem sido caracterizada como um dos principais desafios de pesquisa, não apenas no âmbito do gerenciamento de configuração, mas em todo o gerenciamento de redes e serviços (PRAS et al., 2007).

Segundo PRAS et al. (2007), o uso de modelos semânticos, em especial, o uso de ontologias, tem sido considerado como o estado da arte no que se refere às iniciativas de solução de questões relacionadas a problemas de interoperabilidade semântica no domínio de gerenciamento de redes e serviços. De acordo com PRAS et al. (2007), ontologias tornam o significado dos conceitos do domínio de gerenciamento, bem como os relacionamentos existentes entre eles, explícitos. Adicionalmente, esse significado é definido em um formato legível por máquinas, tornando o conhecimento compartilhado por humanos e também por sistemas computacionais, permitindo a automação de processos. Contudo, PRAS et al. (2007) destaca que, apesar dos esforços das iniciativas de pesquisa, ainda existem lacunas a serem preenchidas. Nesse sentido, a próxima seção deste capítulo discute sobre os trabalhos relacionados ao uso de ontologias aplicadas ao domínio de gerenciamento de configuração.

#### **2.2.4. Trabalhos Relacionados**

Diversos trabalhos advogam que o uso de ontologias é uma maneira promissora de se alcançar interoperabilidade entre os diferentes domínios de gerenciamento. Entretanto, um modelo e formalização do domínio de gerenciamento de configuração de serviço de TI, baseado em ontologia, é ainda um desafio de pesquisa. No que diz respeito às limitações, convém mencionar que ontologias ainda estão em desenvolvimento na área de gerenciamento. De fato, a tecnologia ainda não é madura e não há uma ontologia que possa ser considerada como um padrão *de-facto* pela comunidade internacional (PRAS et al., 2007).

Em geral, as iniciativas de pesquisa estão comprometidas com o uso de tecnologias e ferramentas, tais como OWL<sup>7</sup> e Protégé<sup>8</sup>. Conseqüentemente, elas são obrigadas a confiar em modelos de baixa expressividade. Em sua maioria, tais iniciativas propõem a utilização dessas tecnologias e ferramentas para a formalização de modelos de dados de gerenciamento de redes, tais como MIB<sup>9</sup>, PIB<sup>10</sup>, esquema CIM<sup>11</sup>, dentre outros. Vale destacar que modelos de dados são estritamente relacionados aos protocolos utilizados para transportar as informações de gerenciamento, bem como às implementações particulares em uso. Modelos de informação, em contraste, estão relacionados ao nível conceitual e são destinados serem independentes de qualquer implementação particular ou protocolo de gerenciamento. Trabalhando em camadas superiores, modelos de informação, geralmente, são capazes de prover mais expressividade (PRAS et al., 2007). Maiores informações acerca da diferença entre modelos de dados e modelos de informações podem ser encontradas em (PRAS e SCHÖNWÄLDER, 2003). Seguindo essa abordagem, em (LOPEZ de VERGARA et al., 2003) (LOPEZ de VERGARA et al., 2003b) (LOPEZ de VERGARA et al., 2004) (LOPEZ de VERGARA et al., 2004b) (GUERRERO et al., 2005), os autores propõem uma integração dos conceitos que atualmente pertencem a diferentes modelos de dados de gerenciamento de redes (por exemplo, MIB, PIB, esquema CIM) em um único modelo, formalizado por meio de linguagens de ontologias, como a OWL. Em um cenário ainda mais específico, ou seja, sem o intuito de se unificar diversos modelos, mas sim, de se formalizar apenas um modelo em particular, em (LAVINAL et al., 2003) (QUIROLGICO et al., 2004) (LOPEZ de VERGARA et al., 2005) (ONG et al., 2006) (MAJEWSKA et al., 2007), os autores sugerem a formalização do esquema CIM em linguagens de ontologias, como a OWL. De maneira análoga, todavia, diferenciando-se o tipo de modelo de dados, em (SANTOS, 2007), o autor apresenta um sistema de gerenciamento de configuração de rede baseado em ontologia. Em seu trabalho, a ontologia proposta foi desenvolvida segundo os conceitos do modelo de dados da MIB. Como a MIB é limitada em descrever um sistema individual, uma visão de toda a infra-estrutura, incluindo os relacionamentos entre seus componentes, não é suportada pelo modelo. Na prática, essa lacuna é, freqüentemente, suprida por funcionalidades providas por ferramentas de gerenciamento de redes baseadas em SNMP<sup>12</sup> que, por exemplo, suportam a visualização das topologias de rede. Além disso, uma MIB concerne apenas com o estado

---

<sup>7</sup> Acrônimo de *Ontology Web Language* (OWL, 2004).

<sup>8</sup> Ferramenta de edição de ontologias (PROTÉGÉ, 2009).

<sup>9</sup> Acrônimo de *Management Information Base* (MCCLOGHRIE e ROSE, 1988).

<sup>10</sup> Acrônimo de *Policy Information Base* (SAHITA et al., 2003).

<sup>11</sup> Acrônimo de *Common Information Model* (CIM, 2009).

<sup>12</sup> Acrônimo de *Simple Network Management Protocol* (CASE et al., 1989).

operacional de um recurso, ou seja, uma MIB não é projetada para suportar a rastreabilidade acerca do estado de ciclo de vida de um recurso (BRENNER et al., 2006).

Além de, em geral, as iniciativas de pesquisas estarem comprometidas com o uso de tecnologias e ferramentas, nota-se também, que elas são caracterizadas com propósitos específicos em relação a aplicações peculiares em sistemas de informação, que restringem suas conceituações. Em (XU e XIAO, 2006), é apresentado um modelo de gerenciamento de configuração para dispositivos de rede IP baseado em ontologia. Em (CALVI, 2007), o autor apresenta uma modelagem do processo de gerenciamento de configuração de serviços de TI da biblioteca ITIL baseada em ontologias fundacionais. Os conceitos apresentados e modelados em seu trabalho cobrem uma necessidade específica a respeito da demonstração do uso dos processos ITIL em uma plataforma de serviços sensíveis ao contexto.

Por fim, existem abordagens que procuram estabelecer interoperabilidade semântica entre ontologias existentes, por meio de técnicas de mapeamento ontológico. Exemplos incluem o trabalho de (WONG et al., 2005) e o trabalho de (RALHA e GOSTINSKI, 2008). Contudo, não é escopo dessas abordagens, desenvolverem uma ontologia, mas sim, integrarem ontologias existentes.

Portanto, considerando-se os principais desafios discutidos na seção anterior e analisando-se os trabalhos relacionados, observa-se que existem lacunas a serem preenchidas, conforme destacado por (PRAS et al., 2007). Em outras palavras, não foi identificada, dentre os trabalhos relacionados, uma ontologia que fosse condizente com o contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, ou seja, que retratasse conceitos da TI relacionados com o negócio. Além disso, dentre os trabalhos pesquisados, não foi identificada uma ontologia que fosse comprometida com a expressividade e clareza conceitual e livre de um cenário específico de aplicação, fatores essenciais para a interoperabilidade semântica, bem como para a ampla adoção e reutilização do modelo.

Diante desse cenário, a abordagem deste trabalho propõe uma modelagem conceitual do domínio de gerenciamento de configuração de serviços de TI, por meio de ontologias fundacionais, comprometida em maximizar a expressividade, a clareza e a veracidade dos conceitos inerentes a esse domínio e independente de um contexto específico de aplicação. O propósito é promover a interoperabilidade entre os diversos agentes envolvidos.



Adicionalmente, este trabalho demonstra como esses modelos conceituais podem ser derivados e aplicados em sistemas computacionais com vistas à automação de processos.

### **2.3. Considerações Finais do Capítulo**

Este capítulo apresentou o contexto atual no que tange ao relacionamento da TI para com o negócio e, conseqüentemente, os desafios impostos à TI, que implicam em novas abordagens de gerenciamento. Nesse sentido, foi discutido o gerenciamento de serviços e governança de TI, em especial, a disciplina de gerenciamento de configuração. Essa disciplina é objeto de estudo deste trabalho em função dos desafios que a mesma impõe para o contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI.

Assim, foram apresentados os principais conceitos inerentes ao processo de gerenciamento de configuração, seus principais objetivos, suas atividades, além de suas responsabilidades para com demais processos. Em adicional, foram discutidos os principais desafios, bem como o estado da arte como propostas de solução. Por fim, foram avaliados os trabalhos relacionados.

As discussões realizadas neste capítulo, em adicional ao apresentado na introdução deste trabalho, demonstram a necessidade de desenvolvimento de uma ontologia do domínio de gerenciamento de serviços de TI, que atenda aos principais desafios intrínsecos a esse domínio e, por conseguinte, contribua para o gerenciamento de serviços e governança de TI como um todo. Em adicional, para que essa ontologia atenda a esses requisitos, é necessária uma abordagem apropriada de desenvolvimento da mesma. Essa discussão é objeto de estudo do próximo capítulo.

## 3. Engenharia de Ontologias

### 3.1. Introdução

Em função do importante papel desempenhado pelas ontologias como um instrumento conceitual, sua aplicação à computação tem sido crescente e notória (GUIZZARDI et al., 2008). Segundo JASPER e USCHOLD (1999), o uso de ontologias tem sido reconhecido, principalmente, em três categorias:

- a) Comunicação e aprendizado do domínio: sob esse ponto de vista, ontologias atuam como um modelo de referência unificado que pode ser utilizado quando surgem ambigüidades em discussões acerca do domínio (GUIZZARDI, 2005).
- b) Formalização do domínio: uma vez que uma ontologia é uma descrição formal e explícita de uma conceituação, ela é vista como uma ferramenta potencial para redução de ambigüidades e inconsistências acerca de uma conceituação (GUARINO, 1998) (GUIZZARDI, 2005). Ademais, tal formalização pode ser avaliada automaticamente por meio de provadores de teorema, além de possibilitar a derivação de novos conhecimentos por meio de máquinas de inferência.
- c) Representação e reuso do conhecimento: por representar o conhecimento acerca de um determinado domínio, ontologias têm sido potencialmente utilizadas no apoio às atividades do processo de engenharia de requisitos. Segundo FALBO et al. (2007), um processo de engenharia de software deve não apenas empregar a reutilização na fase de implementação (por exemplo, reutilizando componentes de códigos), mas também em outras fases do processo, como a fase de engenharia de requisitos (por exemplo, reutilizando modelos conceituais).

Apesar do crescente uso de ontologias e sua importância para a computação, o desenvolvimento das mesmas, geralmente, não adota uma abordagem adequada, preocupando-se muito mais com questões computacionais (como decidibilidade, completude) do que comprometido com expressividade e clareza conceitual (GUIZZARDI et al., 2008). Portanto, este capítulo tem por objetivo identificar uma abordagem apropriada para o desenvolvimento de ontologias, comprometida em maximizar a expressividade, a clareza e a veracidade dos conceitos modelados.

Assim, este capítulo está estruturado da seguinte forma: a Seção 3.2 discute brevemente o conceito e histórico concernente a ontologias; a Seção 3.3 discute acerca de metodologia de desenvolvimento de ontologias, em especial, o método proposto por (FALBO, 2004); a Seção 3.4 trata de questões relacionadas à modelagem conceitual; a Seção 3.5 discute acerca de ontologias fundacionais como apoio à fase de modelagem conceitual, apresentando, em adicional, a ontologia proposta por (GUIZZARDI, 2005); e, por fim, a Seção 3.6 conclui este capítulo apresentando as considerações finais.

## 3.2. Ontologias

A palavra latina *ontologia* tem sua origem etimológica por meio da junção do prefixo *ont* (derivado do verbo grego *einai*, que traduzido significa *ser*) e do sufixo *logia* (que significa *estudo*), cuja tradução pode ser entendida, portanto, como o estudo da existência. Na filosofia, o termo ontologia é utilizado desde o século XVII, por filósofos como Aristóteles, como um sistema de categorias formais, independente de domínio (GUIZZARDI, 2005) (GUIZZARDI, 2007).

Segundo o dicionário Merriam-Webster (MERRIAM-WEBSTER, 2009) a palavra ontologia é definida como:

- (a) um ramo da metafísica que estuda a natureza e as relações dos seres;
- (b) uma teoria particular sobre a natureza dos seres ou os tipos de existências.

Nesse sentido, as definições do dicionário Merriam-Webster (MERRIAM-WEBSTER, 2009) estão em conformidade com a definição do termo ontologia segundo a Filosofia. Portanto, sob esse ponto de vista, ontologia é um importante ramo da metafísica que estuda as características mais gerais da realidade e das entidades do mundo real, diferentemente de diversas disciplinas científicas específicas, como Física, Química, Biologia, que estudam apenas conceitos inerentes ao respectivo domínio.

No início do século XX, o filósofo alemão Edmund Husserl apresentou o termo *Ontologia Formal*, como uma analogia ao termo *Lógica Formal*. Enquanto a *Lógica Formal* lida com estruturas lógicas formais (por exemplo, verdade, validade, consistência) independentemente da veracidade dessas estruturas, a *Ontologia Formal* lida com estruturas ontológicas formais (por exemplo, teoria das partes, teoria do todo, tipos, instanciação, identidade, dependência, unidade), ou seja, com aspectos formais dos objetos, desconsiderando suas naturezas

particulares. Uma Ontologia Formal visa o desenvolvimento de um sistema de categorias gerais e seus respectivos relacionamentos que pode ser utilizado no desenvolvimento de teorias científicas e teorias da realidade de senso comum a um domínio específico. Sob esse ponto de vista, Ontologias Formais contribuem para o desenvolvimento de ontologias de um universo de discurso específico, a saber, ontologias de domínio (GUIZZARDI, 2007).

Na Ciência da Computação, o termo *ontologia* foi citado pela primeira vez em 1967, em um trabalho sobre fundamentos de modelagem de dados (MEALY, 1967). De uma maneira independente, mas ainda no campo da Ciência da Computação, mais especificamente na área de Inteligência Artificial, o termo vem sendo amplamente utilizado para o desenvolvimento de ontologias de domínio. Nos últimos anos, diversos trabalhos relacionados a ontologias têm ocorridos no campo da ciência da computação, motivados, principalmente, pelo crescente interesse em Web Semântica e pelo importante papel que as ontologias desempenham nessa iniciativa (GUIZZARDI, 2007).

De acordo com GUIZZARDI et al. (2008), um importante ponto que deve ser enfatizado é a diferença nos sentidos do termo ontologia quando usados em ciência da computação. Em Modelagem Conceitual o termo tem sido usado conforme sua definição na Filosofia, ou seja, como um sistema de categorias formais independente de domínio e filosoficamente bem fundamentado que pode ser utilizado para enunciar modelos da realidade específicos de domínio. Por outro lado, na maioria das demais áreas da ciência da computação, como Inteligência Artificial e Web Semântica, o termo ontologia é, em geral, usado como: (i) um artefato de engenharia projetado para um propósito específico sem dar muita importância para questões de fundamentação; (ii) uma representação de um domínio particular (por exemplo, direito, medicina) expressa em alguma linguagem de representação de conhecimento (por exemplo, RDF, OWL). Assim, as próximas seções deste capítulo discutem acerca de uma abordagem adequada no que tange ao processo de desenvolvimento de ontologias.

### **3.3. Metodologia de Desenvolvimento de Ontologias**

Conforme discutido em (FALBO, 1998), o desenvolvimento de ontologias é uma atividade complexa e, portanto, para construir ontologias de alta qualidade, é necessário adotar uma abordagem de engenharia. Desse modo, a construção de ontologias deve utilizar métodos e ferramentas apropriados.

FALBO (2004) propõe uma metodologia para construção de ontologias denominada SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*). O método SABiO é baseado no esquema de metodologia proposto por (USCHOLD e KING, 1995), aperfeiçoando-se com novas características como: (i) uma linguagem gráfica para expressar ontologias; (ii) uma classificação de axiomas; (iii) e o uso de questões de competência (GRUNINGER e FOX, 1995). Segundo FALBO (2004), o método SABiO, além de estabelecer atividades para a construção de ontologias, define, ainda, orientações de como proceder na sua realização. Ademais, propõe um ciclo de vida para o processo de desenvolvimento de ontologias, indicando as interações entre as várias atividades. A Figura 3.1 ilustra a metodologia SABiO.

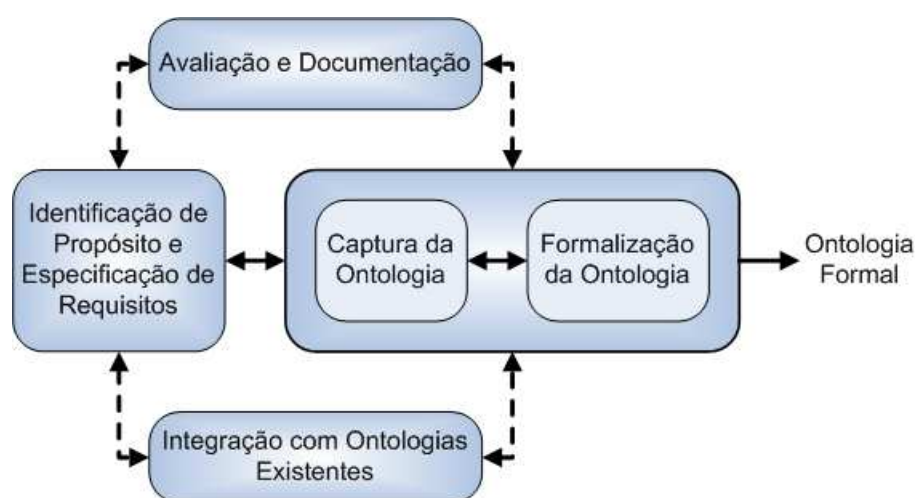


Figura 3.1 – O Processo Proposto pelo Método SABiO para Construção de Ontologias (FALBO, 2004)

A metodologia SABiO engloba as seguintes atividades:

- (a) Identificação de propósito e especificação de requisitos: essa atividade visa identificar claramente o propósito da ontologia e seu uso pretendido, por meio de questões de competência;
- (b) Captura da ontologia: o objetivo dessa atividade é capturar conceitos relevantes existentes em um universo de discurso, bem como seus relacionamentos, propriedades e restrições;
- (c) Formalização da ontologia: nessa atividade a conceituação capturada é explicitamente representada por meio de uma linguagem formal, tais como definições de axiomas formais usando Lógica de Primeira Ordem;
- (d) Integração com ontologias existentes: envolve a pesquisa por ontologias existentes com o propósito de reutilização;

- (e) Avaliação e documentação da ontologia: a ontologia desenvolvida deve ser avaliada para verificar se há inconsistências ou ambigüidades, bem como para verificar se a mesma atende ao propósito e requisito estabelecido. Além disso, todo o processo de desenvolvimento da ontologia deve ser documentado.

Um importante conceito do método SABiO são as questões de competência, ou seja, as questões que a ontologia deve ser capaz de responder. Elas definem o escopo e propósito da conceituação do domínio, além de apoiarem a atividade de avaliação da ontologia.

Por fim, FALBO (2004) destaca que o processo de desenvolvimento de ontologias deve ser visto como um processo fortemente iterativo, e não como passos seqüenciais, conforme ilustrado na Figura 3.1.

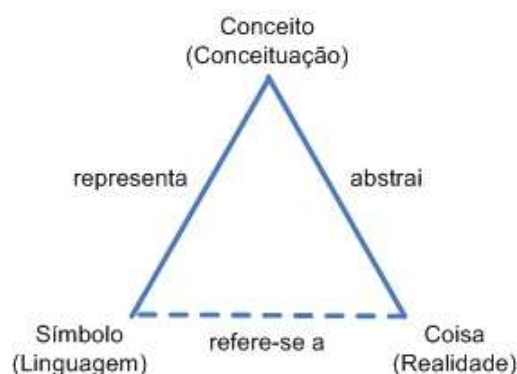
### **3.4. Modelagem Conceitual**

Uma vez discutido acerca de uma metodologia adequada para o desenvolvimento de ontologias, é necessário entender as ferramentas (linguagens de modelagem) adequadas que devem ser utilizadas em cada fase de desenvolvimento. Em particular, nesta seção são analisadas as linguagens adequadas para a fase de modelagem conceitual.

Segundo GUIZZARDI (2005), um dos principais fatores de sucesso no que concerne ao uso de uma linguagem de modelagem é a capacidade dessa linguagem de prover a seus usuários um conjunto de primitivas de modelagem que possam expressar, diretamente, relevantes conceitos do domínio, compreendido como conceituação do domínio. Os elementos que constituem a conceituação de um dado domínio são usados para articular abstrações de certos estados de coisas na realidade, denominando-se abstração do domínio. Como exemplo, considere o domínio de venda de produtos. Uma conceituação desse domínio pode ser construída considerando-se conceitos como: (i) cliente; (ii) fornecedor; (iii) produto; (iv) é produzido; (v) é vendido; dentre outros. Por meio desses conceitos é possível articular abstrações do domínio de certos fatos na realidade, como: (i) um produto é produzido pelo fornecedor e vendido ao cliente.

É importante destacar que conceituações e abstrações são entidades abstratas que somente existem na mente do usuário ou comunidade de usuários de uma linguagem. Portanto, para que essas conceituações e abstrações sejam documentadas, comunicadas e analisadas elas devem ser capturadas, ou seja, representadas em termos de algum artefato concreto. Isso

implica que uma linguagem é necessária para representá-los de uma forma concisa, completa e não ambígua (GUIZZARDI, 2005). A Figura 3.2 apresenta o “triângulo de Ullmann” (ULLMANN, 1972), que ilustra a relação entre uma linguagem, uma conceituação e a parte da realidade que essa conceituação abstrai.



*Figura 3.2 - Triângulo de Ullmann: as relações entre uma coisa na realidade, sua conceituação e uma representação simbólica dessa conceituação (GUIZZARDI, 2005)*

A relação “representa” refere-se à definição da semântica da linguagem. Em outras palavras, essa relação implica que os conceitos são representados por meio dos símbolos da linguagem. A relação “abstrai”, por sua vez, denota a abstração de coisas da realidade que uma conceituação articula. A linha pontilhada entre linguagem e realidade destaca o fato que a relação entre linguagem e realidade é sempre intermediada por uma dada conceituação.

Essa relação é elaborada na Figura 3.3 que mostra a distinção entre uma abstração e sua representação, bem como seus relacionamentos com conceituação e linguagem de representação. A representação de uma abstração do domínio em termos de uma linguagem de representação é chamada especificação de modelo (ou simplesmente modelo, especificação ou representação) e a linguagem utilizada para sua criação é chamada linguagem de modelagem (ou linguagem de especificação).

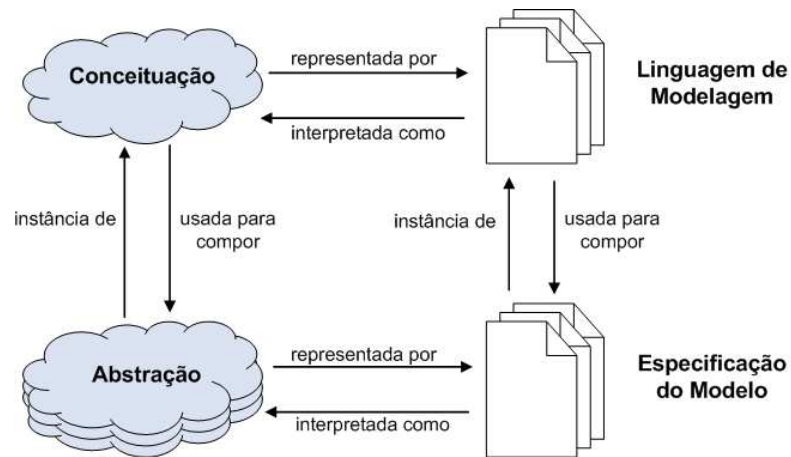


Figura 3.3 - Relações entre Conceituação, Abstração, Linguagem de Modelagem e Modelo (GUIZZARDI, 2005)

De acordo com GUIZZARDI (2005), uma linguagem de modelagem é utilizada para representar uma conceituação da realidade, compondo um modelo que represente uma abstração, instância dessa conceituação. Portanto, para que o modelo represente fielmente uma abstração, as primitivas de modelagem da linguagem usada para produzir o modelo, devem representar fielmente a conceituação do domínio, usada para articular a abstração representada pelo modelo.

Segundo GUIZZARDI (2005), se uma linguagem de modelagem conceitual é imprecisa e rudimentar na descrição de um dado domínio, então podem existir especificações da linguagem que, embora gramaticalmente válidas, não representam estado de coisas admissíveis na realidade. A Figura 3.4 ilustra essa situação.

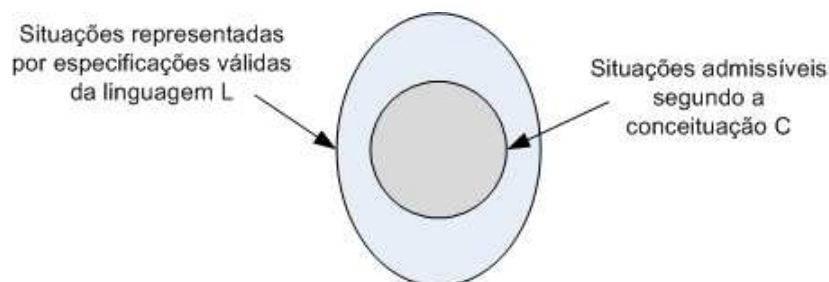


Figura 3.4 - Conseqüências de uma Linguagem de Modelagem Imprecisa para a Representação da Conceituação de um Domínio (GUIZZARDI, 2005)

GUIZZARDI (2005) destaca, ainda, que uma representação precisa de uma dada conceituação se torna ainda mais crítica quando se necessita integrar diferentes modelos desenvolvidos independentemente (ou sistemas baseados nesses modelos). Suponha a situação na qual se



necessita ter a interação entre dois sistemas desenvolvidos independentemente, que se comprometem a duas conceituações diferentes. Para que esses dois sistemas funcionem adequadamente em conjunto, é necessário garantir que eles atribuam significados compatíveis às entidades do mundo real do domínio que esses sistemas compartilham. Em particular, necessita-se reforçar que esses sistemas possuam conjuntos compatíveis de situações admissíveis da realidade, cuja união (no caso ideal) é igual ao estado de coisas admissíveis delimitado pela conceituação do domínio compartilhado desses sistemas. Conforme descrito no Capítulo 1, a capacidade dos agentes (nesse caso, dos sistemas) de interoperar (ou seja, operarem em conjunto), enquanto mantêm as semânticas do mundo real compatíveis, é conhecida como interoperabilidade semântica (VERMEER, 1997, apud GUIZZARDI, 2005). A Figura 3.5 ilustra esse cenário.

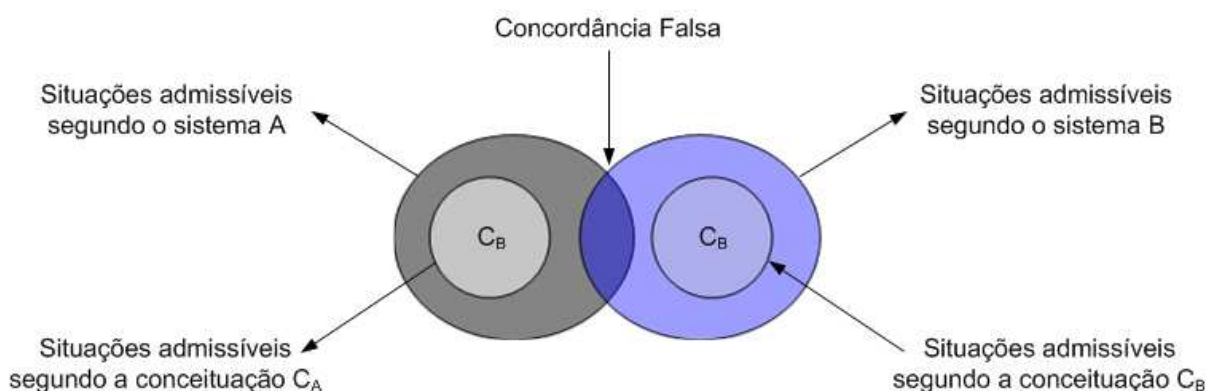


Figura 3.5 - Concordância Semântica Falsa entre Duas Entidades (GUIZZARDI, 2005)

Na Figura 3.5,  $C_A$  e  $C_B$  representam as conceituações dos domínios dos sistemas A e B, respectivamente. Conforme ilustrado nessa figura, essas conceituações não são compatíveis. No entanto, uma vez que esses sistemas são baseados em representações imprecisas dessas conceituações, seus conjuntos de situações consideradas possíveis se sobrepõem. Como resultado, os sistemas A e B concordam exatamente sobre situações que não são admitidas nem pela conceituação A, nem pela conceituação B. Em resumo, embora esses sistemas pareçam ter uma visão compartilhada da realidade, as parcelas da realidade que cada um deles visa representar não são compatíveis entre si.

