

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS**

**LEONARDO DE PINHO SEPULCRI**

**COMPREENDENDO A COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA NO AMBIENTE DE  
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: UMA ABORDAGEM PELA ENGENHARIA  
ONTOLÓGICA**

**CURITIBA**

**2008**

**LEONARDO DE PINHO SEPULCRI**

**COMPREENDENDO A COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA NO AMBIENTE DE  
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: UMA ABORDAGEM PELA ENGENHARIA  
ONTOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Área de Concentração: Gestão e Logística.  
Linha de Pesquisa: Estratégia, Tecnologia e Organização.

Orientador: Prof. Dr. Leandro dos Santos Coelho.

**CURITIBA**

**2008**

Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR  
Biblioteca Central

S479c  
2008 Sepulcri, Leonardo de Pinho  
Compreendendo a computação autônoma no ambiente de tecnologia da  
informação : uma abordagem pela engenharia ontológica / Leonardo de Pinho  
Sepulcri ; orientador, Leandro dos Santos Coelho. – 2008.  
178 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Curitiba, 2008  
Bibliografia: f. 133-141

1. Tecnologia da Informação. 2. Sistemas inteligentes (Computador).  
I. Coelho, Leandro dos Santos. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.  
III. Título.

CDD 20. ed. – 658.4038

**LEONARDO DE PINHO SEPULCRI**

**COMPREENDENDO A COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA NO AMBIENTE DE  
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: UMA ABORDAGEM PELA ENGENHARIA  
ONTOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Leandro dos Santos Coelho, Orientador  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

---

Prof. Dr. Luiz Márcio Spinosa  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

---

Prof. Dr. Renato Fileto  
Universidade Federal de Santa Catarina

Curitiba, 03 de outubro de 2008.

## DEDICATÓRIA

A meus queridos pais, Odilio e Maria Luiza, exemplos vivos de caráter e sucesso, que, sem seu amor, apoio, incentivo, ajuda, dedicação e compreensão este trabalho não teria sido possível. A meu irmão Rodrigo e minha cunhada Anelise, por seus apoios e a meus queridos afilhados Ana Maria e João Paulo, fontes de inspiração para a vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que iluminou meu caminho durante o mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná .

Ao Prof. Dr. Luiz Márcio Spinosa, pelo apoio, experiência e seu irretocável desempenho e competência no auxílio em todos os momentos deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Leandro dos Santos Coelho, pelo auxílio, apoio e contribuições, que muito colaboraram para aumentar a qualidade deste trabalho.

Aos demais professores do mestrado, sempre prestativos no intuito de ajudar e orientar a todos os alunos do programa.

Aos componentes da banca examinadora pelo tempo, experiência e atenção dispensados à leitura desta dissertação e por terem aceitado participar da avaliação.

Aos colegas de mestrado, pelo apoio durante toda a caminhada, com muito apoio e dedicação.

A meus amigos e parceiros na Wasys, que puderam acompanhar e me incentivar durante esta jornada.

A meus queridos amigos, que são muitos, e entenderam minha ausência, apoiando-me e colaborando para que jamais desistisse durante o período do mestrado.

Aos senhores: Gilson Teixeira, Luís Pedro Zambon, Carlos Niemeyer, Ana Michaud, Celina Hara, João Luiz Marques Guimarães, Júlio César Pokrywiecki, Marcos Alberto Pereira, Renato Gonçalves Barros e Sandro Pellegrini por terem aceitado responder os questionários para a pesquisa.

## EPÍGRAFE

"A primeira regra de qualquer tecnologia utilizada nos negócios é que a automação aplicada a uma operação eficiente aumentará a eficiência. A segunda é que a automação aplicada a uma operação ineficiente aumentará a ineficiência."

Bill Gates

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estruturação da pesquisa .....	26
Figura 2 – Áreas de conhecimento envolvidas na pesquisa .....	27
Figura 3 - Estratégia de pesquisa.....	30
Figura 4 - Ilustração da definição de Swart e Tate (1999) para ontologia. ....	34
Figura 5 – Representação de um sistema combinado, suas combinações e variações dentro do contexto considerado. ....	64
Figura 6 – Capacidade de otimização um sistema de acordo com as necessidades. ....	66
Figura 7 – Quatro principais características de destaques de um sistema autônomo.....	71
Figura 8 – Auto-gerenciamento de um sistema.....	72
Figura 9 – Níveis de sistemas computacionais. ....	77
Figura 10 – Evolução entre os níveis de um sistema computacional. ....	79
Figura 11 – Estágios e passos para chegada ao nível autônomo. ....	81
Figura 12 - Estrutura de tecnologias auto gerenciadas. ....	83
Figura 13 – Sistema autônomo como coleção de elementos autônomos. ....	85
Figura 14 – Representação de um elemento autônomo.....	86
Figura 15 – Exemplos de recursos, serviços e sistemas gerenciados por um elemento autônomo. ....	87
Figura 16 – Sistema autônomo trabalhando em diversos panoramas. ....	88
Figura 17 – Computação autônoma no ambiente de TI.....	89
Figura 18 – Atingimento da maturidade em um ambiente de TI.....	90
Figura 19 – Ambiente de provedor de serviços autônomo. ....	91
Figura 20 – Ambiente autônomo de uma indústria de manufatura. ....	93
Figura 21 – Tecnologia da informação, grau de concordância, visão geral. ....	105
Figura 22 – Tecnologia da informação, relevância das questões.....	106

Figura 23 – Tecnologia da informação, grau de concordância.....	106
Figura 24 – Tecnologia da informação, grau de concordância, setor público, visão geral. ....	107
Figura 25 – Tecnologia da informação, grau de concordância, setor privado, visão geral. ....	108
Figura 26 – Computação autonômica, grau de concordância, visão geral. ....	109
Figura 27 – Computação autonômica, relevância das questões. ....	109
Figura 28 – Computação autonômica, grau de concordância. ....	110
Figura 29 – Computação autonômica, grau de concordância, setor público, visão geral. ....	111
Figura 30 – Computação autonômica, grau de concordância, setor privado, visão geral. ....	111
Figura 31 – ONTO ACTI.....	117
Figura 32 - Ambiente de tecnologia da informação e suas classes.....	119
Figura 33 - Atributos da Classe Desempenho.....	119
Figura 34 - Classe Conhecimento. ....	121
Figura 35 - Subsistema Computação Autonômica, seus subsistemas e suas classes. ....	121
Figura 36 - Relacionamentos da ONTO ACTI. ....	122
Figura 37 – ONTO ACTI final. ....	162
Figure 38 – ONTO ACTI e seus relacionamentos detalhados.....	163
Figura 39 - Hierarquia de classes.....	164
Figura 40 - Classe Interação. ....	165
Figura 41 - Classe Aprendizado. ....	165
Figura 42 - Classe Ação Própria. ....	165
Figura 43 - Classe Adaptação. ....	166
Figura 44 - Classe Configuração.....	166
Figura 45 - Classe Otimização. ....	166
Figura 46 - Classe Concerto.....	167

Figura 47 - Classe Proteção.....	167
Figura 48 - Classe Conhecimento.....	167
Figura 49 - Classe Monitoração.....	168
Figura 50 - Classe Gerenciamento.....	168
Figura 51 - Classe Controle.....	168
Figura 52 - Classe Flexibilidade.....	169
Figura 53 – Classe Velocidade.....	169
Figura 54 - Classe Qualidade.....	169
Figura 55 - Classe Desempenho.....	170
Figura 56 - Classe Alinhamento Estratégico.....	170
Figura 57 - Classe Custos.....	170
Figura 58 - Classe Disponibilidade.....	171
Figura 59 - Classe Prazos.....	171
Figura 60 - Classe Automação.....	171
Figura 61 - Lista de <i>Slots</i> .....	172
Figura 62 - Lista de <i>Slots</i> – continuação.....	173
Figura 63 - Exemplo de <i>slot</i> – produtividade.....	173
Figura 64 – Classes e suas instâncias.....	174
Figura 65 - Instâncias criadas e respectivas classes a que pertencem.....	175
Figura 66 – Detalhes de uma instância da Classe Otimização.....	176
Figure 67 – Questionamento para a ONTO ACTI.....	177

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de Ontologia. ....	37
Quadro 2 – Ferramentas para a Construção de Ontologias.....	43
Quadro 3 – Autores e Principais Contribuições à Tecnologia da Informação. ....	53
Quadro 4 – Determinantes da Tecnologia da Informação.....	54
Quadro 5 – Comparativo da Implementação das Características de Destaque em um Sistema Autônomo para um Sistema de Computação Atual. ....	72
Quadro 6 - Níveis de Autonomia. ....	78
Quadro 7 – Autores e Principais Contribuições à Computação Autônoma.....	95
Quadro 8 – Determinantes da Computação Autônoma. ....	97
Quadro 9 – Síntese do Questionário da Tecnologia da Informação.....	107
Quadro 10 - Síntese de Questionário da Computação Autônoma.....	110
Quadro 11 – Referenciais Integrados da Computação Autônoma e do Ambiente de Tecnologia da Informação. ....	113
Quadro 12 – Termos dos Referenciais Integrados.....	115
Quadro 13 – Questionário 1 – Tecnologia da Informação.....	144
Quadro 14 – Questionário 2 – Computação Autônoma. ....	147
Quadro 15 – Sumário do Questionário 1 respondido. ....	148
Quadro 16 – Sumário do Questionário 2 respondido. ....	152
Quadro 17 – Glossário de Termos da Ontologia.....	161

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Distribuição de estabelecimentos entre as Unidades da Federação, por atividades de *software*, por atividades em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). .....99
- Tabela 2 - Principais municípios brasileiros para o conjunto das atividades de *software* no ano de 2005 por estabelecimento e número de empregos.....99

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AC – *Autonomic computing*
- API – *Application Programming Interface*
- CA – *Computação autônômica*
- CPU – *Central Processing Unit*
- code – *Conceptually oriented description environment*
- ERP – *Enterprise resource planning*
- HTML – *Hypertext markup language*
- IA – *Inteligência artificial*
- Ikarus – *Intelligente knowledge acquisition and retrieval universal system*
- IT – *Information technology*
- JUDE – *Java and UML developers environment*
- IBM – *International business machines corporation*
- OKBC – *Open knowledge base connectivity*
- ONTO ACTI – *Ontologia que representa a computação autônômica no ambiente de tecnologia da informação*
- OWL – *Ontology web language*
- PC – *Personal computer*
- PPGEPS – *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas*
- RDF – *Resource description framework*
- SEs – *Sistemas especialistas*
- SEBC – *Sistemas especialistas baseados em conhecimento*
- SEBM – *Sistemas especialistas para bancos de modelos*
- SLA – *Service level agreement*
- TCP/IP – *Transmission control protocol*
- TI – *Tecnologia da informação*
- TIC – *Tecnologia da informação e comunicação*
- UDDI – *Universal description, discovery and integration*
- UML – *Unified modeling language*
- XML – *Extended markup language*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>17</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1 A Motivação.....	20
1.2 Utilidade da Pesquisa.....	21
1.3 Resultados da Pesquisa.....	22
<b>2 FORMALIZAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>22</b>
2.1 Problema de Pesquisa .....	22
2.2 Termos Constitutivos.....	23
2.3 Objetivos da Pesquisa.....	24
2.3 Delimitação do Tema .....	26
2.4 Metodologia de Pesquisa .....	27
<b>3 ENGENHARIA ONTOLÓGICA .....</b>	<b>32</b>
3.1 Considerações sobre Ontologia .....	32
3.2 Tipos de Ontologias .....	36
3.3 Engenharia Ontológica.....	37
<b>4 IDENTIFICAÇÃO DOS DETERMINANTES DO AMBIENTE DE TI.....</b>	<b>44</b>
4.1 O Ambiente de TI .....	44
4.2 Desafios do Ambiente de TI .....	48
4.3 O Ambiente das Tecnologias da Informação e suas Perspectivas.....	50
4.4 Principais Contribuições à Tecnologia da Informação.....	52
4.5 Determinantes da Tecnologia da Informação.....	53
<b>5 IDENTIFICAÇÃO DOS DETERMINANTES DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA</b>	<b>55</b>
5.1 Sistemas Inteligentes .....	55
5.2 Sistemas Inteligentes e Suas Dimensões .....	56
5.3 Características ou Dimensões de Sistemas Inteligentes.....	57
5.4. Lidando com a Complexidade .....	59

5.5 Automação Integrada .....	60
5.6 Características de um Sistema Autônomo .....	62
5.7 Essência de Sistemas Autônicos .....	70
5.8 Resultados da Computação Autônoma .....	75
5.9 Níveis de Computação Autônoma .....	76
5.10 Arquitetura proposta para sistemas autônicos .....	81
5.11 Computação Autônoma no Ambiente das Tecnologias da Informação .....	89
5.12 Sistemas Reais como Autônicos .....	91
4.13 Principais Contribuições à Computação Autônoma .....	94
5.14 Determinantes da Computação Autônoma .....	96
<b>6 CONSOLIDAÇÃO DOS DETERMINANTES E DEFINIÇÃO DOS REFERENCIAIS</b> .....	<b>98</b>
6.1 Considerações sobre o Campo de Análise .....	98
6.2 Desenvolvimento da Ontologia.....	102
6.3 Resultados dos Questionários.....	104
6.4 Identificação e Integração dos Referenciais.....	112
6.5 Fase Enumeração dos Termos Importantes para a Ontologia .....	114
<b>7 DESENVOLVIMENTO E FORMALIZAÇÃO DA ONTOLOGIA</b> .....	<b>116</b>
7.1 Construção dos Componentes da Ontologia.....	117
7.2 Construção – Sistema ONTO ACTI.....	118
<b>8 CONCLUSÕES</b> .....	<b>128</b>
8.1 Cumprimento dos Objetivos em face às Questões Formuladas.....	128
8.2 Fornecimento das Contribuições Estabelecidas.....	129
8.3 Conclusões Analíticas .....	130
8.4 Sugestões para Pesquisas Futuras.....	131
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>133</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>142</b>
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.....	143
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2 – COMPUTAÇÃO AUTÔNOMA .....	145
APÊNDICE C - SUMÁRIO DOS QUESTIONÁRIOS 1 RESPONDIDOS.....	148
APÊNDICE D - SUMÁRIO DOS QUESTIONÁRIOS 2 RESPONDIDOS.....	151
APÊNDICE E – GLOSSÁRIO DE TERMOS DA ONTOLOGIA .....	154
APÊNDICE F - ONTO ACTI, CLASSES, ATRIBUTOS E OPERAÇÕES .....	162
APÊNDICE G - ONTO ACTI – RELACIONAMENTOS.....	163

APÊNDICE H – ONTO ACTI – DETALHAMENTO.....	164
APÊNDICE I - EXEMPLOS DE INSTÂNCIAS.....	174

## RESUMO

A computação autônoma assume que, cada vez mais, a indústria de Tecnologia da Informação (TI) cria sistemas mais complexos. As operações realizadas em nosso dia a dia, das mais simples às mais complicadas, se tornam mais e mais dependentes dos sistemas tecnológicos. A inteligência nos sistemas e ambientes de TI, desde sua concepção até sua operacionalização deve-se fazer presente, possibilitando, às organizações, redução de custos, flexibilidade, disponibilidade, melhoria e maximização de performance. Emerge naturalmente a necessidade de entendimento do relacionamento existente entre estes dois importantes domínios de conhecimento, a Computação Autônoma e o Ambiente de Tecnologia da Informação. O presente estudo tem por objetivo representar tal relacionamento, baseando-se em uma abordagem oriunda da engenharia ontológica complementada por recursos tradicionais da metodologia científica. A utilidade da pesquisa está em contribuir para o desenvolvimento do ambiente de tecnologia da informação e dos sistemas computacionais, com a utilização dos referenciais integrados identificados na pesquisa. O resultado principal é uma ontologia denominada ONTO ACTI.

Palavras-chave: Computação Autônoma, Tecnologia da Informação e Engenharia Ontológica.

## **ABSTRACT**

Autonomic computing assumes that each time the Information Technology industry creates more complex systems. The operations carried through day by day, since the simplest one to the most complicated, become more dependents of the technological systems. Intelligence in the systems and environments, since its conception until its operationalization must be present, making possible to organizations cost reduction, flexibility, availability, performance improvement and maximization. Naturally emerges the need to conceptualize these relationships between these both knowledge domains, the Autonomic Computing and the Information Technology environment. The current study is motivated by such assertion and assumes an approach based on Ontological Engineering and extended with some classical scientific methods of research. The utility of this research is contributing for the development of the information technology environment and computational systems, with the use of the integrated references identified in the research. The main result is an ontology called ONTO ACTI.

**Keywords:** Autonomic Computing, Information Technology and Ontological Engineering.

## 1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação relata uma pesquisa desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, estando vinculada: a) à área de concentração Gerência de Produção e Logística; b) à linha de pesquisa Estratégia, Tecnologia e Organização e c) ao Projeto ONTOP – Ontologias para paradigmas da Era Pós-industrial.

A pesquisa foca-se no entendimento de conceitos que ocorrem na intersecção de dois domínios de conhecimento, sendo eles: o ambiente de tecnologia da informação e a computação autonômica.

Para facilitar o entendimento e a construção lógica da pesquisa, o documento foi organizado em oito capítulos da seguinte forma: O Capítulo 1 introduz as principais áreas de conhecimento envolvidas: a motivação, a utilidade e os resultados da pesquisa. O Capítulo 2 apresenta a formalização da pesquisa, definindo o problema, os objetivos, a delimitação do tema e a metodologia adotada. Os Capítulos 3 a 7 executam a estratégia de pesquisa adotada. O Capítulo 3 descreve a fundamentação conceitual apontada pela engenharia ontológica. O Capítulo 4 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o ambiente de tecnologia da informação, buscando estabelecer uma visão geral sobre o tema e também definir seus determinantes. O Capítulo 5 explicita uma revisão bibliográfica sobre a computação autonômica, procurando caracterizar o tema por meio de um levantamento bibliográfico mais minucioso, e pela definição de seus determinantes. O Capítulo 6 detalha o conjunto de referenciais extraídos e integrados da análise comparativa dos determinantes do ambiente de tecnologia da informação e da computação autonômica. O Capítulo 7 formaliza a ontologia ONTO ACTI, conceitualizando o relacionamento da computação autonômica e do ambiente de tecnologia da informação. O Capítulo 8 relata as conclusões finais, com o cumprimento dos objetivos estabelecidos, as contribuições da pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

## 1.1 A MOTIVAÇÃO

No fim do século XX, vários acontecimentos de importância histórica transformaram o cenário social da vida humana. Uma revolução tecnológica concentrada na Tecnologia da Informação tem remodelado a base material da sociedade em ritmo acelerado (CASTELLS, 1999).

Os contornos de uma sociedade globalizada e centrada no uso intenso da informação têm provocado verdadeiras revoluções em todos os aspectos: organizacional, pessoal e social. A divisão do trabalho e a migração do poder nesta nova sociedade estão afetando diretamente as formas de administrar as empresas. Definir estratégias de negócios no ambiente atual, onde tudo é flexível, requer desaprender para aprender outras tecnologias, outras formas de perceber o mercado e, até mesmo, novos conceitos como a computação autonômica.

Novos formatos estruturais têm sido tentados e a tecnologia da informação exerce um papel fundamental para o delinear deste novo mundo empresarial (CASTRO, 2002).

Assim, em um momento em que a indústria de *software* brasileira busca firmar-se perante o mercado global, ela necessita de contribuições que lhe ajudem a construir vantagem competitiva. Uma possibilidade de contribuição neste sentido cabe a computação autonômica.

A computação autonômica assume que cada vez mais a indústria das Tecnologias da Informação cria sistemas mais complexos. As operações realizadas em nosso dia a dia, das mais simples às mais complicadas, se tornam mais e mais dependentes dos sistemas tecnológicos (BANTZ, 2003).

A CA postula o desenvolvimento de padrões abertos, novas tecnologias e maneiras que permitam aos sistemas uma interação eficiente. O paradigma da computação autonômica prescreve, ainda, que os mesmos tenham a possibilidade de antever situações e proteger-se automaticamente, ao mesmo tempo em que exista uma dependência mínima ao suporte tradicional existente nos meios de tecnologia da informação (HORN, 2001).

Muitos recursos, tanto financeiros quanto humanos, são despendidos devido aos sistemas não serem concebidos de forma a poderem se ajustar a situações passíveis de ocorrência ou, ainda, de maximizar seu desempenho automaticamente

em virtude de condições observadas, utilizando-se de ferramentas e técnicas de inteligência artificial, mineração de dados, entre outras (TARAPANOFF, 2000).

A inteligência nos sistemas, desde sua concepção até sua operacionalização deve-se fazer presente, possibilitando, às organizações, redução de custos, flexibilidade, disponibilidade, melhoria e maximização de performance (GUIMARÃES e EVORA, 2004).

A presente pesquisa assume esta necessidade como fator motivador e propõe que o entendimento desta relação ocorra por meio do desenvolvimento de uma ontologia. Propõe, ainda, uma análise da utilização deste conceito na indústria de *software* paranaense.

## 1.2 UTILIDADE DA PESQUISA

Uma vez que a ontologia a ser criada explicita a utilização da computação autônoma no ambiente de tecnologia da informação, a sua utilidade está associada às seguintes possibilidades:

- Propiciar base para o desenvolvimento de sistemas computacionais baseados em conceitos de computação autônoma, acarretando vantagem competitiva às empresas;
- Propor maneiras de como gerenciar sistemas cada vez mais complexos de forma a garantir o seu funcionamento, adaptando sistemas e máquinas a condições variáveis decorrentes da interação humana e dinamismo tecnológico;
- Apoiar na tomada de decisão relacionada à computação autônoma no ambiente de tecnologia da informação nas organizações;
- Contribuir para evitar prejuízos financeiros decorrentes dos fatores citados, aumentando a produtividade e minimizando a complexidade dos sistemas aos usuários através da visão da engenharia ontológica;
- A finalidade de utilização da ontologia ONTO ACTI criada será, portanto, de ordem didática e também analítica.

### 1.3 RESULTADOS DA PESQUISA

Através da realização dessa pesquisa buscaram-se os seguintes principais resultados:

- Uma revisão bibliográfica do conceito de engenharia ontológica;
- Uma revisão bibliográfica do conceito de tecnologia da informação;
- Uma revisão bibliográfica do conceito de computação autônoma e sua importância no ambiente de tecnologia da informação;
- Uma análise dos determinantes e referenciais integrados da computação autônoma e do ambiente de tecnologia da informação;
- Uma ontologia inicial que represente o relacionamento entre a computação autônoma e o ambiente de tecnologia da informação.

## 2 FORMALIZAÇÃO DA PESQUISA

Tendo em vista o interesse de trabalhos científicos na intersecção dos domínios de conhecimento da computação autônoma e do ambiente de tecnologia da informação, a pesquisa busca o desenvolvimento de uma ontologia que represente os conceitos destas áreas.

Neste capítulo formaliza-se a definição do problema de pesquisa que motivou o estudo, os objetivos da pesquisa, a delimitação do tema, bem como a metodologia da pesquisa e a estratégia da pesquisa adotada.

### 2.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema estudado pode ser formalizado de diversas formas. Neste caso, será analisado assumindo inicialmente as seguintes premissas:

O ambiente de tecnologia da informação é vulnerável em custo, flexibilidade e interoperabilidade se analisado de forma tradicional (GUIMARÃES e EVORA, 2004);

A computação autonômica constitui importante diferencial na abordagem da tecnologia da informação nas organizações (HORN, 2001);

Os conceitos de computação autonômica podem beneficiar as instituições e garantir uma melhoria efetiva em seus resultados (VERMA, 2004);

Pode-se contribuir ao uso da computação autonômica na Indústria de *Software* pela representação do conhecimento envolvido através de uma ontologia;

A Indústria de *Software* paranaense constitui importante elemento de desenvolvimento econômico do Estado do Paraná;

A engenharia ontológica constitui importante ferramenta de representação do conhecimento (GOMEZ-PEREZ, 2004).

Estas premissas subsidiam a colocação da seguinte questão-chave:

Como representar o conhecimento relacionado à computação autonômica no ambiente de tecnologia da informação por meio de uma ontologia? A análise se dará na indústria de *software* paranaense.

Desta questão-chave desdobram-se as seguintes questões específicas:

–Quais os determinantes da área de conhecimento tecnologia da informação?

–Quais os determinantes da área de conhecimento computação autonômica?

–Quais são os referenciais das áreas de conhecimento?

–Como se relacionam os referenciais da computação autonômica ao ambiente de tecnologia da informação?

## 2.2 TERMOS CONSTITUTIVOS

Por determinantes entende-se aquilo que é utilizado como categórico, decisivo, causador ou referência para o assunto abordado.

Por referenciais entende-se aquilo que é utilizado como referência e que também pode ser compreendido no contexto do assunto abordado.

Neste estudo, ontologia será descrita tal como a definição adotada por Noy e McGuinness (2001), que afirmam que ela define um vocabulário comum para pesquisadores que necessitam compartilhar informações em um domínio. Inclui definições de conceitos básicos e a relação entre eles. Ainda, ontologia é uma descrição explícita formal de conceitos em um domínio do discurso (classes algumas

vezes chamadas conceitos), propriedades de cada conceito que descreve várias características e atributos do conceito, (*slots*, algumas vezes chamados papéis ou propriedades) e restrições em *slots* (facets, algumas vezes chamados restrições do papel). Neste estudo, a ONTO ACTI constitui uma base de conhecimento representativa da Computação Autônoma no Ambiente de Tecnologia da Informação.

Por computação autônoma entende-se, em termos gerais, como o paradigma para desenvolvimento de sistemas computacionais capazes de se auto gerenciar, para que possam superar rapidamente a crescente complexidade dos sistemas hoje existentes, no intuito de reduzir a barreira que esta complexidade representa para um maior crescimento do ambiente de tecnologia da informação.

Por ambiente de tecnologia da informação entende-se o conjunto de recursos tecnológicos, computacionais e humanos para geração e uso da informação em uma organização. Compreende o conjunto de recursos dedicados ao armazenamento, processamento e comunicação da informação, bem como o modo como esses recursos estão organizados em sistemas capazes de executar um conjunto de tarefas. O ambiente de TI não se restringe a equipamentos (*hardware*), programas (*software*) e comunicação de dados. Existem tecnologias relativas ao planejamento de informática, ao desenvolvimento de sistemas, ao suporte ao *software*, aos processos de produção e operação, ao suporte de *hardware* e existem pessoas envolvidas em todas estas atividades.

### 2.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa cumprem o dever de responder às questões fixadas no cumprimento das etapas da pesquisa desde a estruturação do estudo até a conclusão. Para tanto, os objetivos podem ser subdivididos em: objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

### 2.3.1 Objetivo Geral

A questão-chave será respondida assumindo-se o seguinte objetivo geral:

Propor uma ontologia para representar a computação autônoma no ambiente de tecnologia da informação.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos apresentam um caráter mais concreto e minucioso, indicam ações passíveis de mensuração, permitindo alcançar o objetivo geral. Desta forma temos:

1) Para responder à questão específica: Quais os determinantes da computação autônoma e do ambiente de tecnologia da informação?

Foram fixados os seguintes objetivos específicos:

- a) Revisar as bibliografias de Computação Autônoma e de Tecnologia da Informação;
- b) Identificar os determinantes da Computação Autônoma e do ambiente de Tecnologia da Informação;
- c) Confirmar os determinantes.

2) Para responder à questão específica: Quais são os referenciais das duas áreas de conhecimento?

Foram fixados os seguintes objetivos específicos:

- d) Definir os referenciais da Computação Autônoma e do ambiente de Tecnologia da Informação;
- e) Consolidar os referenciais.

3) Para responder à questão específica: Como se relacionam os referenciais da computação autônoma ao ambiente de tecnologia da informação?

Foram fixados os seguintes objetivos específicos:

- f) Identificar classes, atributos e operações da Computação Autônoma no ambiente de Tecnologia da Informação;

g) Construir a ontologia que represente aspectos relevantes à computação autônoma no ambiente de tecnologia da informação, aqui denominada ONTO ACTI.

Considerando os objetivos da pesquisa assim fixados, apresenta-se o encadeamento lógico da dissertação, conforme apresentado na Figura 1.

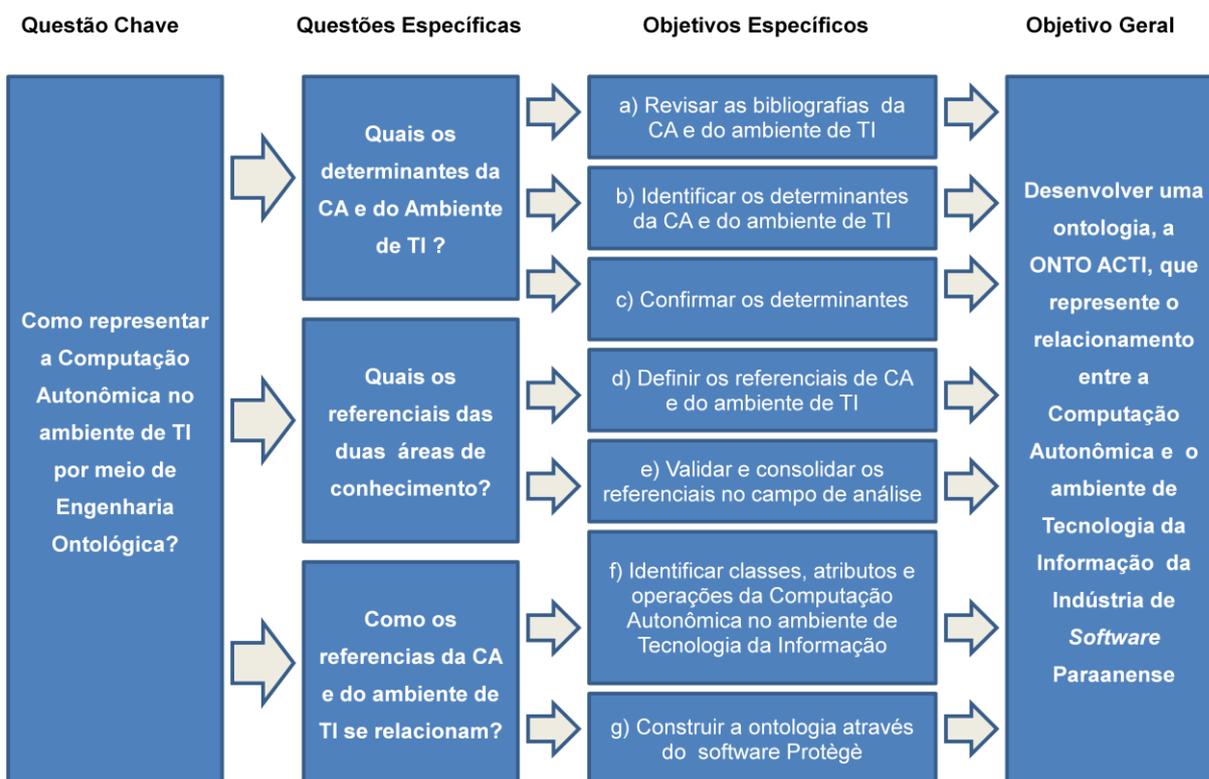


Figura 1 - Estruturação da Pesquisa

### 2.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A pesquisa está principalmente focada na intersecção de duas áreas de conhecimento: a computação autônoma e o ambiente de tecnologia da informação. Como o conceito e o uso da computação autônoma faz parte do ambiente de tecnologia da informação de uma organização, tornando este ambiente mais especializado e específico, podem-se representar as áreas de conhecimento envolvidas na pesquisa conforme a Figura 2.

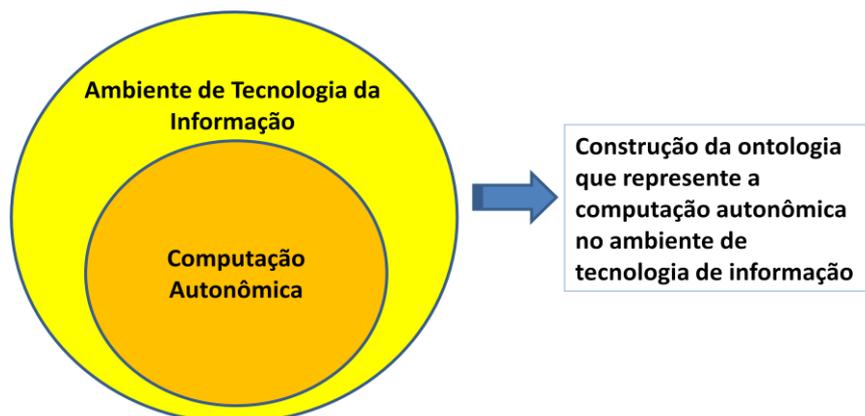


Figura 2 – Áreas de conhecimento envolvidas na pesquisa

## 2.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste item do estudo busca-se explicar a construção da Estratégia de Pesquisa, ou seja, definir os passos desenvolvidos para alcançar os objetivos propostos para cada etapa da dissertação. A metodologia de pesquisa, desenvolvida para este estudo, é suportada por duas abordagens principais que são a tradicional e a visão da engenharia ontológica.

A base teórica confirma a possibilidade da utilização das abordagens tradicionais de pesquisa e a Engenharia Ontológica como meio para suportar a Estratégia de Pesquisa da dissertação. É possível verificar uma complementaridade metodológica entre ambas, pois a primeira permite a coleta e o tratamento dos dados; a segunda permite a validação dos referenciais e a representação do conhecimento que se busca.

O entendimento de Engenharia Ontológica passa necessariamente pelo entendimento do que é ontologia. ALMEIDA e BAX (2003), afirmam que nos últimos anos, a utilização de ontologias para a organização de conceitos tem sido amplamente citada. Por esta razão eles acreditam que o uso das ontologias seja uma opção para caracterizar e relacionar entidades em um domínio, representando desta forma o conhecimento nele contido. Várias são as definições encontradas na literatura, algumas das quais citadas na seqüência.

Para GUARINO e WELTY (1998), em sentido filosófico, uma ontologia é uma disciplina que se preocupa com a estrutura das coisas, objetos e propriedades, e outros aspectos da realidade, por outro lado, em Inteligência Artificial, uma ontologia

refere-se à representação de um conhecimento por meio da engenharia e vocabulários específicos usados para descrever uma realidade.

ALMEIDA (2003) apresenta uma definição de ontologia simples e completa, na qual ele define: “uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”.

Ontologia segundo SANTOS *et al.* (2001), basicamente, é o vocabulário usado para representar um certo domínio do conhecimento e a conceitualização que estes termos pretendem capturar. Os autores argumentam que o processo de conceitualização implica definir um corpo de conhecimento, representado formalmente, que seja baseado nos seguintes elementos: objetos, entidades, relações entre objetos e entre conceitos.

NOY e MCGUINNESS (2001) afirmam que uma ontologia define um vocabulário comum para pesquisadores que necessitam compartilhar informações em um domínio. Inclui definições de conceitos básicos e a relação entre eles. Ainda, ontologia é uma descrição explícita formal de conceitos em um domínio do discurso (classes algumas vezes chamadas conceitos), propriedades de cada conceito que descreve várias características e atributos do conceito, (*slots* algumas vezes chamados papéis ou propriedades) e restrições em *slots* (*facets* algumas vezes chamados restrições do papel). Uma ontologia, junto com um conjunto de exemplos de classes individuais, constitui uma base de conhecimento.

Para que se consolidem os determinantes objetivando a construção de uma ontologia, será analisado o resultado de um questionário realizado com algumas indústrias de *software* do estado do Paraná. HAIR (2005) afirma que um questionário é um conjunto predeterminado de perguntas criadas para coletar dados dos respondentes. É um instrumento cientificamente desenvolvido para medir características importantes de indivíduos, empresas, eventos e de outros fenômenos e, portanto, será utilizado para esta finalidade.

#### **2.4.1 Classificação da pesquisa**

Considerando a natureza do problema proposto, que se refere a como representar a Computação Autônoma no ambiente de tecnologia da informação e

com base nas considerações até aqui apresentadas, a classificação definida para esta pesquisa foi estabelecida utilizando-se os conceitos apresentados por CRUZ e RIBEIRO (2004), como segue:

- a) quanto à natureza: é pesquisa aplicada, pois tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos; envolve verdades e interesses locais;
- b) quanto à forma de abordagem: é pesquisa qualitativa à medida que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito; o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave;
- c) quanto aos objetivos: é pesquisa exploratória, pois se pretende possibilitar maior familiaridade com um problema pouco explorado e também descrever as características da Computação Autônoma, bem como analisar suas conseqüências e necessidades;
- d) quanto ao método científico: é essencialmente dedutivo para definição dos determinantes e referenciais das áreas Computação Autônoma e Tecnologia da Informação;
- e) quanto aos procedimentos técnicos: foram utilizadas principalmente técnicas oriundas da Engenharia Ontológica, com ênfase no levantamento bibliográfico e levantamento documental para a coleta de dados.

#### **2.4.2. Estratégia de pesquisa**

A Figura 3 representa de forma explícita as fases da estratégia de pesquisa deste trabalho, associando aos objetivos a serem alcançados em cada fase.

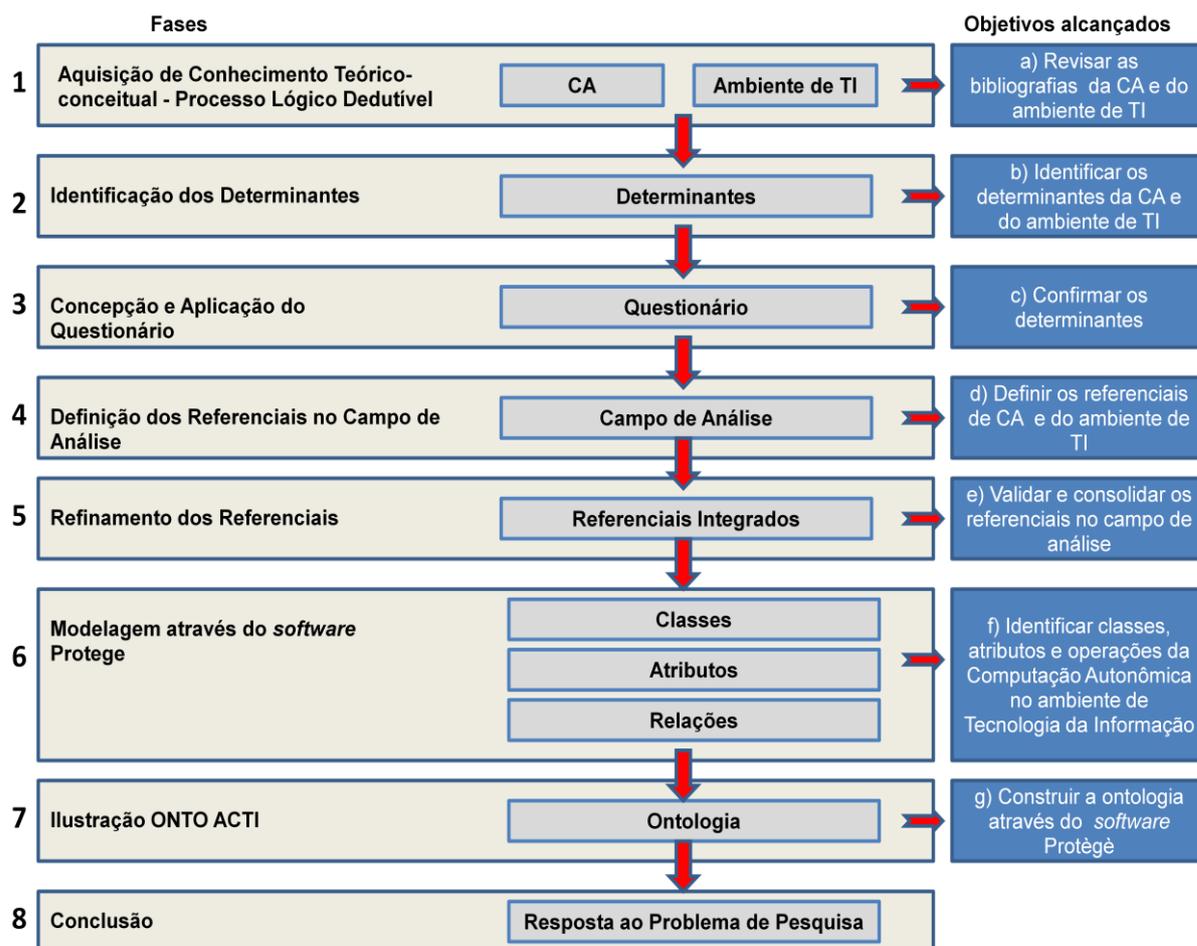


Figura 3 - Estratégia de pesquisa

A Figura 3 ilustra as etapas do desenvolvimento da pesquisa, explicitadas abaixo:

- a) O problema de pesquisa como motivador do estudo sendo considerado o ponto inicial à parte da metodologia;
- b) Fase 1: trata-se de pesquisa com a aquisição do conhecimento por meio de levantamento bibliográfico das áreas: Computação Autônoma e Ambiente de TI, tratando-se portanto de abordagem tradicional.
- c) Fase 2: em conjunto com a Fase 1, durante o levantamento bibliográfico, são extraídos os determinantes de ambas as áreas de conhecimento, considerando-se a abordagem tradicional.
- e) Fase 3: concepção e aplicação do questionário para verificação de coerência dos determinantes. O questionário é concebido observando estritamente os determinantes da fase anterior. Foram enviados dois questionários, relacionados ao ambiente de tecnologia da informação e à computação autônoma, a dez membros de organizações do setor público e

privado situadas no estado do Paraná, atuantes no ambiente de tecnologia da informação destas empresas. A seleção dos atores seguiu critérios de amostragem quanto à representatividade das empresas, e primou por selecionar entrevistados com muitos anos de vivência na área e profundos conhecimentos e experiência no setor. Através da aplicação dos mesmos pode-se efetuar a confirmação dos determinantes.

d) Fase 4: visa à determinação dos referenciais no campo de análise. Uma vez determinada a coerência dos determinantes esta fase visa a identificação dos referenciais.

e) Fase 5: realiza-se a análise e consolidação dos referenciais através da abordagem tradicional.

f) Fase 6: promove-se o desenvolvimento da ontologia utilizando a lista de termos extraída dos referenciais, utilizando a engenharia ontológica.

h) Fase 7: após o término das fases anteriores será possível seguir para a fase de conclusão e resposta ao problema de pesquisa, tendo, portanto, evidenciado a abordagem tradicional e engenharia ontológica, com a construção da ONTO ACTI.

i) Fase 8: após o término das fases anteriores será possível concluir o trabalho.