Portanto, quanto mais conhecimento se possui de um dado domínio e mais preciso se é em representá-lo, maiores são as chances de se obter interpretações que são consistentes com a realidade do referido domínio e, por conseguinte, de se obter interoperabilidade semântica entre os agentes envolvidos nessas interpretações. Assim, GUIZZARDI (2005) conclui que,

por um lado, uma linguagem de modelagem deve ser suficientemente expressiva para caracterizar adequadamente a conceituação do domínio e, por outro lado, a semântica das especificações produzidas deve ser clara, possibilitando que os usuários da linguagem reconheçam facilmente o significado dos construtores da linguagem em termos dos conceitos do domínio. Em adicional, a especificação produzida por meio da linguagem deve facilitar o usuário no entendimento e raciocínio sobre o estado de coisas representado.

Assim, GUIZZARDI (2007) destaca que a engenharia de ontologias, assim como a engenharia de software e sistemas de informação, deve incluir fases de modelagem conceitual, projeto e implementação. Cada fase possui seus objetivos específicos e, portanto, requer diferentes tipos de métodos e ferramentas para satisfazer suas características específicas. Conforme mencionado anteriormente, em uma fase de modelagem conceitual, uma ontologia deve se empenhar por expressividade, clareza e veracidade em representar a conceituação do domínio. Portanto, a fase de modelagem conceitual requer linguagens especializadas para criar ontologias que se aproximam tanto quanto possível da ontologia ideal do domínio. O mesmo modelo conceitual pode dar origem a diversos modelos de implementação, em diferentes linguagens, tais como OWL e RDF, para satisfazer a diferentes requisitos não funcionais, como decidibilidade, completude etc. A Figura 3.6 ilustra essa abordagem.

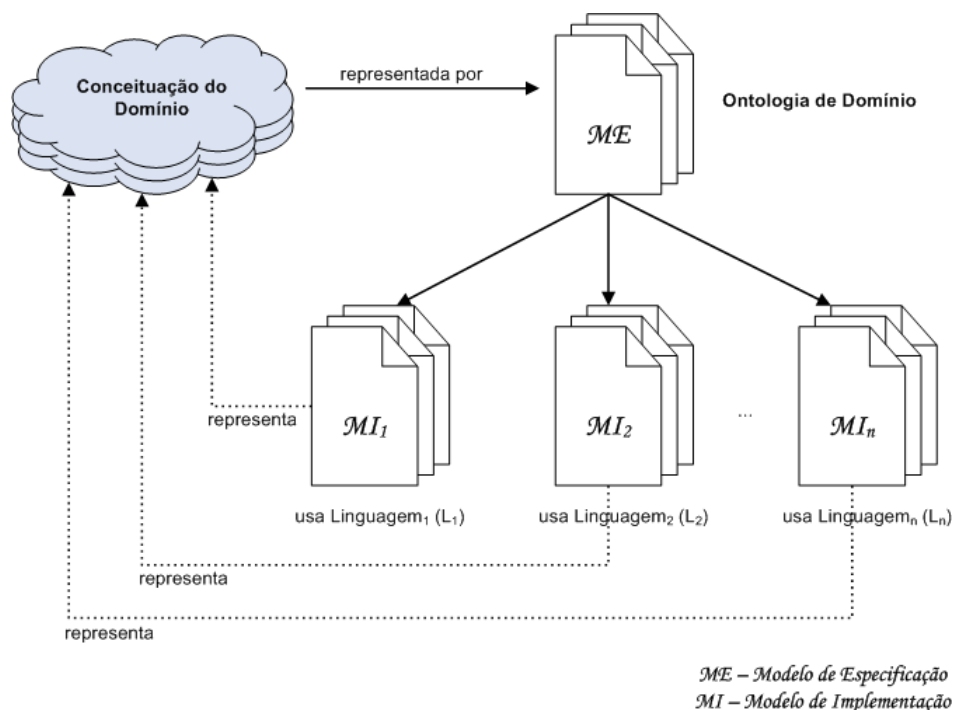


Figura 3.6 - Fases do Processo de Engenharia de Ontologias (GUIZZARDI, 2007)

De acordo com GUIZZARDI (2006), linguagens de web semântica, tais como OWL e RDF, são linguagens orientadas a questões computacionais e, portanto, inadequadas para a fase de modelagem conceitual. Linguagens filosoficamente bem fundamentadas, por outro lado, são comprometidas com expressividade e clareza conceitual e, portanto, apropriadas para essa fase. Para sustentar sua afirmação, GUIZZARDI (2006) apresenta diversos problemas de interoperabilidade semântica provenientes do uso de linguagens de web semântica na representação do domínio e demonstra como linguagens filosoficamente bem fundamentadas são capazes de endereçar esses problemas.

### **3.5. Ontologias Fundacionais**

Conforme apresentado em (GUIZZARDI, 2005), enquanto conceituações de domínio e, conseqüentemente, ontologias de domínio, são estabelecidas pelo consenso de uma comunidade de usuários em relação a um domínio material, uma linguagem de modelagem conceitual (que pode ser utilizada para expressar essas ontologias de domínio) deve ser estabelecida em um sistema de categorias do mundo real, filosoficamente e cognitivamente bem fundamentado e independente de domínio, ou seja, uma ontologia fundacional.

Ontologias fundacionais agregam contribuições de áreas como metafísica descritiva, lógica filosófica, ciência cognitiva e lingüística. As teorias inerentes a essas áreas são denominadas (meta) conceituações e descrevem o conhecimento sobre a realidade de uma maneira na qual é independente da linguagem, de um estado de coisas particular etc. Uma ontologia fundacional, por sua vez, é a representação dessas teorias em um artefato concreto (GUIZZARDI, 2005).

Assim, ontologias fundacionais, no sentido filosófico, podem ser utilizadas para prover semântica do mundo real a linguagens de modelagem e para restringir as possíveis interpretações das primitivas de modelagem dessas linguagens, aumentando, assim, a clareza das interpretações e, por conseguinte, reduzindo ambigüidades, fatores primordiais para se obter interoperabilidade semântica. Dessa forma, é possível construir ontologias de domínio, por meio de linguagens de modelagem conceitual, estabelecidas em ontologias fundacionais. Nesse sentido, a Figura 3.7 é uma extensão da Figura 3.6, destacando a abordagem proposta por GUIZZARDI (2005).

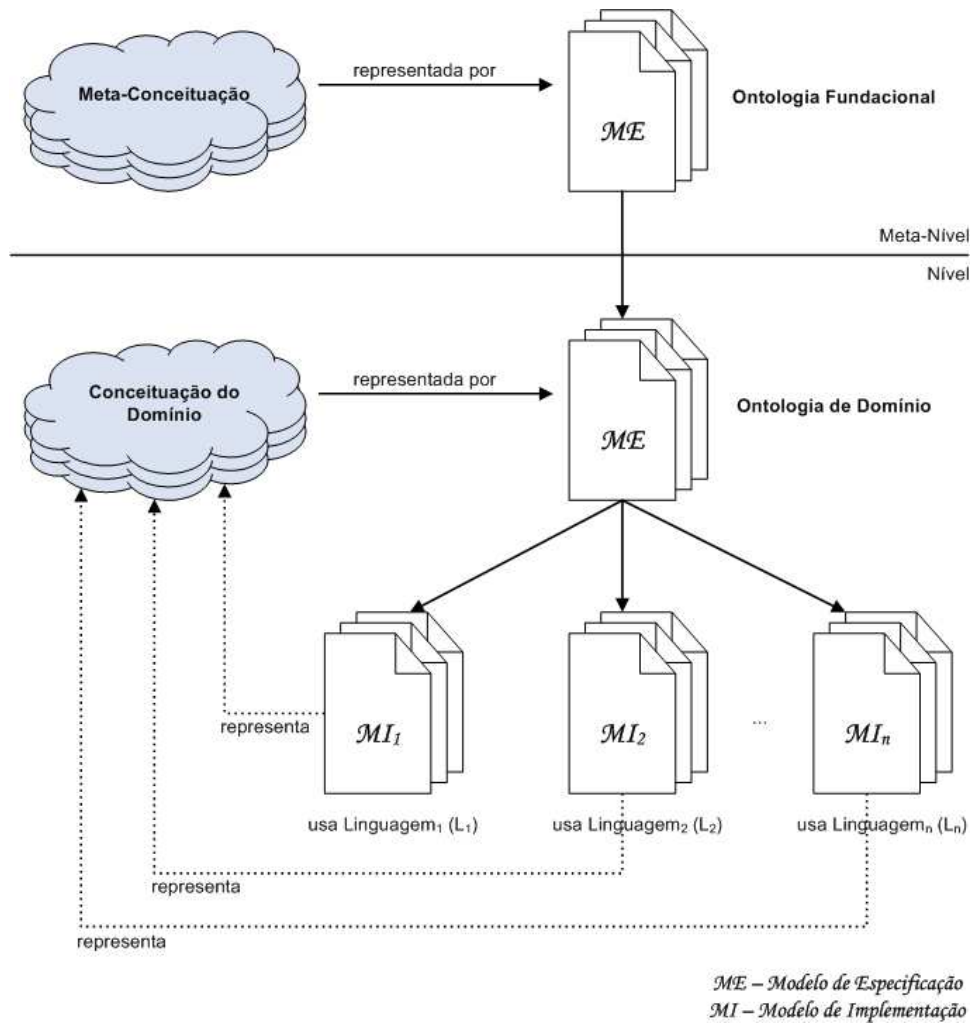


Figura 3.7 - Fases do Processo de Engenharia de Ontologias Suportado por Ontologias Fundacionais (GUIZZARDI, 2005)

Um exemplo de ontologia fundacional é a ontologia UFO (*Unified Foundational Ontology*), proposta em (GUIZZARDI, 2005). A ontologia UFO é organizada em três camadas incrementalmente compatíveis:

- a) UFO-A: Essa camada é, essencialmente, o núcleo da ontologia UFO. Ela define termos relacionados à *endurants* (indivíduos, propriedades, dentre outros).
- b) UFO-B: Essa camada define como um incremento à UFO-A os termos relacionados à *perdurants* (eventos, dentre outros).
- c) UFO-C: Essa camada define como um incremento à UFO-B os termos explicitamente relacionados às esferas de entidades sociais.

Não é escopo deste trabalho, realizar uma descrição completa da ontologia UFO. Contudo, as próximas seções deste capítulo discutem as sub-ontologias que a compõe, abordando questões

que visam facilitar o entendimento, bem como apoiar o desenvolvimento dos modelos conceituais do domínio de gerenciamento de configuração de serviços de TI, discutidos no próximo capítulo.

### 3.5.1. UFO-A: Uma Ontologia de *Endurants*

Uma distinção fundamental nessa ontologia é entre as categorias de indivíduo (*Particular*) e universal (*Universal*). Indivíduos são entidades reais que possuem uma identidade única. Universais, por sua vez, são padrões de características, que podem ser instanciados em um número distinto de indivíduos. A Figura 3.8 mostra um fragmento dessa ontologia, denominada UFO-A.

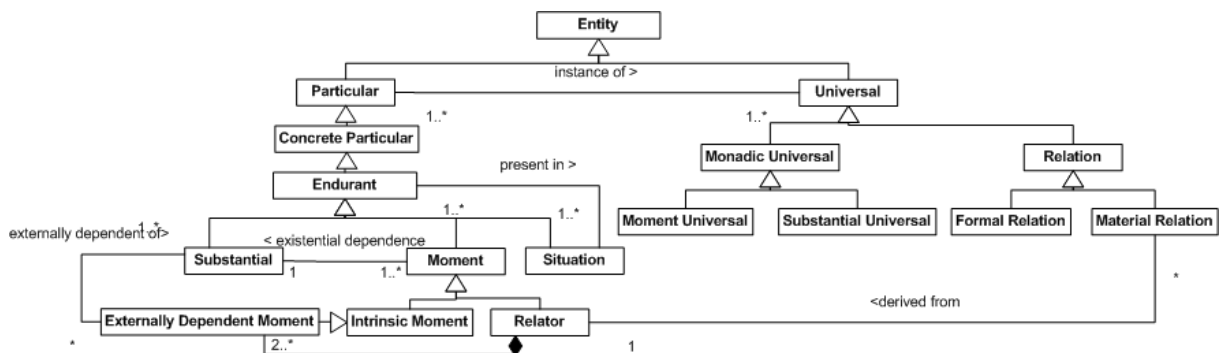


Figura 3.8 - Um Fragmento da Ontologia UFO-A (GUIZZARDI et al., 2008)

Substanciais (*Substantial*) são indivíduos existencialmente independentes, tais como uma pessoa ou um carro. A palavra momento (*Moment*), em contraste, denota a instanciação de uma propriedade. Portanto, no escopo da ontologia UFO, o conceito momento não está relacionado à noção de instante de tempo em linguagens coloquiais. Um momento é um indivíduo que pode somente existir em outros indivíduos. Em outras palavras, momentos são existencialmente dependentes de outros indivíduos. Exemplos típicos de momentos incluem um sintoma ou uma cor.

Considerando-se a distinção de categorias de indivíduos e universais, existem categorias de universais substanciais (*Substantial Universal*) e universais de momento (*Moment Universal*). Universais substanciais incluem exemplos tais como uma Pessoa ou um Carro. Exemplos de universais de momento incluem uma Dor de Cabeça ou uma Cor.

A dependência existencial pode também ser utilizada para diferenciar momentos intrínsecos (*Intrinsic Moment*) e relacionais (*Relator*). Enquanto momentos intrínsecos são dependentes

de um único indivíduo (por exemplo, uma dor de cabeça ou uma cor), momentos relacionais dependem de vários indivíduos (por exemplo, um tratamento médico ou um casamento). Momentos relacionais são indivíduos com o poder de conectar (mediar) outros indivíduos. Por exemplo, um tratamento médico conecta um paciente a uma unidade médica.

Relações são entidades que aglutinam outras entidades. Na ontologia UFO, duas categorias de relações são consideradas, a saber, relações formais (*Formal Relation*) e materiais (*Material Relation*). Relações formais ocorrem entre duas ou mais entidades diretamente, sem qualquer intervenção de outro indivíduo. A categoria de relações formais inclui dependência existencial, parte-de, subconjunto-de, instanciação, dentre outras relações. Relações materiais, por outro lado, requerem momentos relacionais (*Relator*) para serem estabelecidas. Assim, enquanto a relação formal entre João e sua dor de cabeça acontece diretamente e tão logo João e sua dor de cabeça existam, para que ocorra a relação material “ser tratado em” entre João e uma unidade médica, outra entidade precisa existir para mediar João e a unidade médica, a saber, um tratamento médico.

Conforme exemplificado em (GUIZZARDI et al., 2008), suponha que João está casado com Maria. Nesse caso, é possível assumir que existe um momento relacional do tipo casamento que media João e Maria. Assim, existem vários momentos que João adquire em função de estar casado com Maria. Exemplos incluem todas as responsabilidades legais que João possui no contexto dessa relação. Essas propriedades adquiridas são momentos intrínsecos de João e, portanto, são existencialmente dependentes dele. No entanto, esses momentos também dependem da existência de Maria. Esse tipo de momento é denominado momento externamente dependente (*externally dependent moment*). Assim, momentos externamente dependentes são momentos intrínsecos que são inerentes a um único indivíduo, contudo, são existencialmente dependentes de outros indivíduos. O momento relacional casamento, nesse caso, é a soma de todos os momentos externamente dependentes que João e Maria adquirem em função de estarem casados um com o outro.

Por fim, situações (*Situation*) é uma parcela da realidade que pode ser compreendida como um todo, denominada na literatura de estado de coisas (*state of affairs*). Na ontologia UFO, situações são tipos especiais de *endurants*, sendo entidades complexas constituídas possivelmente por muitos *endurants* (incluindo outras situações). Nesse sentido, a relação “estar presente em” (*present in*) é definida entre *endurants* e situações que eles constituem.

Por exemplo, na situação “João está com dor de cabeça e febre” estão presentes o substancial João e seus momentos intrínsecos dor de cabeça e febre.

### 3.5.2. UFO-B: Uma Ontologia de Eventos (*Perdurants*)

A ontologia UFO-B, descrita em (GUIZZARDI et al., 2008), distingue *endurants* e *perdurants*. Basicamente, essa distinção é feita em termos de seus respectivos comportamentos em relação ao tempo. *Endurants* (por exemplo, uma pessoa, um carro) preservam suas identidades ao longo do tempo. *Perdurants* (por exemplo, um processo de negócio, uma conversa), ao contrário, são indivíduos compostos de partes temporais, as quais não mantêm suas identidades ao longo do tempo. Por exemplo, considere que uma pessoa possua um cabelo comprido em uma circunstância  $c_1$  e essa mesma pessoa possua um cabelo curto em outra circunstância  $c_2$ . Apesar de seu cabelo ter mudado, essa pessoa continua sendo o mesmo indivíduo, ou seja, sua identidade não mudou. Por outro lado, um processo de negócio pode ter uma propriedade de ser automatizado em uma circunstância  $c_1$  e manual em outra circunstância  $c_2$ . Nesse caso, esse processo de negócio possui diferentes partes que exibem essas propriedades. Um fragmento dessa ontologia é mostrado na Figura 3.9.

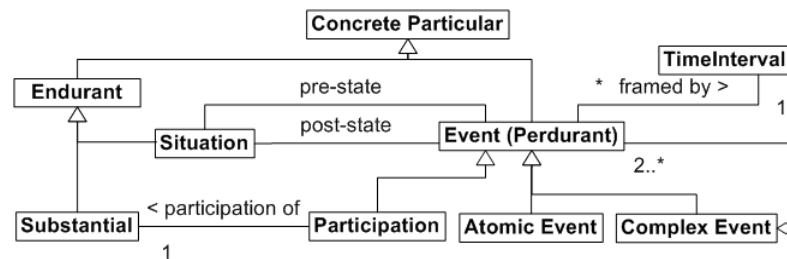


Figura 3.9 - Um Fragmento da Ontologia UFO-B (GUIZZARDI et al., 2008)

Eventos (*Perdurants*, *Occurrents*) são possíveis mudanças de uma parcela da realidade para outra, ou seja, eles podem transformar a realidade alterando o estado de coisas de um pré-estado para um pós-estado. Eventos são existencialmente dependentes de seus participantes. Por exemplo, considere o evento “a flechada no calcanhar de Aquiles”. Nesse evento, há a participação individual de Aquiles, do arqueiro e da flecha. Cada uma dessas participações é por si só um evento que pode ser atômico (não contém partes impróprias) ou complexo (composto de pelo menos dois eventos que podem ser atômicos ou complexos), contudo, existencialmente dependente de um indivíduo. Nessa ontologia, ser atômico e ser instantâneo

são noções ortogonais, ou seja, o primeiro caso pode ser estendido no tempo assim como o segundo caso pode ser composto de múltiplas participações (instantâneas).

### 3.5.3. UFO-C: Uma Ontologia de Entidades Sociais

A ontologia UFO-C, descrita em (GUIZZARDI et al., 2008), é uma ontologia de entidades sociais (tanto *endurants* quanto *perdurants*) construída sobre as ontologias UFO-A e UFO-B. Um fragmento dessa ontologia é apresentado na Figura 3.10.

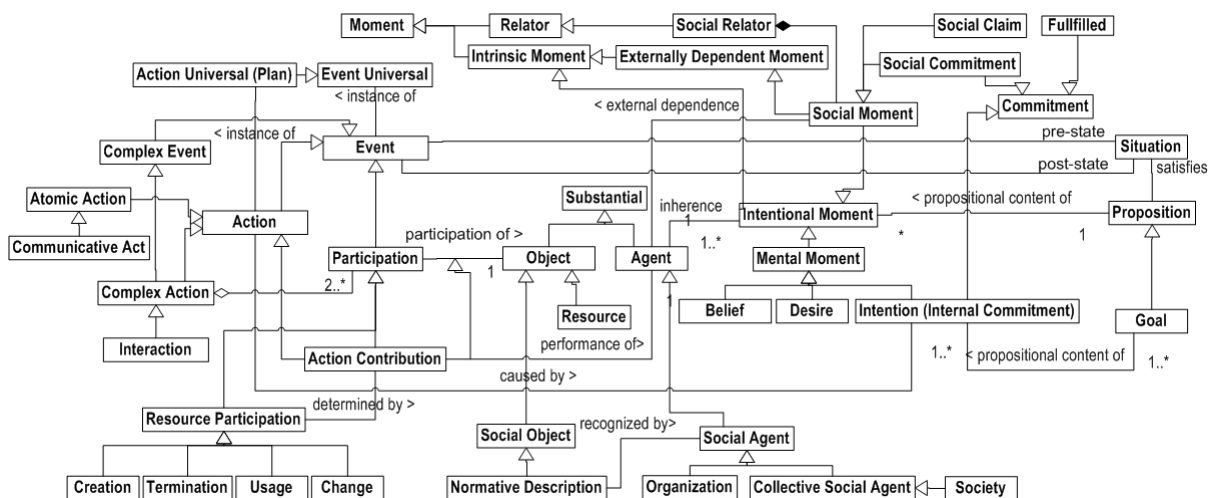


Figura 3.10 - Um Fragmento da Ontologia UFO-C (GUIZZARDI et al., 2008)

A primeira distinção a ser entendida nessa ontologia é entre substanciais agentivos e não agentivos, denominados agentes (*Agent*) e objetos (*Object*), respectivamente. Agentes podem ser físicos (por exemplo, uma pessoa) ou sociais (por exemplo, uma organização, uma sociedade). Objetos, por sua vez, também podem ser categorizados em indivíduos físicos (por exemplo, um carro) ou sociais (por exemplo, dinheiro, linguagem). Uma descrição normativa (*Normative Description*) é um objeto social que define uma ou mais regras/normas reconhecidas por, pelo menos, um agente social e que pode definir entidades sociais como universais (por exemplo, tipos de comprometerimentos sociais), objetos (por exemplo, a coroa da rainha do Reino Unido) e papéis sociais (por exemplo, presidente). Exemplos de descrições normativas incluem a Constituição Brasileira, bem como um conjunto de diretrizes sobre como realizar algumas atividades dentro de uma organização.

Agentes são substanciais que podem possuir tipos especiais de momentos, denominados momentos intencionais (*Intentional Moment*). Cada momento intencional tem um tipo, a saber, crença (*Belief*), desejo (*Desire*), intenção (*Intention*) e um conteúdo proposicional (uma



representação abstrata de uma classe de situações referenciadas por esse momento intencional). É importante destacar que intencionalidade deve ser entendida em um contexto mais amplo do que a noção de “alguma coisa que se intenciona”. Ela deve ser entendida como a capacidade de algumas propriedades de certos indivíduos se referirem a possíveis situações da realidade. Nesse sentido, “alguma coisa que se intenciona” é um tipo específico de intencionalidade, a saber, intenção (*Intention*). O conteúdo proposicional de uma intenção é um objetivo (*Goal*). Crenças podem ser justificadas por situações na realidade. Desejos expressam uma vontade de um agente em direção a um estado de coisas na realidade. Intenções, por sua vez, são estados de coisas desejados para os quais o agente se compromete a perseguir (comprometimento interno). Por essa razão, intenções fazem com que agentes realizem ações (*Actions*).

Ações (por exemplo, um ato comunicativo, um processo de negócio) podem ser entendidas como eventos que instanciam um plano (*Action Universal*) com o propósito específico de satisfazer (o conteúdo proposicional de) alguma intenção. Portanto, ações são eventos intencionais. Como eventos, ações podem ser atômicas ou complexas (compostas de duas ou mais participações). Participações, por sua vez, podem ser intencionais (sendo, portanto, elas próprias ações, denominadas contribuições de ações) ou eventos não intencionais. Por exemplo, carpinteiros colaborando para construir uma casa incluem a participação intencional dos carpinteiros e a participação não intencional da casa, bem como das ferramentas e da matéria-prima utilizadas para construí-la. Portanto, nesse exemplo, apenas a participação dos carpinteiros é considerada uma ação, pelo fato de ser uma participação intencional. Em suma, apenas agentes, ou seja, entidades capazes de possuir momentos intencionais podem realizar ações. Ademais, esse exemplo denota uma interação (*Interaction*), ou seja, uma ação complexa composta de contribuições de ações (participações intencionais) de diferentes agentes, nesse caso, as contribuições de ações dos carpinteiros. Um objeto participando em uma ação é denominado um recurso (*Resource*). Assim, nesse exemplo, a casa, bem como as ferramentas e a matéria-prima usadas para construí-la, são ditos recursos.

Um objeto pode participar em uma ação de diferentes maneiras. No escopo da ontologia UFO, quatro modalidades de participação de recurso (*Resource Participation*) são consideradas, a saber, criação (*Creation*), término (*Termination*), uso (*Usage*) e alteração (*Change*). As definições formais dessas modalidades de participação de recurso são discutidas em (GUIZZARDI et al., 2008).

Momentos sociais (*Social Moment*) são tipos de momentos intencionais que são criados pela troca de atos comunicativos e pelas conseqüências dessas trocas (por exemplo, adoção de um objetivo, delegação). Por exemplo, suponha que João alugue uma casa em uma corretora de imóveis. Quando ele assina o contrato de aluguel, ele está executando um ato comunicativo, no caso uma promessa. Esse ato cria um comprometimento social (*Social Commitment*) com a corretora, por exemplo, o comprometimento de devolver a casa sob certas condições ao término do contrato (o conteúdo proposicional). Em adicional, esse ato comunicativo cria também uma reivindicação social (*Social Claim*) da corretora concernente a João, relativa a esse conteúdo proposicional. Um momento relacional social (*Social Relator*) é um tipo de momento relacional (*Relator*) composto de dois ou mais pares de comprometimentos/reivindicações (momentos sociais) associados. Um comprometimento (*Commitment*) (interno ou social) é cumprido (*Fullfilled*) por um agente se esse agente realiza uma ação tal que o pós-estado (*post-state*) dessa ação é uma situação (*Situation*) que satisfaz (*satisfies*) esse comprometimento.

Por fim, a Figura 3.11 apresenta uma extensão da ontologia UFO-C que discerne as relações de dependência e delegação entre agentes, conforme discutido em (GUIZZARDI, 2006b).

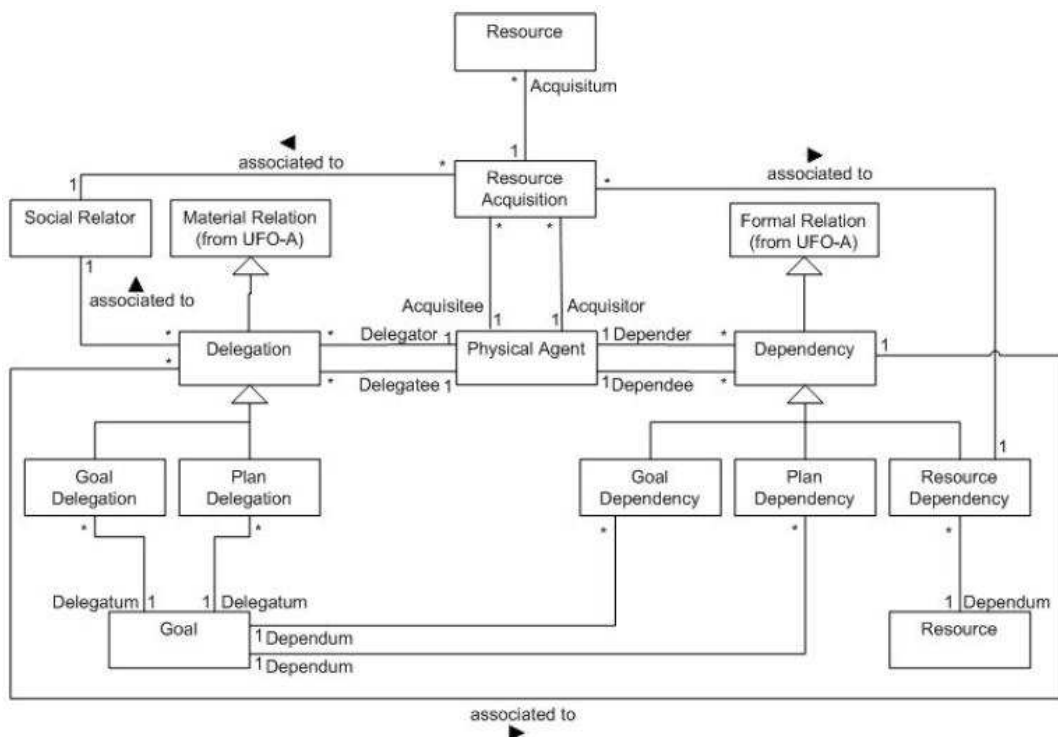


Figura 3.11 - Um Fragmento da Ontologia UFO-C que Discerne entre as Relações de Dependência, Delegação e Aquisição (GUIZZARDI, 2006b)

A primeira distinção considera o fato que uma dependência constitui uma relação formal, enquanto que uma delegação consiste de uma relação material. Segundo GUIZZARDI (2006b), uma relação de dependência une dois agentes (um *dependor* e um *dependee*) e um objeto de dependência (um *dependum*), cuja natureza define o tipo de dependência. Um agente *a* (o *dependor*) depende de um agente *b* (o *dependee*) em relação a um objetivo *g* se *g* é um objetivo do agente *a*, mas *a* não pode realizar *g* e o agente *b* pode realizá-lo. O fato de um agente não poder realizar um objetivo pode significar que esse agente não possui a habilidade de realizá-lo ou pode denotar que tal objetivo contraste com um de seus outros objetivos. Esses fatores podem ser a razão pela qual o agente *a* decide delegar tal cumprimento de objetivo ao agente *b*. Uma delegação é, assim, associada com uma dependência, mas ela é mais do que isso. Como uma relação material, uma delegação é fundamentada em algo mais do que seus elementos conectados. Nesse caso, os elementos conectados são dois agentes (*delegator* e *delegatee*) e um objetivo (*delegatum*), e a fundamentação dessa relação material é o momento relacional social (*social relator*), ou seja, o par de comprometer/reivindicações estabelecido entre os dois agentes envolvidos nessa delegação. Em outras palavras, quando um agente *a* delega um objetivo *g* a um agente *b*, além do fato que o agente *a* depende do agente *b* em relação ao objetivo *g*, *b* se compromete a realizar *g* em nome de *a*, adotando, assim, o objetivo de *a*.