Cabe ressaltar que a sequência das fases observa essencialmente um processo lógico dedutível para a concepção da ontologia. De fato, parte-se dos conceitos mais genéricos encontrados na literatura e obtêm-se os determinantes, que caracterizam os conceitos específicos que serão tratados na pesquisa. Uma vez verificada a coerência dos determinantes, busca-se identificar os referenciais que caracterizam uma primeira etapa para representação do conhecimento, ou seja, estruturas próximas ao modelo computacional utilizado para representar a ontologia na sequência. Os referenciais são então desdobrados em classes, atributos e relacionamentos, constituindo a ontologia denominada ONTO ACTI.

### 3 ENGENHARIA ONTOLÓGICA

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE ONTOLOGIA

Considerando o papel complementar da Engenharia Ontológica na definição da Estratégia de Pesquisa adotada na dissertação, faz-se necessário a revisão de algumas definições introdutórias a este respeito.

Há um certo número de áreas da computação dispendo do uso de ontologias: representação do conhecimento, os conhecimentos de domínio de engenharia, modelagem qualitativa, a linguagem de engenharia, design de dados, recuperação de informação e de extração, e os conhecimentos de gestão e organização (McGUINNESS, 2001).

Em Inteligência Artificial, o termo "ontologia" em parte pode vir a significar uma das duas coisas (CHANDRASEKARAN *et al.*, 1999):

- uma representação do vocabulário, muitas vezes especializado para cerca de domínio ou matéria;
- um conjunto de conhecimentos descrevendo algum domínio particular, utilizando um vocabulário de representação.

Há muitas definições do conceito de ontologia em TI e na informática em geral. Um dos mais citados é o seguinte:

A ontologia é uma especificação de uma conceitualização. Neste caso, conceitualização, em um resumo, seria um ponto de vista simplificado do mundo. Se a base de conhecimento de um sistema inteligente é o de representar o mundo por algum efeito, então ele deve ser convertido a uma certa conceitualização, explícita ou implicitamente. Isto é, cada corpo de conhecimento formalmente representado é baseado em uma conceitualização. Esta, por sua vez, é baseada nos conceitos, objetos e outras entidades que partem do princípio de que existem em uma área de interesse, e das relações que existem entre eles. Isto também esclarece o significado da expressão "mundo" - na prática, "mundo" realmente se refere a algum fenômeno no mundo, ou a algum tema (ou temas), ou a alguma área temática (GRUBER, 1995).

A outra parte da definição acima - especificação - significa uma representação formal e declarativa. Na estrutura de dados que representa a ontologia, os tipos de conceitos utilizados e as limitações ao seu uso são declarados de forma explícita, e utilizando uma linguagem formal. A representação formal implica que uma ontologia deve ser legível por máquina. No entanto, uma ontologia não é "ativo"; não se pode correr como um programa. Ela representa de forma declarativa alguns conhecimentos a serem utilizados pelos programas.

As ontologias podem ainda ser vistas como o estudo da organização e da natureza do mundo, independentemente da forma do nosso conhecimento sobre o assunto (GUARINO, 1995). Guarino aprimora a definição acima com a noção de uma ontologia formal, a teoria de distinções a priori entre as entidades do mundo (objetos físicos, eventos, as regiões, as quantidades de matéria, etc), bem como entre o nível de meta - categorias utilizadas para modelar o mundo (conceitos, características, qualidades, estados, papéis, peças). Os papéis fundamentais são jogados em ontologia formal por parte da teoria das relações de todo e topologia (a teoria da relação de conexão).

Para GUARINO e WELTY (1998), em sentido filosófico, uma ontologia é uma disciplina que se preocupa com a estrutura das coisas, objetos e propriedades e outros aspectos da realidade; por outro lado, em Inteligência Artificial, uma ontologia refere-se à representação de um conhecimento por meio da engenharia e vocabulários específicos usados para descrever uma realidade.

Ontologia é um conjunto de termos, incluindo o vocabulário, a semântica, suas interligações, e algumas regras simples de inferência e lógica para alguns temas específicos (HENDLER, 2001). As partes importantes na definição do Hendler são as interligações e semântica e inferência lógica. Diz que uma ontologia especifica o significado das relações entre os conceitos utilizados. Além disso, ela pode ser interpretada como uma sugestão de que eles próprios estão interligando ontologias bem como, por exemplo, as ontologias de "mão" e de "braço" podem ser construídas de forma a serem logicamente, semanticamente e formalmente interligados.

Swartout e Tate (1999) oferecem uma definição extremamente útil para a compreensão da definição de uma ontologia:

Ontologia é a estrutura básica ou armação em torno de uma base de conhecimento que pode ser construída (SWARTOUT e TATE, 1999).

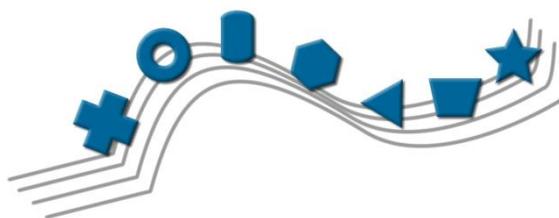


Figura 4 - Ilustração da definição de Swart e Tate (1999) para ontologia.  
Fonte: Adaptado de Dietz (2006).

Tal como uma armadura, em concreto, uma ontologia deve proporcionar um firme e estável "esqueleto" de conhecimento para que ali se devam ter outros conhecimentos.

Kalfoglou (2002) salienta uma outra questão importante relacionada com ontologias: Uma ontologia é uma representação simbólica de uma compreensão partilhada dos conceitos importantes em alguns domínios de interesse.

A palavra partilhada aqui indica que uma ontologia capta alguns conhecimentos consensuais. Desta forma, uma ontologia transmite um entendimento compartilhado de um domínio que está acordado entre um número de indivíduos ou agentes. Tal acordo facilita a comunicação precisa e eficaz de sentido. Este, por sua vez, abre a possibilidade para a partilha de conhecimentos e de reutilização, o que permite a interoperabilidade semântica entre agentes inteligentes e aplicações.

Almeida e Bax (2003) observam que uma ontologia é criada por especialistas e define as regras que regulam a combinação entre temas e relações em um domínio do conhecimento. Definir ontologias é "classificar em categorias aquilo que existe em um mesmo domínio do conhecimento".

Para Almeida *et al.* (2005), uma ontologia é uma estrutura de organização do conhecimento que apresenta algumas inovações em relação ao "*thesaurus*" tradicional, dentre elas algumas que permitem inferências automáticas, que podem ser úteis para a manutenção da estrutura em um domínio complexo.

Uma ontologia é um catálogo de tipos de coisas, as quais se assumem existir em um domínio de interesse, na perspectiva de uma pessoa que usa uma linguagem (SOWA, 1999).

Ontologia segundo Santos *et al.* (2001), basicamente, é o vocabulário usado para representar um certo domínio do conhecimento e a conceitualização que estes termos pretendem capturar. Os autores argumentam que o processo de conceitualização implica definir um corpo de conhecimento, representado

formalmente, que seja baseado nos seguintes elementos: objetos, entidades, relações entre objetos e entre conceitos.

Conforme citado anteriormente, de acordo com Gruber (1995), a ontologia é uma especificação explícita dos objetos, conceitos e outras entidades que assumam que existem em outras áreas de interesse, além das relações entre esses conceitos e restrições expressadas por meio de axiomas.

Para Gruber (1995), os componentes básicos de uma ontologia são as classes, as quais são organizadas em uma taxonomia, as relações que representam a interação entre os conceitos, os axiomas que representam sentenças verdadeiras, e as instâncias que representam dados.

De acordo com Duarte e Falbo (2000), uma ontologia pode ser desenvolvida para diversos fins, mas, de modo geral, os seguintes propósitos são atingidos: ajuda as pessoas a compreender melhor uma certa área de conhecimento; ajuda as pessoas a atingir um consenso sobre uma área de conhecimento; ajuda outras pessoas a compreender uma certa área de conhecimento.

Noy e McGuinness (2001) afirmam que uma ontologia define um vocabulário comum para pesquisadores que necessitam compartilhar as informações em um domínio e inclui definições de conceitos básicos e a relação entre eles. Ainda, ontologia é uma descrição explícita formal de conceitos em um domínio do discurso (classes algumas vezes chamadas conceitos), propriedades de cada conceito que descreve várias características e atributos do conceito, (*slots*, algumas vezes chamados papéis ou propriedades) e restrições em *slots* (*facets*, algumas vezes chamados restrições do papel). Uma ontologia junto com um conjunto de exemplos de classes individuais constitui uma base de conhecimento.

Para Noy e McGuinness (2001) existem algumas razões do porquê algumas pessoas querem desenvolver uma ontologia. São elas:

- a) compartilhar a mesma estrutura de informação entre pessoas e agentes de *software*;
- b) permitir o reuso do conhecimento do domínio;
- c) separar o conhecimento do domínio do conhecimento operacional; e
- d) analisar o conhecimento do domínio.

Desta forma, faz-se também necessário classificar a ontologia a ser obtida quanto aos diferentes tipos existentes.

### 3.2 TIPOS DE ONTOLOGIAS

Almeida e Bax (2003) mencionam que as ontologias não têm sempre a mesma estrutura, mas algumas características e componentes estão presentes na maioria delas. Adicionalmente, apresentam uma síntese dos tipos de ontologia e sua descrição, os quais são apresentados no Quadro 1.

ABORDAGEM	CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Quanto à função Mizoguchi, Vanwellkenhuysen e Ikeda (1995)	Ontologia de domínio	Reutilizável no domínio, fornece vocabulário sobre conceitos, seus relacionamentos, sobre atividades e regras que os governam
	ontologia de tarefa	Fornecer um vocabulário sistematizado de termos, especificando tarefas que podem ou não estar no mesmo domínio.
	ontologias gerais	Inclui um vocabulário relacionado a coisas, eventos, tempo, espaço, casualidade, comportamento, funções etc.
Quanto ao grau de formalismo Uschold e Gruninger (1996)	ontologia altamente informal	Expressa livremente em linguagem natural
	ontologia semi-informal	Expressa em linguagem natural de forma restrita e estruturada
	ontologia semi-formal	Expressa em uma linguagem artificial definida formalmente
	ontologia rigorosamente formal	Os termos são definidos com semântica formal, teoremas e provas
Quanto à aplicação	ontologia de autoria neutra	Um aplicativo é escrito em uma única língua e depois convertido para uso em diversos sistemas, reutilizando-se as informações.
	ontologia como especificação	Cria-se uma ontologia para um domínio, a qual é usada para documentação e manutenção do desenvolvimento de <i>softwares</i> .
	ontologia de acesso comum à informação	Quando o vocabulário é inacessível, a ontologia torna a informação inteligível, proporcionando conhecimento compartilhado dos termos.
Quanto à estrutura Haav e Lubi (2001)	ontologia de alto nível	Descreve conceitos gerais relacionados a todos os elementos da ontologia (espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação etc.) os quais são independentes do problema ou domínio.
	ontologia de domínio	Descreve um vocabulário relacionado a um domínio, como por exemplo, medicina ou automóveis.
	ontologia de tarefas	Descreve uma tarefa ou atividade, como por exemplo, diagnósticos ou compras, mediante inserção de termos especializados em ontologia
Quanto ao conteúdo	ontologia terminológica	Especifica termos que serão usados para representar o conhecimento em um domínio (por exemplo, os léxicos).
	ontologia de informação	Especifica a estrutura de registros de bancos de dados (por exemplo, os esquemas de bancos de dados).

	ontologia de modelagem do conhecimento	Especifica conceitualização do conhecimento, tem uma estrutura interna semanticamente rica e são refinadas para uso no domínio do conhecimento que descreve.
	ontologia de aplicação	Contém as definições necessárias para modelar o conhecimento em uma aplicação.
	ontologia de domínio	Expressa a conceitualização que é específica para um determinado domínio do conhecimento.
	ontologias genéricas	Similar à ontologia de domínio, mas os conceitos que a definem são considerados genéricos e comuns a vários campos.
	ontologia de representação	Explica as conceitualizações que estão por trás do formalismo de representação do conhecimento.

Quadro 1 – Tipos de Ontologia.

Fonte: Almeida e Bax (2003).

Faz-se necessário ressaltar que, embora haja diversos tipos de ontologia, apenas aquelas destacadas no Quadro 1 foram escolhidas. Esta classificação está orientada pelo fato da ontologia proposta nesta dissertação buscar a representação de um domínio de conhecimento.

### 3.3 ENGENHARIA ONTOLÓGICA

Russel e Norvig (1995) mencionam que a Engenharia Ontológica incorpora decisões sobre como representar uma ampla seleção de objetos e relações. Isto é decodificado dentro de uma ordem lógica. Uma ontologia geral é mais que uma demanda de construção, uma vez construída tem vantagens além de finalidades especiais da ontologia. O entendimento de Engenharia Ontológica passa necessariamente pelo entendimento do que é ontologia. Almeida e Bax (2003), afirmam que a utilização de ontologias para a organização de conceitos tem sido amplamente citada. Por esta razão eles acreditam que o uso das ontologias seja uma opção para caracterizar e relacionar entidades em um domínio, representando desta forma o conhecimento nele contido.

### 3.3.1 Construção da ontologia

O presente trabalho assume em particular a abordagem de Noy e McGuinness para construção de ontologias. Noy e McGuinness (2001) apresentam algumas regras para tal:

Não há um modelo correto – existem sempre alternativas viáveis. A melhor solução sempre depende da aplicação e extensão que se pretende para a ontologia;

Desenvolvimento de ontologia é sempre um processo iterativo;

Conceitos em ontologia deveriam ser próximos para objetos (físicos ou lógicos) e relacionamentos em seu domínio de interesse. Estes são na maioria substantivos (objetos) ou verbos (relacionamentos) em sentenças que descrevem seu domínio.

Noy e McGuinness (2001), ainda sugerem as seguintes etapas para a construção de ontologias:

- determinar o domínio e escopo da ontologia;
- considerar o reuso de ontologias existentes;
- enumerar termos importantes na ontologia;
- definir as classes e a hierarquia de classes;
- definir as propriedades de classes-*slots*;
- definir as facetas dos *slots*;
- definir instâncias.

Analisa-se a seguir cada uma destas etapas para construção de uma ontologia.

#### **Etapas: Determinar o domínio e do escopo da ontologia**

O desenvolvimento inicia-se pela definição do domínio e escopo, respondendo às questões de competência em relação ao tema estudado. Uma das maneiras de se determinar o escopo da ontologia é elaborar uma lista de perguntas que uma base de conhecimento deve ser capaz de responder. Estas questões são denominadas questões de competência:

- a) Qual é o domínio que a ontologia cobrirá?
- b) Qual a finalidade que estamos usando a ontologia?

- c) Quais respostas às informações da ontologia devem trazer?
- d) Quem usará e manterá a ontologia?

### **Etapa: Considerar o reuso de ontologias existentes**

É importante nesta fase a verificação de ontologias já existentes no domínio de conhecimento. A reutilização de ontologias existentes pode ser um requisito se o sistema necessitar interagir com outras aplicações que já tenham sido consideradas por ontologias particulares ou vocabulários controlados. Muitas ontologias já estão disponíveis em formato eletrônico, via Internet e outros meios, e podem ser importadas para o ambiente de desenvolvimento que está sendo estudado, analisado e utilizado.

Visando evitar a construção de uma ontologia de forma repetida ou então no intuito de aproveitar as bases conceituais de uma ontologia existente, deve-se realizar uma pesquisa para verificação da existência de ontologias já construídas nos domínios que estão sendo estudados.

### **Etapa: Enumerar termos importantes na ontologia**

Nesta fase deve-se escrever uma lista de todos os termos que necessitam de definições ou explicações para os usuários. A construção da ontologia também mostra a necessidade de que exista uma relação entre os termos encontrados com suas propriedades, ou seja, estas propriedades devem responder a seguinte pergunta: O que gostaríamos que a ontologia respondesse sobre estes termos?

### **Etapa: Definir classes e a hierarquia das classes**

A definição de classes e hierarquias pode ser efetivada: por combinação, de cima para baixo ou de baixo para cima ou por combinação. Um processo de desenvolvimento de cima para baixo começa com a definição da maioria dos conceitos gerais no domínio e as especializações subsequentes dos conceitos, podem-se criar classes gerais de conceitos e então especializam-se em sub-classes categorizando-as.

Já um processo de desenvolvimento de baixo para cima começa com a definição da maioria das classes mais específicas, que partem da hierarquia, com subsequente agrupamento destas classes em conceitos mais gerais.

De outra forma, um processo de desenvolvimento por combinação cima para baixo e baixo para cima inicia-se primeiro pela definição dos conceitos mais salientes e então se generaliza e especializa-se apropriadamente. Pode-se começar por poucos conceitos de alto nível e poucos conceitos específicos e então relacioná-los com conceitos de nível médio.

Não existe algum dos três métodos acima descritos que possa ser considerado como sendo o melhor. Depende do ponto de vista de quem vai desenvolver a ontologia e a visão que se tem do domínio. Nesta etapa deve ocorrer uma seleção dos conceitos listados anteriormente.

Os conceitos selecionados são as classes da ontologia e orientam a hierarquia. De acordo com Booch, Rumbauch e Jacobson (2000), uma classe é uma descrição de um conjunto de objetos que compartilham os mesmos atributos, operações, relacionamentos e semântica. Os autores explicam que as classes são utilizadas para capturar o vocabulário do sistema que está em desenvolvimento. Um exemplo de classe pode ser a construção de uma casa: as janelas seriam uma classe, modelo, tamanho e cor seriam considerados atributos destas classes.

Outro termo importante na construção da ontologia é a instância que segundo Booch, Rumbauch e Jacobson (2000), é a manifestação concreta de uma abstração à qual um conjunto de operações pode ser aplicado e que tem um estado capaz de armazenar os efeitos da operação.

De acordo com Almeida (2003), com a lista de conceitos identificada, as classes são criadas através de agrupamentos semânticos dos conceitos existentes, entretanto, apenas classes não possibilitam a construção da ontologia, é preciso definir as propriedades das classes, atributos e operações. Neste caso, os conceitos excedentes, após a definição das classes, podem ser propriedades das classes, normalmente estes termos são, em geral, chamados de relações (*slots*).

### **Etapa: Definir as propriedades das classes – *Slots* ou atributos**

Esta etapa também define atributos das classes e visa a estruturação interna dos conceitos necessários para satisfazer os requisitos de informação do cenário em

desenvolvimento. Novamente Booch, Rumbaugh e Jacobson (2000), definem atributo como sendo uma propriedade nomeada de uma classe que descreve um intervalo de valores que as instâncias da propriedade podem apresentar. Uma classe pode ter qualquer número de atributos ou nenhum atributo. Para cada atributo de uma lista, deve-se determinar a que classe o mesmo pertence.

Estes atributos anexam-se à classe. Em geral existem diversos objetos de propriedades que podem se tornar atributos em uma ontologia: propriedades intrínsecas, propriedades extrínsecas e peças. Se o objeto está estruturado, estas peças podem ser físicas e abstratas.

### **Etapa: Definir as *facet*s (propriedades) dos atributos**

Esta fase corresponde à definição dos *facet*s ou propriedades dos atributos que podem ser: tipo de valor, valores permitidos, número de valores (cardinalidade), e características que os valores do atributo pode assumir. Alguns exemplos destas características são:

- a) cardinalidade – define quantos valores um atributo pode ter: valores múltiplos ou apenas um único valor;
- b) atributo tipo valor – descreve que tipo de valores pode completar o atributo; tais como: nome;
- c) número – descreve algumas coisas mais específicas, tais como valores numéricos (por exemplo preço);
- d) boolean – são simples atributos de verdadeiro ou falso;
- e) enumerado - especifica uma lista de valores permitidos para os *slots* (por exemplo forte, moderado e fraco);
- f) tipo exemplo - permitem definição de relacionamentos entre os indivíduos.

### **Etapa: Definir as instâncias**

Nesta última etapa, criam-se as instâncias exemplos de hierarquia de classes individuais. Definir um exemplo de classe individual requer (i) escolher a classe, (ii) criar um exemplo individual daquela classe, e (iii) completar os valores dos atributos.

Outra fase importante da construção da ontologia é a identificação de operações. Segundo Booch, Rumbauch e Jacobson (2000), é a implementação de um serviço que pode ser solicitado por algum objeto da classe para modificar o comportamento. Uma operação é uma abstração de algo que pode ser feito com um objeto e que é compartilhado por todos os objetos da classe. Pelas operações os objetos podem ser movidos, redimensionados ou ter suas propriedades examinadas.

### 3.3.2 Ferramentas para a construção da ontologia

A fim de complementar o roteiro das fases propostas para a construção da ontologia é importante apresentar algumas ferramentas sugeridas por Almeida, Moura, Cardoso e Cendon (2005), conforme definido no Quadro 2.