A ontologia UFO-C considera dois tipos de delegação, a saber, delegação de objetivo (*Goal Delegation*) e delegação de plano (*Plan Delegation*). Basicamente, o que distingue cada tipo de delegação é a responsabilidade da concepção da estratégia a ser adotada para o cumprimento do objetivo. Uma delegação de objetivo concede ao agente cujo objetivo fora delegado (*delegatee*) o direito de decisão acerca da estratégia a ser adotada para o cumprimento de tal objetivo, sendo, portanto, caracterizada como uma delegação aberta. Uma delegação de plano, em contraste, prescreve uma estratégia específica, ou seja, um plano, que o agente delegado (*delegatee*) deve adotar para realizar o objetivo que lhe fora delegado, sendo, portanto, caracterizada como uma delegação fechada.

### **3.6. Considerações Finais do Capítulo**

Este capítulo apresentou uma abordagem para o desenvolvimento de ontologias conhecida como engenharia de ontologias. Essa abordagem visa proporcionar um processo sistemático de construção de ontologias, estabelecendo fases bem definidas, os objetivos de cada fase,

bem como os métodos e as ferramentas adequadas, de acordo com a característica de cada fase.

Portanto, baseado no estudo do domínio de gerenciamento de configuração de serviços de TI, realizado no Capítulo 2, bem como no estudo acerca do processo de desenvolvimento de ontologias, realizado neste capítulo, é possível desenvolver uma ontologia desse domínio, conforme o objetivo principal deste trabalho.

## **4. Ontologia do Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI**

### **4.1. Introdução**

Conforme discutido nos capítulos anteriores, o processo de gerenciamento de configuração desempenha um papel fundamental no contexto do gerenciamento de serviços, provendo informações precisas acerca da infra-estrutura de TI a demais agentes, tais como: (i) negócio, (ii) pessoas, (iii) processos, (iv) ferramentas e (v) tecnologias. Dada a amplitude e complexidade do processo de gerenciamento de configuração e as fortes relações com outros agentes, a interoperabilidade semântica tem sido caracterizada como um dos principais desafios de pesquisa em gerenciamento de redes e serviços, conforme debatido em (PRAS et al., 2007). Em resumo, PRAS et al. (2007) argumenta que o uso de modelos semânticos facilita a interoperabilidade entre os diferentes domínios de gerenciamento e, ainda, destaca o uso de ontologias para definição de tais modelos semânticos. Por fim, PRAS et al. (2007) destaca que, apesar de existirem diversos trabalhos ressaltando o uso de ontologias como uma maneira promissora de se obter interoperabilidade entre os diversos domínios de gerenciamento, ainda não existe uma ontologia que possa ser considerada como um padrão *de-facto* pela comunidade internacional.

Portanto, este capítulo apresenta uma proposta de ontologia do domínio de gerenciamento de configuração de serviço de TI, cuja maior finalidade é maximizar a expressividade, clareza e veracidade dos conceitos pertencentes a esse domínio. Assim, com essa ontologia torna possível garantir a interoperabilidade semântica entre os diversos agentes envolvidos (BAIÔCO et al., 2009).

Este capítulo está estruturado da seguinte forma: a Seção 4.2 apresenta a abordagem utilizada para o desenvolvimento da ontologia e, na seqüência, apresenta em detalhes a proposta de ontologia desenvolvida; e, por fim, a Seção 4.3 apresenta as considerações finais do capítulo.

### **4.2. Modelos de Especificação**

Conforme discutido no Capítulo 3, o desenvolvimento de ontologias é uma atividade complexa e, portanto, para construir ontologias de alta qualidade, é necessário adotar uma abordagem de engenharia. Assim, para desenvolver as ontologias apresentadas neste capítulo, foi utilizada uma metodologia proposta por (FALBO, 2004), a saber, o método SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*).

Em adicional, o Capítulo 3 argumenta que, análoga à engenharia de software e sistemas de informação, a engenharia de ontologia deve incluir fases de modelagem conceitual, projeto e implementação. Cada fase tem seus objetivos específicos e, portanto, requer diferentes tipos de métodos e ferramentas para satisfazer suas características específicas. Em uma fase de modelagem conceitual, uma ontologia deve empenhar-se por expressividade, clareza e veracidade na representação da conceituação do domínio. Por esse motivo, a fase de modelagem conceitual requer linguagens especializadas para criar ontologias que se aproximam tanto quanto possível da ontologia ideal do domínio. De acordo com GUIZZARDI (2006), linguagens de web semântica, tais como OWL e RDF, são linguagens focadas em questões computacionais e, portanto, inadequadas para a fase de modelagem conceitual. Por outro lado, linguagens filosoficamente bem fundamentadas preocupam-se com expressividade e clareza conceitual, sendo, portanto, apropriadas para essa fase. Assim, para desenvolver a ontologia de gerenciamento de configuração de serviço de TI, foi utilizada a ontologia proposta por (GUIZZARDI, 2005), denominada UFO (*Unified Foundational Ontology*). A Figura 4.1 ilustra a abordagem utilizada para a fase de modelagem conceitual.

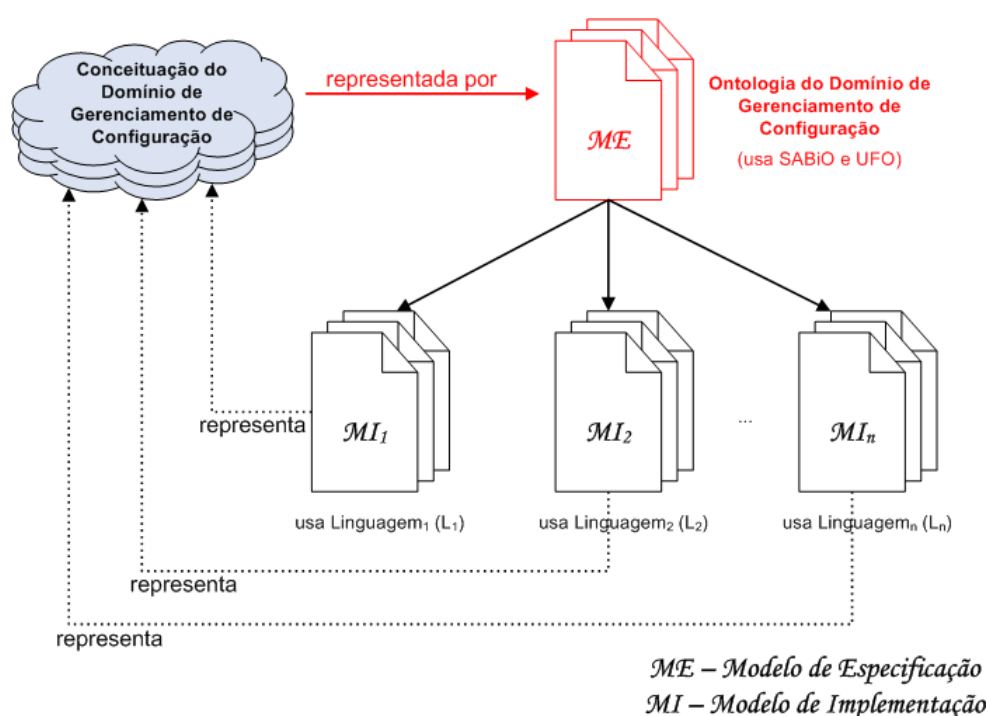


Figura 4.1 - Modelagem Conceitual do Domínio de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI

Conforme discutido no Capítulo 2, o processo de gerenciamento de configuração é responsável por prover as informações necessárias da infra-estrutura de TI a todos os demais processos de gerenciamento. No contexto de gerenciamento de serviços e governança em TI,

o processo de gerenciamento de configuração deve ser capaz de responder questões como: quais são os processos de negócio e como eles se relacionam com os serviços e componentes de TI?

Considerando que o principal objetivo desta ontologia é descrever uma teoria do domínio de gerenciamento de configuração de serviço de TI, independente de aplicações específicas, as questões de competência definidas refletem essa intenção. Nesse sentido, essas questões de competência conduzem a um mapeamento entre os conceitos inerentes à TI e os conceitos intrínsecos ao negócio, conforme segue:

- QC1: O que pode ser caracterizado como um item de configuração de uma infra-estrutura de TI?
- QC2: O que é um serviço de TI de uma infra-estrutura de TI?
- QC3: Como um serviço de TI pode ser decomposto?
- QC4: Quais serviços de TI devem anteceder um dado serviço de TI?
- QC5: Quais são as entradas e as saídas de um serviço de TI?
- QC6: Quem são os responsáveis pelas execuções dos serviços de TI?
- QC7: Como se relacionam os serviços e os componentes de TI, como hardware e software?
- QC8: Como se relacionam os serviços de TI e os processos de negócio da organização?

Para responder a essas questões, são desenvolvidas as seguintes sub-ontologias: (i) sub-ontologia de processo de negócio; (ii) sub-ontologia de serviço de TI; (iii) sub-ontologia de componente de TI; e, por fim, (iv) sub-ontologia de item de configuração. Essas sub-ontologias se complementam para constituírem a ontologia de gerenciamento de configuração de serviço de TI, conforme mostra a Figura 4.2. Ademais, uma vez que a ontologia de gerenciamento de serviços de TI é baseada na ontologia UFO, a Figura 4.2 também apresenta a interação entre essas duas ontologias.

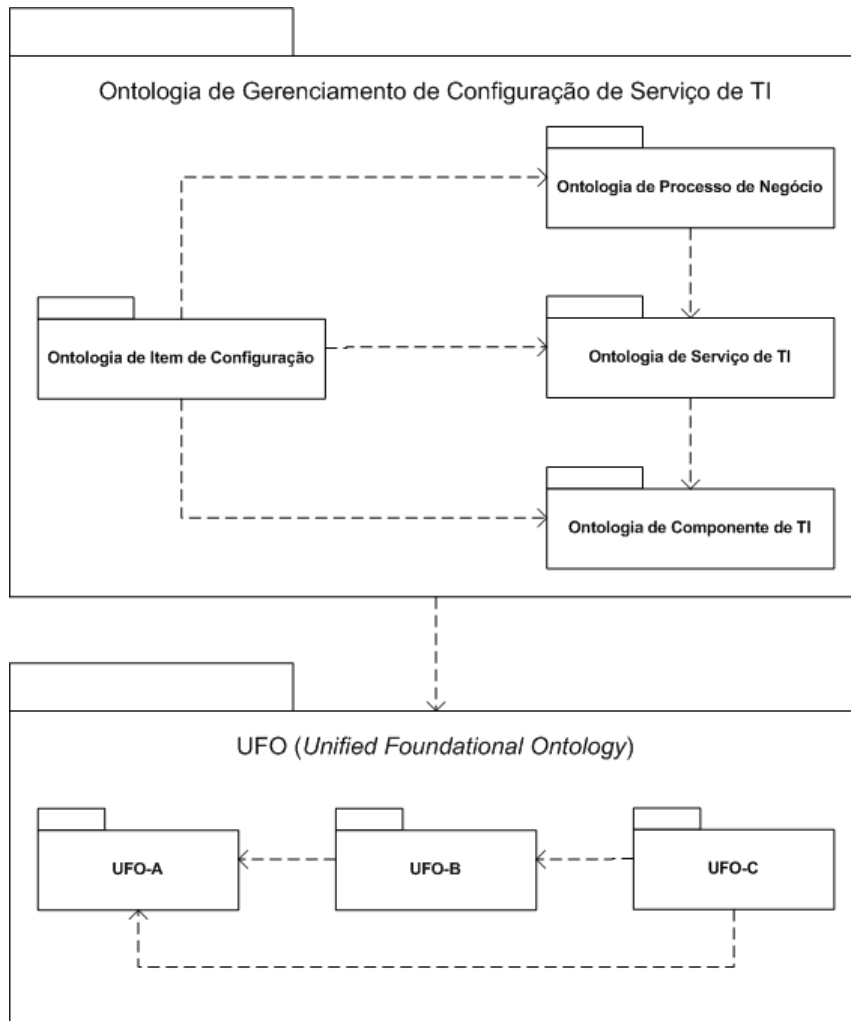


Figura 4.2 - Composição da Ontologia de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI

Essas sub-ontologias são conectadas por meio de relações entre seus conceitos assim como por meio de axiomas formais. Esses axiomas possibilitam: (i) uma rica expressividade que não pode ser obtida somente por meio de modelos gráficos; (ii) inferências, realizadas por meio de modelos de implementação; (iii) avaliação da veracidade em relação aos propósitos e restrições da ontologia; e, também, (iv) identificação de inconsistências.

Para discernir os conceitos da ontologia de gerenciamento de configuração de serviços de TI dos conceitos da ontologia UFO, esses últimos são apresentados em branco nos modelos conceituais que são mostrados nas próximas subseções.



#### **4.2.1. Sub-ontologia de Processo de Negócio**

Esta sub-ontologia captura os conceitos pertinentes a um processo de negócio, no intuito de subsidiar as respostas às demais questões do domínio de gerenciamento de configuração de serviço de TI. Nesse sentido as seguintes questões de competência são consideradas:

QC9: O que é um processo de negócio?

QC10: Como um processo de negócio é decomposto?

QC11: Quais são as entradas e as saídas de um processo de negócio?

QC12: Como uma atividade pode ser decomposta?

QC13: Quais atividades devem anteceder uma dada atividade?

QC14: Quais recursos são gerados em uma atividade? Quais são utilizados?

QC15: Quem executa uma atividade?

DAVENPORT (1993) define um processo de negócio como um conjunto estruturado e mensurado de atividades concebido para produzir uma saída específica para um determinado cliente ou mercado. Segundo DAVENPORT (1993), um processo de negócio é, portanto, uma ordenação específica de atividades de trabalho através do tempo e espaço, com um início e um fim, e entradas e saídas claramente definidas. Em adicional, DAVENPORT (1993) define que processos de negócio são as estruturas pelas quais uma organização faz o que é necessário para produzir valor para seus clientes.

Para HAMMER e CHAMPY (1993), um processo de negócio é uma coleção de atividades que usa um ou mais tipos de entrada e produz uma saída que é de valor para o cliente.

JOHANSSON et al. (1993) definem um processo de negócio como um conjunto de atividades encadeadas que transformam uma entrada em uma saída. Idealmente, a transformação que ocorre no processo deve agregar valor à entrada e produzir uma saída que seja mais útil e eficaz para o destinatário.

Por fim, RUMMLER e BRACHE (1995) definem um processo de negócio como uma série de passos concebidos para produzir um produto ou serviço.

Assim, considerando-se as definições de DAVENPORT (1993), HAMMER e CHAMPY (1993), JOHANSSON et al. (1993) e, por fim, RUMMLER e BRACHE (1995), um processo de negócio pode ser entendido como uma seqüência de atividades encadeadas, estruturadas e

mensuradas, nas quais são ordenadas através do tempo e espaço, transformando insumos em produtos com vistas à agregação de valor ao cliente. A Figura 4.5 apresenta a ontologia de processo de negócio proposta.

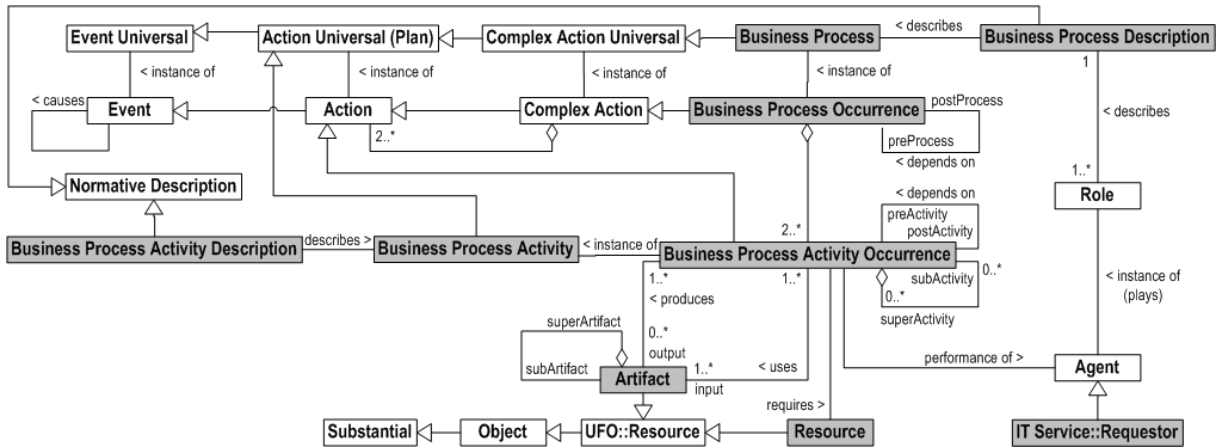


Figura 4.3 - Ontologia de Processo de Negócio

Na terminologia UFO, um processo de negócio (*Business Process*), assim como uma atividade do processo de negócio (*Business Process Activity*), são definidos como um tipo de plano (*Action Universal*), ou seja, um evento intencional. Portanto, as propriedades inerentes a eventos são aplicáveis aos processos de negócio, bem como às atividades que os compõem.

Conforme discutido no Capítulo 3, eventos são possíveis transformações de uma situação para outra na realidade, ou seja, eventos podem alterar o estado de coisas da realidade de um estado (pré-estado) para outro (pós-estado). Assim, a relação de causalidade entre eventos (*Events*), representada no modelo por meio da relação causa (*causes*), define que se um evento  $e_1$  causa um evento  $e_2$ , então existe uma situação  $s$ , que é pós-estado de  $e_1$  e pré-estado de  $e_2$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A1.

$$(A1) \quad \forall e_1, e_2 ((Event(e_1) \wedge Event(e_2) \wedge causes(e_1, e_2)) \rightarrow \exists s (Situation(s) \wedge postState(s, e_1) \wedge preState(s, e_2)))$$

A causalidade entre eventos é também transitiva (se um evento  $x$  causa outro evento  $y$  e  $y$  causa outro evento  $z$ , então  $x$  causa  $z$ ), assimétrica (se um evento  $x$  causa outro evento  $y$ , então  $y$  não pode causar  $x$ ) e irreflexiva (um evento  $x$  não pode causar ele mesmo), conforme formalizado pelos axiomas A2, A3 e A4, respectivamente.

$$(A2) \quad \forall x, y, z (Event(x) \wedge Event(y) \wedge Event(z) \wedge causes(x, y) \wedge causes(y, z) \rightarrow causes(x, z))$$

$$(A3) \quad \forall x, y (Event(x) \wedge Event(y) \wedge causes(x, y) \rightarrow \neg causes(y, x))$$

$$(A4) \quad \forall x ( Event(x) \rightarrow \neg causes(x,x) )$$

Uma ocorrência de processo de negócio (*Business Process Occurrence - BPO*), assim como uma ocorrência de atividade de processo de negócio (*Business Process Activity Occurrence - BPAO*), denota ações particulares que ocorrem em intervalos de tempo específicos, visando satisfazer o conteúdo proposicional (objetivo) de um compromisso. Portanto, uma ocorrência de processo de negócio é uma ação que instancia um tipo de plano, a saber, o processo de negócio. Uma ocorrência de atividade de processo de negócio, por sua vez, também é uma ação que instancia um tipo de plano, a saber, a atividade de processo de negócio.

Uma ocorrência de processo é, necessariamente, uma ação complexa, pois é decomposta em ocorrências de atividades. Uma ocorrência de atividade, em contraste, pode ser uma ação atômica ou complexa. Quando complexa, ela é decomposta em outras ocorrências de atividades menores, ditas sub-atividades (*subActivity*). Essa relação é formalizada pelo axioma A5.

$$(A5) \quad \forall x,y ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge subActivity(x,y) \rightarrow ComplexAction(y) )$$

Uma sub-atividade, por sua vez, é uma ocorrência de atividade que compõe uma ocorrência de atividade maior, a saber, a sua super-atividade (*superActivity*). Assim, uma ocorrência de atividade  $x$  é uma sub-atividade (ou é parte) de uma ocorrência de atividade  $y$  se, e somente se, a ocorrência de atividade  $y$  for uma super-atividade de (ou é um todo, cuja uma das partes é)  $x$ . Em adicional,  $x$  e  $y$  devem pertencer a uma mesma ocorrência de processo  $z$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A6.

$$(A6) \quad \forall x,y,z ( subActivity(x,y) \leftrightarrow BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge BPO(z) \wedge parteDe(x,z) \wedge parteDe(y,z) \wedge superActivity(y,x) )$$

Todavia, os conceitos de sub e super-atividades são relativos, ou seja, uma ocorrência de atividade  $x$  pode ser uma sub-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$  e uma super-atividade para um conjunto de ocorrências de atividades  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Segundo FALBO (1998), a decomposição de ocorrências de atividades, assim como qualquer composição, é transitiva, isto é, se uma ocorrência de atividade  $x$  é uma sub-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$  e  $y$  é uma sub-atividade de uma ocorrência de atividade  $z$ , então  $x$  é também uma sub-atividade da ocorrência de atividade  $z$ . O axioma A7 formaliza essa propriedade da relação de composição.

$$(A7) \quad \forall x,y,z ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge BPAO(z) \wedge subActivity(x,y) \wedge subActivity(y,z) \rightarrow subActivity(x,z) )$$

A decomposição de ocorrências de atividades é também assimétrica, ou seja, se uma ocorrência de atividade  $x$  é uma sub-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$ , então  $y$  não pode ser uma sub-atividade da ocorrência de atividade  $x$  (FALBO, 1998). Essa propriedade é formalizada por meio do axioma A8.

$$(A8) \quad \forall x,y ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge subActivity(x,y) \rightarrow \neg subActivity(y,x) )$$

Em adicional, a relação de decomposição de ocorrências de atividades é também irreflexiva, ou seja, uma ocorrência de atividade  $x$  não pode ser sub-atividade dela mesma. Essa relação é formalizada por meio do axioma A9.

$$(A9) \quad \forall x ( BPAO(x) \rightarrow \neg subActivity(x,x) )$$

Uma ocorrência de atividade pertence, necessariamente, a uma única ocorrência de processo. Assim, se uma ocorrência de atividade  $x$  é parte de uma ocorrência de processo  $y$ , então não existe uma ocorrência de processo  $z$  tal que  $x$  faça parte. Essa relação é formalizada por meio do axioma A10.

$$(A10) \quad \forall x,y ( BPAO(x) \wedge BPO(y) \wedge parteDe(x,y) \rightarrow \neg \exists z ( BPO(z) \wedge parteDe(x,z) ) )$$

Uma ocorrência de processo, por sua vez, não pode ser parte de nenhum outro evento complexo. Assim, para uma dada ocorrência de processo  $x$ , não existe uma ocorrência de processo  $y$ , ou uma ocorrência de atividade  $z$ , tal que  $x$  faça parte. Essa relação é formalizada por meio do axioma A11.

$$(A11) \quad \forall x ( BPO(x) \rightarrow \neg \exists y,z ( BPO(y) \wedge BPAO(z) \wedge ( parteDe(x,y) \vee parteDe(x,z) ) ) )$$

O conceito de artefato (*Artifact*) denota os recursos produzidos, ditos artefatos de saída (*output*), ou utilizados, ditos artefatos de entrada (*input*), em uma ocorrência de atividade. Sob o ponto de vista da ontologia UFO, um artefato é um tipo de recurso ( $UFO::Resource$ )<sup>13</sup> que, por sua vez, é mapeado à noção de objeto (*Object*). Assim, a relação de sub-artefato (*subArtifact*) e super-artefato (*superArtifact*) é, portanto, governada pelos axiomas definidos para relações todo-parte entre substanciais (*Substantial*) descritos em (GUIZZARDI, 2005).

---

<sup>13</sup> Denota o conceito de recurso da ontologia UFO, representado no modelo como  $UFO::Resource$ .

O conceito de recurso (*Resource*)<sup>14</sup> refere-se às ferramentas auxiliares necessárias para a execução das atividades. Sob o ponto de vista da ontologia UFO, recursos, assim como artefatos, são tipos de recursos (*UFO::Resource*) que, por sua vez, são mapeados à noção de objetos (*Objects*). Portanto, a participação de um recurso, bem como de um artefato, em uma ocorrência de atividade, deve corresponder aos tipos de participação de objetos em uma ação, mais especificamente em uma contribuição de ação (*Action Contribution*), definidos na ontologia UFO. Assim, a relação requer (*requires*) assume, em uma ocorrência de atividade, apenas um dos tipos de participação de recursos (*Resource Participation*) definidos na ontologia UFO, a saber, a participação de uso (*Uses Participation*).

Um artefato de entrada é um recurso (*UFO::Resource*) com participação de uso (*Uses Participation*) em uma ocorrência de atividade. A participação de um artefato de entrada é representada na ontologia pela relação usa (*uses*). Por outro lado, um artefato de saída é um recurso (*UFO::Resource*) com participação de criação (*Creation Participation*), mudança (*Change Participation*) ou terminação (*Termination Participation*). A participação de um artefato de saída é representada na ontologia pela relação produz (*produces*).

Segundo a ontologia UFO, um recurso (*UFO::Resource*) é um papel que um objeto desempenha em um evento. Por conseguinte, artefatos e recursos são papéis desempenhados por objetos no escopo de uma ocorrência de atividade. Como uma consequência, um mesmo objeto pode desempenhar um papel de artefato de entrada para uma ocorrência de atividade e artefato de saída para outra ocorrência de atividade, diferenciando entre si o tipo de participação desempenhada pelo objeto, representada por meio da relação usa ou produz. Assim, um recurso (*UFO::Resource*) *i* desempenhará um papel de artefato de entrada para uma dada ocorrência de atividade *x* se, e somente se, esse recurso (*UFO::Resource*) *i* for um artefato utilizado por essa ocorrência de atividade *x*. Essa relação é formalizada pelo axioma A12.

$$(A12) \quad \forall x, i ( input(i, x) \leftrightarrow BPAO(x) \wedge Artifact(i) \wedge uses(x, i) )$$

Por outro lado, um recurso (*UFO::Resource*) *o* desempenhará um papel de artefato de saída para uma dada ocorrência de atividade *x* se, e somente se, esse recurso (*UFO::Resource*) *o* for um artefato produzido por essa ocorrência de atividade *x*. Essa relação é formalizada pelo axioma A13.