FERRAMENTAS	BREVE DESCRIÇÃO
CODE4 ( <i>Conceptually Oriented Description Environment</i> )	Ferramenta de propósito geral que possui diferentes modos de herança e inferência, uma interface gráfica de fácil uso, um modo de hipertexto para navegação e utilitários para leitura de documentos e gerenciamento léxico.
VOID	Ambiente para navegação, edição e gerenciamento de ontologias. Através de simulações, possibilita o estudo de questões teóricas como: organização de bibliotecas de ontologias e tradução entre diferentes.
IKARUS ( <i>Intelligente Knowledge Acquisition and Retrieval Universal System</i> )	Explora as capacidades cooperativas do ambiente Web. Utiliza uma representação hierárquica gráfica que permite herança múltipla. As declarações que contêm a informação são representadas como predicados com sintaxe e semântica definidos.
OntoEdit	É um ambiente gráfico para edição de ontologias, que permite inspeção, navegação, codificação e alteração de ontologias. O modelo conceitual é armazenado usando um modelo de ontologia que pode ser mapeado em diferentes linguagens de representação. As ontologias são armazenadas em bancos relacionais e podem ser implementadas em XML, Flogic, RDF(S) e DAML+OIL.
Ontolingua	Conjunto de serviços que possibilitam a construção de ontologias compartilhadas entre grupos. Permite acesso a uma biblioteca de ontologias, tradutores para linguagens e um editor para criar e navegar pela ontologia. Editores remotos podem editar ontologias usando protocolos.
Ontosaurus	Consiste de um servidor de ontologias que usa o LOOM para representação do conhecimento e um servidor de navegação por ontologias que cria páginas HTML dinamicamente e apresenta a hierarquia da ontologia.
GKB-Editor ( <i>Generic Knowledge Base Editor</i> )	Ferramenta para navegação e edição de ontologias através de sistemas de representação baseados em frames. Oferece interface gráfica, onde os usuários podem editar diretamente a

	base de conhecimento e selecionar a parte que é de seu interesse.
APECKS ( <i>Adaptive Presentation Environment for Collaborative Knowledge Structuring</i> )	É um servidor de ontologias que permite trabalho cooperativo através da criação de ontologias pessoais pelos usuários. Estas ontologias podem ser comparadas com outras e é possível a discussão sobre as diferenças e similaridades entre elas.
Protégé2000	É um ambiente interativo para projeto de ontologias, de código aberto, que oferece uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitetura para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. A arquitetura é modulada e permite a inserção de novos recursos.
WebODE	Ambiente de engenharia ontológica que dá suporte à maioria das atividades de desenvolvimento de ontologias. A integração com outros sistemas é possível, importando e exportando ontologias de linguagem de marcação.
EbOnto	Ferramenta que possibilita a navegação, criação e edição de ontologias, representadas na linguagem de modelagem OCML. Permite o gerenciamento de ontologias por interface gráfica, inspeção de elementos, verificação da consistência da herança e trabalho cooperativo. Possui uma biblioteca com mais de cem ontologias.
<i>Ontomarkup Annotation Tool</i>	Ferramenta baseada em ontologias incorpora informações semânticas em documentos através de anotações. Contém um componente de marcação que permite a navegação e a marcação de partes relevantes, um componente que aprende regras a partir de exemplos e um componente de extração da informação.
Text-to-onto	Proporciona um ambiente para o aprendizado e construção de ontologias a partir de textos. Os textos podem ser em linguagem natural ou formatados em HTML. O sistema é composto por um módulo de gerenciamento de textos e um extrator de informações. Os resultados são armazenados em XML.
UML	UML- Linguagem Unificada de Modelagem. É uma linguagem gráfica para visualização, especificação, construção e documentação de sistemas complexos de software.

Quadro 2 – Ferramentas para a Construção de Ontologias.

Fonte: Almeida *et al.* (2005).

Conforme mostrado no Quadro 2, será utilizada a ferramenta Protégé para construção da ontologia proposta neste trabalho.

O Protégé foi inicialmente desenvolvido na Universidade de Stanford e tem evoluído bastante desde que foi construído por Mark Musen em 1987. A ferramenta original era uma pequena aplicação, com o objetivo de construir ferramentas de aquisição de conhecimento para alguns programas específicos, de planejamento médico. Desta ferramenta original, o Protégé evoluiu para plataforma para o desenvolvimento e investigação de sistemas baseados no conhecimento (STANFORD, 2007).

Atualmente o Protégé é um editor de ontologias e de conhecimentos gratuito e Open Source, que suporta duas maneiras principais de modelar as ontologias:

através do editor do Protégé-Frames e através do editor Protégé-OWL. As ontologias do Protégé podem ser exportadas para uma variedade de formatos incluindo RDF(S), OWL, e XML schema.

O Protégé é baseado em Java, é expansível e fornece um ambiente relativamente simples de se utilizar o que faz dele uma base flexível para uma rápida prototipagem e desenvolvimento de aplicações. A versão atual roda numa variedade de plataformas, suporta extensões/interfaces adaptáveis pelos utilizadores, incorpora o modelo de conhecimento *Open Knowledge Base Connectivity* (OKBC).

O Protégé é ainda suportado por uma comunidade forte de colaboradores e universitários, governo e utilizadores corporativos, que o utilizam para soluções de conhecimento em áreas tão diversas quanto a biomedicina, pesquisa de conhecimento e modelação corporativa e, por estas razões, foi escolhido para a representação da ontologia proposta.

Para a representação gráfica da ontologia, seus subsistemas, classes e relacionamentos, optou-se por utilizar a ferramenta JUDE (2007), também gratuita e de fácil utilização, em virtude do Protégé não fornecer uma maneira de visualizar estes itens graficamente.

## **4 IDENTIFICAÇÃO DOS DETERMINANTES DO AMBIENTE DE TI**

### **4.1 O AMBIENTE DE TI**

Para que se possa compreender como surgiu a idéia de se utilizar conceitos autonômicos na ciência da computação, é pertinente que se faça um breve histórico dos sistemas anteriormente existentes, ou melhor, do ambiente de tecnologia da informação no decorrer dos tempos (KURZWEIL, 2000).

Já na década de 40, em plena segunda Guerra Mundial, havia a necessidade do avanço tecnológico para fornecer mais instrumentos para o combate bélico. O dinheiro de pesquisas científicas estava à disposição dos cientistas que se preocupavam em desenvolver mecanismos para a morte em massa, de modo a fazer com que a guerra fosse ganha pelo poder tecnológico. A maior arma idealizada

na época (que matava mais gente em menos tempo) era a bomba atômica, mas para seu desenvolvimento seria necessária uma quantidade gigantesca de cálculos, os quais deveriam ser precisos. Neste contexto, e para que fosse possível o cálculo da bomba atômica, foi desenvolvido o computador. Como diz seu nome, uma máquina de fazer cálculos (cálculos).

Mas não somente para cálculos, o computador foi utilizado também em outros recursos voltados à morte: o planejamento de ações estratégicas de exércitos. Simulações do avanço de tropas eram possíveis informando-se as variáveis envolvidas na ação, permitindo assim a elaboração automática de diversas hipóteses de estratégias. Tal como um jogo de guerra, combinações de possibilidades eram simuladas. Foi então o início dos jogos por computador, utilizados também para situações mais reais além de jogos de dama e xadrez. Eis aí o início da inteligência artificial tradicional, baseada em regras. Por outro lado, havia outro ramo de pesquisas interessado na realização da representação das células nervosas do ser humano no computador, uma vez que o cérebro é formado de neurônios e é ele que realiza o processamento das informações do corpo.

Esta linha de pesquisas motivou o desenvolvimento de uma formalização matemática para o neurônio, estabelecendo o neurônio formal. Esta formalização permitiu a realização de diversas concepções matemáticas sobre a forma de aprendizado dos neurônios, ou seja, como os neurônios armazenam informações. Isso derivou na década seguinte em modelos de redes de neurônios artificiais.

Posteriormente, na década de 50, iniciou-se o estudo, na linha de pesquisa psicológica, da utilização da lógica de estratégia para finalidades matemáticas, como a prova de teoremas. Iniciaram-se também a modelagem através de regras de produção, regras estas baseadas na lógica de predicados.

A introdução da programação através de comandos de lógica de predicados proporcionou um grande avanço para a programação de sistemas que utilizassem esquemas de raciocínio. Daí foi possível o aperfeiçoamento do que já existia: jogos, aplicações matemáticas e simuladores. E o avanço foi tanto que nos anos 60 houve uma euforia diante do potencial tecnológico vislumbrado.

Mas, passando à história da linha biológica, esta década foi de sucesso dada à implementação do primeiro simulador de redes neurais artificiais e do primeiro neuro-computador. A partir do modelo matemático de MacCulloch e Pitts (1943) e da teoria de aprendizado de Donald Hebb (1949), foi possível nesta década a união

desses conhecimentos no modelo de rede neural artificial denominado Perceptron. No início dos anos 60, na linha biológica, prosseguiram os desenvolvimentos de conceitos relativos às redes neurais artificiais com o aprimoramento do modelo Perceptron e o surgimento de uma variante, o Adaline. Ambos utilizavam as mesmas idéias de rede, porém a lógica de aprendizado os diferenciava (KURZWEIL, 2000).

Para a linha psicológica esta década foi a da descoberta da Inteligência Artificial. Utopicamente, os pesquisadores desta linha acreditavam ser possível realizar tarefas humanas, tais como o pensamento e a compreensão da linguagem, através do computador. Realmente acreditava-se ser possível a reprodução pura e simplesmente do raciocínio humano no computador.

Neste sentido, foi tentada a interpretação da linguagem no computador, tal como compreendida pelo ser humano. No ímpeto da racionalização imposta pelo desenvolvimento de suas pesquisas, acreditaram que apenas através do raciocínio seria possível a interpretação da linguagem. Obviamente a linguagem humana não é fruto apenas da razão, mas de todo o aparato sensorial e lógico do ser humano.

Por outro lado, em 1969, Marvin Minsky e Sigmour Papert publicaram um livro denominado Perceptrons, o qual se destinava a ridicularizar as pesquisas em torno das redes neurais artificiais. Os autores sustentavam a hipótese de que os modelos apresentados não tinham sustentação matemática para terem credibilidade. Tiveram êxito na sua empreitada, levando ao ostracismo os pesquisadores da linha biológica.

Chegando aos anos 70, notamos que, para a linha biológica, esta foi uma década negra. Apesar disso, houve pesquisadores que, por outros caminhos, chegaram a novas concepções de redes neurais artificiais. Estas concepções analisavam o aprendizado de informações como sendo fruto de uma união das potencialidades de redes de neurônios interagindo entre si. Nasceram as redes neurais representadas na forma de mapas cerebrais, onde não havia o aprendizado de um neurônio, mas de toda uma rede, através do compartilhamento de recursos.

Já na linha psicológica, estudos mais aprofundados demonstraram o óbvio: que não seria possível a representação numa máquina dos estados mentais humanos responsáveis pelo pensamento, ao menos naquele estado da tecnologia. A saída para esta linha de desenvolvimento era dada por uma empresa: a Rand Corporation. Foi de sua equipe de pesquisa que partiram os sistemas especialistas, os quais foram responsáveis pela ampliação da Inteligência Artificial Tradicional.

Com o aparecimento dos primeiros Sistemas Especialistas (SEs), a tecnologia permitiu o desenvolvimento de sistemas e ambientes de tecnologia da informação com desempenho intelectual equivalente ao de um ser humano adulto, o que abriu perspectivas de aplicações comerciais e industriais.

A gradativa mudança de metas – desde o sonho de construir uma Inteligência Artificial de caráter geral comparável a do ser humano até os bem modestos objetivos atuais de tornar os computadores mais úteis, empregando ferramentas que auxiliem as atividades intelectuais de seres humanos – coloca a Inteligência Artificial na perspectiva de uma atividade que praticamente caracteriza a espécie humana: a capacidade de utilizar representações externas, seja na forma de linguagem, seja através de outros meios (HILL, 1989).

Para Bittencourt (1998), sob esse ponto de vista, a computação, em geral, e a IA, em particular, são o ponto culminante de um longo processo de criação de representações de conhecimento, que se iniciou com as primeiras pinturas rupestres. Essa nova perspectiva coloca os programas de Inteligência Artificial como produtos intelectuais no mesmo nível dos demais, ressaltando questões cuja importância é central para os interesses atuais da IA – por exemplo: expressar as características individuais e sociais da inteligência utilizando computadores de maneira a permitir uma maior produtividade.

As redes neurais artificiais tiveram seu reconhecimento recuperado através do físico John Hopfield, que, em 1982, provou ser possível a simulação de um sistema físico através de um modelo matemático baseado na teoria das redes neurais. Assim, em 1986, uma equipe de especialistas das mais diversas áreas reuniu-se para validar as pesquisas em torno das redes neurais, possibilitando a volta da pesquisa nesta linha. Uma das formas de recuperação do prestígio das redes neurais foi a proposta de um modelo, chamado Backpropagation, que ampliava o potencial do Perceptron de modo a permitir a superação das limitações do modelo primitivo (KURZWEIL, 2000).

Enquanto isso, na IA Tradicional, ampliavam-se as técnicas e aplicações dos sistemas especialistas. Além disso, houve o interesse de trabalho conjunto com outras áreas, tais como interfaces inteligentes, sistemas de apoio à decisão, controle de robôs, etc.

Na década de 90, as redes neurais tiveram uma explosão exponencial de aplicações e desenvolvimento de modelos. São centenas de propostas de novos ou

aperfeiçoamento de modelos a cada ano, tal o interesse pela área. A partir daí, consolidam-se as redes neurais como parte integrante do estudo da Inteligência Artificial propriamente dita.

Reconhece-se, também, que os paradigmas biológico e psicológico são complementares e necessários para sistemas mais evoluídos. Desta forma, começam nesta década a serem construídos os chamados Sistemas Híbridos. Estes sistemas são a união das concepções das duas linhas de pesquisa, permitindo a construção de grandes sistemas que pretendem abranger uma forma mais completa de representação do comportamento humano, ideal este da própria Inteligência Artificial.

A partir daí, surge um pensamento liderado por grandes pesquisadores e empresas no mundo, tais como a IBM, tendo como um de seus precursores Paul Horn, que busca trazer aproximações de sistemas existentes no corpo humano para os sistemas computacionais, na chamada computação autonômica e na aplicação destes conceitos no ambiente de tecnologia da informação das empresas.

## 4.2 DESAFIOS DO AMBIENTE DE TI

Na evolução humana e da sociedade, a automação sempre foi umas das bases sustentadoras do progresso. A evolução via automação gera complexidade como um inevitável subproduto. Sistemas de computação são a verdadeira prova desta afirmação. Seguindo a evolução dos computadores, de máquinas simples a sistemas modulares e a computadores portáteis, conectados em rede a grandes máquinas, um número cada vez maior de padrões surge e um progresso incrível em todas as áreas da computação é alcançado. A capacidade de processamento dos computadores cresceu em um fator bastante alto, tanto a capacidade de armazenamento como a velocidade de comunicação cresceu de forma veloz, isto tudo com um custo bastante considerável. Juntamente com esta evolução, aumentaram o número de arquiteturas de *hardware* sofisticadas controladas por sistemas de *software*, chegando determinados sistemas operacionais possuírem mais de 30 milhões de linhas de código criadas por mais de 4000 programadores.

A Internet acrescentou outra camada de complexidade permitindo a conexão dos computadores por todo o mundo, com os sistemas de telecomunicações. Neste processo, os sistemas têm se tornado cada vez mais complicados de se gerenciar e até mesmo de se usar. Até os dias de hoje, a principal preocupação sempre foi com a intervenção humana e o gerenciamento e administração de toda esta complexidade.

Considerando a taxa de crescimento existente hoje nos sistemas de Tecnologia da Informação, será difícil que exista o número adequado de pessoas qualificadas para manter todos os sistemas de computação do mundo em perfeito funcionamento, de acordo com a atual concepção destes sistemas. Empregos de qualificação técnica elevada na área de TI, nos Estados Unidos da América e em todo o mundo, existem em grandes quantidades. Mesmo hoje, tempo no qual passamos por incertezas econômicas, a expectativa de crescimento de vagas para profissionais de TI é projetada para 100% nos próximos cinco anos, de acordo com estudos atuais. Algumas estimativas de centros de pesquisa ao redor do mundo mostram que as expectativas de demanda por profissionais de TI, para suportar bilhões de pessoas e sistemas conectados mundialmente via Internet, superem o número de 200 milhões, aproximadamente a população inteira dos Estados Unidos da América. Até mesmo sendo possível atingir e conseguir este número de profissionais necessários, a complexidade dos sistemas está crescendo além da capacidade humana que a gerencia (HARIRI *et al.*, 2006).

Com a evolução dos sistemas, a sobreposição de conexões entre sistemas, dependências e interações entre aplicações exigem tomadas de decisões e respostas mais rápidas que a própria capacidade humana pode fornecer. A procura por maneiras de tornar os sistemas mais eficientes geram problemas com um número maior de variáveis que um ser humano possa resolver. Sem novos posicionamentos, a tendência é que as coisas se tornem cada vez piores e mais difíceis.

### 4.3 O AMBIENTE DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E SUAS PERSPECTIVAS

Os sistemas de tecnologia da informação continuam aumentando incrivelmente sua capacidade. Isto é necessário para que as pessoas e os negócios se tornem mais produtivos pela automação de tarefas e processos.

Segundo Rezende e Abreu (2001), pode-se conceituar a tecnologia da informação como o conjunto de recursos tecnológicos e computacionais para geração e uso da informação. Esse conceito enquadra-se na visão de gestão da tecnologia da informação e do conhecimento. O conceito de tecnologia da informação varia bastante entre autores, entretanto existe um ponto em comum, que é o gerenciamento de todo e qualquer tipo de informação sistêmica ou esporádica que possa ser utilizada pela organização.

Para conseguir qualidade, eficácia e efetividade em seus serviços e produtos, os sistemas de informação devem reduzir a incerteza e aumentar a informação sobre o ambiente que os envolve, particularmente nos dados que recebem. Nos sistemas de informação, como nas organizações abertas de modo geral, o processo decisório tem origem na identificação de problemas ou oportunidades, na coleta e análise de dados e informação sobre estes problemas/oportunidades e na conversão dessa informação em ação. Baseando-se na análise global desses elementos, o administrador obtém informação. A informação é a ferramenta do administrador (DRUCKER, 1954).

Podemos então considerar que os Sistemas de Informação deverão ter a seguinte filosofia (GOMES *et al.*, 2002):

- a) só serão eficazes se possibilitarem a execução rápida de algum trabalho com qualidade e tempo reduzido;
- b) deverão ser flexíveis para se adaptar às mudanças do ambiente;
- c) não deverão levar em consideração a personalidade do indivíduo, mas o interesse da organização; devem prever sempre procedimentos impessoais;
- d) as informações deverão fluir da maneira rápida;
- e) deverão ser desenvolvidos com base em um objetivo válido e prioritário e originar-se de informações precisas e inquestionáveis.

Já os passos envolvidos no processo decisório nos sistemas de informação incluem, conforme listados a seguir (TARAPANOFF, 2004):

- estabelecimento de objetivos;
- medição do desempenho para determinar quando os objetivos não foram alcançados (identificação de problemas);
- seleção do problema a ser resolvido;
- desenvolvimento de alternativas;
- implementação da solução.

Necessária tanto para ajudar a identificar problemas quanto para solucioná-los, a informação torna-se um recurso e, assim como tal, deve ser tratada como:

- algo com características especificadas e mensuráveis, como método de coleta, uso, ciclo de vida padrão, com diferentes atributos em cada estágio e com possibilidade de permuta com outros recursos;
- um insumo que pode ser transformado em produtos que possibilitam à organização atingir seus objetivos;
- algo que pode ser capitalizado depende dos propósitos administrativos;
- algo que apresenta à administração superior como uma variedade de alternativas (HORTON JR, 1982).

A informação, obtida pelos sistemas e através deles, desempenha um papel especialmente importante no desenvolvimento de esforços para criar e manter a diferenciação de produtos e serviços.

Em contra partida, na evolução humana e da sociedade, a automação sempre foi umas das bases sustentadoras do progresso. A evolução via automação, no entanto, como um inevitável subproduto, gera complexidade. Sistemas de computação são a verdadeira prova desta afirmação. Seguindo a evolução dos computadores, de máquinas simples a sistemas modulares e a computadores portáteis, conectados em rede a grandes máquinas, observa-se a emergência de um número cada vez maior de padrões, dados e informações gerados pelos mesmos (HAWKINS, 2006).

A Internet acrescentou outra camada de complexidade permitindo a conexão dos computadores por todo o mundo, com os sistemas de telecomunicações. Neste processo, os sistemas têm se tornado cada vez mais complicados de se gerenciar e até mesmo de se usar.

Até os dias de hoje, a principal preocupação sempre foi com a intervenção humana e o gerenciamento e administração de toda esta complexidade. Com a evolução dos sistemas, a sobreposição de conexões, dependências e interações entre os mesmos e aplicações passaram a exigir tomadas de decisões e respostas bem mais rápidas que a fornecida pela capacidade humana, uma vez que os dados gerados são de volumes cada vez maiores e possuem uma complexidade de relações grande (LIEBOWITZ, 1990).

Na procura por maneiras de tornar os sistemas mais eficientes, geramos problemas com um número maior de variáveis do que um ser humano seja capaz de resolver. As empresas e seus setores passam por estágios bem caracterizados quanto ao uso da tecnologia de informação para apoiarem seus negócios e a tomada de decisões Foina (2001). Sem novos posicionamentos, a tendência é que as coisas se tornem cada vez piores e mais difíceis. Não será suficiente para responder a tais desafios nos fixarmos apenas na automatização de partes de um todo dos sistemas de computação. Utilizando uma analogia com o sistema nervoso autônomo, é a operação de auto-gerenciamento de todo o sistema que traz o resultado completo. Trazer, por exemplo, capacidades autonômicas para os sistemas de armazenamento poderia ser, inegavelmente, um avanço. Entretanto, se os sistemas de computação que atuam de forma que estes dados sejam enviados corretamente aos repositórios adequados (sistemas de *data warehouse*, por exemplo) não forem capazes de prover este tipo de funcionalidade, automações parciais não trarão benefícios significativos. É por esta razão que precisamos de uma abordagem sistêmica que permita a coordenação e o gerenciamento automático entre todas as redes e sistemas de computação.

#### 4.4 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES À TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Na literatura encontram-se diversos autores e contribuições diferenciadas sobre a Tecnologia da Informação e seu ambiente, cujos conceitos foram abordados nos tópicos anteriores. O Quadro 3 busca relacionar as principais contribuições e seus autores.

AUTOR	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES
Gomes <i>et al.</i> (2002)	Sistemas de informação serão eficazes se possibilitarem a execução rápida de algum trabalho com qualidade e tempo reduzido, deverão ser flexíveis para se adaptar às mudanças do ambiente, não deverão levar em consideração a personalidade do indivíduo, mas o interesse da organização; devem prever sempre procedimentos impessoais; as informações deverão fluir da maneira mais rápida possível e deverão ser desenvolvidos com base em um objetivo válido e prioritário e originar-se de informações precisas e inquestionáveis.
Tarapanoff (2004)	O processo decisório nos sistemas de informação incluem o estabelecimento de objetivos, a medição do desempenho para determinar quando os objetivos não foram alcançados (identificação de problemas), a seleção do problema a ser resolvido, o desenvolvimento de alternativas e a implementação da solução.
Hawkins (2006)	Seguindo a evolução dos computadores, de máquinas simples a sistemas modulares e a computadores portáteis, conectados em rede a grandes máquinas, observa-se a emergência de um número cada vez maior de padrões, dados e informações gerados pelos mesmos.
Liebowitz (1990)	Com a evolução dos sistemas, a sobreposição de conexões, dependências e interações entre os mesmos e aplicações, passaram a exigir tomadas de decisões e respostas bem mais rápidas que a fornecida pela capacidade humana, uma vez que os dados gerados são de volume cada vez maiores e possuem uma complexidade de relações muito grande.
Kurzweil (2000)	Os sistemas de tecnologia da informação continuam aumentando incrivelmente sua capacidade. Isto é necessário para que as pessoas e os negócios tornem-se mais produtivos pela automação de tarefas e processos.
Horton Jr (1982)	A informação, obtida pelos sistemas e através deles, desempenha um papel especialmente importante no desenvolvimento de esforços para criar e manter a diferenciação de produtos e serviços.
Rezende e Abreu (2001)	A tecnologia da informação é o conjunto de recursos tecnológicos e computacionais para geração e uso da informação. Velocidade, custos e flexibilidade são fundamentais para atender os requisitos exigidos de forma eficiente.
Foina (2001)	As empresas e seus setores passam por estágios bem caracterizados quanto ao uso da tecnologia de informação para apoiarem seus negócios e a tomada de decisões.

Quadro 3 – Autores e Principais Contribuições à Tecnologia da Informação.

#### 4.5 DETERMINANTES DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Por meio da revisão da literatura realizada neste capítulo e sintetizada no Quadro 3, conclui-se que os determinantes da Tecnologia da Informação convergem para os sete fatores mencionados no Quadro 4. É importante observar que os determinantes já existem na literatura e podem não serem os únicos, porém, para o foco e objetivo deste estudo, foram escolhidos pelo pesquisador para serem utilizados como determinantes da Tecnologia da Informação neste contexto. Vale

lembrar que estes determinantes foram validados por outros autores e utilizamos as principais contribuições para compor o Quadro 4.

1) DETERMINANTES DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	A) AUTORES
T11) Qualidade: Qualidade da informação é um fator fundamental no ambiente de TI das organizações.	Gomes <i>et al.</i> (2002)
T12) Desempenho: Os sistemas de tecnologia da informação continuam aumentando incrivelmente sua capacidade. Isto é necessário para que as pessoas e os negócios tornem-se mais produtivos pela automação de tarefas e processos.	Kurzweil (2000) Tarapanoff (2004)
T13) Alinhamento estratégico: Torna-se vantajoso para a organização efetuar um planejamento a médio e longo prazo do seu ambiente de TI, de forma que grandes investimentos em tecnologia e sistemas inteligentes possam ser justificados quando analisados num horizonte de tempo maior e para que os mesmos estejam alinhados com a política da organização.	Gomes <i>et al.</i> (2002) Horton Jr (1982) Foina (2001)
T14) Custos: O custo de aquisição e propriedade ainda é fator determinante na aquisição de uma solução integrada de TI.	Rezende e Abreu (2001)
T15) Disponibilidade: É necessário que se desenvolvam padrões abertos, novas tecnologias e maneiras que permitam aos sistemas uma interação eficiente, e que os mesmos tenham a possibilidade de antever situações e proteger-se automaticamente, ao mesmo tempo que exista uma dependência mínima ao tradicional suporte existente nos meios de tecnologia da informação.	Hawkins, (2006) Kurzweil (2000)
T16) Prazos: Com a evolução dos sistemas, a sobreposição de conexões, dependências e interações entre os mesmos e aplicações, passaram a exigir tomadas de decisões e respostas bem mais rápidas que a fornecida pela capacidade humana, uma vez que os dados gerados são de volume cada vez maiores e possuem uma complexidade de relações muito grande.	Rezende e Abreu (2001) Liebowitz (1990)
T17) Automação: Para o gerenciamento do serviço de TI e dos seus recursos é recomendado que se tenha a automação máxima dos sistemas envolvidos.	Hawkins (2006)

Quadro 4 – Determinantes da Tecnologia da Informação.

## 5 IDENTIFICAÇÃO DOS DETERMINANTES DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA

### 5.1 SISTEMAS INTELIGENTES

Para que seja possível entender sistemas autônômicos, é necessário estabelecer dois conceitos anteriores: controle convencional ou tradicional e controle inteligente. O termo "controle convencional (ou tradicional)" é usado para se referir às teorias e métodos que foram desenvolvidos nas décadas passadas para controlar sistemas dinâmicos. O comportamento é primeiramente descrito por equações diferenciais e equações de diferença. Note que a estrutura matemática pode não ser abrangente o suficiente em certos casos. De fato já é sabido que existem problemas de controle que não podem ser descritos adequadamente através de equações diferenciais. Exemplos incluem representações de eventos discretos e sistemas de comunicação, o estudo do que levou ao uso de autômatos e teorias de filas no controle de sistemas.

O controle inteligente está intimamente ligado com os conceitos de computação autônômica, como será visto na seqüência. Na verdade, de acordo com algumas definições de controle inteligente, nem todos os controladores neurais/*fuzzy* poderiam ser considerados inteligentes. A verdade é que existem problemas de controle que não podem ser formulados e estudados na estrutura de equações matemáticas diferenciais. Para dispor estes problemas de modo sistemático, vários métodos foram desenvolvidos e são comumente conhecidos como métodos de controle inteligente (GENESERETH e NILSSON, 1987).

Existem diferenças significativas entre controle convencional e inteligente, e alguns deles serão descritos abaixo. Vale lembrar que controle inteligente usa métodos de controle convencional para resolver problemas de controle de baixo nível e isto está incluído na área de controle inteligente. O Controle Inteligente tenta constituir e acentuar as metodologias de controle convencional para resolver novos desafios de problemas de controle.

A palavra controle em "controle inteligente" tem um significado diferente, mais genérico que a palavra controle em "controle convencional". Primeiramente, os processos de interesse são mais genéricos e precisam ser descritos, por exemplo,

por sistemas de eventos discretos ou modelos de equações diferenciais ou ambos. Isso levou ao desenvolvimento de teorias para sistemas de controle híbridos, que estudam o controle de processos dinâmicos de estados contínuos por máquinas seqüenciais. Além do processo mais geral considerado no controle inteligente, os objetivos do controle podem ser mais genéricos. Por exemplo, "reponha a parte A em um satélite" pode ser uma instrução geral para o controlador do braço de um robô espacial: isso então decomposto em várias subinstruções, muitas delas podem incluir, por exemplo "siga uma trajetória particular", o que pode ser um problema que pode ser resolvido por metodologias de controle convencional. Para atingir tais metas em sistemas complexos, depois de um período de tempo, o controlador tem de lutar com uma significativa incerteza presente na realimentação de controladores robustos ou controles adaptativos que não pode ser negociada.

Uma vez que as metas precisam ser alcançadas dentro de grande incerteza, diagnósticos incertos e reconfiguração de controles, a adaptação e aprendizado são considerações importantes dos controladores inteligentes. Isto mostra que o planejamento das tarefas é uma área importante no design de controles inteligentes. Assim, o problema de controle em controle inteligente é uma versão avançada do problema do controle convencional, isto é, muito mais ambicioso e geral. Não é surpreendente então que tenha aumentado a demanda por métodos que requerem controles que não são tipicamente usados em controle convencional. A área de controle inteligente é de fato interdisciplinar, e tenta combinar e estender teorias e métodos de áreas como controle, ciência da computação e pesquisa de operações para atingir as metas de controle em sistemas complexos (TRINITY, 2007).

## 5.2 SISTEMAS INTELIGENTES E SUAS DIMENSÕES

A inteligência e os sistemas inteligentes podem ser caracterizados em inúmeros caminhos e dimensões. Há certos atributos de sistemas inteligentes que são de interesse particular à comunidade de controle.

Várias definições alternativas e certas características essenciais de sistemas inteligentes são discutidas primeiro. Mais detalhadamente, começa-se com uma definição geral de sistemas inteligentes, discutindo-se os níveis de inteligência, e

também explicando o papel de controle em sistemas inteligentes delineando várias definições alternativas. Discute-se então adaptação e aprendizagem, autonomia e a necessidade de uma eficiente estrutura computacional em sistemas inteligentes, para lidar com complexidade do ambiente de tecnologia da informação.

Um sistema inteligente tem a capacidade para agir apropriadamente em um ambiente, onde uma ação apropriada é que aumenta a probabilidade de sucesso, e sucesso é a realização de submetas do procedimento que suporta a meta final do sistema.

Um sistema inteligente pode ser caracterizado ao longo um número de dimensões. Há degraus ou níveis de inteligência que podem ser medidos ao longo das várias dimensões de inteligência. No mínimo, inteligência requer a capacidade para sentir o ambiente, para fazer decisões e para controlar ações. No mais alto nível de inteligência, pode-se incluir a capacidade para reconhecer objetos e eventos, para representar conhecimento num modelo do mundo e para, além disso, planejar o futuro. A inteligência fornece a capacidade para perceber e compreender, para escolher sabiamente, e para agir bem consciente sob diversas circunstâncias a fim de que sobrevivam e prosperem em um ambiente freqüentemente complexo e hostil (SCOTT, 2007).

A caracterização acima de um sistema inteligente é mais geral. Segundo esta, um grande número de sistemas pode ser considerado com características ditas inteligentes. De fato, segundo esta definição até mesmo um termostato pode ser considerado um sistema inteligente, embora de nível mais baixo de inteligência. É comum, entretanto, chamar um sistema inteligente quando de fato tiver um nível de inteligência mais apurado.

### 5.3 CARACTERÍSTICAS OU DIMENSÕES DE SISTEMAS INTELIGENTES

Há várias propriedades essenciais presentes em diferentes degraus de sistemas inteligentes. Alguém pode perceber que características ou dimensões no sistema inteligente ao longo de diferentes degraus ou nível de inteligência podem

ser medidas. A seguir são apresentadas três características que parecem estar melhor fundamentadas em sistemas de controle inteligente.

### **5.3.1 Adaptação e aprendizagem**

A capacidade de adaptar ou mudar de condições é necessária em um sistema inteligente. Embora adaptação não requeira necessariamente capacidade para aprender, para sistemas, serem capazes de se adaptarem para diferentes mudanças inesperadas é essencial. Assim a capacidade para aprender é uma característica importante de sistemas inteligentes.

### **5.3.2 Autonomia e inteligência**

A autonomia e o alcance de metas são uma importante característica de sistemas de controle inteligentes. Quando um sistema tem a capacidade para agir apropriadamente em um ambiente incerto, por extensos períodos de tempo, sem a intervenção externa isto é considerado estar altamente autônomo. Há níveis de autonomia; um nível adaptativo que controla sistemas que podem ser considerados como um sistema de mais alta autonomia que um sistema de controle com controladores com ganhos fixos. Embora para autonomia baixa, nenhuma inteligência (ou *low* inteligência) é necessária, para altos níveis de autonomia, inteligência no sistema (ou *high* de graus de inteligência) é essencial.

### **5.3.3 Estruturas e hierarquias**

Para que seja possível lidar com a complexidade, um sistema inteligente deve ter uma arquitetura funcional apropriada ou estrutura para análise eficiente e evolutiva de estratégias de controle. Esta estrutura deveria ser esparsa e isto deveria fornecer um mecanismo para construir níveis de abstração (resolução) ou ao menos algum mecanismo parcial pedindo para reduzir complexidade.

Um sistema inteligente deve ser altamente adaptável para mudanças significativas, e assim a aprendizagem é essencial. Isto deve exibir alto grau de autonomia em procedimento com mudanças.

#### 5.4. LIDANDO COM A COMPLEXIDADE

Por mais paradoxal que seja, a necessidade de resolver o problema da complexidade, tornando as coisas mais simples para os administradores e usuários da tecnologia da informação, exige a criação de sistemas cada vez mais complexos. Isso provavelmente ajudará pela embarcação da complexidade nas próprias infraestruturas dos sistemas, tanto no *hardware* como no *software*, automatizando então seu gerenciamento (MULLER *et al.*, 2006).

Com isto, existirá proximidade e inspiração nos complexos e diversos sistemas existentes no corpo humano. Tomando-se como exemplo comparativo um destes sistemas do corpo humano: o sistema nervoso autônomo. Ele comanda ao coração o quão rápido ele deve bater, controla sua pupila para que a quantia exata de luz chegue aos olhos para que se possa ler, ajusta o fluxo sangüíneo e a temperatura do corpo. Mas o mais importante e significativo disto tudo é que todo este processo é feito sem nenhuma consciência das pessoas, ou seja, de forma independente e involuntária. Isto possibilita que o ser humano pense no que fazer, sem preocupação do como fazer. Assim é exatamente a necessidade para a construção dos sistemas de computação, uma aproximação destes conceitos, chamada computação autônômica (AC), cujas origens e idéias derivam dos sistemas de controle inteligentes, já citados e descritos anteriormente (HORN, 2001).

A idéia é a construção de sistemas com capacidade de se ajustar às circunstâncias mais variadas e preparar seus recursos para manusear com maior eficiência o balanceamento de trabalho neles existentes. Estes sistemas autônômicos devem ser capazes de antecipar as necessidades e permitir aos usuários concentrarem no que eles quiserem acompanhar melhor do que equipar os sistemas de computação para alcançar estes objetivos.

Considerando os maiores desafios enfrentados pelas organizações ao adotar novas tecnologias do *e-business*, sistemas abertos, arquiteturas orientadas a

serviços, dentre outras, observa-se a urgência da incorporação destes conceitos. Com a proliferação da hospedagem de dispositivos de acesso, tornando-se parte da infra-estrutura de computação corporativa, as empresas devem transformar seus sistemas de TI e os processos de negócio para se conectar com empregados, clientes e fornecedores. Não basta apenas gerenciar estações de trabalho e computadores pessoais, mas também dispositivos como palmtops, pagers, telefones celulares, entre outros. As empresas devem também gerenciar todos os produtos que produzem como uma parte integrada do sistema, estendendo o conceito de sistema adiante dos tradicionais limites das empresas.

Isto demanda uma infra-estrutura confiável que possa acomodar este rápido crescimento e esconder a alta complexidade destes sistemas de seus usuários. Os padrões de serviços na Web emergentes prometem fazer a entrega de serviços valiosos pela Internet. As empresas estão desenvolvendo estratégias de serviços na Web, e também acreditam que os serviços na Web emergem como o modelo de negócio viável para a atualidade. Os serviços de TI, em particular, devem seguir uma tendência de *e-sourcing*. Mas estes serviços não podem ser adequadamente espalhados ao menos que os sistemas de TI tornem-se mais automatizados e permitam novas economias de escala para os provedores destes serviços de *e-sourcing*. O surgimento de novos padrões e a difusão dos mesmos também ajudarão a tornar os sistemas confiáveis e auto-gerenciáveis (KURZWEIL, 2000).

## 5.5 AUTOMAÇÃO INTEGRADA

Entretanto, focar apenas na automação de partes de um todo dos sistemas de computação, não é suficiente. Utilizando novamente a analogia com o sistema nervoso autônomo, é a operação de auto-gerenciamento de todo o sistema que traz o resultado completo. Trazer, por exemplo, capacidades autonômicas para os sistemas de armazenamento poderia ser inegavelmente um avanço, mas se os sistemas de computação que comandam para que estes dados sejam enviados corretamente aos repositórios adequados não sejam capazes de prover este tipo de funcionalidade, a automação parcial não traria benefícios tão significativos.

É por esta razão que se precisa de uma abordagem sistêmica que permita a coordenação e o gerenciamento automático entre todas as redes e sistemas de computação. A Computação Autônoma é então uma visão holística que permite à computação disponibilizar mais automação do que a soma de todas as partes do sistema individualmente gerenciadas (KEPHART e CHESS, 2003). Há muito mais em jogo do que confiabilidade geral de sistemas ou facilidades de uso e gerenciamento para os profissionais de TI. Somente quando a complexidade dos sistemas de tecnologia da informação estiver embarcada juntamente com a infraestrutura, deixando isto transparente para os usuários, pode emergir uma nova onda econômica e produtiva para os sistemas deste tipo. Em outras palavras, tornando mais simples para as pessoas usar a tecnologia, novas, complexas e antes inimagináveis aplicações poderão emergir e as pessoas as usarão mais do que anteriormente.

Tanto com a revolução da Internet, como com o uso em massa dos computadores pessoais, houve uma significativa contribuição para que as pessoas pudessem interagir em maior número com computadores e sistemas computacionais. A maioria das pessoas ainda necessita ter benefícios lidando com sistemas deste tipo para realmente compreender seu potencial. Para que isto possa acontecer cada vez em maior escala, é necessário que este tipo de contato se torne natural.

Existe uma necessidade premente, desde o início dos anos 60, de que as interações com computadores e sistemas computacionais sejam de fato realizadas como se estivéssemos tratando com seres humanos e não máquinas, possibilitando ainda aos sistemas processar informações que as próprias pessoas não tivessem capacidade. Neste caso, a idéia aqui proposta é estender este conceito para todos os processos de negócio do dia a dia.

Algumas perguntas neste aspecto necessitam ser melhores esclarecidas: Por que as empresas e as pessoas devem gastar tanto tempo e dinheiro imaginado e buscando a melhor maneira de instalar e gerenciar os sistemas de tecnologia da informação? Para alguns sistemas Planejamento Empresarial (ERP), os valores para instalação e customização dos sistemas podem ultrapassar em várias vezes o custo de licença para aquisição do mesmo. O que realmente deveria ser dado importância pelas empresas seria o que o seu negócio necessitaria suprir e estar preparado (GRAEML, 2000).

Para trazer benefícios aos usuários de TI das empresas, AC deverá trazer uma vantagem mensurável e também a oportunidade de melhoria na interação com os sistemas de TI, e qualidade da informação por eles gerada. Deve também, sobretudo, habilitar e criar mecanismos para a adoção de padrões para serem utilizados no futuro e fornecer o que há de mais novo tratando-se em serviços e sistemas de TI. Desta maneira será possível que estes profissionais foquem inteiramente nos serviços de informação e nas informações desejadas e necessárias, esquecendo um pouco do ponto de vista de geração destas informações e o cruzamento das mesmas através dos sistemas, que serão preparados para fazê-los naturalmente.

## 5.6 CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA AUTONÔMICO

Este nível de funcionalidade não será provavelmente atingido tão facilmente, mas será mais rapidamente alcançado quando realmente mudar-se os conceitos hoje vigentes na maior totalidade dos sistemas de TI. Para que se possa chegar aos conceitos e às etapas que se mostrarão necessárias para que um determinado sistema seja autônomo, ou tenha características autônomas, deve-se primeiro fazer a correta conceituação de sistema (HARIRI *et al.*, 2006). Um sistema pode ser definido como uma coleção de recursos computacionais aglutinados para realizar um conjunto de funções. Neste contexto, um servidor isolado pode constituir um sistema, assim como um microprocessador contendo diversos elementos integrados em um único chip também pode ser considerado um sistema. Neste caso, sistemas menores, de baixo nível, podem combinar-se para formar sistemas maiores: processadores para formarem servidores, servidores com dispositivos de armazenagem e clientes de acesso em redes remotas e assim sucessivamente. Os princípios de AC devem englobar todos os tipos de sistemas, ou seja, devem gerenciar todos os processos existentes, embora a maioria dos elementos definida na AC refira-se a sistemas maiores, de alto nível.

Nosso corpo humano possui uma hierarquia similar de auto governança: desde células simples, até órgãos e sistemas, cada um deles mantém um certo nível de independência, enquanto contribuem para formar os sistemas de mais alto nível,

formando ao final todo corpo humano. Permanece-se agradavelmente de forma despreocupada na maior parte do tempo, porque os sistemas cuidam de si mesmos e interagem entre si, e só transcendem a níveis maiores quando realmente necessitam de ajuda.

Assim, também, deve ser com os sistemas autonômicos. Ao final, suas camadas individuais e componentes devem contribuir para formar um sistema de alto nível que, por si só, trabalhe bem, sem uma interferência regular. Um sistema como estes de alto nível, possuindo características autonômicas, poderia ser descrito, como possuindo oito características principais e elementos chaves conforme mencionado a seguir:

1) Para ser autonômico um sistema precisa conhecer a si mesmo, e compreender os componentes que também possuam identidades no sistema.