---

<sup>14</sup> Denota o conceito de recurso da ontologia de processo de negócio, representado no modelo como *Resource*.

$$(A13) \quad \forall x,o ( output(o,x) \leftrightarrow BPAO(x) \wedge Artifact(o) \wedge produces(x,o) )$$

Conforme descrito nesta ontologia, tanto um artefato de entrada, quanto um recurso, desempenha o mesmo tipo de participação em uma ocorrência de atividade, a saber, a participação de uso. Todavia, considerando que uma ocorrência de atividade é uma primitiva de transformação, artefatos de entrada são incorporados ao produto, sendo, portanto, visto como uma “matéria-prima” no escopo de uma ocorrência de atividade. Recursos, por outro lado, são componentes que apóiam uma ocorrência de atividade, contudo, não são incorporados ao produto. Portanto, no que tange à diferenciação dos conceitos artefatos de entrada e recurso, denota-se que se um objeto  $r$  desempenha um papel de recurso em uma ocorrência de atividade  $x$ , então esse objeto  $r$  não foi produzido em outra ocorrência de atividade  $y$  que seja parte da mesma ocorrência de processo  $z$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A14.

$$(A14) \quad \forall r,x,z ( Resource(r) \wedge BPAO(x) \wedge BPO(z) \wedge requires(x,r) \wedge parteDe(x,z) \rightarrow \neg \exists y ( BPAO(y) \wedge produces(y,r) \wedge parteDe(y,z) ) )$$

Os artefatos e recursos de uma ocorrência de atividade complexa estão diretamente relacionados com os artefatos e recursos de suas sub-atividades, uma vez que, no âmbito de uma ocorrência de atividade complexa, sua realização se dá, na realidade, por meio da realização de suas sub-atividades. Portanto, se uma ocorrência de atividade  $x$  é sub-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$  e  $x$  utiliza como artefato de entrada um artefato  $i$  e, ainda, não existe uma ocorrência de atividade  $z$  tal que  $z$  seja sub-atividade de  $y$  e produza  $i$  como artefato de saída, então o artefato  $i$  desempenha o papel de artefato de entrada para a ocorrência de atividade complexa  $y$ , conforme descrito pelo axioma A15.

$$(A15) \quad \forall x,y,z,i ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge subActivity(x,y) \wedge input(i,x) \wedge ( \neg \exists z ( BPAO(z) \wedge subActivity(z,y) \wedge output(i,z) ) ) \rightarrow input(i,y) )$$

Considerando artefatos de saída, se uma ocorrência de atividade  $x$  é sub-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$  e  $x$  produz como artefato de saída um artefato  $o$  e, em adicional, não existe uma ocorrência de atividade  $z$  tal que  $z$  seja sub-atividade de  $y$  e utilize  $o$  como artefato de entrada, então o artefato  $o$  desempenha o papel de artefato de saída para a ocorrência de atividade complexa  $y$ , conforme descrito pelo axioma A16.

$$(A16) \quad \forall x,y,z,o ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge subActivity(x,y) \wedge output(o,x) \wedge ( \neg \exists z ( BPAO(z) \wedge subActivity(z,y) \wedge input(o,z) ) ) \rightarrow output(o,y) )$$

Os recursos requeridos por uma ocorrência de atividade complexa, por sua vez, são os recursos requeridos por cada ocorrência de suas sub-atividades. Assim, se uma ocorrência de atividade  $x$  é sub-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$ , e  $x$  requer um recurso  $r$ , então a ocorrência de atividade complexa  $y$  também requer  $r$  como recurso, conforme formalizado pelo axioma A17.

$$(A17) \quad \forall x,y,r ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge Resource(r) \wedge subActivity(x,y) \wedge requires(x,r) \rightarrow requires(y,r) )$$

No âmbito de uma ocorrência de processo, a relação de artefatos e recursos é regida por meio da relação desses objetos para com as atividades que o compõem. Assim, se um objeto  $i$  desempenha um papel de artefato de entrada para uma ocorrência de atividade  $y$ , parte de uma ocorrência de processo  $x$ , e não existe outra ocorrência de atividade  $z$ , parte da ocorrência de processo  $x$ , tal que esse objeto  $i$  seja produzido como artefato de saída, então esse objeto  $i$  é também um artefato de entrada para a ocorrência de processo  $x$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A18.

$$(A18) \quad \forall x,y,i ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge parteDe(y,x) \wedge input(i,y) \wedge ( \neg \exists z ( BPAO(z) \wedge parteDe(z,x) \wedge output(i,z) ) ) \rightarrow input(i,x) )$$

No que tange aos artefatos de saída de uma ocorrência de processo, se um objeto  $o$  desempenha um papel de artefato de saída para uma ocorrência de atividade  $y$ , parte de uma ocorrência de processo  $x$ , e não existe outra ocorrência de processo  $z$ , parte da ocorrência de processo  $x$ , tal que esse objeto  $o$  seja utilizado como artefato de entrada, então esse objeto  $o$  é também um artefato de saída para a ocorrência de processo  $x$ . O axioma A19 formaliza essa relação.

$$(A19) \quad \forall x,y,o ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge parteDe(y,x) \wedge output(o,y) \wedge ( \neg \exists z ( BPAO(z) \wedge parteDe(z,x) \wedge input(o,z) ) ) \rightarrow output(o,x) )$$

Considerando os recursos requeridos em uma ocorrência de processo, denota-se que se uma ocorrência de atividade  $y$ , que é parte de uma ocorrência de processo  $x$ , requer um recurso  $r$ , então a ocorrência de processo  $x$  também requer o recurso  $r$ , conforme formalizado pelo axioma A20.

$$(A20) \quad \forall x,y,r ( BPO(x) \wedge BPAO(y) \wedge Resource(r) \wedge parteDe(y,x) \wedge requires(y,r) \rightarrow requires(x,r) )$$

Conforme discutido nesta subseção, um processo de negócio é um conjunto de atividades encadeadas que são realizadas seguindo uma ordem específica. Assim, os conceitos de pré-atividade (*preActivity*) e pós-atividade (*postActivity*) permitem capturar o encadeamento de ocorrências de atividades.

Segundo FALBO (1998), uma ocorrência de atividade  $x$  é dita pré-atividade de (antecede) uma ocorrência de atividade  $y$ , se  $x$  precisa ser realizada para que  $y$  também o seja. A ocorrência de atividade  $y$ , por sua vez, é dita uma pós-atividade de (sucede)  $x$ , uma vez que ela só pode ser realizada após a realização de  $x$ . Assim,  $x$  é uma pré-atividade de  $y$  se, e somente se,  $y$  for uma pós-atividade de  $x$ . Em adicional,  $x$  e  $y$  devem pertencer a uma mesma ocorrência de processo  $z$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A21.

$$(A21) \quad \forall x,y,z ( preActivity(x,y) \leftrightarrow BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge BPO(z) \wedge parteDe(x,z) \wedge parteDe(y,z) \wedge postActivity(y,x) )$$

Assim como a relação de causalidade entre eventos, a relação de precedência entre ocorrências de atividade é transitiva (se uma ocorrência de atividade  $x$  é uma pré-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$  e  $y$  é uma pré-atividade de uma ocorrência de atividade  $z$ , então  $x$  é também uma pré-atividade da ocorrência de atividade  $z$ ), assimétrica (se uma ocorrência de atividade  $x$  é uma pré-atividade de uma ocorrência de atividade  $y$ , então  $y$  não pode ser uma pré-atividade da ocorrência de atividade  $x$ ) e irreflexiva (uma ocorrência de atividade  $x$  não pode ser pré-atividade dela mesma), conforme descrito pelos axiomas A22, A23 e A24, respectivamente.

$$(A22) \quad \forall x,y,z ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge BPAO(z) \wedge preActivity(x,y) \wedge preActivity(y,z) \rightarrow preActivity(x,z) )$$

$$(A23) \quad \forall x,y ( BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge preActivity(x,y) \rightarrow \neg preActivity(y,x) )$$

$$(A24) \quad \forall x ( BPAO(x) \rightarrow \neg preActivity(x,x) )$$

De maneira análoga aos conceitos de pré-atividade e pós-atividade, os conceitos de pré-processo (*preProcess*) e pós-processo (*postProcess*) denotam o encadeamento de ocorrências de processos. Portanto,  $x$  é pré-processo de  $y$  se, e somente se,  $y$  for pós-processo de  $x$ , conforme formalizado pelo axioma A25.

$$(A25) \quad \forall x,y ( preProcess(x,y) \leftrightarrow BPO(x) \wedge BPO(y) \wedge postProcess(y,x) )$$



O encadeamento de ocorrências de processos é também uma relação transitiva (se uma ocorrência de processo  $x$  é um pré-processo de uma ocorrência de processo  $y$  e  $y$  é um pré-processo de uma ocorrência de processo  $z$ , então  $x$  é também um pré-processo da ocorrência de processo  $z$ ), assimétrica (se uma ocorrência de processo  $x$  é um pré-processo de uma ocorrência de processo  $y$ , então  $y$  não pode ser um pré-processo da ocorrência de processo  $x$ ) e irreflexiva (uma ocorrência de processo  $x$  não pode ser pré-processo dela mesma), conforme descrito pelos axiomas A26, A27 e A28, respectivamente.

$$(A26) \quad \forall x,y,z (BPO(x) \wedge BPO(y) \wedge BPO(z) \wedge preProcess(x,y) \wedge preProcess(y,z) \rightarrow preProcess(x,z) )$$

$$(A27) \quad \forall x,y ( BPO(x) \wedge BPO(y) \wedge preProcess(x,y) \rightarrow \neg preProcess(y,x) )$$

$$(A28) \quad \forall x ( BPO(x) \rightarrow \neg preProcess(x,x) )$$

A dependência entre ocorrências de atividades, assim como entre ocorrências de processos, é definida em termos de artefatos. Assim, uma ocorrência de atividade  $x$  depende de (*depends-on*) uma ocorrência de atividade  $y$  se, e somente se,  $x$  utiliza como artefato de entrada um artefato produzido por  $y$ . Em adicional,  $x$  e  $y$  devem pertencer a uma mesma ocorrência de processo  $z$ . Essa relação de dependência entre ocorrências de atividades é formalizada por meio do axioma A29.

$$(A29) \quad \forall x,y,z,w ( depends-on(x,y) \leftrightarrow BPAO(x) \wedge BPAO(y) \wedge BPO(z) \wedge parteDe(x,z) \wedge parteDe(y,z) \wedge output(w,y) \wedge input(w,x) )$$

Portanto, se uma ocorrência de atividade  $x$  depende de uma ocorrência de atividade  $y$ , então  $y$  é pré-atividade de  $x$ , conforme descrito pelo axioma A30.

$$(A30) \quad \forall x,y ( depends-on(x,y) \rightarrow preActivity(y,x) )$$

No âmbito da dependência entre ocorrências de processos, uma ocorrência de processo  $x$  depende de uma ocorrência de processo  $y$  se, e somente se,  $x$  utilizar como artefato de entrada um artefato produzido  $y$ . Essa relação de dependência entre ocorrências de processos é formalizada por meio do axioma A31.

$$(A31) \quad \forall x,y,z ( depends-on(x,y) \leftrightarrow BPO(x) \wedge BPO(y) \wedge output(z,y) \wedge input(z,x) )$$

Portanto, se uma ocorrência de processo  $x$  depende de uma ocorrência de processo  $y$ , então  $y$  é pré-processo de  $x$ , conforme descrito pelo axioma A32.

$$(A32) \quad \forall x,y ( \text{depends-on}(x,y) \rightarrow \text{preProcess}(y,x) )$$

Assim como a relação de causalidade entre eventos, a relação de dependência entre ocorrências de atividade é transitiva (se uma ocorrência de atividade  $x$  depende de uma ocorrência de atividade  $y$  e  $y$  depende de uma ocorrência de atividade  $z$ , então  $x$  depende também da ocorrência de atividade  $z$ ), assimétrica (se uma ocorrência de atividade  $x$  depende de uma ocorrência de atividade  $y$ , então  $y$  não pode depender da ocorrência de atividade  $x$ ) e irreflexiva (uma ocorrência de atividade  $x$  não pode depender dela mesma), conforme descrito pelos axiomas A33, A34 e A35, respectivamente.

$$(A33) \quad \forall x,y,z ( \text{BPAO}(x) \wedge \text{BPAO}(y) \wedge \text{BPAO}(z) \wedge \text{depends-on}(x,y) \wedge \text{depends-on}(y,z) \rightarrow \text{depends-on}(x,z) )$$

$$(A34) \quad \forall x,y ( \text{BPAO}(x) \wedge \text{BPAO}(y) \wedge \text{depends-on}(x,y) \rightarrow \neg \text{depends-on}(y,x) )$$

$$(A35) \quad \forall x ( \text{BPAO}(x) \rightarrow \neg \text{depends-on}(x,x) )$$

De maneira análoga à relação de dependência entre ocorrências de atividades, a relação de dependência entre ocorrências de processos caracteriza-se como transitiva (se uma ocorrência de processo  $x$  depende de uma ocorrência de processo  $y$  e  $y$  depende de uma ocorrência de processo  $z$ , então  $x$  depende também da ocorrência de processo  $z$ ), assimétrica (se uma ocorrência de processo  $x$  depende de uma ocorrência de processo  $y$ , então  $y$  não pode depender da ocorrência de processo  $x$ ) e irreflexiva (uma ocorrência de processo  $x$  não pode depender dela mesma), conforme descrito pelos axiomas A36, A37 e A38, respectivamente.

$$(A36) \quad \forall x,y,z ( \text{BPO}(x) \wedge \text{BPO}(y) \wedge \text{BPO}(z) \wedge \text{depends-on}(x,y) \wedge \text{depends-on}(y,z) \rightarrow \text{depends-on}(x,z) )$$

$$(A37) \quad \forall x,y ( \text{BPO}(x) \wedge \text{BPO}(y) \wedge \text{depends-on}(x,y) \rightarrow \neg \text{depends-on}(y,x) )$$

$$(A38) \quad \forall x ( \text{BPO}(x) \rightarrow \neg \text{depends-on}(x,x) )$$

Um processo de negócio, bem como as atividades que o compõem, é descrito por meio de descrições normativas (*Normative Description*), a saber, descrição de processo de negócio (*Business Process Description*) e descrição de atividade de processo de negócio (*Business Process Activity Description*), respectivamente.

As descrições de um processo de negócio, por exemplo, descrevem os papéis (*Roles*) desempenhados por cada agente (*Agent*) em uma ocorrência de atividade. Agentes, assim como os objetos, são substanciais sob o ponto de vista da UFO. Contudo, os agentes se diferenciam dos objetos pelo fato de possuírem crenças (*Belief*), desejos (*Desire*) e intenções (*Intention*). Intenções, por sua vez, são caracterizadas como estados de coisas desejados

através dos quais o agente se compromete a perseguir, ou seja, um comprometimento interno (*Internal Commitment*). Por esse motivo, intenções fazem com que os agentes executem ações. Nesse sentido, a participação de um agente em uma ação é denotada como uma contribuição de ação (*Action Contribution*). Por conseguinte, uma ocorrência de atividade é realizada (*performance of*) por agentes. De fato, a contribuição de ação de um agente em uma ocorrência de atividade denota um comprometimento social (*Social Commitment*) desse agente em realizar essa ocorrência de atividade (ou parte dela, dita sub-atividade) com suas permissões (*Social Claim*) e obrigações (*Social Commitment*) decorrentes.

Ao executar uma ocorrência de atividade, um agente desempenha (*plays*) um papel de um processo de negócio. A responsabilidade de cada papel desempenhado é descrita pela descrição normativa do processo. Um mesmo agente pode desempenhar diferentes papéis em um mesmo processo ou diferentes papéis em processos distintos.

Por fim, conforme descrito nesta ontologia proposta, em algumas situações, os agentes necessitam de recursos para execução de suas atividades. De fato, a concepção de processos nas organizações geralmente acompanha a definição de como os agentes responsáveis por esses processos podem ser apoiados por meio da automação dos mesmos. Conforme discutido em (BAIÔCO et al., 2009), a tecnologia da informação tem evoluído consideravelmente, tornando-se essencial aos negócios. De acordo com a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), a tecnologia da informação é freqüentemente utilizada para suportar processos de negócio por meio de serviços de TI. Portanto, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI, o serviço de TI é o meio pelo qual a TI se relaciona com o negócio. Nesse sentido, a próxima subseção discute acerca do domínio de serviço de TI, possibilitando, assim, estabelecer o relacionamento entre serviço de TI e processo de negócio.

#### **4.2.2. Sub-ontologia de Serviço de TI**

Esta subseção apresenta a sub-ontologia de serviço de TI desenvolvida neste trabalho. É importante destacar que CALVI (2007) propõe uma ontologia de serviço de TI que, posteriormente, foi evoluída por (COSTA, 2008), no intuito de capturar conceitos intrínsecos ao processo de gerenciamento de nível de serviço. Portanto, a ontologia desenvolvida nesta subseção é uma extensão e adaptação da ontologia proposta por (CALVI, 2007) e (COSTA, 2008). Dentre as principais contribuições adicionadas ao modelo proposto, podem-se citar: (i) a relação de composição de um serviço não era clara no modelo original e, portanto, essa

relação foi inserida no modelo proposto, representada pelas relações sub-serviço e super-serviço; (ii) a relação de dependência entre execuções de serviço era inexistente no modelo original sendo, portanto, inserida no modelo proposto, representada pelas relações pré-serviço e pós-serviço; (iii) o conceito de artefato de entrada, bem como artefato de saída, era inexistente no modelo original sendo, portanto, inserido no modelo proposto e, por fim, (iv) a participação de recursos, como hardware e software, não era clara no modelo original sendo, portanto, definida no modelo desenvolvido nesta subseção. Conforme destaca O'LEARY (2001), ontologias não são necessariamente estacionárias, sendo necessária uma preocupação em evoluí-las constantemente.

Em adicional, os conceitos e relações discutidos nesta ontologia assemelham-se com alguns conceitos e relações discutidos na ontologia de processo de negócio. De fato, para algumas organizações, como organizações provedoras de serviço de TI, alguns serviços de TI refletem o negócio dessas organizações. Contudo, em função das características particulares de cada domínio, optou-se por discutí-los e formalizá-los de forma clara e explícita. A Figura 4.3 apresenta a ontologia de serviço de TI.

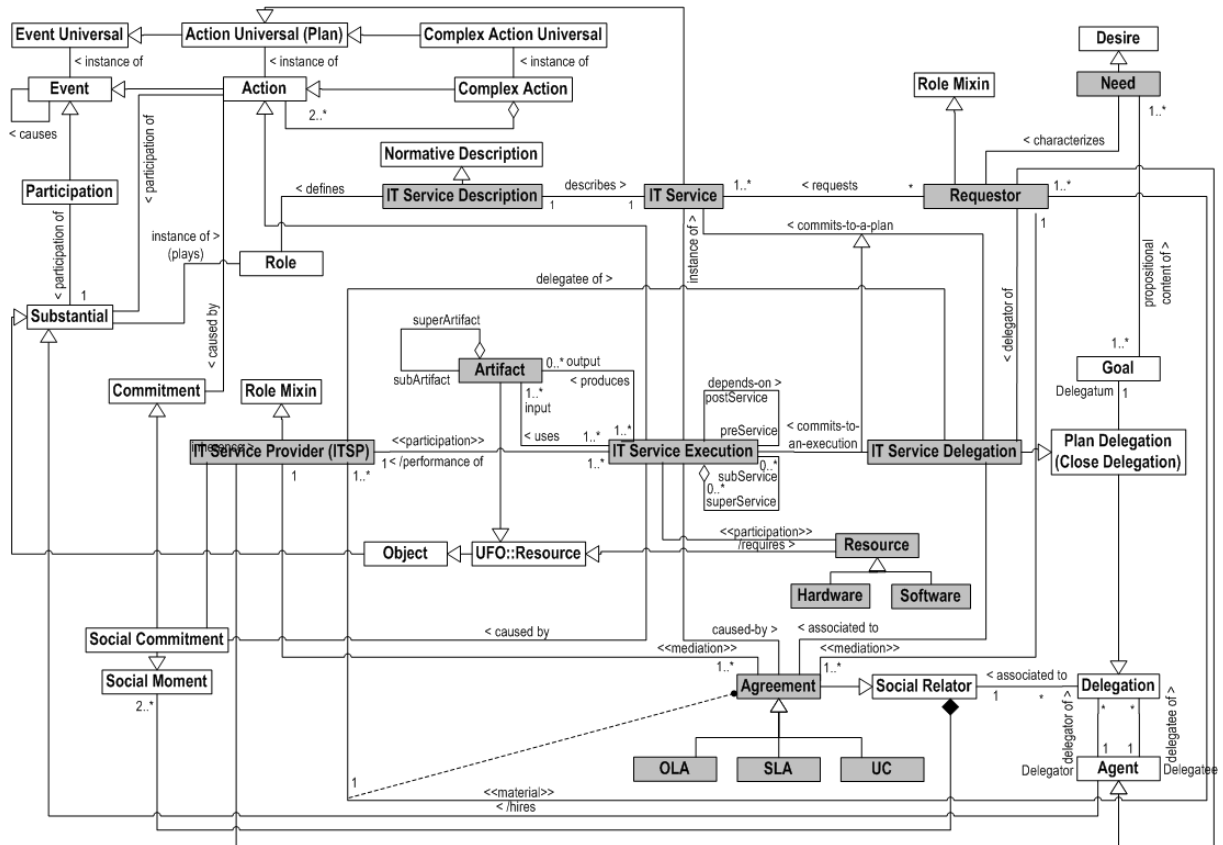


Figura 4.4 - Ontologia de Serviço de TI

Segundo a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), um serviço de TI é um serviço provido por um provedor de serviço de TI a um ou mais clientes. Segundo a terminologia UFO, um serviço de TI (*IT Service*) é um tipo de plano (*Action Universal*), ou seja, um evento intencional. Portanto, as propriedades inerentes a eventos são aplicáveis aos serviços de TI. Assim, a relação de causalidade entre eventos (*Events*), representada no modelo por meio da relação causa (*causes*), definida e modelada na ontologia de processo de negócio por meio dos axiomas A1, A2, A3 e A4 é, igualmente, válida nesta ontologia.

Uma execução de serviço de TI (*IT Service Execution - ITSE*) denota uma ou mais ações particulares que ocorrem em intervalos de tempo específicos, visando satisfazer o conteúdo proposicional (objetivo) de um compromisso. Portanto, uma execução de serviço de TI é uma ação que instancia um tipo de plano, a saber, o serviço de TI.

Por denotar uma ou mais ações, uma execução de serviço de TI pode ser uma ação atômica ou complexa. Quando complexa, ela é decomposta em outras execuções de serviços menores, ditas sub-serviços (*subService*). Essa relação é formalizada por meio do axioma A39.

$$(A39) \quad \forall x,y ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge subService(x,y) \rightarrow ComplexAction(y) )$$

Um sub-serviço, por sua vez, é uma execução de serviço que compõe uma execução de serviço maior, a saber, o seu super-serviço (*superService*). Assim, uma execução de serviço  $x$  é um sub-serviço (ou é parte) de uma execução de serviço  $y$  se, e somente se, a execução de serviço  $y$  for um super-serviço de (ou é um todo, cuja uma das partes é)  $x$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A40.

$$(A40) \quad \forall x,y,z ( subService(x,y) \leftrightarrow ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge superService(y,x) )$$

A decomposição de execuções de serviços, assim como qualquer composição, é transitiva, isto é, se uma execução de serviço  $x$  é um sub-serviço de uma execução de serviço  $y$  e  $y$  é um sub-serviço de uma execução de serviço  $z$ , então  $x$  é também um sub-serviço da execução de serviço  $z$ . O axioma A41 formaliza essa propriedade da relação de composição.

$$(A41) \quad \forall x,y,z ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge ITSE(z) \wedge subService(x,y) \wedge subService(y,z) \rightarrow subService(x,z) )$$

A decomposição de execuções de serviços é também assimétrica, ou seja, se uma execução de serviço  $x$  é um sub-serviço de uma execução de serviço  $y$ , então  $y$  não pode ser um sub-serviço da execução de serviço  $x$ . Essa propriedade é formalizada por meio do axioma A42.

$$(A42) \quad \forall x,y ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge subService(x,y) \rightarrow \neg subService(y,x) )$$

Em adicional, a relação de decomposição de execuções de serviços é também irreflexiva, ou seja, uma execução de serviço  $x$  não pode ser sub-serviço dela mesma. Essa relação é formalizada por meio do axioma A43.

$$(A43) \quad \forall x ( ITSE(x) \rightarrow \neg subService(x,x) )$$

De acordo com a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), um serviço de TI, assim como qualquer serviço, é um meio de fornecer algo que um cliente perceba como tendo certo valor, facilitando a obtenção de resultados que os clientes desejam, sem que eles tenham que arcar com a propriedade de determinados custos e riscos. Portanto, uma execução de serviço de TI produz recursos que satisfazem as necessidades de seus clientes. No modelo, os recursos produzidos são ditos artefatos de saída (*output*). Por outro lado, uma execução de serviço de TI pode requerer recursos, vistos como “matérias-primas”, para a produção de resultados. No modelo, esses recursos são ditos artefatos de entrada (*input*). Sob o ponto de vista da ontologia UFO, um artefato (*Artifact*) é um tipo de recurso (UFO::*Resource*)<sup>15</sup> que, por sua vez, é mapeado à noção de objeto (*Object*). Assim, a relação de sub-artefato (*subArtifact*) e super-artefato (*superArtifact*) é, portanto, governada pelos axiomas definidos para relações todo-parte entre substanciais (*Substantial*) descritos em (GUIZZARDI, 2005).

Conforme descrito pela biblioteca ITIL (ITIL, 2007), um serviço de TI é baseado no uso da tecnologia da informação. A tecnologia da informação, por sua vez, compreende, dentre outras coisas, componentes de TI, como hardware e software. Portanto, uma execução de serviço de TI, assim como qualquer atividade, utiliza recursos, nesse caso, componentes de TI, para a obtenção dos resultados. Sob o ponto de vista da ontologia UFO, recursos (*Resource*)<sup>16</sup>, assim como artefatos, são tipos de recursos (UFO::*Resource*) que, por sua vez, são mapeados à noção de objetos (*Objects*). Portanto, a participação de um recurso, bem como de um artefato, em uma execução de serviço deve corresponder aos tipos de participação de objetos em uma ação, mais especificamente em uma contribuição de ação (*Action*

<sup>15</sup> Denota o conceito de recurso da ontologia UFO, representado no modelo como UFO::*Resource*.

<sup>16</sup> Denota o conceito de recurso da ontologia de Serviço de TI, representado no modelo como *Resource*.

*Contribution*), definidos na ontologia UFO. Essa participação é análoga à participação de recursos e artefatos discutida na ontologia de processo de negócio. Em resumo, a participação de um recurso em uma execução de serviço é representada pela relação requer (*requires*) e denotada como uma participação de uso (*Uses Participation*). A participação de um artefato de entrada é representada pela relação usa (*uses*) e, assim como um recurso, é denotada pela participação de uso (*Uses Participation*). A participação de um artefato de saída, por sua vez, é representada pela relação produz (*produces*) e, diferentemente das anteriores, é denotada como uma participação de criação (*Creation Participation*), mudança (*Change Participation*) ou terminação (*Termination Participation*).

Conforme discutido na ontologia de processo de negócio, segundo a ontologia UFO, um recurso (UFO::*Resource*) é um papel que um objeto desempenha em um evento. Por conseguinte, artefatos e recursos são papéis desempenhados por objetos no escopo de uma execução de serviço. Como uma consequência, um mesmo objeto pode desempenhar um papel de artefato de entrada para uma execução de serviço e artefato de saída para outra execução de serviço, diferenciando entre si o tipo de participação desempenhada pelo objeto, representada por meio da relação usa ou produz. Assim, um recurso (UFO::*Resource*) *i* desempenhará um papel de artefato de entrada para uma dada execução de serviço *x* se, e somente se, esse recurso (UFO::*Resource*) *i* for um artefato utilizado por essa execução de serviço *x*. Essa relação é formalizada pelo axioma A44.

$$(A44) \quad \forall x, i ( input(i, x) \leftrightarrow ITSE(x) \wedge Artifact(i) \wedge uses(x, i) )$$

Por outro lado, um recurso (UFO::*Resource*) *o* desempenhará um papel de artefato de saída para uma dada execução de serviço *x* se, e somente se, esse recurso (UFO::*Resource*) *o* for um artefato produzido por essa execução de serviço *x*. Essa relação é formalizada pelo axioma A45.

$$(A45) \quad \forall x, o ( output(o, x) \leftrightarrow ITSE(x) \wedge Artifact(o) \wedge produces(x, o) )$$

Conforme descrito na ontologia de processo de negócio e derivado nesta ontologia, tanto um artefato de entrada, quanto um recurso, desempenha o mesmo tipo de participação em uma execução de serviço, a saber, a participação de uso. Apesar de essa questão ter sido tratada na ontologia de processo de negócio, nesta ontologia ela possui uma particularidade. No âmbito de um processo de negócio, se um objeto é utilizado como recurso em uma determinada

atividade, então esse objeto não foi produzido na ocorrência de processo na qual essa atividade pertence. No âmbito de um serviço de TI, essa restrição ocorre em nível de atividade e não em nível de processo. Portanto, no que concerne à diferenciação dos conceitos artefato de entrada e recurso no que tange ao domínio de serviço de TI, denota-se que se um objeto desempenha um papel de recurso em uma execução de serviço, então esse objeto não foi produzido no escopo dessa execução de serviço. Em outras palavras, se um objeto  $r$  desempenha um papel de recurso em uma execução de serviço  $x$ , então não existe uma execução de serviço  $y$ , nem uma execução de serviço  $z$ , na qual  $x$  e  $y$  sejam sub-serviço de  $z$  e o objeto  $r$  seja produto de  $y$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A46.

$$(A46) \quad \forall r,x,z ( ITSE(x) \wedge Resource(r) \wedge requires(x,r) \rightarrow \neg \exists y,z ( ITSE(y) \wedge ITSE(z) \wedge subService(x,z) \wedge subService(y,z) \wedge produces(y,r) ) )$$

Da mesma forma em que artefatos e recursos de uma ocorrência de atividade complexa estão relacionados aos artefatos e recursos de suas sub-atividades, os artefatos e recursos de uma execução de serviço complexa estão relacionados com os artefatos e recursos de seus sub-serviços. Portanto, se uma execução de serviço  $x$  é sub-serviço de uma execução de serviço  $y$  e  $x$  utiliza como artefato de entrada um artefato  $i$  e, ainda, não existe uma execução de serviço  $z$  tal que  $z$  seja sub-serviço de  $y$  e produza  $i$  como artefato de saída, então o artefato  $i$  desempenha o papel de artefato de entrada para a execução de serviço complexa  $y$ , conforme descrito pelo axioma A47.

$$(A47) \quad \forall x,y,z,i ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge subService(x,y) \wedge input(i,x) \wedge ( \neg \exists z ( ITSE(z) \wedge subService(z,y) \wedge output(i,z) ) ) \rightarrow input(i,y) )$$

Considerando artefatos de saída, se uma execução de serviço  $x$  é sub-serviço de uma execução de serviço  $y$  e  $x$  produz como artefato de saída um artefato  $o$  e, em adicional, não existe uma execução de serviço  $z$  tal que  $z$  seja sub-serviço de  $y$  e utilize  $o$  como artefato de entrada, então o artefato  $o$  desempenha o papel de artefato de saída para a execução de serviço complexa  $y$ , conforme descrito pelo axioma A48.

$$(A48) \quad \forall x,y,z,o ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge subService(x,y) \wedge output(o,x) \wedge ( \neg \exists z ( ITSE(z) \wedge subService(z,y) \wedge input(o,z) ) ) \rightarrow output(o,y) )$$

Os recursos requeridos por uma execução de serviço complexa, por sua vez, são os recursos requeridos por cada execução de seus sub-serviços. Assim, se uma execução de serviço  $x$  é



sub-serviço de uma execução de serviço  $y$ , e  $x$  requer um recurso  $r$ , então a execução de serviço complexa  $y$  também requer  $r$  como recurso, conforme formalizado pelo axioma A49.

$$(A49) \quad \forall x,y,r ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge Resource(r) \wedge subService(x,y) \wedge requires(x,r) \rightarrow requires(y,r) )$$

Conforme descrito em (COSTA, 2008), uma execução de serviço de TI é uma execução intencionada e ordenada de uma ou mais ações visando satisfazer o conteúdo proposicional (objetivo) de um compromisso feito com um agente. Portanto, os conceitos de pré-serviço (*preService*) e pós-serviço (*postService*) permitem capturar o encadeamento de execuções de serviços.