A partir do momento que um sistema existe, pode existir em diferentes níveis, um sistema autonômico precisará ter um conhecimento detalhado de todos seus componentes, status concorrentes, capacidades e todas as conexões com outros sistemas para poder controlar a si mesmo. Uma concepção como esta pode parecer simples. Agora conectando diversos sistemas como estes, conectados a milhares de computadores via Internet, por exemplo, torná-los interdependentes, e permitir uma audiência global para interligar estes milhares de computadores e ainda possibilitar o acesso de diversos tipos de interface, tais como celulares, palmtops, TVs, aplicações inteligentes, enfim, faz a complexidade aumentar. Mas é esta preocupação com sistemas amplos, de alto nível, que a computação autonômica exige. Um sistema não pode monitorar aquilo que ele não sabe que existe, ou controlar pontos que ficam não bem definidos sobre seu domínio. Para criar esta habilidade nos sistemas computacionais, devem ser estabelecidas regras claramente definidas em adaptação aos agentes de *software* existentes, para que os mesmos possam controlar os seus componentes e as interações dos mesmos com outros sistemas de TI existentes ao seu redor. Estes sistemas deverão também ter a capacidade de se combinar com outros sistemas, formando novos sistemas, mesmo que temporariamente, e se separar em sistemas discretos caso seja necessário (PARASHAR e HARIRI, 2005). A figura 5 exemplifica um sistema, considerando todo seu domínio e variações dentro de seu campo de atuação.

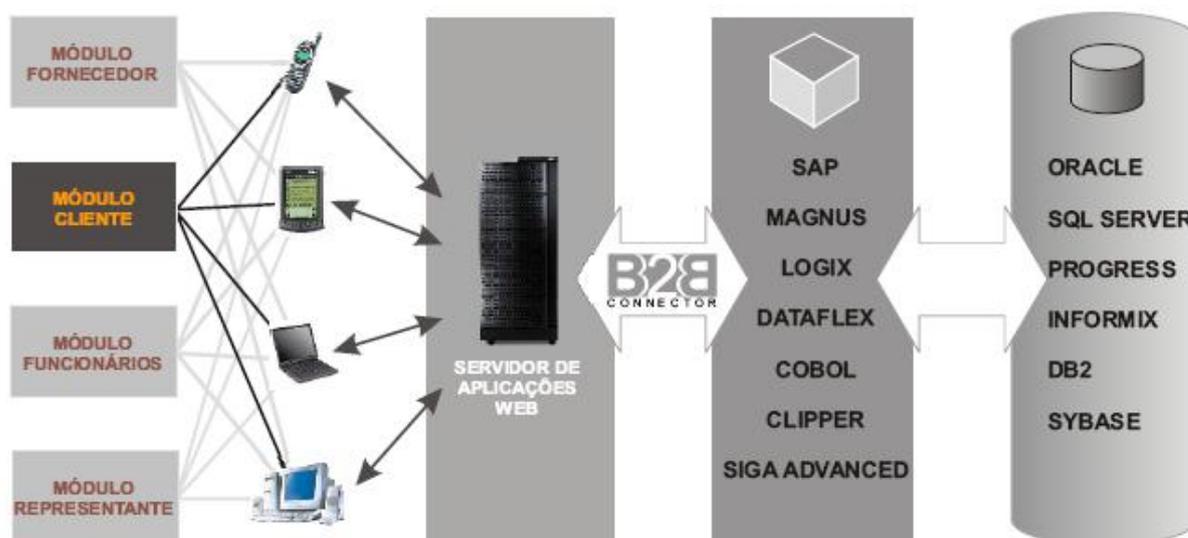


Figura 5 – Representação de um sistema combinado, suas combinações e variações dentro do contexto considerado.  
Fonte: Wasys (2008).

2) Um sistema de computação autônômica deve ser capaz de se configurar e reconfigurar mediante condições variadas e imprevisíveis.

A configuração de sistema ou chamado “setup” deve ocorrer automaticamente, assim como ajustes dinâmicos devem ser realizados para que se encontre a melhor configuração para os ambientes em constante mudança. Possibilitar mudanças em sistemas dinâmicos complexos pode ser difícil e consumir tempo, pois alguns servidores possuem centenas de tipos de configurações possíveis (SRINIVASAN e RAGHUNANDAN, 2003). Os administradores de sistema dificilmente serão capazes de reconfigurar dinamicamente um ambiente complexo, pois existem uma infinidade de fatores e variáveis a serem acompanhados e monitorados simultaneamente. Estas alternativas são multiplicadas na medida em que se possuem diversos dispositivos para acesso e estruturas de servidores espalhadas e interligadas em grandes redes públicas ou privadas. Para que seja possível essa possibilidade de configuração automática, os sistemas precisam criar imagens múltiplas de *softwares* críticos, tais como sistemas operacionais, realocando seus recursos (memória, dispositivos de armazenagem, largura de banda de comunicação, processamento, dentre outros) conforme seja necessário. Se for um sistema global distribuído, deverá ainda disponibilizar as imagens antigas das configurações de sistemas, para que seja possível recuperar falhas em partes

da rede que porventura possam acontecer. Os algoritmos inteligentes sendo executados nestes diversos sistemas podem aprender quais as melhores configurações para cada tipo de sistema para que seja garantido o nível de desempenho exigido.

3) Um sistema de computação autônomo não fica em posição estável, está sempre procurando maneiras para otimizar seu trabalho e seus resultados.

Deverá ser capaz de monitorar todas as suas partes constituintes e fazer com que suas operações e transações estejam sob contínuo ajuste fino, buscando alcançar objetivos predeterminados de sistema, otimizando seu desempenho (McCann e Huebscher, 2006). Este esforço consistente para continuamente otimizar sua performance é a única maneira que um sistema computacional pode enfrentar a complexidade e os conflitos existentes e demandados pelos negócios de tecnologia da informação, fornecedores, clientes e colaboradores. E até porque as prioridades que demandam estes serviços podem mudar constantemente, somente uma otimização frequente poderá trazer a satisfação. A otimização contínua e própria dos sistemas será também chave para a disponibilização de serviços. Para provedores de serviços, além disso, a qualidade na entrega de serviços para seus clientes requererá não somente priorizar os sistemas e seus recursos, mas também considerar os sistemas e recursos externos existentes. E para que isto seja possível, a chamada otimização própria dos sistemas, fará com que eles desenvolvam mecanismos de controle e realimentação sofisticados para tomar as ações apropriadas. Ainda que as técnicas de realimentação de sistemas sejam antigas, precisaremos de novas aproximações para aplicar a computação como um todo. Será necessário responder a questões como: com que freqüência um sistema toma determinadas ações controladas, quanto tempo de atraso pode ser aceitável entre a ação e o seu efeito, e com que freqüência a estabilidade do sistema como um todo é afetada. Inovações na aplicabilidade das teorias computacionais e no seu controle deverão também ocorrer com novas pesquisas e com avanços na própria arquitetura de sistemas e nos aspectos que serão embarcados nestes *hardwares* para autocontrole de situações e otimizações. Todos os componentes de um sistema autônomo, não importando sua complexidade, deverão poder ser controlados de uma maneira unificada. A figura 6 esquematiza um sistema que atende estes requisitos, mediante interação com o ambiente no qual está inserido.

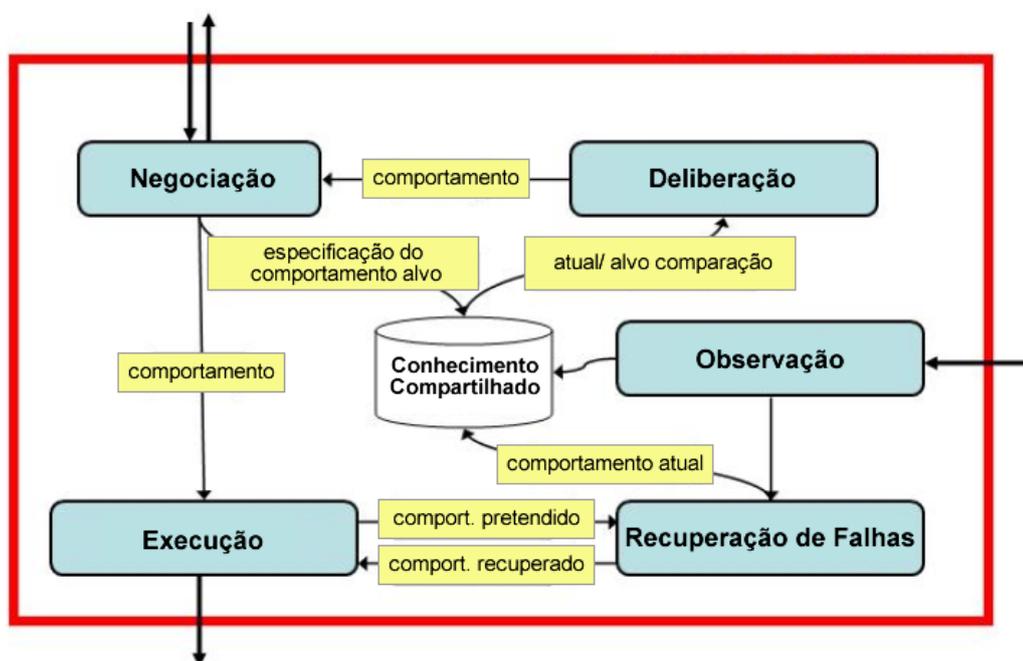


Figura 6 – Capacidade de otimização um sistema de acordo com as necessidades.  
 Fonte: Adaptado de Koehler *et al.* (2003).

4) Um sistema autônomo deve ter a capacidade de se recuperar de eventos extraordinários que possam comprometer o sistema ou partes dele.

Deve ser possível descobrir e detectar problemas, ou potenciais problemas e achar um caminho alternativo usando seus próprios recursos ou reconfigurando o sistema para que a funcionalidade seja suavemente mantida. Ao invés de um crescimento pleno de todas as partes do sistema, como nossas células fazem, corrigir um sistema de computação está associado a utilizar-se de ações redundantes ou elementos anteriormente não utilizados para uma finalidade específica, para que possam atuar como substitutos em caso de falhas (como analogia, isto é o que o nosso cérebro faz quando alguma parte dele é lesada). Alguns tipos de mecanismos de correção têm sido utilizados por muito tempo, tal como correção e detecção de erros em códigos. Este tipo de artifício possibilita a transmissão de dados entre locais distantes de maneira confiável, assim como também se torna possível, por exemplo, recuperar um *backup* de um dispositivo de armazenagem, mesmo quando partes dele estão corrompidas. Mas o crescimento constante da complexidade nos sistemas de TI tem tornado difícil localizar a causa atual de uma falha ou mau funcionamento, até mesmo em ambientes simples e não tão complexos. Em sistemas mais complexos, identificar a causa das falhas requer

uma análise sofisticada, visualizando até mesmo os núcleos diversos dos sistemas, tentando localizar a origem de determinados problemas (KOEHLER *et al.*, 2003). Entretanto, tomando-se como premissa que recuperar os serviços aos clientes e minimizar interrupções sejam os principais objetivos, uma ação orientada, identificando o que será necessário fazer para se ter determinado tipo de informação, deve ser priorizada em um sistema autônomo. Inicialmente, as regras seguidas por um sistema autônomo são geradas pelas próprias pessoas. Mas quanto mais inteligência se coloca nos sistemas computacionais, novas regras serão descobertas e novos mecanismos, de acordo com as próprias situações quotidianas, buscando sempre o objetivo de atingir aquilo que seus usuários pretendem. Na figura 6 também foi representada a capacidade de recuperação de falhas de um sistema autônomo.

5) Um sistema autônomo deve ter a capacidade de se auto-proteger.

Deve ter a capacidade de detectar, identificar e proteger ele próprio contra diferentes tipos de ataques, mantendo a completa integridade do sistema e garantindo sua segurança (BURGESS e COUCH, 2005). Antes do advento da Internet, os computadores trabalhavam de forma isolada. Desta maneira, tornava-se fácil protegê-los de ataques, pois os mais comuns eram de vírus. Como as unidades de disquete eram utilizadas para a troca de informações, levavam-se horas, ou até mesmo semanas, para que estes vírus pudessem se espalhar. A conectividade fez com que esta realidade mudasse. Ataques podem agora vir de qualquer lugar do mundo. Os vírus hoje se espalham em segundos pelas redes. Mais do que responder a falhas de seus componentes, ou rodar agentes periódicos para detecção de sintomas, os sistemas autônomos necessitam ficar permanentemente em alerta, antecipar problemas e tomar as ações necessárias. Tentando de certa forma fazer uma aproximação do sistema imunológico humano, o sistema deve detectar códigos suspeitos, distribuindo a cura para os mesmos aos diversos sistemas. Todo este processo deve acontecer sem que o usuário tome conhecimento que isto está acontecendo. Uma vez que cada vez mais os sistemas estão em expansão, as redes de computadores também crescem velozmente, este tipo de comportamento será fundamental para lidar com todos estes problemas, uma vez que existe a tendência de que não seja possível encontrar o número de

profissionais necessários para lidar com estes acontecimentos (STOJANOVIC *et al.*, 2006).

6) Um sistema autônomo conhece seu ambiente e o contexto de sua atividade, agindo de acordo com o mesmo. Um sistema autônomo deve procurar e gerar regras de como melhor interagir com os sistemas vizinhos. Irá verificar os recursos disponíveis, propor intercâmbios entre os sistemas para que todos tenham uma performance cada vez melhor, ou seja, serão adaptáveis ao meio e às condições (PARASHAR e HARIRI, 2005). Esta sensibilidade ao contexto inclui a melhoria de performance nos serviços, baseados no conhecimento a respeito do contexto das transações envolvidas. Esta habilidade possibilitará aos sistemas manter uma confiabilidade grande, mesmo sob uma ampla gama de circunstâncias e combinação das mesmas. Contudo, mais significativamente, habilitará os sistemas a fornecer informações úteis, ao invés de possíveis dados confusos ou distorcidos. Os sistemas autônomos deverão ser capazes de descrever a si próprios e seus recursos disponíveis para outros sistemas e também necessitarão ser capazes de descobrir outros dispositivos no ambiente. Os esforços atuais para conectar supercomputadores em estruturas que os interliguem integralmente irão contribuir decisivamente para o desenvolvimento desta necessidade. Estes avanços serão necessários para que os sistemas se tornem de certa forma despreocupados com as ações realizadas pelos usuários, associados a algoritmos que garantirão os melhores resultados dentro de um contexto.

7) Um sistema autônomo não pode existir em um ambiente isolado (KOEHLER *et al.*, 2003).

Apesar de possuir a habilidade para que gerencie seus dispositivos independentemente, um sistema autônomo deve estar apto a funcionar em ambientes heterogêneos e diversos, implementando um padrão aberto, ou seja, um sistema autônomo não pode ser uma solução proprietária. Na natureza, todos os tipos de organismos devem coexistir e dependem da sobrevivência de outros. Na atual velocidade de evolução dos ambientes computacionais, uma coexistência análoga e interdependente é inevitável pois negócios se conectam a fornecedores, clientes e parceiros e pessoas conectam-se a bancos, agentes de viagens e lojas. À medida que a tecnologia melhora, nós só podemos esperar novas invenções e

novos dispositivos e uma proliferação de opções cada vez mais interdependentes. As pesquisas no campo da ciências da computação têm possibilitado cada vez mais a adoção de novos padrões, tais como o Linux, um sistema operacional de código aberto; Apache, um web Server também de código aberto; UDDI, um padrão para descrição de modelos de negócios, integração e descoberta de novos negócios e, ainda, o projeto chamado Globus, um conjunto de protocolos para permitir que os recursos computacionais sejam compartilhados de maneira distribuída. Os avanços nos sistemas de computação autônoma vão exigir uma base sólida destes novos padrões. Maneiras padrões de identificação, comunicação e negociação, talvez até mesmo novas classes de sistemas intermediários ou agentes desenhados especificamente para regular e gerenciar o conflito entre os diversos recursos deverão aparecer e ser incorporados.

8) Um sistema autônomo deve antecipar a otimização de recursos necessários, mantendo sua complexidade distante dos usuários (MULLER *et al.*, 2006).

Este é considerado o último desafio da AC. A busca dos recursos de TI necessários para remover o intervalo existente entre o negócio ou os objetivos principais dos clientes, e a implementação em TI necessária para atingir este objetivo, sem envolver o usuário nesta implementação. Hoje as pessoas devem se adaptar a um sistema computacional aprendendo a usá-lo, interagindo com o mesmo e buscando como coletar, comparar e interpretar os vários tipos de informação retornadas, antes de decidir o que fazer. Enquanto alguns aspectos nos sistemas de computação melhoraram para usuários em geral, como por exemplo, interfaces gráficas, ainda é difícil extrair o potencial completo de todos os sistemas de TI. Mas isso não significa que um sistema autônomo deva começar a possuir inteligência humana para antecipar, talvez até ditar, a necessidade dos usuários de TI. Novamente recorre-se à analogia do corpo humano e, em um aspecto particular, ao sistema autônomo nervoso. Quando nos deparamos com um perigo em potencial ou uma situação urgente, nosso sistema nervoso autônomo antecipa o potencial de perigo antes que nós possamos ficar preocupados. Ele, então, otimiza o corpo humano para uma seleção de respostas apropriadas, especificamente o sistema nervoso autônomo aumenta a adrenalina, aumenta nosso batimento cardíaco e respiração e geralmente contrai nossos vasos para que a pressão sangüínea

aumento. O resultado é que o nosso corpo já está totalmente preparado para o que possa acontecer, mas a nossa consciência permanece inatingida e preocupada apenas no que fazer naquele momento, por exemplo, permanecer no local e agir ou fugir. Um sistema autônomo permitirá este tipo de antecipação e suporte. Ele fornecerá informações essenciais com um sistema otimizado e pronto para implementar a decisão que os usuários fazem.

## 5.7 ESSÊNCIA DE SISTEMAS AUTÔNOMICOS

Já foram colocadas todas as características necessárias para que um sistema seja autônomo. No seu âmbito geral temos oito características, mas podemos agrupá-las em quatro grupos principais, explicitados na seqüência.

Uma estrutura de trabalho com algumas disciplinas serve, por exemplo, como guia para que possa-se conceber um sistema autônomo. Entretanto, isto não acontece repentinamente e não é apenas obtido da aquisição de novos produtos. Habilidades são necessárias, as quais as organizações necessitam se adaptar, e processos que necessitam de mudanças ou adaptação, criando novos modelos de sucesso. Pela união das melhores práticas e métodos com a tecnologia, as organizações podem ter um ganho econômico substancial.

O conceito de autonomia ajuda as empresas a usar a tecnologia para gerenciar seus sistemas de TI, reduzindo os custos operacionais e melhorando seu retorno no investimento. As quatro principais características e componentes que se destacam então são as seguintes: auto-configuração, auto-otimização, auto-conserto e auto-proteção, conforme explicitado na figura 7. Estes componentes de infraestrutura de TI precisam expor suas características de gerenciabilidade para os sistemas e para as ferramentas de gerenciamento de alto nível (SRINIVASAN e RAGHUNANDAN, 2003).



Figura 7 – Quatro principais características de destaques de um sistema autônomo.  
Fonte: Adaptado de Jacob *et al.* (2004).

A essência de um sistema de computação autônoma é o auto-gerenciamento, ou seja, o intuito de livrar os administradores dos sistemas de detalhes da operação dos sistemas e sua manutenção, e propiciar aos usuários que as máquinas e os sistemas possam funcionar de forma ininterrupta em seu desempenho de pico no período de 24/7 (por 24 horas e durante os sete dias da semana).

Como seu correspondente biológico, os sistemas autônomos manterão e ajustarão a sua operação de acordo com a mudança dos componentes, gerenciamento de carga, demandas, e condições externas e de acordo com as falhas de *hardware* e *software*, sejam elas inocentes ou maliciosas. O sistema autônomo deve continuamente monitorar o seu próprio uso, e checar por atualizações de componentes, por exemplo. Se julgar que as características novas percebidas e identificadas pelo próprio sistema acrescentam valor no mesmo, ele próprio deve instalá-las e reconfigurá-lo caso necessário, executando um teste de regressão para ter a certeza de que tudo continua bem como antes. Quando detectar um erro, o sistema automaticamente reverterá a si próprio para a última versão bem sucedida, enquanto seus algoritmos de determinação de problemas tentarão isolar a fonte do erro. A Figura 8 ilustra como este processo poderá funcionar para uma atualização em um sistema de contabilidade, e a reconfiguração que é realizada.

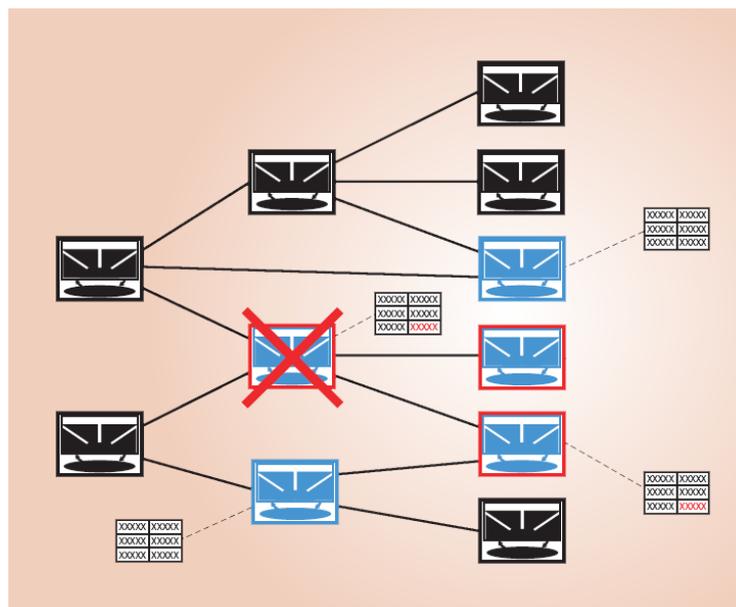


Figura 8 – Auto-gerenciamento de um sistema.  
Fonte: Adaptado de Kephart e Chess (2003).

Normalmente são citados quatro aspectos fundamentais de auto-gerenciamento, estes mostrados no Quadro 5. Quão mais cedo os sistemas autônomicos tratarem estes aspectos distintamente, com equipes diferentes produzindo soluções para endereçar cada um destes aspectos separadamente, mais efetivo será o resultado.

CONCEITO	COMPUTAÇÃO ATUAL	COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA
Auto-configuração	Data centers corporativos têm múltiplas marcas e plataformas. Instalar, configurar e integrar sistemas consome tempo e pode propiciar erros.	Configurações automatizadas de componentes e sistemas seguem políticas de alto nível. O sistema se ajusta automaticamente de acordo com a necessidade.
Auto-otimização	Sistemas têm centenas de comandos manuais, parâmetros de configuração não lineares, e seus números aumentam a cada nova atualização.	Componentes e sistemas continuamente procuram oportunidades de melhorar sua própria performance e eficiência.
Auto-conserto	Determinação de problemas em larga escala aliada à complexidade de sistemas pode levar equipe de programadores a trabalhar semanas.	Sistemas automaticamente detectam, diagnosticam e reparam problemas localizados em hardwares ou <i>softwares</i> .
Auto-proteção	Deteção e recuperação contra ataques e falhas são manuais.	Sistema automaticamente defende-se contra ataques maliciosos ou falhas em cascata. Usa alarmes pré-configurados para antecipar e prevenir falhas de proporções mais amplas.

Quadro 5 – Comparativo da implementação das características de destaque em um sistema autônomico para um sistema de computação atual.

A jornada para a computação autônômica integrada levará alguns anos, entretanto há diversos importantes aspectos e marcos durante o caminho. Em primeiro lugar, as funções automatizadas irão simplesmente coletar e agregar informações para suportar as decisões dos administradores humanos (DAILEY, 2002). Depois disto, servirão como conselheiros, sugerindo possíveis ações para consideração humana. À medida que as tecnologias de automação melhorem, e nossos créditos nelas aumentem, os sistemas autônômicos tornam-se tomadores de decisões de baixo nível. Com o passar do tempo, as pessoas deverão tomar relativamente um número menor de decisões de alto nível, as quais os sistemas irão resolver automaticamente através de um número cada vez maior de decisões e ações de baixo nível interligadas.

Por último, os administradores de sistemas e os usuários finais utilizarão os benefícios que os sistemas autônômicos lhes terão concedido. Sistemas e os dispositivos auto-gerenciáveis parecerão completamente naturais, tanto quanto *softwares* de automação e atualização de *middlewares*.

### 5.7.1 Auto configuração

Instalar, configurar, e integrar grandes e complexos sistemas é um desafio, consome tempo e fator de risco até mesmo para profissionais experientes. A maior parte dos *sites* e *data centers* corporativos estão repletos de servidores, roteadores, banco de dados e outras tecnologias em diferentes plataformas e de diferentes fornecedores. Isto pode levar meses para que equipes de profissionais experientes consigam unificar dois sistemas ou instalar uma aplicação maior de *e-commerce*.

Os sistemas autônômicos poderão configurar-se automaticamente de acordo com o alto nível de políticas – representados pelos objetivos de níveis de negócio. Quando um componente é introduzido, será incorporado e o resto do sistema se adaptará à sua presença. Por exemplo, quando um novo componente é introduzido em um sistema autônômico de contabilidade, ele irá automaticamente aprender sobre a composição e configuração do sistema. Ele registrará a si próprio e suas

capacidades de forma que outros componentes possam também usar ou modificar seu próprio comportamento apropriadamente.

### **5.7.2 Auto otimização**

Os sistemas autônômicos estarão continuamente procurando maneiras de melhorar suas operações, identificar e aprender oportunidades para torná-los eficientes em desempenho e custo. Assim como músculos tornam-se maiores à medida que se exercitam, e tal como o cérebro modifica seus circuitos durante o aprendizado, sistemas autônômicos monitorarão e modificarão seus próprios parâmetros e aprenderão a fazer escolhas apropriadas sobre a manutenção de certas funções no sistema. Estes sistemas irão proativamente procurar atualizações em suas funções através da procura, verificação e aplicação de últimas atualizações.

### **5.7.3 Auto conserto**

Os sistemas autônômicos detectarão, diagnosticarão e repararão problemas localizados, resultados de bugs ou falhas de *software* ou *hardware*, talvez através de testes de regressão. Usando o conhecimento sobre a configuração do sistema, um problema de diagnóstico de componente seria analisado a partir das informações de arquivos de log e, possivelmente, suplementado com dados de monitores adicionais que forem automaticamente requisitados (GARLAN e SCHMERL, 2002). O sistema, então, cruzaria os diagnósticos com os novos pacotes de atualização dos *softwares* envolvidos, instalaria os pacotes apropriados e retestaria todo o sistema.

### **5.7.4 Auto proteção**

Ao invés dos existentes sistemas de *firewall* e detecção de intrusos, as pessoas têm que decidir como proteger os sistemas de ataques maliciosos e falhas

inadvertidas em cascata existentes. Os sistemas autônômicos devem ser auto protegidos em dois sentidos. Eles defenderão o sistema como um todo, correlacionando problemas advindos de ataques maliciosos ou falhas em cascata que permanecem incorrigíveis pelas medidas de auto conserto. Também deverão antecipar problemas baseados em relatórios anteriores dos sensores existentes no sistema e tomar decisões para evitá-los ou minimizá-los ao máximo.

## 5.8 RESULTADOS DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA

Entregar ambientes autônômicos é uma evolução que está sendo possível em face à tecnologia existente, a partir da sua adoção em ambientes empresariais. A seguir mostraremos alguns exemplos de resultados obtidos na implementação de soluções autônômicas, com características de autogerenciamento.

### **Eficiência operacional**

Como a infra-estrutura de TI se torna mais autônômica, executar as regras de negócio torna-se o foco do gerenciamento de TI da organização. O gerenciamento do negócio e da tecnologia da informação não serão mais separadas ou passíveis de atividades conflitantes. As tecnologias que possibilitam auto-configuração e a auto-otimização fornecem a capacidade de executar e desdobrar aplicações já existentes em novos processos e capacidades.

### **Suporte das necessidades do negócio integradas a TI**

A atualização dos sistemas auto-configuráveis aumenta a velocidade na implementação de novas aplicações requeridas para suportar as necessidades de negócio emergentes. As funcionalidades de auto-conserto ajudam a disponibilizar uma estrutura disponível 24 horas por dia, durante sete dias úteis na semana, aumentando a eficiência na manutenção dos processos.

## **Produtividade na força de trabalho**

A produtividade na força de trabalho é ressaltada quando o foco é no gerenciamento dos processos de negócio e regras, sem a necessidade de traduzir estas necessidades em ações que separadamente gerenciarão e darão suporte à tecnologia. Além disso, sistemas que possuem algum tipo de autogerenciamento possibilitam que o foco de resolução de problemas seja mudado, ao invés de resolver problemas de sistema, as organizações começam a se preocupar em resolver problemas de negócio.

### **5.9 NÍVEIS DE COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA**

O progresso em direção a ambientes autônomos é um processo evolucionário, habilitado por ferramentas tecnológicas, mas é implementado por cada empresa através da adoção de diversas tecnologias (HENNESSY, 1999). Cada uma das principais facetas da autonomia em sistemas de computação (auto-configuração, auto-conserto, auto-otimização e auto-proteção) oferece desafios únicos e oportunidades. Os clientes podem se beneficiar de diversos aspectos, conforme evoluem entre os níveis de autonomia, incluindo: aumento da disponibilidade crítica de sistemas, alavancando recursos técnicos e de pessoal, aumentando a responsabilidade nas mudanças, melhorando o desempenho e reduzindo o tempo para desenvolvimento de novos sistemas. O caminho para a computação autônoma pode ser separado em alguns níveis. Estes níveis definidos a seguir iniciam no básico e seguem passando pelo gerenciado, preditivo, adaptativo e chegando no autônomo (MULLER *et al.*, 2006).

			<b>Adaptativo</b>	<b>Autonômico</b>
	<b>Gerenciado</b>	<b>Preditivo</b>	Monitoramento de sistemas, correlações e tomada de ações	Regras de Negócio gerenciadas dinamicamente
<b>Básico</b>	Ferramentas centralizadas e ações manuais	Correlações e sugestões		
Análise Manual e Resolução de Problemas				
<b>Nível 1</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 3</b>	<b>Nível 4</b>	<b>Nível 5</b>

Figura 9 – Níveis de sistemas computacionais.  
Fonte: Adaptado de IBM Tivoli *Software* (2002).

O progresso em direção a ambientes autonômicos é evolucionário, ou seja, corresponde a diferentes níveis de autonomia, cada um habilitado por ferramentas tecnológicas. Cada uma das principais facetas da autonomia em sistemas de computação (auto configuração, auto conserto, auto otimização e auto proteção) oferece desafios únicos e oportunidades. Os clientes podem se beneficiar de diversos aspectos, conforme evoluem entre os níveis de autonomia, conforme apresentado no Quadro 6.

<b>BÁSICO</b> Nível 1	<b>GERENCIADO</b> Nível 2	<b>PREDITIVO</b> Nível 3	<b>ADAPTATIVO</b> Nível 4	<b>AUTONÔMICO</b> Nível 5
Processo Informal, manual	Processo Documentado, menor tempo de atraso, processos manuais para rever desempenho de TI.	Processo Proativos, menor ciclo de duração.	Processo Automação de recursos de gerenciamento e transação, geridos por SLA.	Processo Gerenciamento do serviço de TI e de recursos. Automação máxima.
Ferramentas Locais, plataformas e produtos específicos	Ferramentas Recursos consolidados com consoles de gerenciamento, <i>softwares</i> de automação de instalações, detecção de intrusos, <i>data mining</i> , <i>data warehouse</i> e balanceamento de carga.	Ferramentas Consoles de regras com análises, gerenciadores de configuração em produtos, visualização em tempo real do status de sistemas e performance futura, automação de tarefas repetitivas.	Ferramentas Ferramentas de gerenciamento de regras com mudanças dinâmicas em virtude de características específicas.	Ferramentas Ferramentas de custo e análise financeira, modelagem de negócios de TI, automação das regras de gerenciamento.

Habilidades Plataformas específicas, geograficamente dispersadas com as tecnologias.	Habilidades Multiplataformas, gerenciamento múltiplo de ferramentas.	Habilidades Conhecimento de negócios e sistemas de diversas plataformas, gerenciamento de carga, conhecimento de processos.	Habilidades Objetivos de serviço e entrega por recursos, análise de impacto nos processos de negócio.	Habilidades Análise de custo x benefício, modelagem e uso avançado de ferramentas financeiras para a área de TI.
Medidores Tempo para resolver problemas e finalizar tarefas.	Medidores Disponibilidade de sistema, tempo para suprir requisições.	Medidores Disponibilidade de negócios de sistema, atendimento ao SLA, satisfação dos clientes.	Medidores Tempo de resposta dos sistemas, atendimento ao SLA, satisfação dos clientes, contribuição de TI ao sucesso do negócio	Medidores Sucesso do negócio, atendimento ao SLA.

Quadro 6 - Níveis de autonomia.

Fonte: Adaptado de IBM Tivoli *Software* (2002).

**Nível básico:** o ponto de partida dos ambientes de TI, em que se encontram, hoje, a maioria das empresas. Cada elemento da infra-estrutura é gerenciado independentemente pelos profissionais das TI, que fazem a configuração, monitoramento e até eventual substituição.

**Nível gerenciado:** sistemas de gerenciamento tecnológicos podem ser utilizados para coletar informações de sistemas, ajudando a diminuir o tempo que leva o administrador para coletar e sintetizar a informação, na medida em que os processos das TI vão se tornando mais complexos. As ferramentas tecnológicas de mineração de dados (*data mining*) e armazém de dados (*data warehouse*) são importantes nesta etapa.

**Nível preditivo:** novas tecnologias são introduzidas provendo correlações entre diversos elementos da infraestrutura. Esses elementos podem reconhecer padrões, prever configurações ótimas e fornecer conselhos das ações que o administrador de sistema deveria tomar.

**Nível adaptativo:** as tecnologias evoluem e as pessoas acabam sentindo-se mais confortáveis, com o aconselhamento e poder de predição dos elementos. O

ambiente das TI pode automaticamente tomar as ações certas, baseando-se nas informações disponíveis e no conhecimento do que está acontecendo no ambiente.

**Nível autônomico:** a operação da infra-estrutura das TI é governada por regras de negócios e objetivos. Usuários interagem com tecnologias autônomicas para monitorar processos de negócios, alterar objetivos ou ambos.

A figura 10 representa esta evolução entre os níveis até se atingir a autonomia de um sistema.

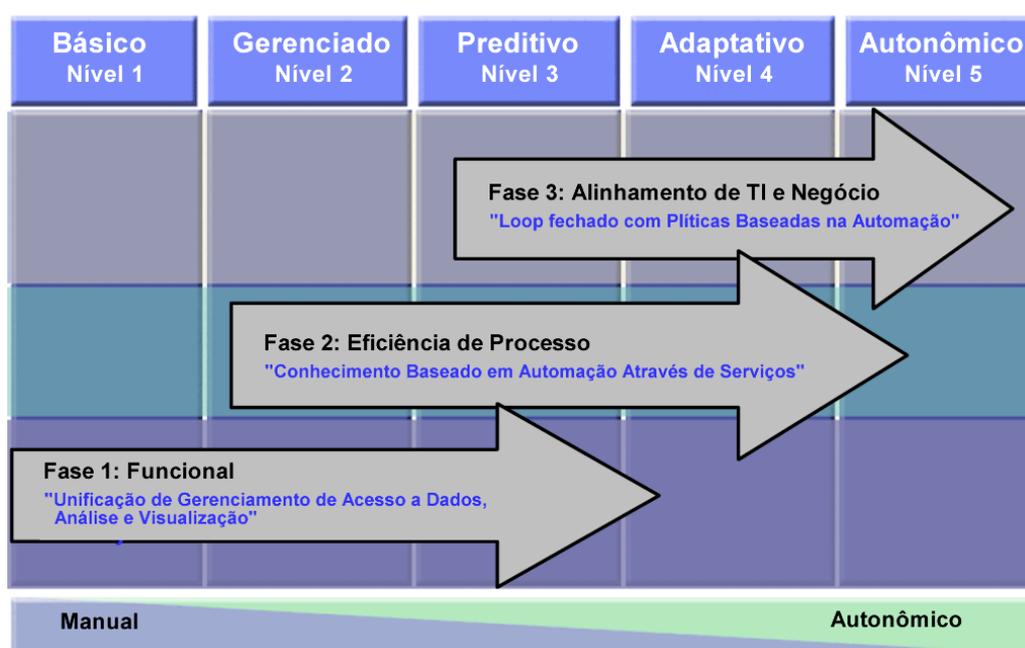


Figura 10 – Evolução entre os níveis de um sistema computacional.  
Fonte: Adaptado de Cutlip (2007).

A evolução para computação autônomico não é realizada somente com tecnologias ou ferramentas. Diversas mudanças são necessárias em várias habilidades, processos e indicadores de eficiência para a evolução em direção à AC. À medida que as empresas avançam em direção aos cinco níveis de computação autônoma, os processos, ferramentas e indicadores tornam-se mais sofisticados, e as habilidades requeridas tornam-se melhor alinhadas com o negócio (FINK e FRINCKLE, 2007).

No nível básico, se as organizações de TI são formalmente avaliadas, elas o são de acordo com o tempo necessário para finalizar tarefas e resolver problemas. A área de TI é vista como um centro de custo, com preferência em investimento em

peçoal do que sistemas coordenados para gerenciar as ferramentas e os processos.

No nível gerenciado, as áreas de TI são avaliadas pela disponibilidade dos seus recursos gerenciados, tempo de resposta a problemas e tempo para completar requisições. Para a melhoria destes indicadores, as empresas devem documentar seus processos continuamente. Ganharão eficiência com a consolidação de ferramentas de gerenciamento em plataformas estratégicas e com gerenciamento hierarquizado de problemas (McGEE, 1994).

No nível preditivo, as organizações são avaliadas pela disponibilidade e performance dos seus sistemas de negócio e pelo retorno no investimento. Para melhorar devem avaliar, gerenciar e analisar o desempenho das transações. Ferramentas são utilizadas para projetar desempenhos futuros.

No nível adaptativo, os recursos das TI são automaticamente provisionados e levados a otimizar o desempenho das transações. As regras de negócio, prioridades e SLA guiam a infraestrutura para o caminho autônomo. As áreas das TI são avaliadas pelos tempos de respostas dos sistemas, grau de eficiência da infraestrutura e habilidade de adaptação.

No nível autônomo, as organizações de TI são avaliadas pela habilidade de tornar o negócio um sucesso. Técnicas avançadas de modelagem são usadas para otimizar o desempenho e rapidamente colocar novas soluções em prática. Padrões abertos são essenciais no gerenciamento dos recursos e processos entre as camadas dos diversos sistemas. Os produtos devem primar por serem adaptáveis e compatíveis com estes padrões.

Desta forma, seguindo os níveis propostos, a organização pode construir uma forma integrada e coordenada de automatização para autonomia de seus sistemas, até encontrar o nível autônomo (BARRET *et al.*, 2004).

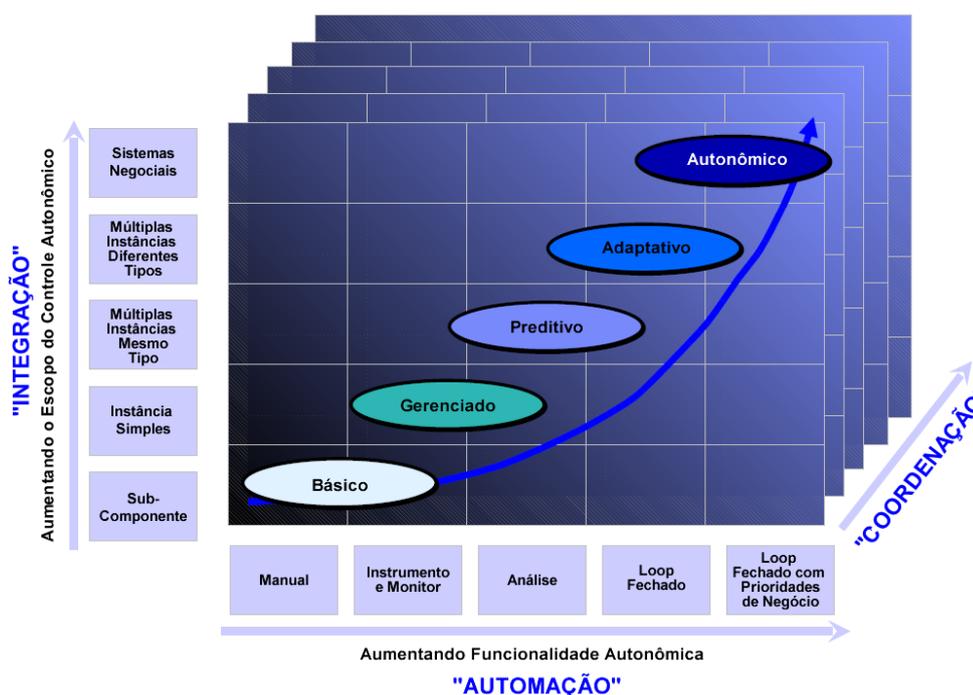


Figura 11 – Estágios e passos para chegada ao nível autônomo.  
 Fonte: Adaptado de Cutlip (2007).

## 5.10 ARQUITETURA PROPOSTA PARA SISTEMAS AUTONÔMICOS

A computação autônoma em sistemas, conforme proposto na Figura 11, pode se caracterizar como sendo um Sistema Especialista (SE), ou também chamado de Sistema Baseado em Conhecimento (SBC), e que foram a abertura da Inteligência Artificial (IA). Esses sistemas tentam reproduzir, os resultados que seriam obtidos por especialistas humanos, pelo uso de um conjunto de regras para a decisão (MENDES, 1997).

Exibem os SEs as características que associa-se com a inteligência no comportamento humano, ou seja, é um programa de computador que usa o conhecimento de um especialista e busca alcançar alto nível de desempenho em problema específico. Podem admitir informações incompletas e inexatas e também explicar as formas de raciocínio usadas.

Os SEs podem unir informática, gerenciamento e inteligência artificial em um conjunto denominado sistema especialista para bancos de dados. Esses sistemas usam bancos de dados como suporte para banco de conhecimentos.