Análogo aos conceitos de pré-atividade e pós-atividade, definidos na ontologia de processo de negócio, uma execução de serviço  $x$  é dito pré-serviço de (antecede) uma execução de serviço  $y$ , se  $x$  precisa ser realizada para que  $y$  também o seja. A execução de serviço  $y$ , por sua vez, é dita um pós-serviço de (sucede)  $x$ , uma vez que ela só pode ser realizada após a realização de  $x$ . Assim,  $x$  é um pré-serviço de  $y$  se, e somente se,  $y$  for um pós-serviço de  $x$ . Contudo, no escopo de um processo de negócio, se  $x$  é pré-atividade de  $y$ , então  $x$  e  $y$  devem pertencer a uma mesma ocorrência de processo, restrição não existente no âmbito de uma execução de serviço. Essa relação é formalizada por meio do axioma A50.

$$(A50) \quad \forall x,y,z ( preService(x,y) \leftrightarrow ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge postService(y,x) )$$

Assim como a relação de causalidade entre eventos, a relação de precedência entre execuções de serviços é transitiva (se uma execução de serviço  $x$  é um pré-serviço de uma execução de serviço  $y$  e  $y$  é um pré-serviço de uma execução de serviço  $z$ , então  $x$  é também um pré-serviço da execução de serviço  $z$ ), assimétrica (se uma execução de serviço  $x$  é um pré-serviço de uma execução de serviço  $y$ , então  $y$  não pode ser um pré-serviço da execução de serviço  $x$ ) e irreflexiva (uma execução de serviço  $x$  não pode ser pré-serviço dela mesma), conforme descrito pelos axiomas A51, A52 e A53, respectivamente.

$$(A51) \quad \forall x,y,z ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge ITSE(z) \wedge preService(x,y) \wedge preService(y,z) \rightarrow preService(x,z) )$$

$$(A52) \quad \forall x,y ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge preService(x,y) \rightarrow \neg preService(y,x) )$$

$$(A53) \quad \forall x ( ITSE(x) \rightarrow \neg preService(x,x) )$$

A dependência entre execuções de serviços, assim como a dependência entre ocorrências de atividades ou entre ocorrências de processos, é definida em termos de artefatos. Assim, uma

execução de serviço  $x$  depende de (*depends-on*) uma execução de serviço  $y$  se, e somente se,  $x$  utiliza como artefato de entrada um artefato produzido por  $y$ , conforme formalizado pelo axioma A54.

$$(A54) \quad \forall x,y,z ( \text{depends-on}(x,y) \leftrightarrow ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge \text{output}(z,y) \wedge \text{input}(z,x) )$$

Portanto, se uma execução de serviço  $x$  depende de uma execução de serviço  $y$ , então  $y$  é pré-serviço de  $x$ , conforme descrito pelo axioma A55.

$$(A55) \quad \forall x,y ( \text{depends-on}(x,y) \rightarrow \text{preService}(y,x) )$$

Assim como a relação de causalidade entre eventos, a relação de dependência entre execuções de serviços é transitiva (se uma execução de serviço  $x$  depende de uma execução de serviço  $y$  e  $y$  depende de uma execução de serviço  $z$ , então  $x$  depende também da execução de serviço  $z$ ), assimétrica (se uma execução de serviço  $x$  depende de uma execução de serviço  $y$ , então  $y$  não pode depender da execução de serviço  $x$ ) e irreflexiva (uma execução de serviço  $x$  não pode depender dela mesma), conforme descrito pelos axiomas A56, A57 e A58, respectivamente.

$$(A56) \quad \forall x,y,z ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge ITSE(z) \wedge \text{depends-on}(x,y) \wedge \text{depends-on}(y,z) \rightarrow \text{depends-on}(x,z) )$$

$$(A57) \quad \forall x,y ( ITSE(x) \wedge ITSE(y) \wedge \text{depends-on}(x,y) \rightarrow \neg \text{depends-on}(y,x) )$$

$$(A58) \quad \forall x ( ITSE(x) \rightarrow \neg \text{depends-on}(x,x) )$$

Um serviço de TI é descrito por meio de uma descrição normativa (*Normative Description*), denominada no modelo de descrição de serviço de TI (*IT Service Description*).

Análogo à descrição de um processo de negócio, a descrição de um serviço de TI, por exemplo, descreve os papéis (*Roles*) desempenhados por cada agente (*Agent*) em uma execução de serviço. Conforme discutido anteriormente, a participação de um agente em uma ação é denotada como uma contribuição de ação (*Action Contribution*). Logo, uma execução de serviço é realizada (*performance of*) por agentes. De fato, a contribuição de ação de um agente em uma execução de serviço denota um comprometimento social (*Social Commitment*) desse agente em realizar essa execução de serviço (ou parte dessa execução de serviço, dito sub-serviço) com suas permissões (*Social Claim*) e obrigações (*Social Commitment*) decorrentes.

Ao realizar uma execução de serviço, um agente desempenha (*plays*) um papel de um serviço de TI. A responsabilidade de cada papel desempenhado é descrita pela descrição normativa do serviço. Um mesmo agente pode desempenhar diferentes papéis em um mesmo serviço ou diferentes papéis em serviços distintos.

Segundo a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), um serviço de TI é um serviço provido a um ou mais clientes por um provedor de serviços de TI. Portanto, o agente responsável pela execução de serviço de TI é o provedor de serviço de TI (*IT Service Provider – ITSP*).

Os provedores de serviços de TI são classificados em provedores internos ou provedores externos, conforme descrito pela biblioteca ITIL (ITIL, 2007). Provedores internos incluem exemplos como departamentos de TI, ou seja, entidades que pertencem à organização na qual o solicitante faz parte. Provedores externos incluem exemplos como fornecedores, ou seja, entidades externas à organização na qual o solicitante pertence. Os conceitos de provedores internos e externos foram discutidos e modelados na ontologia de Gerenciamento de Nível de Serviço descrita por (COSTA, 2008).

A execução de um serviço de TI ocorre mediante uma requisição realizada por um solicitante (*Requestor*) motivada por sua necessidade (*Need*). Portanto, um cliente é um tipo de solicitante, ou seja, um agente que solicita um serviço de TI. Vale destacar que um provedor de serviço de TI também pode desempenhar o papel de solicitante, por exemplo, quando o mesmo delega uma execução de serviço a um fornecedor interno ou externo. O processo de requisição de serviço de TI, assim como demais conceitos inerentes ao domínio de gerenciamento de nível de serviço, é discutido e modelado em (COSTA, 2008).

Conforme a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), o provimento de um serviço de TI a um solicitante é mediado por meio de um acordo. Assim, uma vez estabelecido o processo de requisição, existirá um acordo (*Agreement*) que mediará todo o provimento do serviço de TI, estabelecendo as permissões e as obrigações relativas a ambas as partes, ou seja, solicitante e provedor. Por conseguinte, esse acordo causará a execução do serviço. Essa relação é formalizada por meio do axioma A59, conforme descrito em (COSTA, 2008).

$$(A59) \quad \forall x,y ( Requestor(x) \wedge ITService(y) \wedge request(x,y) \rightarrow \exists z,w ( Agreement(z) \wedge mediates(z,x) \wedge mediates(z,y) \wedge ITSE(w) \wedge caused-by(w,z) ) )$$

Sob o ponto de vista da ontologia UFO, um acordo é um tipo de relação social (*Social Relator*). Uma relação social, por sua vez, é composta de momentos sociais (*Social Moment*), ditos, permissões (*Social Claim*) e obrigações (*Social Commitment*). Um comprometimento social é um tipo de comprometimento (*Commitment*) e, portanto, a causa motivadora de uma ação realizada por um agente. Assim, conforme descrito em (CALVI, 2007), se uma execução de serviço  $x$  é causada por um comprometimento social  $y$ , então existe um acordo  $z$ , composto por  $y$ , no qual  $x$  também é causada por  $z$ . Essa relação é formalizada por meio do axioma A60.

(A60)  $\forall x,y ( ITSE(x) \wedge SocialCommitment(y) \wedge caused-by(x,y) \rightarrow \exists z ( Agreement(z) \wedge partOf(y,z) \wedge caused-by(x,z) ) )$

A requisição de um serviço é motivada por uma necessidade de um solicitante que, por sua vez, é atendida por meio de uma execução de serviço realizada por um provedor. Nesse contexto, existe uma relação de dependência entre o solicitante e o provedor. Sob o ponto de vista da ontologia UFO, uma relação de dependência entre agentes conduz a uma relação de delegação. Conforme definido pela ontologia UFO, um agente  $a$  depende de um agente  $b$  a respeito de um objetivo  $o$  se  $o$  é um objetivo do agente  $a$ , mas  $a$  não pode alcançá-lo sozinho e o agente  $b$  pode alcançar tal objetivo  $o$ . O fato de um agente não poder atingir um objetivo pode significar que esse agente não possui habilidade de alcançá-lo, ou então, pode denotar que tal objetivo contraste com um de seus outros objetivos. Essas questões podem ser a razão pela qual o agente  $a$  decide delegar a realização do objetivo  $o$  ao agente  $b$ . Uma delegação é, assim, associada a uma dependência, mas é mais do que isso. Como uma relação material, é fundamentada em algo mais do que seus elementos conectados. Nesse caso, os elementos conectados são dois agentes, a saber, o solicitante (*delegator*) e o provedor (*delegatee*), e um objetivo (*delegatum*), a saber, o objeto de delegação que representa a necessidade do solicitante, e a fundamentação dessa relação material é a relação social (par de compromissos e reivindicações), ou seja, o acordo estabelecido entre os dois agentes envolvidos nessa delegação, ditos solicitante e provedor. Em outras palavras, quando um solicitante delega um objetivo a um provedor, além do fato que o solicitante depende do provedor em relação ao objetivo, o provedor se compromete a alcançar o objetivo em nome do solicitante. Esse compromisso é estabelecido por meio de um acordo.

Conforme descrito em (CALVI, 2007), uma delegação de serviço de TI (*IT Service Delegation – ITSD*) é uma delegação que se compromete em atingir um objetivo de acordo com um plano específico, a saber, o serviço de TI. Portanto, sob o ponto de vista da ontologia

UFO, uma delegação de serviço de TI é uma delegação fechada (*Closed Delegation*), uma vez que descreve um plano específico que o provedor deve adotar para atingir o objetivo delegado pelo solicitante. Essa relação é formalizada pelo axioma A61.

$$(A61) \quad \forall x,y,z ( \text{commits-to-a-plan}(x,y) \wedge \text{commits-to-an-execution}(x,z) \rightarrow \text{ITSD}(x) \wedge \text{ITService}(y) \wedge \text{ITSE}(z) \wedge \text{instance-of}(z,y) )$$

Em resumo, se existe um acordo entre um solicitante e um provedor que causa a execução de um serviço, então existirá uma delegação de serviço associada ao acordo. Em adicional, essa delegação estará comprometida com o serviço e, por conseguinte, com a execução do mesmo. Nesse contexto, o solicitante assume o papel de delegador enquanto que o provedor assume o papel de delegado. Essa relação é formalizada por meio do axioma A62, conforme descrito em (COSTA, 2008).

$$(A62) \quad \forall x,y,z ( \text{Agreement}(x) \wedge \text{ITService}(y) \wedge \text{ITSE}(z) \wedge \text{instance-of}(z,y) \wedge \text{caused-by}(z,x) \rightarrow \exists a,b,w ( \text{ITSD}(w) \wedge \text{associated-to}(w,x) \wedge \text{commits-to-a-plan}(w,y) \wedge \text{commits-to-an-execution}(x,z) \wedge \text{agent}(a) \wedge \text{agent}(b) \wedge \text{delegator-of}(a,x) \wedge \text{delegatee-of}(b,x) ) )$$

Segundo a biblioteca ITIL (ITIL, 2007), um acordo pode ser classificado em três categorias, a saber: (i) acordo de nível de serviço (*Service Level Agreement – SLA*); (ii) acordo de nível operacional (*Operational Level Agreement – OLA*); e, por fim, (iii) contrato de apoio (*Underpinning Contract – UC*). Basicamente, o que caracteriza cada acordo é o tipo de agente que desempenha o papel de solicitante e provedor na delegação de serviço associada ao acordo. Em síntese, um acordo de nível de serviço é um acordo estabelecido entre um cliente e um provedor, por exemplo, entre uma unidade de negócio e um departamento de TI. Um acordo de nível operacional, por sua vez, é um acordo estabelecido entre o provedor e outra entidade pertencente ao provedor, por exemplo, entre um departamento de TI e um departamento de infra-estrutura de TI. Por fim, um contrato de apoio é um acordo estabelecido entre o provedor e um fornecedor externo, como um departamento de TI e um fornecedor de computadores.

Conforme definido pela ontologia UFO, quando um agente é dito capaz de atingir um determinado objetivo significa que tal agente pode atingir esse objetivo sozinho ou delegá-lo a outro agente que possa atingi-lo em seu nome. Portanto, quando um provedor recebe uma delegação por meio de um acordo de nível de serviço, esse provedor analisa o serviço delegado e, se necessário, delega tal serviço a outras entidades provedoras de serviço,

denominadas provedores internos, como, um departamento de infra-estrutura de TI, e provedores externos, como fornecedores. Assim, cada execução de sub-serviço contribui para a execução do serviço delegado pelo cliente, nesse contexto, o super-serviço. Esses conceitos, bem como demais conceitos inerentes ao processo de gerenciamento de nível de serviço, são discutidos e modelados em (COSTA, 2008).

Por fim, uma vez definidos os conceitos inerentes ao negócio, bem como os conceitos intrínsecos à TI, é possível estabelecer o relacionamento entre serviços de TI e processos de negócio. Conforme discutido na ontologia de processo de negócio, a tecnologia da informação é frequentemente utilizada para suportar processos de negócio por meio de serviços de TI. Dado que um processo de negócio é um processo que pertence e é executado pelo negócio (comumente, por uma unidade de negócio) e um serviço de TI é um serviço provido por um provedor de serviço de TI, a relação entre processo de negócio e serviço de TI ocorre em função da relação de dependência entre seus respectivos agentes, ou seja, unidade de negócio e provedor de serviço. Em outras palavras, o fato de uma determinada ocorrência de processo de negócio, representada por meio de suas respectivas ocorrências de atividades, ser executada pelo negócio, denota um comprometimento social desse agente em realizar essa ocorrência. Esse comprometimento social, por sua vez, possui um conteúdo proposicional, ou seja, um objetivo. Assim, esse agente possui um comprometimento de realizar uma determinada ação que satisfaça esse objetivo. No caso desse agente, ou seja, o negócio, necessitar de um serviço de TI para atingir tal objetivo, esse agente pode delegar tal objetivo (ou parte dele) ao agente responsável pelo provimento do serviço de TI. Nesse contexto, o agente responsável pelo processo de negócio (ou pelas suas respectivas atividades) assume o papel de solicitante (mais especificamente, o papel de cliente) e o agente responsável pelo provimento do serviço assume o papel de provedor de serviço de TI. Portanto, a relação entre processo de negócio e serviço de TI é derivada da relação de dependência entre seus respectivos agentes, conduzindo a uma relação de delegação.

#### **4.2.3. Sub-ontologia de Componente de TI**

Conforme descrito pela biblioteca ITIL (ITIL, 2007), um serviço de TI é baseado no uso da tecnologia da informação. O relacionamento entre serviços e componentes de TI, como hardware e software, é descrito pela ontologia de serviço de TI. O propósito da ontologia de componentes de TI, por sua vez, é capturar os conceitos inerentes aos componentes de TI, em especial, os conceitos intrínsecos a hardware e software, bem como seus inter-

relacionamentos e, por conseguinte, possibilitar uma discussão mais aprofundada acerca do relacionamento entre serviços e componentes de TI. Nesse sentido, as seguintes questões de competência são consideradas:

QC16: O que é um hardware?

QC17: O que é um software?

QC18: Como um hardware pode ser decomposto?

QC19: Como um software pode ser decomposto?

QC20: Qual o relacionamento entre um hardware e um software?

De acordo com o padrão IEEE 610.10 (IEEE, 1994), um hardware é definido como um componente físico usado para processar, armazenar ou transmitir programas de computadores ou dados. Um software, por sua vez, é representado pelos programas de computadores, procedimentos e, possivelmente, documentação e dados associados, pertencentes a um sistema computacional. Um sistema computacional, por sua vez, é um sistema composto de hardware e software associado.

Segundo a norma ISO/IEC 2382-1 (ISO/IEC, 1993), um hardware é um conjunto completo ou apenas uma parte dos componentes físicos responsáveis pelo processamento, armazenamento ou transmissão dos programas de computadores e dados associados em um sistema de processamento de informação. Um sistema de processamento de informação, por sua vez, é todo o hardware e software necessário para o processamento de dados e, por conseguinte, processamento da informação. Um software, por sua vez, é definido como um conjunto completo ou apenas uma parte dos programas de computadores, procedimentos, regras e documentação associada de um sistema de processamento de informação.

Considerando o escopo e propósito da ontologia de componentes de TI, a definição de hardware e software apresentada pelo padrão IEEE 610.10 (IEEE, 1994), bem como pela norma ISO/IEC 2382-1 (ISO/IEC, 1993), é sumarizada e, portanto, um hardware (*Hardware*) é considerado um componente físico que processa (*process*) um software (*Software*). Sob o ponto de vista da ontologia UFO, um hardware, bem como um software, é um tipo de objeto (*Object*), que por sua vez é mapeado à noção de substancial (*Substantial*). Assim, a relação de sub-hardware (*subHardware*) e super-hardware (*superHardware*), bem como a relação de sub-software (*subSoftware*) e super-software (*superSoftware*), é governada pelos axiomas

definidos para relações todo-parte entre substanciais descritos em (GUIZZARDI, 2005). A Figura 4.4 mostra a ontologia de componente de TI.

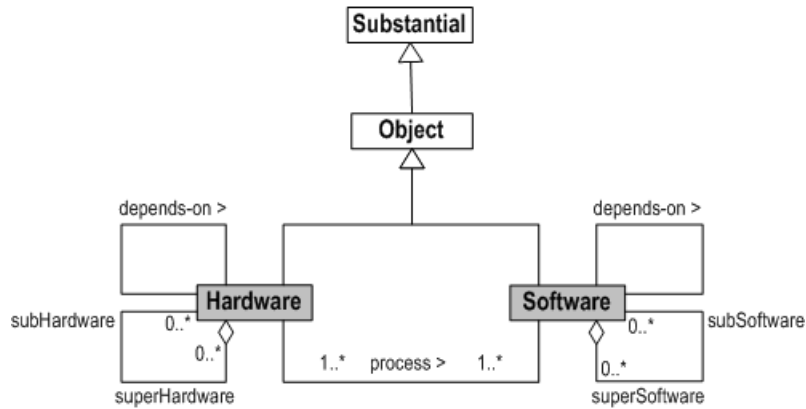


Figura 4.5 - Ontologia de Componente de TI

Um hardware pode depender de outro hardware, assim como um software pode depender de outro software. Por exemplo, um computador pode depender de uma fonte de alimentação ininterrupta, também conhecida pelo acrônimo UPS, sigla em inglês de *Uninterruptible Power Supply*, para permanecer em funcionamento. Um software de emissão de notas fiscais, por exemplo, pode depender de um sistema operacional para ser processado por um hardware. Essa relação de dependência entre componentes de hardware, bem como entre componentes de software, é capturada no modelo por meio da relação depende-de (*depends-on*).

Considerando os conceitos descritos nesta ontologia, bem como seus inter-relacionamentos, é possível enriquecer a discussão no que concerne ao relacionamento entre um serviço e um componente de TI, como hardware e software. Conforme descrito na ontologia de serviço de TI, uma execução de serviço pode requerer recursos computacionais, como hardware e software. Assim, se uma execução de serviço requer um recurso computacional, denota-se que todos os demais componentes que compõem esse recurso computacional são requeridos por essa execução de serviço. Portanto, no que tange a recursos de hardware, se uma execução de serviço  $x$  requer um recurso de hardware  $y$  e esse recurso de hardware  $y$  é composto de um sub-hardware  $z$ , então a execução de serviço  $x$  requer também o recurso de hardware  $z$ . Essa relação é descrita pelo axioma A63.

$$(A63) \quad \forall x,y,z ( ITSE(x) \wedge Hardware(y) \wedge Hardware(z) \wedge requires(x,y) \wedge subHardware(z,y) \rightarrow requires(x,z) )$$



De maneira análoga, no que concerne a recursos de software, se uma execução de serviço  $x$  requer um recurso de software  $y$  e esse recurso de software  $y$  é composto de um sub-software  $z$ , então a execução de serviço  $x$  requer também o recurso de software  $z$ . Essa relação é descrita pelo axioma A64.

$$(A64) \quad \forall x,y,z ( ITSE(x) \wedge Software(y) \wedge Software(z) \wedge requires(x,y) \wedge subSoftware(z,y) \rightarrow requires(x,z) )$$

Em adicional, se uma execução de serviço  $x$  requer um recurso de software  $y$  e esse recurso de software  $y$  é processado por um recurso de hardware  $z$ , então a execução de serviço  $x$  requer também o recurso de hardware  $z$ , conforme formalizado pelo axioma A65.

$$(A65) \quad \forall x,y,z ( ITSE(x) \wedge Software(y) \wedge Hardware(z) \wedge requires(x,y) \wedge process(z,y) \rightarrow requires(x,z) )$$

Dessa maneira, o modelo conceitual descrito nesta subseção possibilita um mapeamento detalhado no que diz respeito ao relacionamento de serviço e componentes de TI. Em adicional, esse modelo evita que um determinado componente não seja relacionado a um determinado serviço, evitando ambigüidades e inconsistências.

Por fim, é importante destacar que os conceitos discutidos e modelados nesta subseção retratam aspectos estruturais acerca do universo de discurso, a saber, o domínio de componentes de TI. Contudo, a ontologia UFO permite, também, capturar aspectos dinâmicos. Por exemplo, conforme discutido nesta subseção, um hardware processa um software. Essa abordagem retrata um aspecto estrutural acerca do relacionamento entre hardware e software. Sob o ponto de vista da ontologia UFO, esse relacionamento é caracterizado como uma relação formal, ou seja, não existe nenhuma entidade intermediando as entidades hardware e software. Por outro lado, em uma abordagem baseada em aspectos dinâmicos, “se um software está em processamento por um hardware, então existe um processo em execução”. Ou, ainda, “um software está em processamento por um hardware se, e somente se, existir um processo que caracterize tal situação”. Sob o ponto de vista da ontologia UFO, esse relacionamento é caracterizado como uma relação material, ou seja, existe uma entidade (*relator*) intermediando as entidades hardware e software, a saber, a entidade processo. De fato, um processo, no contexto de hardware e software, é dito um programa em execução. Tal abordagem permite, por exemplo, responder questões inerentes ao: (i) ciclo de vida de um item de configuração; (ii) processo de gerenciamento de

disponibilidade; dentre outras. Essa abordagem não é tratada neste trabalho, sendo considerada como um trabalho futuro.

#### 4.2.4. Sub-ontologia de Item de Configuração

Uma vez detalhadas as principais entidades envolvidas em uma organização, no que tange ao relacionamento entre o negócio e a TI, é possível discutir o que pode ser caracterizado como um item de configuração em uma infra-estrutura de TI, respondendo, assim, a questão de competência QC 1.

É importante destacar que CALVI (2007) propõe uma ontologia de item de configuração, contudo, seu trabalho é baseado especificamente na biblioteca ITIL (ITIL, 2007) e, ainda, com foco em um ambiente sensível ao contexto. Assim, a ontologia apresentada nesta subseção é uma extensão e adaptação da ontologia proposta por (CALVI, 2007), visando uma conceituação acerca do domínio de itens de configuração de uma infra-estrutura de TI baseada não apenas na biblioteca ITIL (ITIL, 2007), mas também em outros padrões, como a norma ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005). Além disso, a ontologia apresentada nesta subseção não possui um cenário específico de aplicação. O intuito é propor uma conceituação comum, tanto quanto possível, em relação ao domínio discutido. Tal abordagem permite gerar modelos com maiores capacidades de reutilização. A Figura 4.6 apresenta a ontologia de item de configuração.

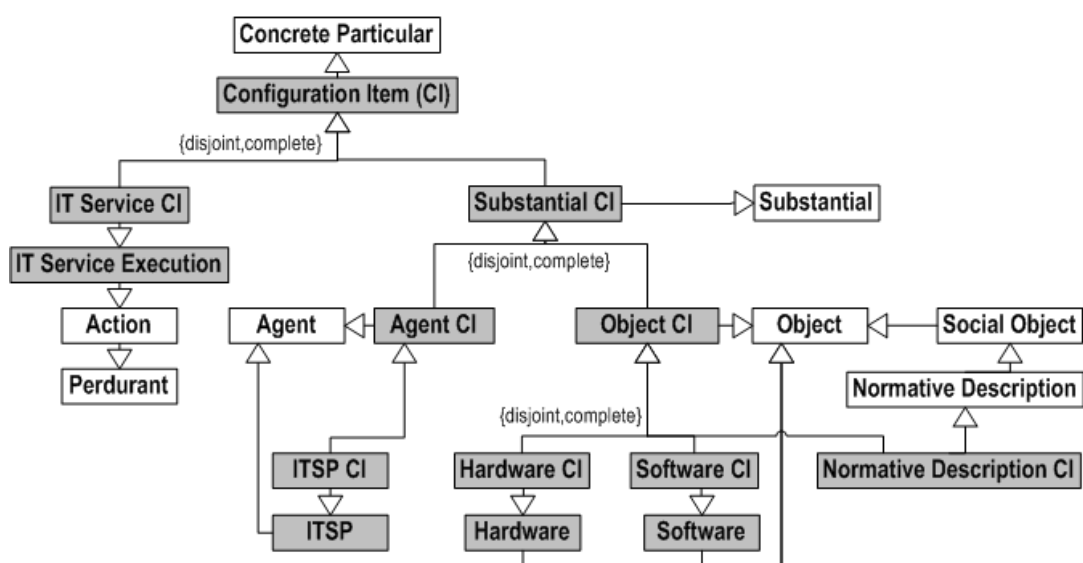


Figura 4.6 - Ontologia de Item de Configuração

Conforme discutido no Capítulo 2, um item de configuração, também conhecido pelo acrônimo CI, sigla em inglês de *Configuration Item*, é um componente de uma infra-estrutura ou um item que está, ou estará, sob controle do processo de gerenciamento de configuração (ITIL, 2007) (ISO/IEC, 2005). Sob o ponto de vista da ontologia UFO, um item de configuração é um indivíduo concreto (*Concrete Particular*).

De acordo com a biblioteca ITIL (ITIL, 2007) e a norma ISO/IEC 20000 (ISO/IEC, 2005), um item de configuração, bem como as informações de configuração relacionadas, pode variar em níveis de detalhes. Exemplos incluem uma visão geral de todos os serviços, ou uma visão detalhada de cada componente de um serviço. Assim, um item de configuração pode variar em complexidade, tamanho e tipo, variando desde um serviço, incluindo todo hardware, software e documentação associada, a um único módulo de software ou componente de hardware. Portanto, um item de configuração se caracteriza como serviços (*IT Service CI*), bem como hardware (*Hardware CI*), software (*Software CI*) e documentação (*Normative Description CI*), associados ao serviço.

Em alguns casos, agentes no exercício de suas funções podem ser considerados itens de configuração. No modelo, um provedor de serviço (*ITSP CI*) é um tipo de agente (*Agent CI*) considerado um item de configuração. Em adicional, outras entidades, como usuários e unidades de negócio, também podem ser consideradas itens de configuração (ITIL, 2007) (ISO/IEC, 2005).

Por fim, ressalta-se a importância de uma definição clara acerca do conceito item de configuração e, por conseguinte, a contribuição dada por esta ontologia. No âmbito do processo de gerenciamento de configuração, esse conceito é utilizado para denotar qualquer componente sob controle do processo. Por esse motivo, tal conceito é fundamentalmente empregado em todas as atividades que compõem esse processo. Conseqüentemente, o conceito de item de configuração é mencionado por diversos outros conceitos inerentes ao domínio de gerenciamento de configuração, como o conceito de versão, empregado pela atividade de controle de versão, cuja definição é dada por “identificação de uma linha de base de um item de configuração” (ITIL, 2007) (ISO/IEC, 2005). Portanto, a partir de uma descrição clara acerca do conceito item de configuração, outros conceitos podem ser discutidos e modelados.

### **4.3. Considerações Finais do Capítulo**

Este capítulo apresentou um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração de serviços de TI desenvolvido neste trabalho. Esse modelo conceitual foi desenvolvido baseado em uma ontologia filosoficamente bem fundamentada, denominada UFO. Conforme discutido ao longo deste trabalho, a formalização de um domínio por meio do uso de ontologias permite a redução de inconsistências, ambigüidades e erros de interpretação, proporcionando, dessa forma, interoperabilidade semântica entre os diversos agentes envolvidos. Como mostrado neste capítulo, os modelos conceituais descritos permitem que os conceitos sejam discutidos e modelados de uma maneira mais clara e explícita. De uma maneira mais sumarizada, esse modelo conceitual é, também, discutido e apresentado em (BAIÔCO et al., 2009).

É importante destacar que a ontologia UFO desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento do modelo conceitual desenvolvido neste capítulo. Ela foi útil em possibilitar a construção de um modelo conceitual comprometido em maximizar a expressividade, clareza e veracidade dos conceitos concernentes ao domínio de gerenciamento de configuração de serviços de TI.

No que tange ao escopo e propósito do modelo conceitual desenvolvido neste capítulo, ressalta-se o mapeamento desde a camada de processo de negócio, bem como o relacionamento dessa camada com a camada de serviços de TI e, por fim, com a camada de componentes de TI. Nesse sentido, esse modelo conceitual é capaz de responder a uma das principais questões que compreendem o escopo e propósito de um processo de gerenciamento de configuração de serviços de TI, a saber: quais são os processos de negócio e como eles se relacionam com os serviços e componentes de TI?

Contudo, dada a amplitude e complexidade do domínio de gerenciamento de configuração, ressalta-se, ainda, a importância da discussão e modelagem dos demais conceitos inerentes a esse domínio, conforme observado ao longo deste capítulo, bem como a discussão e modelagem de outros domínios pertencentes ao processo de gerenciamento de serviços. Ademais, conforme destaca O'LEARY (2001), ontologias não são necessariamente estacionárias, sendo necessária uma preocupação em evoluí-las constantemente.

Segundo BAIÔCO et al. (2009), além do ganho de expressividade e redução de erros de interpretação, um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração de

serviços de TI melhora a eficiência e qualidade dos serviços que são providos ao negócio, ao possibilitar a automação dos processos de gerenciamento. Conforme discutido no Capítulo 3, um modelo conceitual pode dar origem a diversos modelos de implementação de forma a satisfazer a diferentes requisitos computacionais. Assim, modelos de implementação gerados de um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração de serviços de TI podem ser utilizados em um sistema computacional, provendo informações relevantes, de forma automatizada, a outros domínios de gerenciamento.

Assim, o modelo conceitual desenvolvido neste capítulo é usado como base para o desenvolvimento de modelos de implementação, apresentados no próximo capítulo, no intuito de realizar uma prova de conceito acerca desse modelo conceitual, bem como demonstrar como modelos de implementação podem ser aplicados a um sistema computacional com vistas à automação de processos.

## **5. Implementação e Aplicação de um Modelo Conceitual do Domínio de Gerenciamento de Configuração**

### **5.1. Introdução**

Conforme discutido no Capítulo 2, o processo de Gerenciamento de Configuração é responsável por prover as informações necessárias da infra-estrutura de TI a todos os demais processos de gerenciamento de serviços de TI. Manter essas informações atualizadas e disponibilizá-las de forma rápida e precisa sempre que necessário não é uma atividade simples. Assim, o Gerenciamento de Configuração é mais efetivo quando suportado por ferramentas de software que auxiliem a automatização do processo (ITIL, 2007).

Geralmente, várias ferramentas necessitam ser integradas para prover soluções automatizadas entre diversas plataformas (ITIL, 2007). Nesse contexto, um dos principais fatores para o sucesso da solução é a interoperabilidade entre essas ferramentas. Nesse sentido, modelos de implementação, derivados de modelos conceituais, desempenham um importante papel, permitindo a concepção de soluções de gerenciamento automatizadas e semanticamente interoperáveis.

Este capítulo apresenta um estudo de caso de aplicação do processo de Gerenciamento de Configuração utilizando as ontologias de domínio definidas pelo Capítulo 4 como base formal de inferência e compartilhamento de informações para execução do processo. Este estudo de caso é baseado em um cenário proposto por uma biblioteca de melhores práticas em gerenciamento de serviços de TI, a saber, a biblioteca ITIL (ITIL, 2007). O objetivo é realizar uma prova de conceito dos modelos desenvolvidos no Capítulo 4, além de demonstrar como os conceitos modelados pelas ontologias podem ser implementados e aplicados em um sistema computacional, com vistas para automação dos processos de gerenciamento.

Assim, este capítulo está estruturado da seguinte forma: a Seção 5.2 contextualiza brevemente a fase de implementação no âmbito da engenharia de ontologias, conforme discutido em detalhes no Capítulo 3. Em seguida, são discutidas as linguagens e ferramentas adotadas no desenvolvimento dos modelos de implementação, apresentando, na seqüência, os modelos desenvolvidos, bem como as considerações necessárias para a derivação desses modelos a partir dos modelos conceituais, sobretudo, em função das restrições de expressividade inerentes às linguagens de implementação. A Seção 5.3 descreve o cenário de aplicação

adotado para este estudo de caso. A Seção 5.4 executa as atividades do processo de gerenciamento de configuração, em especial, as atividades de planejamento, identificação e inferência de informações gerenciais, de acordo com o cenário de aplicação adotado, como forma de realização da prova de conceito da ontologia e também como demonstração de uso em sistemas computacionais. Por fim, a Seção 5.4 realiza as considerações finais do capítulo.

## 5.2. Modelos de Implementação

Conforme discutido no Capítulo 3, análogo à engenharia de software e sistemas de informação, a engenharia de ontologia deve incluir fases de modelagem conceitual, projeto e implementação. O mesmo modelo conceitual pode dar origem a diversos modelos de implementação, em diferentes linguagens, tais como OWL e RDF, para satisfazerem a diferentes requisitos não funcionais, tais como decidibilidade, raciocínio automatizado eficiente, dentre outros. Este capítulo trata da fase de implementação, conforme ilustrado na Figura 5.1.

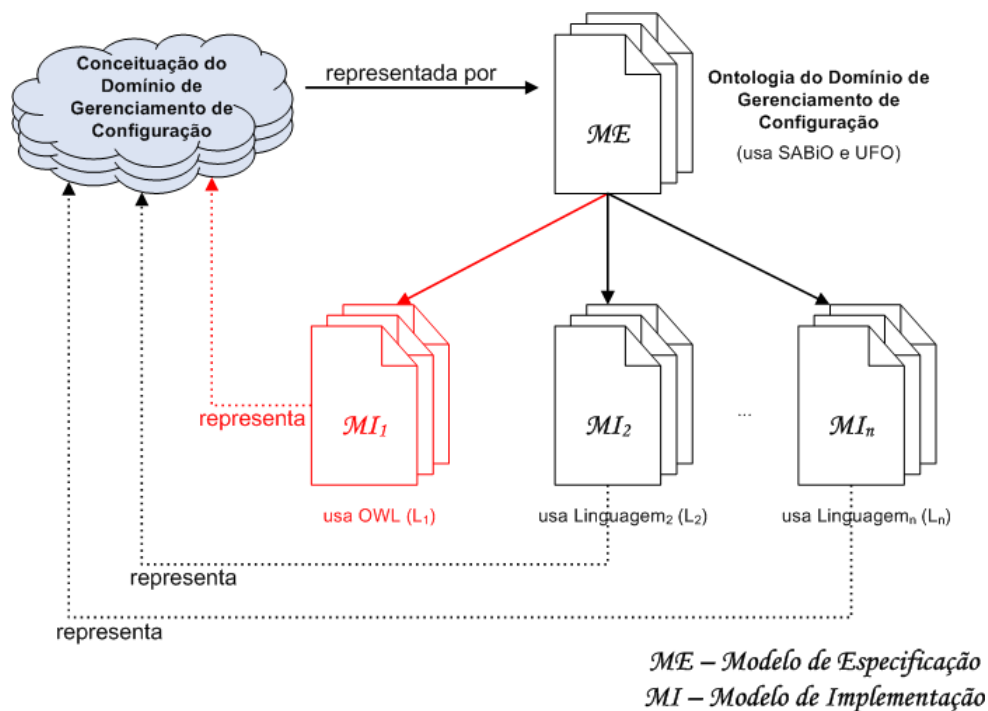


Figura 5.1 - Fase de Implementação dos Modelos Conceituais do Domínio de Gerência de Configuração

Uma questão inerente à fase de implementação é a escolha da linguagem que seja adequada ao contexto para o qual o modelo está sendo concebido.

Em função dos modelos de implementação, as linguagens utilizadas devem possuir características intrínsecas a questões computacionais. Assim, uma linguagem deve possibilitar, por exemplo, que os modelos de implementação sejam entendíveis quando lidos por máquinas de inferência e computáveis no sentido de gerar informações em tempos aceitáveis. A realização de inferências e a geração de informações remetem a linguagens formais que possuam tanto sintaxe quanto semântica não ambígua e formulações exatas.

Com o advento da Web Semântica cresceu a necessidade em possibilitar o processamento semântico da informação na Web e, assim, algumas linguagens de implementação de ontologias tornaram-se padrões adotados pela W3C (*World-Wide Web Consortium*). Dentre as linguagens de implementação de ontologias, destacam-se a RDF (*Resource Description Framework*) (RDF, 2004) e a OWL (*Web Ontology Language*) (OWL, 2004). Essas linguagens expressam os conceitos e relacionamentos da ontologia na forma de triplas (declarações). A OWL destaca-se entre as linguagens em função de ser mais expressiva em representar os conceitos e relacionamentos da ontologia. Com o objetivo de possibilitar que os modelos de implementação desenvolvidos neste trabalho sejam estendidos ou reutilizados, a OWL é a linguagem utilizada.

Para atender aos diversos propósitos e requisitos, a linguagem OWL é subdividida em três sub-linguagens que possuem níveis incrementais de expressividade:

- (a) OWL *Lite*: É o primeiro nível de sub-linguagem, sendo, portanto, a mais simples dentre elas. Oferece suporte para classificações hierárquicas e restrições simples. Por exemplo, apesar de suportar restrições de cardinalidade, apenas os valores 0 ou 1 são permitidos. Sua simplicidade proporciona maior facilidade de implementação e suporte e pode ser uma boa alternativa para a construção de taxonomias. Em virtude de sua simplicidade, sua complexidade formal é menor quando comparada à OWL DL.
- (b) OWL DL: É o segundo nível de sub-linguagem, sendo mais expressiva que a OWL Lite. Contudo, garante que as conclusões de seus processamentos sejam computáveis (completude) e que essas computações sejam concluídas em um tempo finito (decidibilidade). A OWL DL inclui todos os construtores da linguagem OWL, mas existem restrições de uso desses construtores. Por exemplo, enquanto uma classe pode ser uma subclasse de muitas classes, uma classe não pode ser uma instância de outra



classe. O sufixo DL é em função da correspondência desta sub-linguagem com a Lógica Descritiva (*Description Logic*) (BAADER et al., 2003).

- (c) *OWL Full*: É o terceiro e último nível de sub-linguagem. Fornece maior grau de expressividade quando comparada à *OWL DL*, contudo, não fornece garantias computacionais. Dessa forma, não há garantias que máquinas de inferência possam realizar conclusões ou computar informações em tempo finito.

Fatores como decidibilidade, completude e expressividade são fundamentais no que tange ao processo de Gerência de Configuração, em função do papel desse processo para com os demais em gerência de serviços. Assim, optou-se pela escolha da sub-linguagem *OWL DL* pelo fato de possibilitar maior grau de expressividade, quando comparada à *OWL Lite*, enquanto mantém as garantias computacionais, como completude e decidibilidade, características não garantidas pela *OWL Full*.

Em complemento à *OWL DL*, a implementação dos modelos também utilizou a linguagem *SWRL* (*Semantic Web Rule Language*) (HORROCKS et al., 2003). A linguagem *SWRL* permite a representação dos axiomas definidos nos modelos conceituais apresentados no Capítulo 4 de maneira integrada aos conceitos e relações implementados por meio da linguagem *OWL*.

Por fim, para a implementação dos modelos em *OWL* e definição dos axiomas em *SWRL*, este trabalho utilizou a ferramenta Protégé (PROTÉGÉ, 2009), um editor de ontologias que possibilita a integração de diferentes linguagens, como a *OWL* e o *SWRL*, em um mesmo ambiente de desenvolvimento.

Uma vez definido o ambiente de desenvolvimento, os modelos de implementação são desenvolvidos, conforme a estrutura apresentada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Modelos de Implementação em *OWL*

Modelo de Implementação	Descrição
UFO.owl	Modelo de implementação simplificado da UFO, o qual contempla a UFO-A, UFO-B e UFO-C. Esse modelo de implementação é utilizado como base para o desenvolvimento do modelo de implementação do Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI.
BusinessProcess.owl	Modelo de implementação derivado do modelo

	conceitual definido na seção 4.2.1 do Capítulo 4.
ITService.owl	Modelo de implementação derivado do modelo conceitual definido na seção 4.2.2 do Capítulo 4.
ITComponents.owl	Modelo de implementação derivado do modelo conceitual definido na seção 4.2.3 do Capítulo 4.
ConfigurationItem.owl	Modelo de implementação derivado do modelo conceitual definido na seção 4.2.4 do Capítulo 4.

A modularização dos modelos de implementação, descrita na Tabela 5.1, confere uma estrutura mais flexível no que tange a questões de reuso, uma vez que não obriga a reutilização de todo o modelo de implementação do domínio de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI a outros trabalhos que estejam interessados em apenas alguns conceitos do modelo. Em adicional, essa estrutura modular proporciona melhor organização e, por conseguinte, melhor compreensão e visualização dos modelos implementados, utilizando-se a estrutura dos modelos conceituais definidos no Capítulo 4.

A Figura 5.2 ilustra um fragmento da representação gráfica do modelo de implementação do domínio de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI.



Figura 5.2 - Representação Gráfica do Modelo de Implementação do Domínio de Gerenciamento de Configuração de Serviço de TI

Conforme discutido no Capítulo 3, as linguagens utilizadas no desenvolvimento dos modelos conceituais possuem compromisso de expressividade e clareza conceitual em representar o domínio modelado. Essas linguagens não possuem compromissos computacionais. Por outro lado, as linguagens utilizadas no desenvolvimento dos modelos de implementação possuem compromissos computacionais e, por esse motivo, não possuem o mesmo potencial de expressividade quando comparadas às linguagens empregadas na fase de modelagem conceitual. Portanto, o desenvolvimento dos modelos de implementação requer algumas considerações e definições, no que tange às restrições de expressividade das linguagens de implementação adotadas. Essas restrições remetem a modelos de implementação que não representam de forma fidedigna os modelos conceituais dos quais são derivados.

No que diz respeito às restrições da linguagem OWL, destacam-se as limitações no uso de restrição de cardinalidade em relações explicitamente transitivas (OWL, 2004). Já a SWRL, não possui operadores de negação ou quantificadores existenciais (HORROCKS et al., 2003). Assim, algumas definições foram adotadas para o desenvolvimento dos modelos de implementação. Dentre essas definições, destaca-se o fato da não implementação das restrições de cardinalidade nos relacionamentos de composição. Por exemplo, a relação de composição entre ação (*Action*) e ação complexa (*Complex Action*) foi implementada sem a restrição de cardinalidade maior ou igual a dois. Conseqüentemente, demais relações de composição entre entidades que representam subtipos de ações e ações complexas, não apresentarão essa restrição. Exemplos incluem a relação de composição entre atividade de um processo de negócio e o respectivo processo de negócio.

Por fim, convém mencionar que os modelos de implementação desenvolvidos compreendem parte dos modelos conceituais construídos no Capítulo 4, necessários para o objetivo deste estudo de caso.

### **5.3. Cenário de Aplicação**

Esta seção descreve um cenário de aplicação como prova de conceito da ontologia desenvolvida. Em adicional, por meio desse cenário de aplicação, é possível compreender como os modelos de implementação podem ser aplicados em um ambiente computacional.

Em virtude do contexto deste trabalho, ou seja, o gerenciamento de TI orientado ao negócio, o cenário de aplicação adotado é baseado em um modelo proposto por uma biblioteca de

melhores práticas em gerenciamento de serviços de TI, a saber, a biblioteca ITIL (ITIL, 2007). A Figura 5.3 ilustra esse cenário.

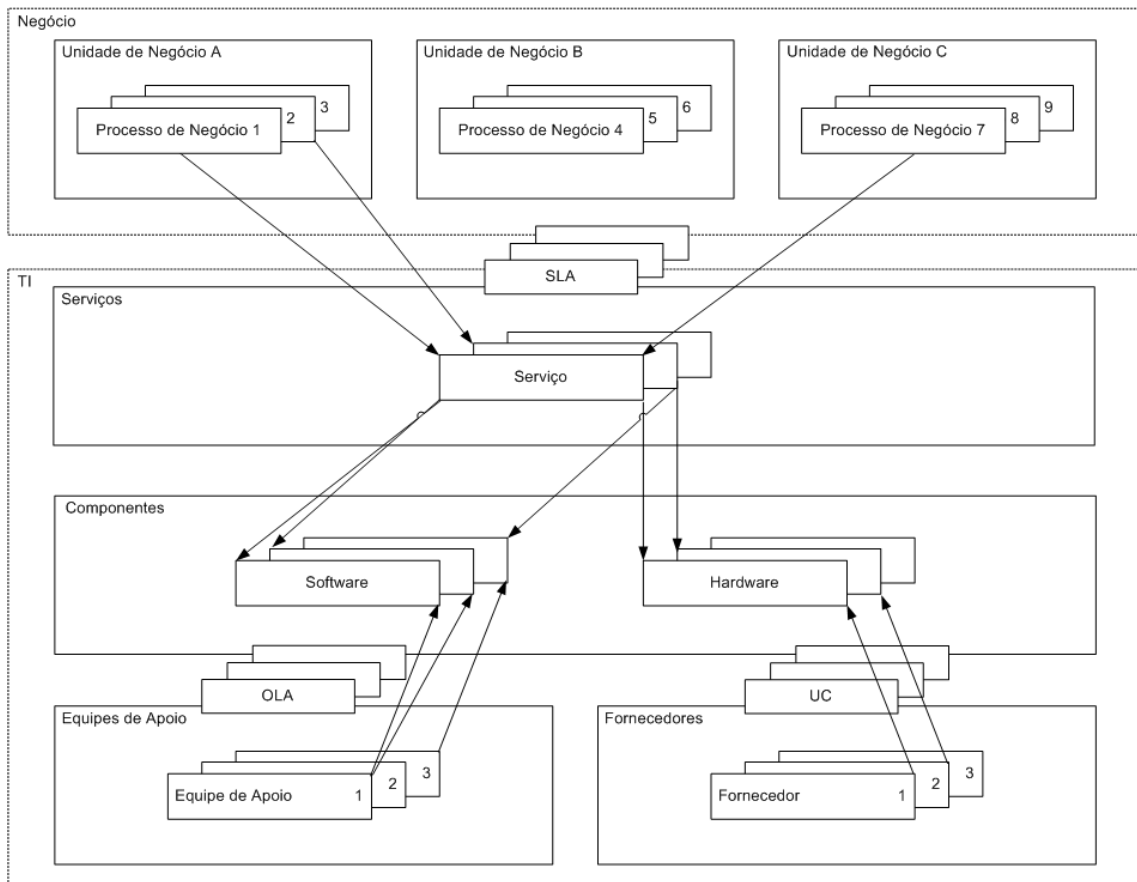


Figura 5.3 - Cenário de Aplicação Baseado em (ITIL, 2007)

Conforme descrito pela biblioteca ITIL (ITIL, 2007), o propósito de uma infra-estrutura de TI é permitir que o negócio alcance seus objetivos por meio do uso eficiente e efetivo dos sistemas computacionais. Conseqüentemente, as necessidades do negócio devem ser traduzidas para as tecnologias que as suportam.

Nesse contexto, o principal objetivo do Gerenciamento de Serviços de TI é garantir que os serviços de TI estejam alinhados às necessidades do negócio, suportando-o ativamente. Conforme ilustrado na Figura 5.3, o Gerenciamento de Serviços de TI deve considerar as seguintes entidades:

- (a) Processo de Negócio: Os processos que pertencem e são executados pelo negócio, mais especificamente, pelas unidades de negócio.
- (b) Serviço de TI: Os serviços que são fornecidos ao negócio pelo provedor de serviço.

- (c) SLA: Os acordos de nível de serviço realizados entre o negócio e o provedor de serviço.
- (d) Componentes de Tecnologia da Informação: Os componentes de TI, como hardware e software, que compõem os serviços que são prestados ao negócio.
- (e) Equipes de Apoio: As equipes que apóiam as atividades delegadas ao provedor de serviço pelo negócio.
- (f) OLA: Os acordos de nível de serviço realizados entre o provedor de serviço e equipes de apoio.
- (g) Fornecedores: Os fornecedores que apóiam as atividades delegadas ao provedor de serviço pelo negócio.
- (h) UC: Os acordos de nível de serviço realizados entre o provedor de serviço e fornecedores.

Em adicional, um gerenciamento de serviço efetivo deve considerar não apenas cada entidade relacionada anteriormente de maneira isolada, mas deve também considerar os inter-relacionamentos entre cada entidade, bem como suas interações e interdependências, no intuito de prover uma solução efetiva e compreensível que satisfaça as necessidades do negócio (ITIL, 2007).

A Figura 5.3 ilustra a situação em que o negócio é subdividido em unidades de negócio. As unidades de negócio possuem processos de negócio e são responsáveis por esses processos.

Quando uma unidade de negócio necessita de serviços de TI para a realização de suas atividades, essa unidade de negócio delega essa necessidade ao departamento de TI. Essa delegação é mediada por meio de um acordo, a saber, o SLA (*Service Level Agreement*). Nesse contexto, o departamento de TI assume o papel de provedor de serviços de TI, mais especificamente, provedor interno de serviços de TI, enquanto a unidade de negócio assume o papel de cliente desse provedor.

Os serviços de TI são baseados no uso da tecnologia da informação, composta de componentes como hardware e software, que são providos por grupos internos de suporte, ou fornecedores externos.

Assim, o departamento de TI, responsável pelo provimento do serviço de TI ao negócio, delega o provimento dos recursos necessários aos grupos internos de suporte, ou a

fornecedores externos. Nesse contexto, o departamento de TI delega sub-serviços de TI aos grupos de apoio, mediados por meio de acordos como OLA (*Operational Level Agreement*), ou a grupos externos de apoio, mediados por meio de acordos como UC (*Underpinning Contract*).

## **5.4. Execução das Atividades do Processo de Gerenciamento de Configuração**

Este estudo de caso contempla a execução das atividades de planejamento, identificação e inferência de informações gerenciais do processo de Gerenciamento de Configuração. Essas atividades são executadas com base no cenário descrito na Seção 5.3. O resultado final esperado é poder identificar: (i) os processos de negócio; (ii) as atividades que os compõem; (iii) as unidades de negócio responsáveis por esses processos e, conseqüentemente, pelas atividades dos processos de negócio; (iv) os serviços de TI que suportam as necessidades das unidades de negócio; (v) os provedores de serviço de TI; (vi) os acordos estabelecidos entre as entidades; e, por fim, (vii) os componentes de TI que compõem cada serviço. Assim, é possível realizar a prova de conceito da ontologia desenvolvida. Além disso, é possível verificar como essa ontologia apóia a automatização de um processo de Gerenciamento de Configuração, bem como demais processos de gerenciamento.

### **5.4.1. Atividade de Planejamento**

Esta atividade compreende sub-atividades como planejamento e definição do propósito, escopo e objetivos do processo de Gerenciamento de Configuração. Vale ressaltar que essas definições devem estar alinhadas com os objetivos do negócio (ITIL, 2007) (ISO/IEC, 2005).

Assim, para este estudo de caso, o propósito e escopo do processo de Gerenciamento de Configuração é controlar os itens de configuração da infra-estrutura de TI, bem como seus inter-relacionamentos e interdependências com os objetivos do negócio.

O detalhamento do escopo do processo de Gerenciamento de Configuração define os itens de configuração que estarão sob controle do processo, o nível de detalhamento das configurações, bem como seus inter-relacionamentos.

Baseado no cenário de aplicação deste estudo de caso, o escopo detalhado inclui os seguintes itens a serem controlados: (i) processo de negócio; (ii) atividade do processo de negócio; (iii)

unidade de negócio; (iv) serviço de TI; (v) provedor de serviço de TI; (vi) acordo de serviço de TI, como SLA, OLA e UC; e (vii) componente de TI, como hardware e software, relevante ao serviço. O detalhamento das configurações dos itens de configurações envolve informações simplificadas bem como seus inter-relacionamentos.

O objetivo definido para o processo de Gerenciamento de Configuração, no contexto deste estudo de caso, é suportar de forma eficiente e efetiva todos os demais processos do gerenciamento de serviços, provendo informações precisas sempre que necessário.

O planejamento e definições descritos nesta seção determinam a estrutura que constituirá o BDGC (Banco de Dados de Gerência de Configuração), permitindo a instanciação dos itens de configuração a serem gerenciados pelo processo de Gerenciamento de Configuração.

#### 5.4.2. Atividade de Identificação

As configurações da infra-estrutura de TI devem ser discriminadas e unicamente identificadas para permitir um controle eficaz, registro e reportagem dos itens de configuração aos níveis que são requeridos pelo negócio (ITIL, 2007) (ISO/IEC, 2005).

Assim, baseado nas definições da atividade de planejamento, esta atividade compreende a instanciação dos itens a serem gerenciados no BDGC. Para o cenário de aplicação deste estudo de caso, são definidas algumas instâncias que retratam os itens controlados pelo processo de Gerenciamento de Configuração. Essas instâncias são cadastradas no BDGC por meio da interface *Individuals* da ferramenta Protégé.

A Figura 5.4 ilustra um fragmento das instâncias, inerentes ao negócio, armazenadas no BDGC.

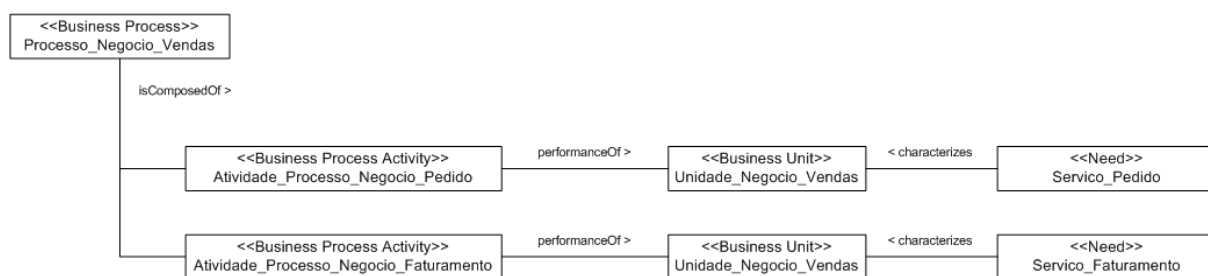


Figura 5.4 - Instâncias Inerentes ao Negócio Armazenadas no BDGC

A Figura 5.5 ilustra um fragmento das instâncias, inerentes ao serviço de TI, armazenadas no BDGC.

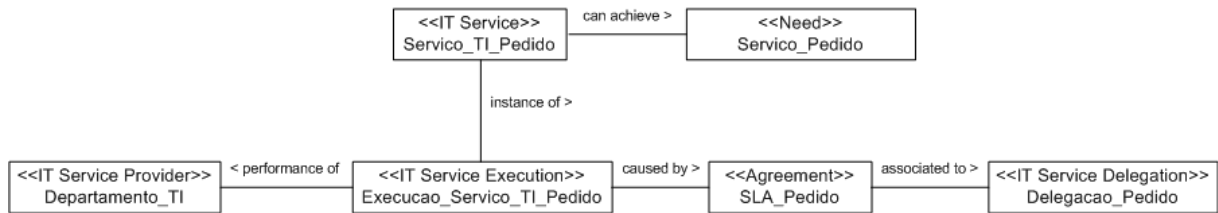


Figura 5.5 - Instâncias Inerentes ao Serviço de TI Armazenadas no BDGC

A Figura 5.6 ilustra um fragmento das instâncias, inerentes à execução do serviço de TI, bem como o uso de recursos computacionais, como hardware e software, armazenadas no BDGC.

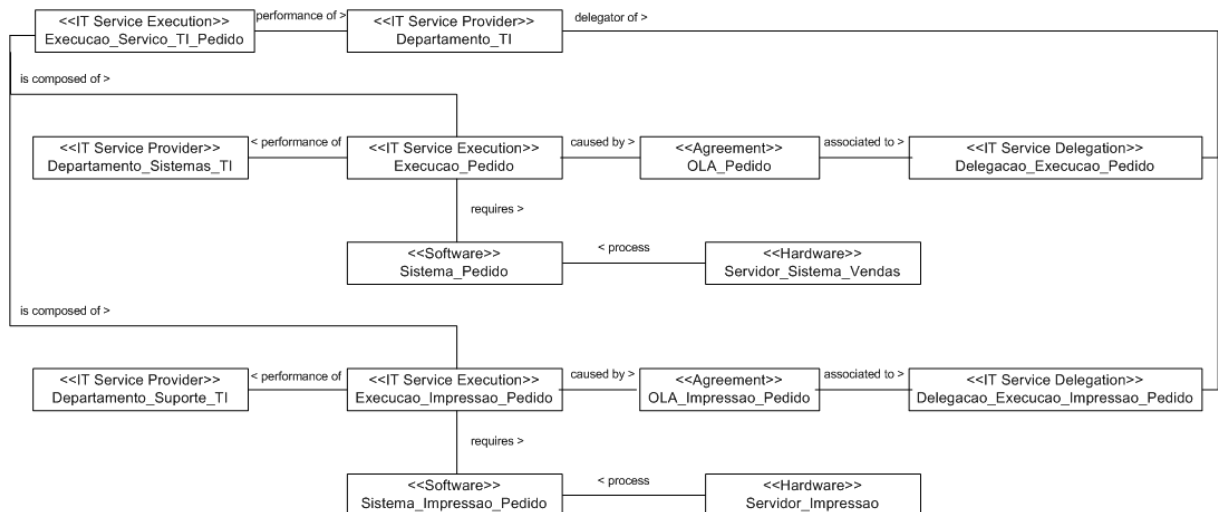


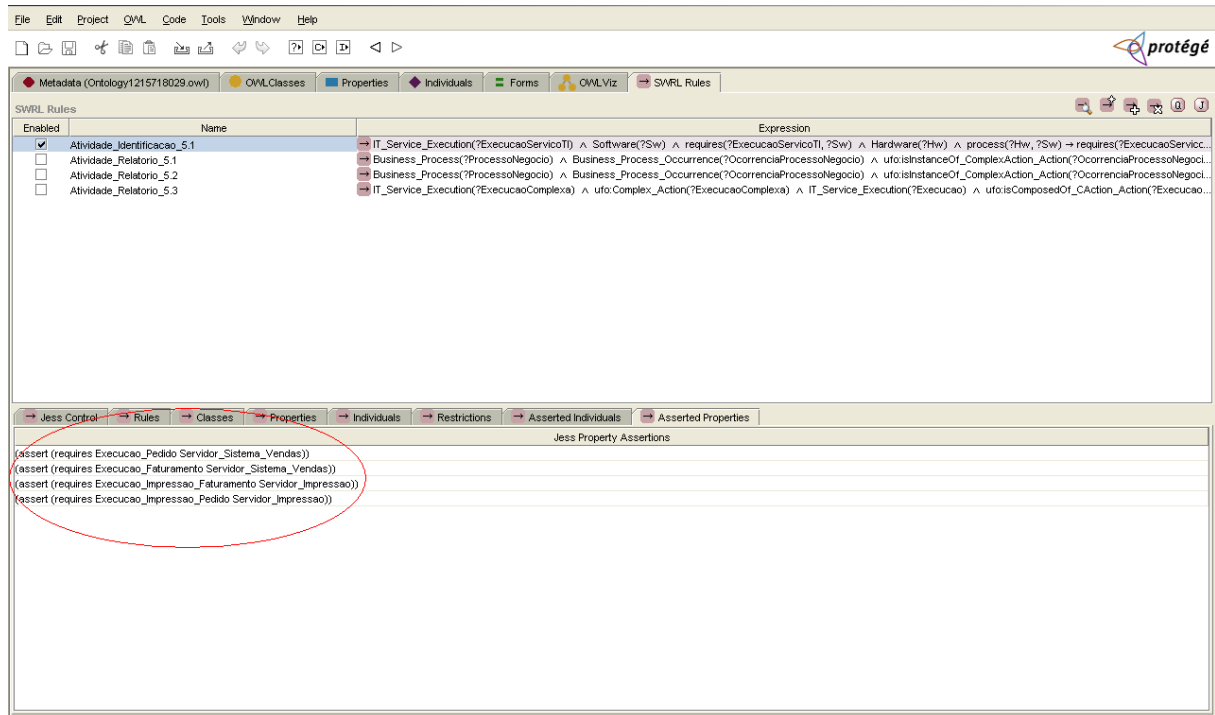
Figura 5.6 - Instâncias Inerentes à Execução do Serviço de TI Armazenadas no BDGC

Um dos objetivos do processo de Gerenciamento de Configuração é manter informações precisas acerca dos itens de configuração. Modelos de implementação possibilitam que tal objetivo seja alcançado, uma vez que são derivados de modelos consistentes e não ambíguos.

Neste estudo de caso, por exemplo, tomando-se por base a Figura 5.6, a execução do serviço de TI *Execucao\_Pedido* requer o software *Sistema\_Pedido* para concepção do serviço. Esse software é processado pelo hardware *Servidor\_Sistema\_Vendas*. Assim, a atividade de identificação deve considerar que a execução do serviço de TI *Execucao\_Pedido* requer, além do software *Sistema\_Pedido*, o hardware *Servidor\_Sistema\_Vendas* para concepção do serviço. Essa restrição é representada no modelo de implementação, derivada do modelo conceitual.



A Figura 5.7 mostra o resultado da inferência dessa restrição realizado por meio da regra *Atividade\_Identificacao\_5.1* representada no Anexo A. Essa inferência foi realizada no Protégé com o auxílio do sistema de inferência de regras chamado Jess (JESS, 2009).



*Figura 5.7 - Inferência dos Recursos de Hardware Utilizados nas Execuções de Serviço de TI Baseados no Uso dos Recursos de Software*

A Figura 5.8 mostra a transferência do resultado da inferência realizada pela regra *Atividade\_Identificacao\_5.1* para o BDGC.

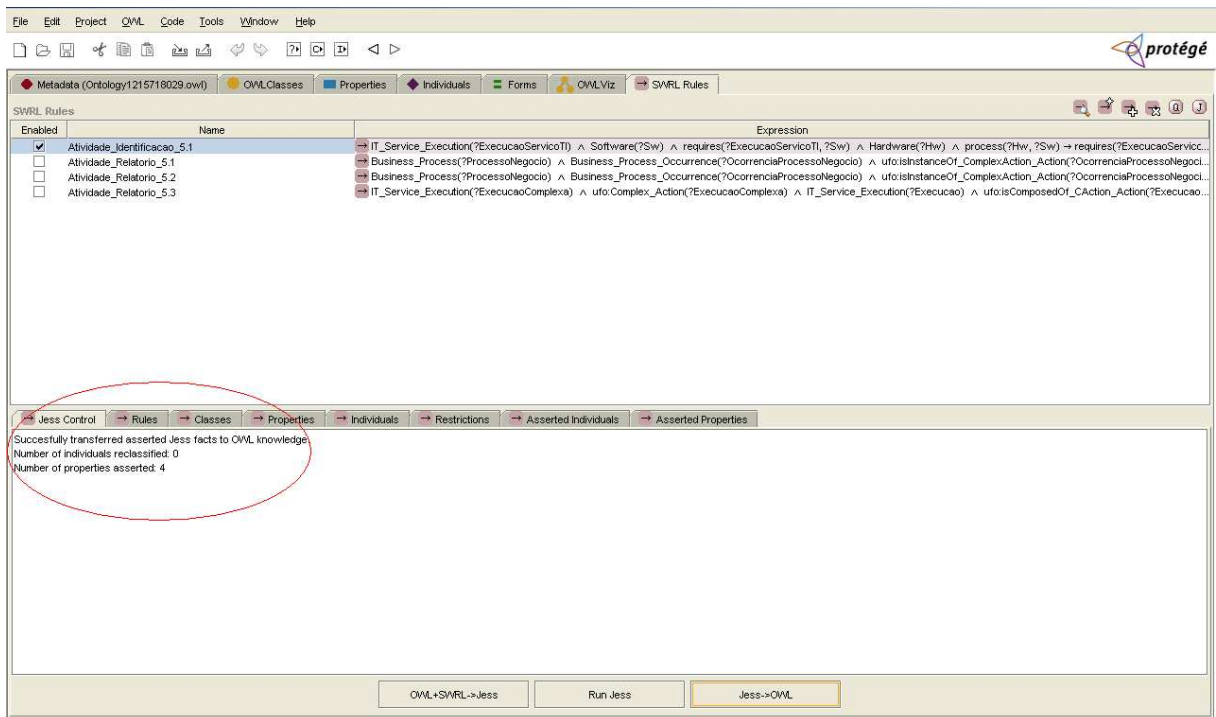


Figura 5.8 - Transferência do Resultado da Inferência para o BDGC

A Figura 5.9 ilustra o resultado da inferência realizada pela regra *Atividade\_Identificacao\_5.1* armazenado no BDGC.

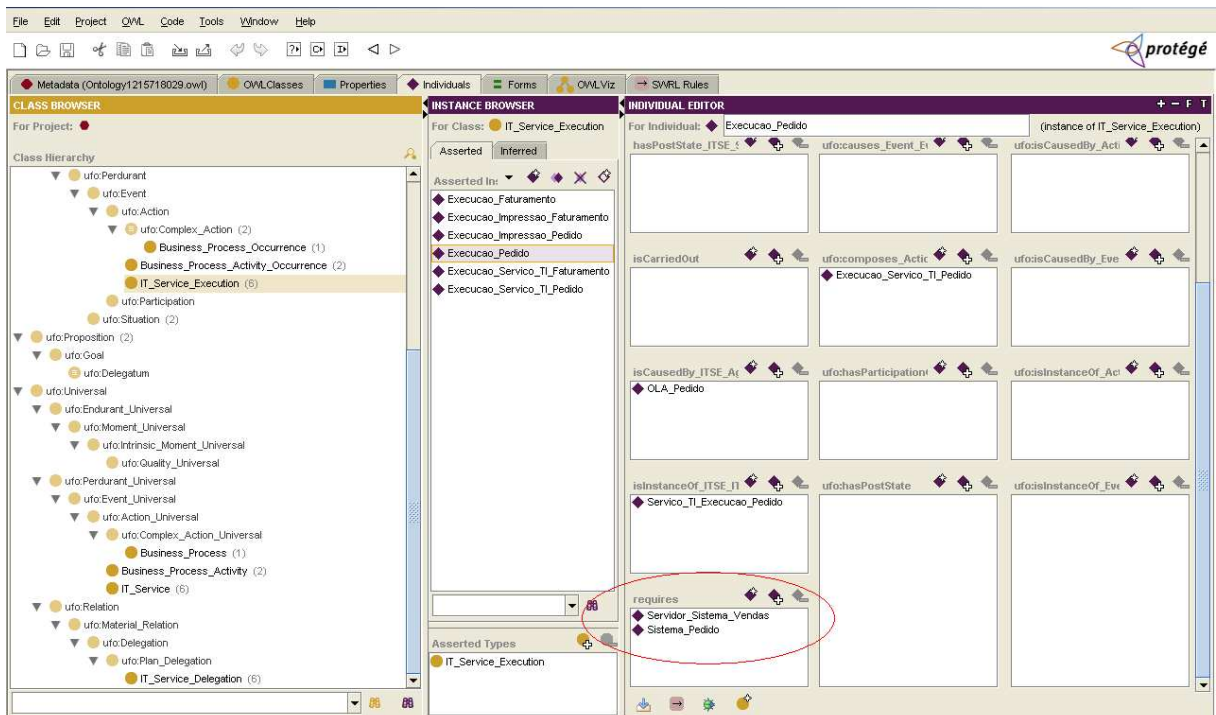


Figura 5.9 - Resultado da Inferência Armazenado no BDGC

Dessa forma, o modelo de implementação evita ambigüidades e inconsistências nas informações armazenadas no BDGC, características fundamentais para o sucesso do processo de Gerenciamento de Configuração como um repositório confiável de informações.

### 5.4.3. Inferência de Informações Gerenciais

O processo de Gerenciamento de Configuração fornece as informações necessárias acerca da infra-estrutura de TI a todos os demais processos de gerenciamento. Por meio das instâncias armazenadas no BDGC, esta seção mostra como obter inferências gerando as informações necessárias para este estudo de caso. Essas inferências foram divididas em três partes, capazes de demonstrar os relacionamentos entre o negócio e a TI. Essas inferências foram realizadas no Protégé com o auxílio do sistema de inferência de regras chamado Jess (JESS, 2009).

A primeira parte compreende o mapeamento entre o processo de negócio, as atividades que o compõem, bem como a unidade de negócio responsável pelo processo. Em adicional, são relacionados os serviços de TI que podem satisfazer as necessidades da unidade de negócio. A Figura 5.10 apresenta os resultados dessa consulta.

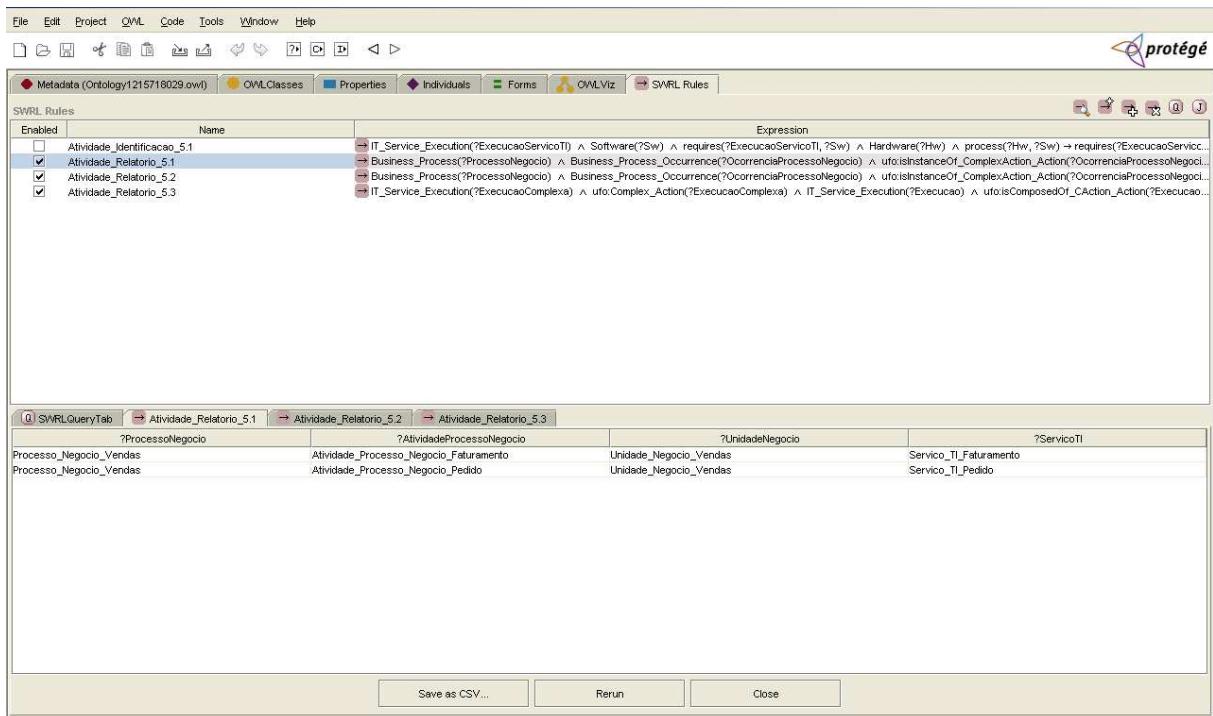


Figura 5.10 - Inferência de Informações Gerenciais Inerentes ao Negócio

Para produção do resultado apresentado na Figura 5.10 o sistema inferiu os processos de negócio da organização, as atividades que compõem esses processos, bem como as unidades de negócio responsáveis por cada processo. Em adicional, o sistema inferiu os serviços de TI que podem suportar cada atividade do processo de negócio baseado nas necessidades de cada unidade. Essa inferência foi realizada por meio da regra *Atividade\_Relatorio\_5.1* representada no Anexo A.

Conforme apresentado na Figura 5.10, o processo de negócio *Processo\_Negocio\_Vendas* é composto pelas atividades *Atividade\_Processo\_Negocio\_Pedido* e *Atividade\_Processo\_Negocio\_Faturamento* que são de responsabilidade da unidade de negócio *Unidade\_Negocio\_Vendas*. Baseado nas necessidades dessa unidade, o serviço de TI *Servico\_TI\_Pedido* pode suportar a atividade *Atividade\_Processo\_Negocio\_Pedido*, assim como o serviço de TI *Servico\_TI\_Faturamento* pode suportar a atividade *Atividade\_Processo\_Negocio\_Faturamento*.

Informações dessa natureza são fundamentais para processos como Gerenciamento de Nível de Serviço que consultam o processo de Gerenciamento de Configuração requerendo informações acerca dos serviços de TI, providos pelo provedor de TI, que satisfaçam as necessidades dos clientes.

Por meio das informações inferidas na primeira parte, a segunda parte compreende os serviços que efetivamente o negócio tenha contratado do departamento de TI, estabelecendo um mapeamento entre os processos de negócio da organização, as atividades que os compõem, as unidades de negócio responsáveis por essas atividades, os serviços de TI contratados, o departamento de TI contratado, a execução do serviço e o acordo estabelecido. Nesse contexto, a unidade de negócio desempenha o papel de cliente e o departamento de TI desempenha o papel de provedor de serviços de TI. O acordo estabelecido entre a unidade de negócio e o departamento de TI é representado pelo SLA. O resultado dessa consulta é apresentado na Figura 5.11.

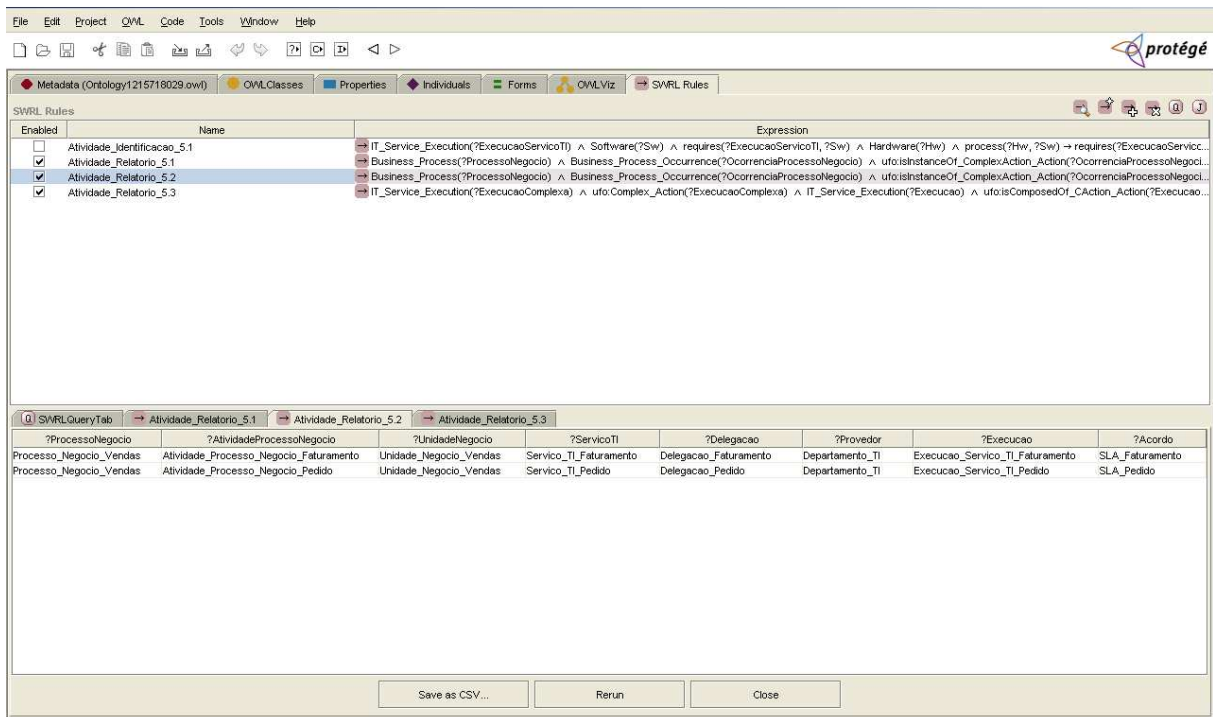


Figura 5.11 - Inferência de Informações Gerenciais Inerentes ao Serviço de TI

Para produção do resultado apresentado na Figura 5.11, o sistema inferiu, mediante as informações obtidas na primeira parte, a requisição de serviço realizada pela unidade de negócio, seguido da contratação do departamento de TI como provedor desse serviço, a delegação de serviço, bem como o acordo estabelecido entre essas entidades. Essa inferência é realizada por meio da regra *Atividade\_Relatorio\_5.2* representada no Anexo A.

A Figura 5.11 mostra, por exemplo, que o serviço de TI *Servico\_TI\_Pedido* foi contratado para suportar a atividade *Atividade\_Processo\_Negocio\_Pedido*, que pertence ao processo *Processo\_Negocio\_Vendas*. Essa delegação de serviço é regida por meio de um acordo estabelecido entre a unidade *Unidade\_Negocio\_Vendas* e o *Departamento\_TI*, a saber, o acordo *SLA\_Pedido*.

Conforme descrito no cenário deste estudo de caso, o departamento de TI recebe as delegações do negócio e aprovisiona os recursos necessários para a realização dos serviços de TI contratados pelo negócio. Assim, a terceira parte compreende o mapeamento entre o departamento de TI e demais grupos de apoio, bem como os recursos computacionais utilizados em cada execução de serviço. Esse resultado é apresentado na Figura 5.12.

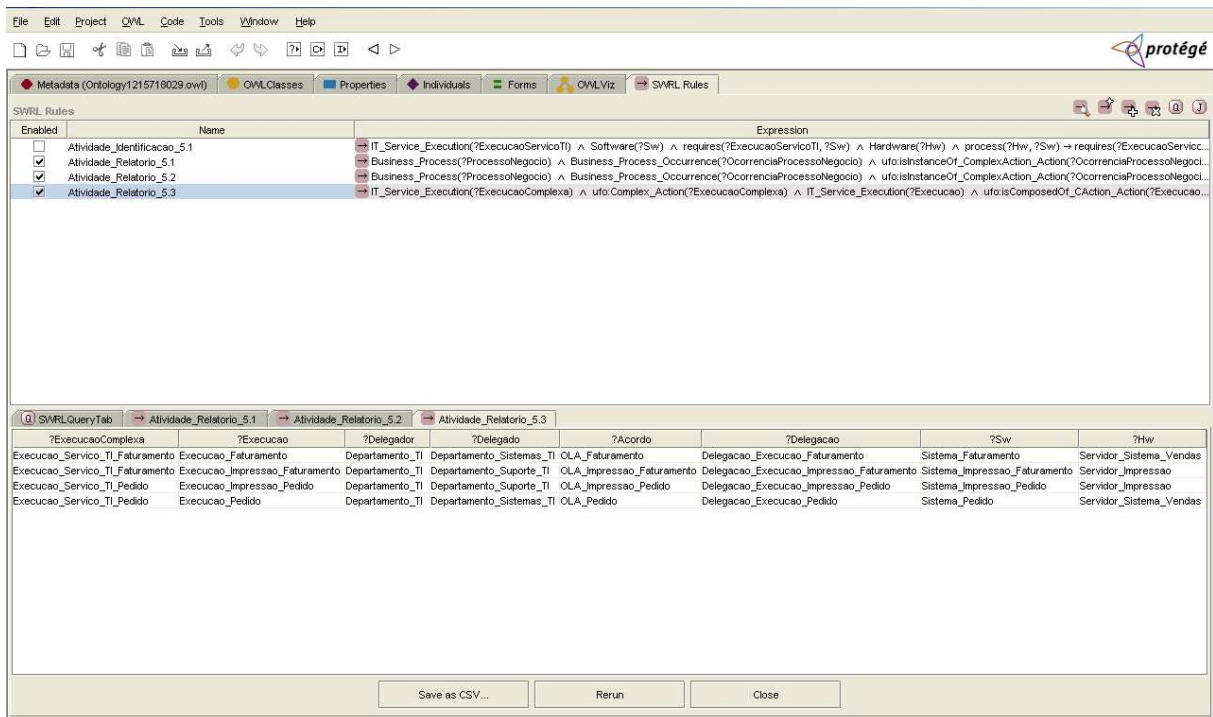


Figura 5.12 - Inferência de Informações Gerenciais Inerentes à Execução do Serviço de TI, bem como à Utilização de Recursos de Hardware e Software

Para produção do resultado apresentado na Figura 5.12, o sistema inferiu, mediante as informações obtidas na parte 2 e, conseqüentemente, na parte 1, os grupos de apoio contratados pelo departamento de TI, as execuções dos serviços de TI delegadas a cada grupo de apoio, os acordos estabelecidos entre o departamento de TI e demais grupos de apoio, bem como os recursos computacionais, como hardware e software, utilizados em cada execução de serviço de TI. Essa inferência é realizada por meio da regra *Atividade\_Relatorio\_5.3* representada no Anexo A.

A Figura 5.12 mostra, por exemplo, que a execução *Execucao\_Servico\_TI\_Pedido*, que representa uma ocorrência do serviço de TI *Servico\_TI\_Pedido*, é composta pelas execuções *Execucao\_Pedido* e *Execucao\_Impressao\_Pedido*, as quais foram delegadas pelo *Departamento\_de\_TI* aos grupos de apoio *Departamento\_Sistemas\_TI* e *Departamento\_Suporte\_TI*, respectivamente. A execução *Execucao\_Pedido* foi delegada mediante o acordo operacional *OLA\_Pedido*. Essa execução utiliza o sistema *Sistema\_Pedido*, processado pelo servidor *Servidor\_Sistema\_Vendas*. A execução *Execucao\_Impressao\_Pedido* foi delegada mediante o acordo operacional

*OLA\_Impressao\_Pedido*. Essa execução utiliza o sistema *Sistema\_Impressao\_Pedido*, processado pelo servidor *Servidor\_Impressao*.

Assim, a terceira parte conclui o mapeamento entre o negócio e a TI. Esse mapeamento é fundamental para os demais processos de gerenciamento. Por exemplo, o processo de Gerenciamento de Configuração deste estudo de caso é capaz de correlacionar e determinar que um determinado evento de indisponibilidade no servidor *Servidor\_Sistema\_Vendas* afeta os sistemas *Sistema\_Pedido* e *Sistema\_Faturamento*, utilizados, respectivamente, pelas execuções de serviço *Execucao\_Pedido* e *Execucao\_Faturamento*. Essas execuções pertencem, respectivamente, aos serviços de TI *Servico\_TI\_Pedido* e *Servico\_TI\_Faturamento*, que apóiam atividades afins do processo de negócio *Processo\_Negocio\_Vendas*. Esse correlacionamento, provido pelo modelo de implementação, é a base para processos como Gerenciamento de Eventos.

Identificado o ponto de falha, nesse caso, o servidor *Servidor\_Sistema\_Vendas*, o processo de Gerenciamento de Configuração pode fornecer informações acerca de soluções de contorno ao processo de Gerenciamento de Incidentes, no intuito de restabelecer o serviço de TI o mais rápido possível, até que o processo de Gerenciamento de Problemas identifique a causa raiz do problema. Essa atividade de identificação da causa raiz também pode ser apoiada pelo processo de Gerenciamento de Configuração, por exemplo, fornecendo informações acerca do motivo da indisponibilidade do servidor.

No que tange a outros processos, como Gerenciamento de Mudanças, o modelo de implementação apresentado neste estudo de caso apóia fornecendo informações vitais para a tomada de decisão, sendo capaz de responder, por exemplo, qual impacto uma determinada mudança em um sistema computacional pode oferecer ao negócio. Por exemplo, uma mudança no sistema *Sistema\_Faturamento* acarreta em conseqüências diretas à atividade *Atividade\_Processo\_Negocio\_Faturamento*.

De maneira análoga, processos como Gerenciamento de Segurança podem ser apoiados pelo modelo apresentado neste estudo de caso, relacionando-se qual o impacto uma determinada vulnerabilidade em um sistema computacional pode acarretar ao negócio. Esse suporte também é oferecido, de forma semelhante, aos demais processos, como Gerenciamento de Disponibilidade, Capacidade, dentre outros.

Por fim, exemplifica-se o suporte dado ao processo de Gerenciamento Financeiro de TI, no qual se podem relacionar os custos que cada unidade de negócio, atividade do processo de negócio, ou até mesmo o próprio negócio, representam no que diz respeito ao uso dos recursos de TI.

## **5.5. Considerações Finais do Capítulo**

Este capítulo apresentou o estudo de caso acerca da prova de conceito do modelo conceitual desenvolvido no Capítulo 4. Em adicional, considerando o apoio automatizado como um dos principais fatores para o sucesso dos processos de gerenciamento, sobretudo o processo de Gerenciamento de Configuração, este capítulo apresentou como modelos de implementação, derivados de modelos conceituais, podem ser utilizados em sistemas computacionais, apoiando, de forma automatizada, as atividades de gerenciamento de serviços.

Para atestar a fidedignidade dos modelos conceituais em representar o domínio modelado, a saber, o domínio de Gerenciamento de Configuração de Serviços de TI, bem como a aplicabilidade dos modelos de implementação derivados desses modelos conceituais, este estudo de caso adotou um cenário baseado em um exemplo proposto por uma biblioteca de melhores práticas em gerenciamento de serviços de TI, a saber, a biblioteca ITIL (ITIL, 2007).

Apesar das limitações inerentes às linguagens utilizadas, no que tange à expressividade de representação de conceitos e relações, o que limita a implementação fidedigna dos modelos conceituais, os modelos de implementação possibilitaram verificar a aderência dos modelos conceituais em relação ao domínio representado, bem como representar como esses modelos podem apoiar as atividades de gerenciamento de serviços de maneira automatizada, melhorando a qualidade dos serviços de TI prestados aos clientes.

Sob o aspecto da aderência, vale ressaltar a capacidade do modelo em relacionar os aspectos ligados ao cliente, inerentes ao negócio, e aspectos ligados ao provedor, inerentes à TI. Essa capacidade valida o modelo em relação a sua capacidade de responder a questões fundamentais para o gerenciamento de TI orientado ao negócio, como: quais são os processos de negócio e como eles se relacionam com os serviços e componentes de TI?

Em adicional, foi apresentado como o uso de ontologias, em especial, ontologias fundacionais, podem contribuir na construção de modelos consistentes e não ambíguos,



endereçando problemas de interoperabilidade semântica, fator preponderante no que concerne ao domínio de Gerenciamento de Configuração.

Assim, por meio de modelos consistentes e não ambíguos, aplicáveis a sistemas computacionais, foi possível apresentar como um processo de Gerenciamento de Configuração pode apoiar os demais processos de gerenciamento de serviços, em especial, de maneira automatizada.

## 6. Considerações Finais

### 6.1. Conclusões

Este trabalho apresentou um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração, no contexto do gerenciamento de serviços e governança de TI. Esse modelo foi desenvolvido baseado em uma abordagem de engenharia de ontologias. Em especial, além de métodos e técnicas apropriadas, como o método SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*), essa abordagem utilizou uma ontologia filosoficamente bem fundamentada, a saber, a ontologia UFO (*Unified Foundational Ontology*).

O propósito desse modelo conceitual é permitir um entendimento comum e compartilhado da conceituação do domínio modelado entre os diferentes agentes envolvidos, tais como o negócio, as pessoas, os processos, as ferramentas e as tecnologias. Uma especificação formal do domínio de gerenciamento de configuração permite que conceitos modelados sejam compreendidos de uma maneira clara e explícita, evitando interpretações ambíguas e inconsistentes. É importante destacar que a ontologia UFO desempenhou um importante papel no desenvolvimento do modelo conceitual apresentado neste trabalho. Ela foi útil na construção de um modelo conceitual comprometido em maximizar a expressividade, a clareza e a veracidade concernente ao domínio modelado. Essas características são atributos de qualidade fundamentais de um modelo conceitual, responsáveis para a efetividade desse modelo como um arcabouço de referência para as tarefas de interoperabilidade semântica e reuso (GUIZZARDI, 2005) (GUIZZARDI, 2006). O modelo conceitual apresentado neste trabalho, por exemplo, explicita as distinções entre:

- (a) a participação de agentes (por exemplo, um provedor de serviço de TI) e recursos (por exemplo, um hardware, um software) em ações (tais como uma execução de serviço de TI);
- (b) ações (por exemplo, uma atividade de processo de negócio) e suas ocorrências específicas (por exemplo, uma ocorrência de atividade de processo de negócio) que denotam ações particulares que ocorrem em um intervalo de tempo específico.
- (c) tipos de relações de dependência. Por exemplo, as relações de dependência entre ocorrências de atividades de processo de negócio, assim como as relações de dependência entre um solicitante e um provedor. No primeiro caso, são denotadas por

meio de artefatos e remetem ao encadeamento de atividades. No último caso, são denotadas entre os objetivos dos agentes, conduzindo a uma relação de delegação.

Além do ganho de expressividade e, por conseguinte, a redução de erros de interpretação, um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração melhora a eficiência e qualidade do serviço que é provido ao negócio, ao possibilitar a automação dos processos de gerenciamento. Por exemplo, modelos de implementação, derivados de um modelo conceitual do domínio de gerenciamento de configuração, podem ser utilizados por máquinas de inferência, provendo informações relevantes, de uma maneira automatizada, a outros domínios de gerenciamento. É possível, por exemplo, automatizar:

- (a) o correlacionamento de eventos em gerenciamento de eventos;
- (b) a identificação de solução de contorno em gerenciamento de incidentes;
- (c) a análise de causa raiz em gerenciamento de problemas;
- (d) a análise de impacto em gerenciamento de mudança;
- (e) a negociação de acordo de nível de serviço entre agentes do negócio e da TI em gerenciamento de nível de serviço.

Ademais, convém destacar a capacidade do modelo em relacionar os conceitos inerentes ao domínio da TI e do negócio, contribuindo para o gerenciamento de TI orientado ao negócio.

Por fim, vale frisar o fato de o modelo desenvolvido representar a conceituação das principais referências no que tange ao domínio modelado e, ainda, sem comprometimentos com aplicações específicas, almejando maior capacidade de interoperabilidade e reutilização.

## **6.2. Perspectivas de Trabalhos Futuros**

Em função da amplitude e complexidade inerente ao domínio de gerenciamento de configuração, este trabalho compreende a modelagem conceitual de parte desse domínio. Assim, este trabalho focou nas questões relacionadas aos principais desafios desse universo de discurso, abrangendo, principalmente, os conceitos do gerenciamento de TI orientado ao negócio. Existe, portanto, uma série de questões que podem ser consideradas em trabalhos e pesquisas futuros, dentre elas:

- (a) extensão da ontologia proposta para cobrir outros conceitos intrínsecos ao gerenciamento de TI orientado ao negócio, tais como métricas de serviços de TI e de

atividades de processo de negócio, bem como seus inter-relacionamentos, aprimorando o alinhamento entre esses dois domínios;

- (b) evolução da sub-ontologia de componentes de TI tornando mais claro e explícito os tipos de hardware (como servidores, estações de trabalho, equipamentos de rede, dentre outros) e também os tipos de software (sistemas aplicativos, sistemas de apoio, sistemas operacionais). Além disso, destaca-se a possibilidade de descrição de outros tipos de relacionamentos entre hardware e software. Exemplos incluem a relação que permite inventariar os softwares instalados em um determinado hardware, aprimorando atividades do gerenciamento de configuração, como o controle de licenças. Por fim, observa-se a oportunidade de modelagem de conceitos dinâmicos, como o conceito de processo (representando programa em execução), permitindo que o gerenciamento de configuração contribua com disciplinas tais como o gerenciamento de disponibilidade.
- (c) modelagem conceitual de outros conceitos inerentes ao domínio de gerenciamento de configuração, como configuração de referência básica, versão, variante, dentre outras;

Além disso, este trabalho abre oportunidades para novas pesquisas, como por exemplo:

- (d) extensão da ontologia proposta para cobrir conceitos de outras disciplinas de gerenciamento, como o gerenciamento de mudança, gerenciamento de liberação, dentre outras.
- (e) aplicação dos modelos de implementação, sobretudo com técnicas de inteligência artificial, fomentando o paradigma de redes autônomas.

## Referências Bibliográficas

- BAADER, F., CALVANESE, D., MCGUINNESS, D., NARDI, D., PATEL-SCHNEIDER, P., (2003), “The Description Logic Handbook Theory, Implementation and Applications”, Cambridge University Press.
- BAIÔCO, G., COSTA, A. C. M., CALVI, C. Z., GARCIA, A. S., (2009), “IT Service Management and Governance – Modeling an ITSM Configuration Process: a Foundational Ontology Approach”. In: 4th IFIP/IEEE International Workshop on Business-driven IT Management (BDIM), 2009, New York. 11th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), 2009.
- BRENNER, M., SAILER, M., SCHAAF, T., GARSCHHAMMER, M., (2006), “CMDB - Yet Another MIB? On Reusing Management Model Concepts in ITIL Configuration Management”, In: Proceedings of the 17th IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations and Management (DSOM), 2006.
- BS (2002), “IT Service Management”, BS 15000.
- CALVI, C. Z., (2007), “Gerenciamento de Serviços de TI e Modelagem do Processo de Configuração ITIL em uma Plataforma de Serviços Sensíveis ao Contexto”, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.
- CASE, J., FEDOR, M., SCHOFFSTALL, M., DAVIN, C., (1989), “A Simple Network Management Protocol (SNMP)”, Network Working Group, Request For Comments 1098.
- CIM (2009), “Common Information Model (CIM)”, Distributed Management Task Force (DMTF). Disponível em <http://www.dmtf.org/standards/cim/>. Acessado em Janeiro de 2009.
- COSTA, A. C. M., (2008), “Modelagem do Processo de Gerenciamento de Nível de Serviço do Padrão ITIL: Uma Abordagem Usando Ontologias Fundacionais e sua Aplicação na Plataforma Infracore”, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.
- DAVENPORT, T. H., (1993), “Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology”, Harvard Business School Press, 1993.
- FALBO, R. A., (1998), “Integração de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software”, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Dezembro de 1998.
- FALBO, R. A., (2004), “Experiences in Using a Method for Building Domain Ontologies”, In: Proceedings of the 16th Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE), pp.474-477, Banff, Alberta, Canada, 2004.
- FALBO, R. A., MARTINS, A. F., SEGRINI, B. M., BAIÔCO, G., MORO, R. D., NARDI, J. C., (2007), “Processo de Engenharia de Requisitos Baseado em Reutilização de Ontologias e Padrões de Análise”. In: VI Jornada Iberoamericana de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento (JIISIC), 2007, Lima. p. 59-68.
- GRUBER, T. R., (1993), “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications”, Knowledge Acquisition, vol. 5, issue 2, June 1993.
- GRÜNINGER, M., FOX, M. S., (1995), “Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies”, Technical Report, University of Toronto.

- GUARINO, N., (1998), “Formal Ontology and Information Systems”. In: Proceedings of the First International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS’98), Trento, Italy, June 1998. p.3-15.
- GUERRERO, A., VILLAGRA, V. A., LOPEZ de VERGARA, J. E., (2005), “Ontology-based integration of management behaviour and information definitions using SWRL and OWL”, In: Proceedings of the 16th IFIP/IEEE Distributed Systems: Operations and Management (DSOM), 2005.
- GUIZZARDI, G., (2005), “Ontological Foundations for Structural Conceptual Models”, Ph.D. Thesis, University of Twente, The Netherlands, 2005, ISBN 90-75176-81-3.
- GUIZZARDI, G., (2006), “The Role of Foundational Ontology for Conceptual Modeling and Domain Ontology Representation”, Companion Paper for the Invited Keynote Speech, 7th International Baltic Conference on Databases and Information Systems, Vilnius, Lithuania, 2006.
- GUIZZARDI, R. S. S., (2006b), “Agent-Oriented Constructivist Knowledge Management”, Ph.D. Thesis, University of Twente, The Netherlands, 2006, ISBN 90-365-2313-3.
- GUIZZARDI, G., (2007), “On Ontology, ontologies, Conceptualizations, Modeling Languages, and (Meta)Models”, In: Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Databases and Information Systems IV, Olegas Vasilecas, Johan Edler, Albertas Caplinskas (Editors), ISBN 978-1-58603-640-8, IOS Press, Amsterdam, 2007.
- GUIZZARDI, G., FALBO, R. A., GUIZZARDI, R. S. S., (2008), “A importância de Ontologias de Fundamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o caso do domínio de Processos de Software”, IEEE Latin America Transactions, Vol. 6, No. 3, July 2008.
- HAMMER, M., CHAMPY, J., (1993), “Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution”, HarperBusiness Essentials.
- HORROCKS, I., PATEL-SCHNEIDER, P. F., BOLEY, H., TABET, S., GROSOFF, B., DEAN, M., (2003), “SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML”, DAML. Disponível em <http://www.daml.org/2003/11/swrl/>. Acessado em Janeiro de 2009.
- HP (2000), “The HP IT Service Management (ITSM) Reference Model”, White Paper, Hewlett-Packard.
- IBM (2003), “IBM and the IT Infrastructure Library”, White Paper, IBM.
- IEEE (1994), “IEEE Standard Glossary of Computer Hardware Terminology”, IEEE Std 610.10-1994.
- ISO/IEC (1993), “Information technology – Vocabulary – Part 1: Fundamental terms”, ISO/IEC 2382-1:1993.
- ISO/IEC (2005), “Information technology – Service management”, ISO/IEC 20000.
- ISO/IEC (2008), “Corporate governance of information technology”, ISO/IEC 38500.
- ITIL (2007), “ITIL Core Books”, Office of Government Commerce (OGC), TSO, UK.
- JASPER, R., USCHOLD, M., (1999), “A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications”, In: Proceedings of the IJCAI99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods, Stockholm, Sweden.

- JESS (2009), “Jess: the Rule Engine for the Java™ Platform”. Disponível em <http://www.jessrules.com/>. Acessado em Janeiro de 2009.
- JOHANSSON, H. J., MCHUGH, P., PENDLEBURY, A. J., WHEELER, W. A., (1993), “Business Process Reengineering: Breakpoint Strategies for Market Dominance”, John Wiley & Sons Ltd, 1993.
- LAVINAL, E., DESPRATS, T., RAYNAUD, Y., (2003), “A conceptual framework for building CIM-based ontologies”, In: Proceedings of the Integrated Network Management (IM), 2003.
- LOPEZ de VERGARA, J. E., VILLAGRA, V. A., ASENSIO, J. I., BERROCAL, J., (2003), “Ontologies: Giving Semantics to Network Management Models”, IEEE Network, Special Issue on Network Management, Vol. 17, No. 3, 2003.
- LOPEZ de VERGARA, J. E., VILLAGRA, V. A., BERROCAL, J., ASENSIO, J. I., PIGNATON, R., (2003b), “Semantic Management: Application of Ontologies for the Integration of Management Information Models”, In: Proceedings of the Eighth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), Colorado Springs, Colorado, USA, 2003.
- LOPEZ de VERGARA, J. E., VILLAGRA, V. A., BERROCAL, J., (2004), “Benefits of Using Ontologies in the Management of High Speed Networks”, In: Proceedings of the 7th IEEE International Conference on High Speed Networks and Multimedia Communications (HSNMC), 2004.
- LOPEZ de VERGARA, J. E., VILLAGRA, V. A., BERROCAL, J., (2004b), “Applying the Web Ontology Language to management information definitions”, IEEE Communications Magazine, Special Issue on XML Management, Vol. 42, Issue 7, July 2004, pp. 68-74.
- LOPEZ de VERGARA, J. E., VILLAGRA, V. A., BERROCAL, J., (2005), “On the formalization of the Common Information Model metaschema”, In: Proceedings of the 16th IFIP/IEEE Distributed Systems: Operations and Management (DSOM), 2005.
- MAJEWSKA, M., KRYZA, B., KITOWSKI, J., (2007), “Translation of Common Information Model to Web Ontology Language”, In: Proceedings of the International Conference on Computational Science (ICCS), 2007.
- MCCLOGHRIE, K., ROSE, M., (1988), “Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets”, Network Working Group, Request For Comments 1066.
- MEALY, G. H., (1972), “Another Look at Data”, In: Proceedings of the Fall Joint Computer Conference, Anaheim, California (AFIPS Conference Proceedings, Volume 31), Washington, DC: Thompson Books, London: Academic Press, 525–534, 1967.
- MERRIAM-WEBSTER (2009), “Merriam-Webster Dictionary”. Disponível em <http://www.merriam-webster.com/dictionary/ontology>. Acessado em Janeiro de 2009.
- MOF (2001), “Microsoft Operations Framework”, White Paper, Microsoft.
- MOURA, A., SAUVE, J., BARTOLINI, C., (2007), “Research Challenges of Business-Driven IT Management”. In: 2nd IEEE/IFIP International Workshop on Business-driven IT Management (BDIM), 2007, Munique. 10th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), 2007.
- MOURA, A., SAUVE, J., BARTOLINI, C., (2008), “Business-Driven IT Management - Upping the Ante of IT: Exploring the Linkage between IT and Business to Improve Both

- IT and Business Results”, IEEE Communications Magazine, vol. 46, issue 10, October 2008.
- O’LEARY, D. E., STUDER, R., (2001), “Knowledge Management: An Interdisciplinary Approach”, IEEE Intelligent Systems, January/February, Vol. 16, No. 1, 2001.
- ONG, T. M., CHIA, L. T., LEE, B. S., (2006), “A repository adapter for resource management information”, In: Proceedings of the Sixth IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID), 2006.
- OWL (2004), “OWL Web Ontology Language Reference”, W3C Recommendation. Disponível em <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>. Acessado em Janeiro de 2009.
- PAVLOU, G., PRAS, A., (2008), “Topics in Network and Service Management”, IEEE Communications Magazine, 2008.
- PRAS, A., SCHÖNWÄLDER, J., (2003), “On the Difference between Information Models and Data Models”, Network Working Group, Request For Comments 3444.
- PRAS, A., SCHÖNWÄLDER, J., BURGESS, M., FESTOR, O., PÉREZ, G. M., STADLER, R., STILLER, B., (2007), “Key Research Challenges in Network Management”, IEEE Communications Magazine, 2007.
- PROTÉGÉ (2009), “The Protégé Ontology Editor and Knowledge Aquisition System”. Disponível em <http://protege.stanford.edu/>. Acessado em Janeiro de 2009.
- QUIROLGICO, S., ASSIS, P., WESTERINEN, A., BASKEY, M., STOKES, E., (2004), “Toward a formal Common Information Model ontology”, In: Proceedings of the International Workshops on Web Information Systems (WISE), LNCS 3307, pp. 11–21, 2004.
- RALHA, C. G., GOSTINSKI, R., (2008), “A methodological framework for business-IT alignment”, In: Third IEEE/IFIP International Workshop on Business-driven IT Management (BDIM) at IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS), 2008.
- RDF (2004), “RDF primer”, W3C Recommendation. Disponível em <http://www.w3.org/TR/rdf-primer/>. Acessado em Janeiro de 2009.
- RUMMLER, G. A., BRACHE, A. P., (1995), “Improving Performance: How to Manage the White Space on the Organization Chart”, Jossey-Bass Inc, 1995.
- SALLÉ, M., (2004), “IT Service Management and IT Governance: Review, Comparative Analysis and their Impact on Utility Computing”. HPL-2004-98, 2004.
- SAHITA, R., HAHN, S., CHAN, K., MCCLOGHRIE, K., (2003), “Framework Policy Information Base”, Network Working Group, Request For Comments 3318.
- SANTOS, B. C. L., (2007), “O-bCNMS: Um Sistema de Gerência de Configuração de Redes baseado em Ontologia”, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.
- TOSIC, V., (2006), “The 5 C Challenges of Business-Driven IT Management and the 5 A Approaches to Addressing Them”, In: 1st IEEE/ IFIP International Workshop on Business-driven IT Management (BDIM), 2006, Vancouver.
- ULLMANN, S., (1972), “Semantics: An Introduction to the Science of Meaning”, Basil Blackwell, Oxford, 1972.



- USCHOLD, M., KING, M., (1995), "Towards a Methodology for Building Ontologies", Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI'95.
- VERMEER, M. W. W., (1997), "Semantic interoperability for legacy databases", PhD Thesis, University of Twente, The Netherlands, 1997.
- WONG, A. K. Y., RAY, P., PARAMESWARAN, N., STRASSNER, J., (2005), "Ontology Mapping for the Interoperability Problem in Network Management", IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), Vol. 23, No. 10, October 2005.
- XU, H., XIAO, D., (2006), "A Common Ontology-Based Intelligent Configuration Management Model for IP Network Devices", In: Proceedings of the First International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC), 2006.

## **Anexo A: Regras Implementadas em SWRL e Executadas por meio do Jess**

### **Atividade\_Identificacao\_5.1**

IT\_Service\_Execution(?ExecucaoServicoTI)  $\wedge$   
Software(?Sw)  $\wedge$   
requires(?ExecucaoServicoTI, ?Sw)  $\wedge$   
Hardware(?Hw)  $\wedge$   
process(?Hw, ?Sw)  
 $\rightarrow$  requires(?ExecucaoServicoTI, ?Hw)

### **Atividade\_Relatorio\_5.1**

Business\_Process(?ProcessoNegocio)  $\wedge$   
Business\_Process\_Occurrence(?OcorrenciaProcessoNegocio)  $\wedge$   
ufo:isInstanceOf\_ComplexAction\_Action(?OcorrenciaProcessoNegocio, ?ProcessoNegocio)  
 $\wedge$   
Business\_Process\_Activity(?AtividadeProcessoNegocio)  $\wedge$   
Business\_Process\_Activity\_Occurrence(?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio)  $\wedge$   
ufo:isInstanceOf\_Action\_ActionUniversal(?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio,  
?AtividadeProcessoNegocio)  $\wedge$   
isComposedOf\_BusinessProcessOccurrence\_BusinessProcessActivityOccurrence(?Ocorrencia  
aProcessoNegocio, ?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio)  $\wedge$   
Business\_Unit(?UnidadeNegocio)  $\wedge$   
performanceOf(?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio, ?UnidadeNegocio)  $\wedge$   
Need(?Necessidade)  $\wedge$   
characterizes\_Need\_Requestor(?Necessidade, ?UnidadeNegocio)  $\wedge$   
ufo:Proposition(?Proposicao)  $\wedge$   
ufo:isPropositionalContent(?Proposicao, ?Necessidade)  $\wedge$   
ufo:Situation(?Situacao)  $\wedge$   
ufo:isPostState(?Situacao, ?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio)  $\wedge$

ufo:satisfies(?Situacao, ?Proposicao) ∧  
IT\_Service(?ServicoTI) ∧  
canAchieve(?ServicoTI, ?Necessidade)  
→ query:select(?ProcessoNegocio, ?AtividadeProcessoNegocio, ?UnidadeNegocio,  
?ServicoTI) ∧  
query:orderBy(?ProcessoNegocio, ?AtividadeProcessoNegocio)

### **Atividade\_Relatorio\_5.2**

Business\_Process(?ProcessoNegocio) ∧  
Business\_Process\_Occurrence(?OcorrenciaProcessoNegocio) ∧  
ufo:isInstanceOf\_ComplexAction\_Action(?OcorrenciaProcessoNegocio, ?ProcessoNegocio)  
∧  
Business\_Process\_Activity(?AtividadeProcessoNegocio) ∧  
Business\_Process\_Activity\_Occurrence(?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio) ∧  
ufo:isInstanceOf\_Action\_ActionUniversal(?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio,  
?AtividadeProcessoNegocio) ∧  
isComposedOf\_BusinessProcessOccurrence\_BusinessProcessActivityOccurrence(?Ocorrencia  
aProcessoNegocio, ?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio) ∧  
Business\_Unit(?UnidadeNegocio) ∧  
performanceOf(?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio, ?UnidadeNegocio) ∧  
Need(?Necessidade) ∧  
characterizes\_Need\_Requestor(?Necessidade, ?UnidadeNegocio) ∧  
ufo:Proposition(?Proposicao) ∧  
ufo:isPropositionalContent(?Proposicao, ?Necessidade) ∧  
ufo:Situation(?Situacao) ∧  
ufo:isPostState(?Situacao, ?OcorrenciaAtividadeProcessoNegocio) ∧  
ufo:satisfies(?Situacao, ?Proposicao) ∧  
IT\_Service(?ServicoTI) ∧  
canAchieve(?ServicoTI, ?Necessidade) ∧  
requests(?UnidadeNegocio, ?ServicoTI) ∧  
Hired\_ITSP(?Provedor) ∧

hires(?UnidadeNegocio, ?Provedor)  $\wedge$   
 Agreement(?Acordo)  $\wedge$   
 mediates\_Agreement\_Requestor(?Acordo, ?UnidadeNegocio)  $\wedge$   
 mediates\_Agreement\_ITSP(?Acordo, ?Provedor)  $\wedge$   
 IT\_Service\_Execution(?Execucao)  $\wedge$   
 isInstanceOf\_ITSE\_ITService(?Execucao, ?ServicoTI)  $\wedge$   
 isCausedBy\_ITSE\_Agreement(?Execucao, ?Acordo)  $\wedge$   
 IT\_Service\_Delegation(?Delegacao)  $\wedge$   
 ufo:isAssociatedTo\_Delegation\_SocialRelator(?Delegacao, ?Acordo)  $\wedge$   
 ufo:hasDelegator(?Delegacao, ?UnidadeNegocio)  $\wedge$   
 ufo:hasDelegatee(?Delegacao, ?Provedor)  
 → query:select(?ProcessoNegocio, ?AtividadeProcessoNegocio, ?UnidadeNegocio,  
 ?ServicoTI, ?Delegacao, ?Provedor, ?Execucao, ?Acordo)  $\wedge$   
 query:orderBy(?ProcessoNegocio, ?AtividadeProcessoNegocio)

### **Atividade\_Relatorio\_5.3**

IT\_Service\_Execution(?ExecucaoComplexa)  $\wedge$   
 ufo:Complex\_Action(?ExecucaoComplexa)  $\wedge$   
 IT\_Service\_Execution(?Execucao)  $\wedge$   
 ufo:isComposedOf\_CAction\_Action(?ExecucaoComplexa, ?Execucao)  $\wedge$   
 Agreement(?Acordo)  $\wedge$   
 isCausedBy\_ITSE\_Agreement(?Execucao, ?Acordo)  $\wedge$   
 IT\_Service\_Delegation(?Delegacao)  $\wedge$   
 ufo:isAssociatedTo(?Delegacao, ?Acordo)  $\wedge$   
 IT\_Service\_Provider(?Delegador)  $\wedge$   
 IT\_Service\_Provider(?Delegado)  $\wedge$   
 ufo:isDelegatorOf(?Delegador, ?Delegacao)  $\wedge$   
 ufo:isDelegateeOf(?Delegado, ?Delegacao)  $\wedge$   
 Software(?Sw)  $\wedge$   
 requires(?Execucao, ?Sw)  $\wedge$

Hardware(?Hw) ^  
process(?Hw, ?Sw)  
→ query:select(?ExecucaoComplexa, ?Execucao, ?Delegador, ?Delegado, ?Acordo,  
?Delegacao, ?Sw, ?Hw) ^  
query:orderBy(?ExecucaoComplexa, ?Execucao)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)