Por meio de programas computacionais que utilizam argumentações simbólicas especializadas, esses sistemas podem resolver problemas difíceis. Também podem os SEs ser utilizados para seleção de modelos. Esses SE são denominados Sistemas Especialistas para Bancos de Modelos (SEBM). Os SEBM desenvolvem-se em três campos da IA (GOMES *et al.*, 2002):

- a) aplicação da inteligência artificial ao desenvolvimento de modelos, em que são usados modelos estatísticos, programação linear e modelos de fila;
- b) aplicação da inteligência artificial à integração de bancos de modelos, o que só é possível se permitir perfeita saída de dados de um modelo para outro;
- c) aplicação da inteligência artificial à interpretação dos resultados gerados pelos modelos.

São de valia os SEs para preservar e disseminar conhecimentos escassos, codificando a experiência humana (de algum especialista) em programas ou modelos. Os SEs possuem quatro componentes essenciais:

- a) a base de conhecimento, em que são armazenados os conhecimentos referentes à área de atuação; são os dados e regras que usam fatos (experiência) para a tomada de decisão;
- b) o mecanismo de inferência que faz a execução dos procedimentos;
- c) módulo de aquisição de conhecimento, que organiza a base de conhecimento;
- d) interface de explicação e aquisição de fatos, que contém os dados para inicializar o problema.

Considerando os conceitos mencionados, apresenta-se a arquitetura da Figura 12 para os sistemas autonômicos, que adapta a teoria proposta e identifica os elementos necessários em um ambiente de computação autonômica. A arquitetura é organizada em dois elementos maiores: um elemento gerenciado e um gerente autonômico.

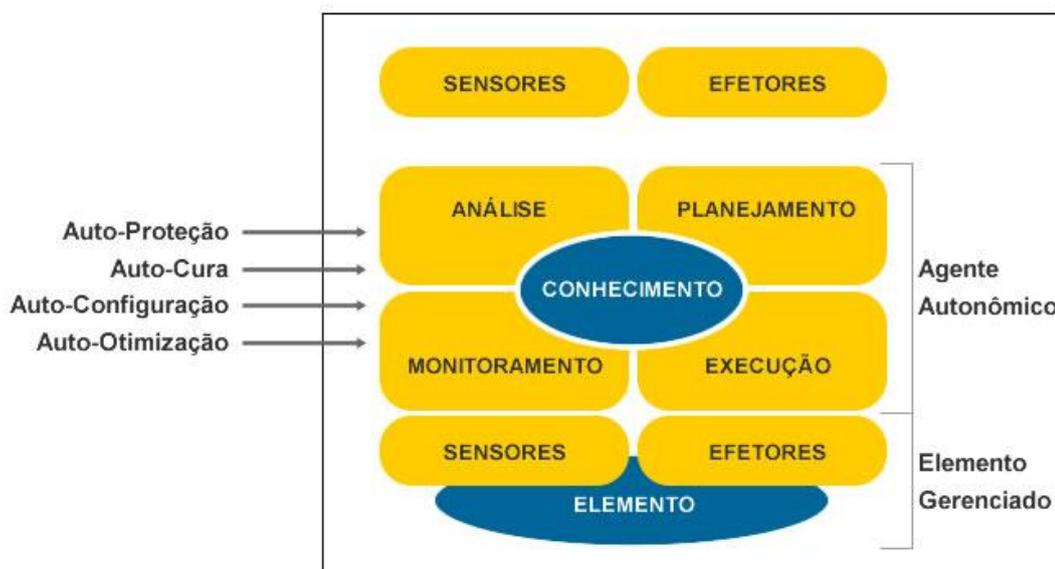


Figura 12 - Estrutura de tecnologias auto gerenciadas.  
Fonte: Adaptado de IBM Software Group (2002).

O elemento gerenciado é o recurso que está sendo gerenciado. Neste nível de arquitetura, o elemento objetivado pelo gerenciamento pode ser um recurso simples ou uma coleção de recursos. O elemento gerenciado exporta sensores e efetores. Sensores provêm mecanismos para coletar informações sobre o estado e a transição de cada elemento. Os efetores são mecanismos que mudam o estado de um elemento.

Os sensores e efetores representam a interface que é disponível a um gerenciador autônomo. O gerenciador autônomo é um componente que implementa o controle em ciclos. A arquitetura decompõe o ciclo em quatro partes:

- Monitoramento: Mecanismo que coleta, agrega, filtra, gerencia e reporta informações de um elemento.

- Análise: Mecanismo para correlacionar e modelar situações complexas. Estes mecanismos permitem ao gerenciador autônomo aprender sobre um ambiente de TI e ajudar a prever situações futuras.

- Planejamento: Mecanismo para estruturar ações necessárias para alcançar os objetivos a serem alcançados.

- Execução: Mecanismo que controla a execução de um plano, considerando mudanças.

O monitoramento, análise, planejamento e execução, partes do gerenciador autônomo relacionam-se com a maior parte dos processos das Tecnologias da Informação. Por exemplo, os mecanismos e os detalhes dos processos de gerenciamento de mudanças e gerenciamento de problemas são diferentes, mas é possível abstrair quatro funções principais, que seriam a coleta de dados, análise, criação de um plano de ação e execução. Estas quatro funções correspondem às citadas na arquitetura de um sistema autônomo.

A análise e o planejamento de mecanismos são essenciais em um sistema de computação autônoma, porque permitem aprender de forma a ajudar a aumentar as habilidades e reduzir o tempo necessário para esta adaptação aos profissionais das Tecnologias da Informação (PESCOWITZ, 2002). A parte do conhecimento no gerenciador autônomo é guardada e compartilhada. O conhecimento pode incluir regras de negócio, informações de topologia, logs de sistema e métricas de desempenho.

A arquitetura prevê, ainda, uma segunda camada de sensores e efetores. Esta camada habilita a colaboração entre os diversos gerenciadores autônomos existentes. Cada atributo autônomo auto gerenciado de auto-configuração, auto-conserto, auto-otimização e auto-proteção é a implementação de um ciclo de controle inteligente (em um gerenciador autônomo) para diferentes aspectos operacionais de configuração, conserto, otimização e proteção. Por exemplo, um gerenciador autônomo pode auto-configurar um sistema com o *software* correto se este estiver faltando. Observando uma falha, pode auto-consertar o sistema e reinicializá-lo. Pode, ainda, auto-otimizar o gerenciamento de carga se um aumento da capacidade é observado. Se um indício de invasão é detectado, poderá se auto-proteger bloqueando a invasão e verificando o recurso. Este sistema possui suporte em diversas outras ferramentas tecnológicas, como a mineração de dados (*data mining*) e o *data warehouse*, que estão integrados ao processo.

A partir das etapas de estabelecimento de objetivos do sistema, medição do desempenho, seleção do problema a ser resolvido, desenvolvimento de alternativas e implementação das soluções que estão intrinsecamente presentes em um sistema autônomo, podemos obter os resultados esperados e baseados na inteligência e consistência presente nestes sistemas.

Os sistemas autônômicos serão, portanto, coleções de elementos autônômicos, ou seja, sistemas individuais constituintes que contém recursos e entregarão serviços para as pessoas e outros elementos autônômicos.

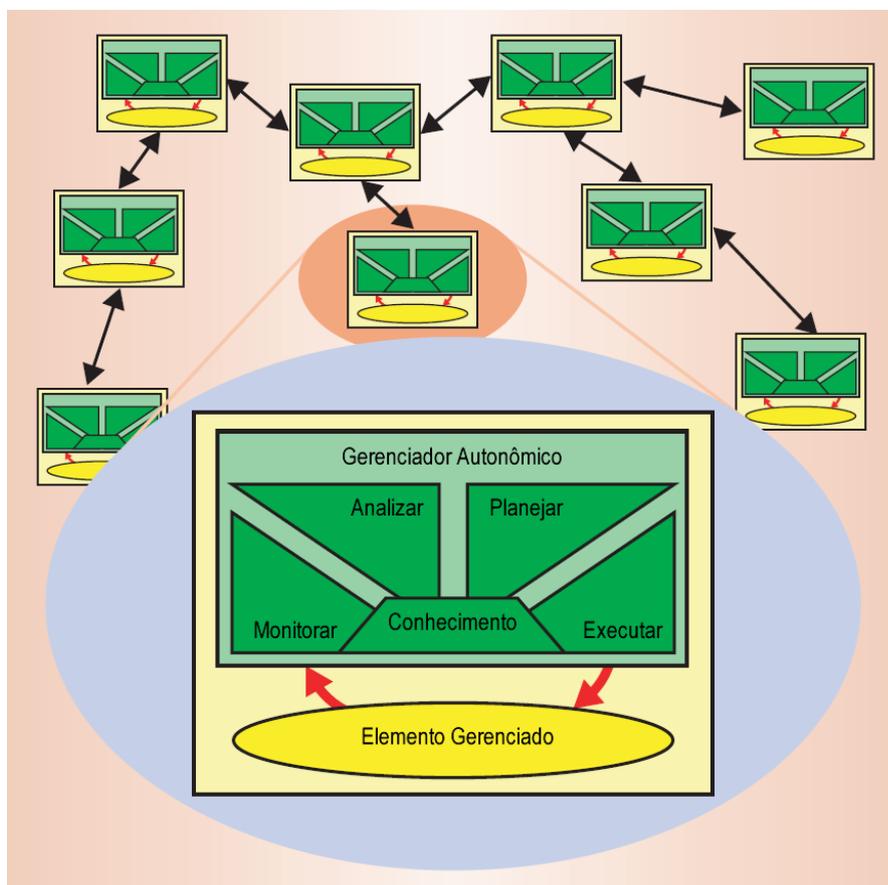


Figura 13 – Sistema autônomo como coleção de elementos autônômicos.  
Fonte: Adaptado de Kephart e Chess (2003).

Os elementos autônômicos irão gerenciar seu comportamento interno e seus relacionamentos com outros elementos autônômicos de acordo com as políticas que as pessoas ou outros elementos estabelecerem. O auto-gerenciamento do sistema crescerá nas interações existentes entre os elementos autônômicos como também através do auto gerenciamento interno dos elementos autônômicos individuais. Uma arquitetura distribuída, orientada a serviço dará suporte aos elementos autônômicos e suas interações (KEPHART e CHESS, 2003).

Conforme mostrado na Figura 14, um elemento autônomo tipicamente consistirá em um ou mais elementos gerenciados conectados a um gerenciador autônomo simples que o gerencia e o representa. O elemento gerenciado essencialmente será equivalente aquilo que é encontrado em sistemas ordinários não autônômicos, embora possa ser adaptado para habilitar o gerenciador

autônomo para monitorá-lo e controlá-lo. O elemento gerenciado pode ser um recurso de *hardware*, como uma unidade de armazenamento, uma CPU, uma impressora, um recurso de *software*, como um banco de dados, um serviço de diretórios ou um grande sistema legado.

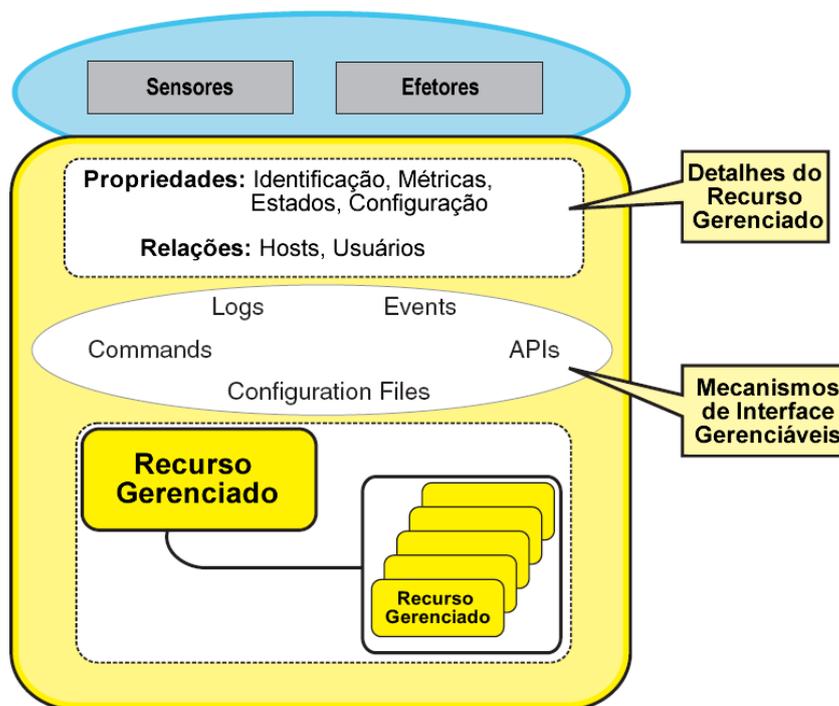


Figura 14 – Representação de um elemento autônomo.  
Fonte: Adaptado de IBM (2004).

No mais alto nível, o elemento gerenciado poderia ser um serviço ou até mesmo um negócio individual. O gerenciador autônomo distinguiria o elemento autônomo de sua parte não autônoma. Pelo monitoramento do elemento gerenciado e seu ambiente externo, conforme apresentado na Figura 15, e construindo e executando os planos de trabalho baseados na análise das informações, o gerenciador autônomo iria aliviar as pessoas da responsabilidade de diretamente gerenciar e controlar o elemento gerenciado.

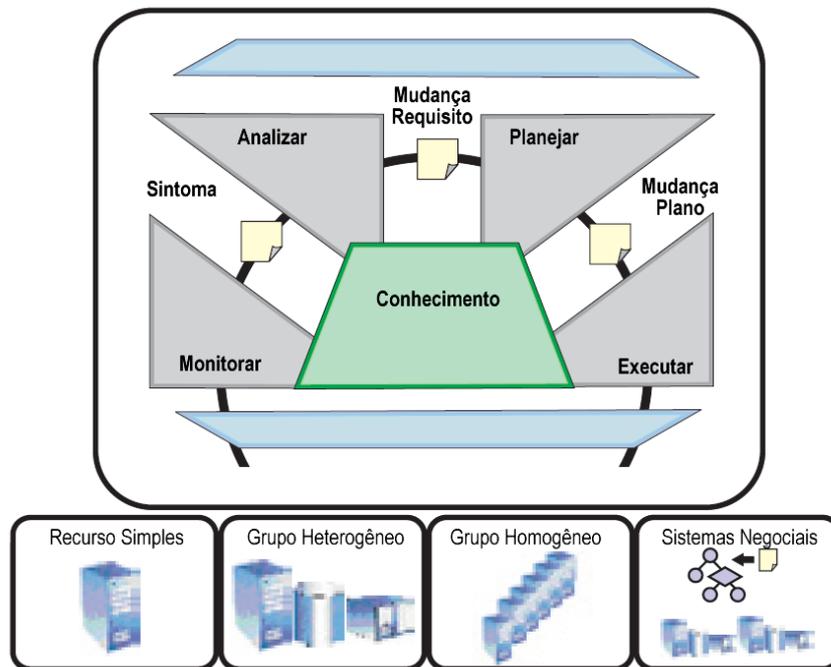


Figura 15 – Exemplos de recursos, serviços e sistemas gerenciados por um elemento autônomo.  
Fonte: Adaptado de IBM (2004).

Cada elemento autônomo será responsável por gerenciar seu próprio estado interno e comportamento e também gerenciar suas interações com o ambiente, que consiste em uma ampla gama de sinais e mensagens de outros elementos do mundo externo. O comportamento interno de um elemento e seus relacionamentos com outros elementos serão guiados como objetivos daquilo que o projetista de sistemas incorporou aos mesmos, através de outros elementos que tenham autoridade sobre eles. Um elemento poderá precisar de auxílio de outros para atingir suas metas e objetivos. Caso isto ocorra, ele será necessário por obter os recursos necessários de outros elementos e por lidar com os casos de exceção, como a falha de um recurso solicitado.

Os sistemas autônomos funcionarão em muitos níveis, desde componentes individuais de computadores como drives de leitura de discos, a sistemas computacionais em pequena escala, até empresas automatizadas nos mais sofisticados sistemas autônomos. Nos níveis inferiores, uma escala de comportamentos internos e relacionamentos de um elemento autônomo com os demais, e o conjunto de elementos com os quais ele poderá interagir, poderão ser explicitamente codificados (*hard-coded*). Particularmente no nível de componentes individuais, as técnicas bem estabelecidas têm levado ao desenvolvimento de componentes que raramente falham, que é um importante aspecto de ser

autônomo. Nos níveis mais altos, conexões e relacionamentos deverão ter a capacidade de aumentar seu dinamismo e flexibilidade. Todos estes aspectos dos elementos autônomos serão expressos no mais alto nível, com orientação de objetivos dinâmicos, deixando que os próprios elementos tenham a responsabilidade de resolver problemas estando em operação, de acordo com a política da organização.

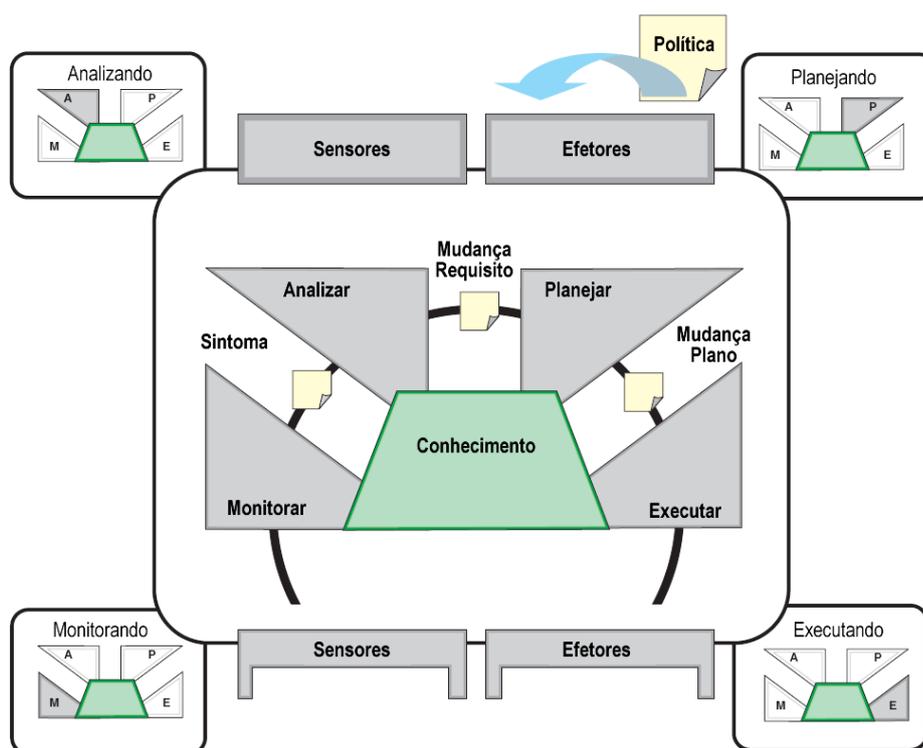


Figura 16 – Sistema autônomo trabalhando em diversos panoramas.  
Fonte: Adaptado de IBM (2004).

Finalmente, os sistemas autônomos terão ciclos de vida complexos, continuamente efetuando múltiplas tarefas e atividades e, dinamicamente sentindo e respondendo aos ambientes nos quais estão situados. Autonomia, pró-atividade e objetivo direcionado à interatividade com o ambiente são características distintas dos agentes de *software*. Enxergando os elementos autônomos como agentes e os sistemas autônomos como sistemas multi-agentes, torna claro o conceito de arquitetura orientada a agentes e sua importância.

## 5.11 COMPUTAÇÃO AUTÔNOMICA NO AMBIENTE DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO

Finalmente, para entender como a computação autônoma exerce um papel diferenciado em todo o ambiente das TI, é importante visualizar este ambiente nos diferentes níveis descritos. O auto-gerenciamento de cada um destes níveis caracteriza-se por implementar ciclos de controle, para que cada um recursos individuais, recursos mistos e soluções de negócio deles monitore, analise, planeje e execute as mudanças necessárias ao ambiente, de acordo como apresentado na Figura 17.

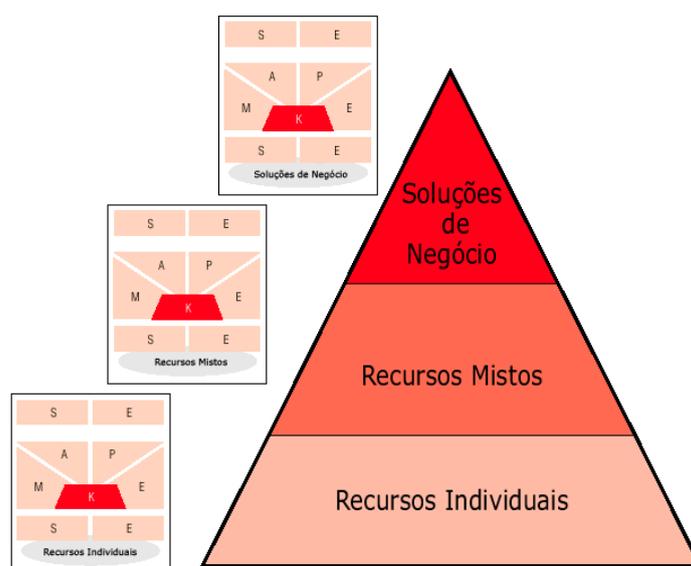


Figura 17 – Computação autônoma no ambiente de TI.  
Fonte: Adaptado de IBM Tivoli Software (2002).

Realisticamente, sistemas como este são complexos de serem construídos, e irão requerer uma pesquisa significativa em novas tecnologias e inovações. É por isso que a aplicação do conceito de AC é um desafio para a indústria das TI. Serão necessários avanços em dois aspectos fundamentais para o efetivo progresso: tornar os componentes individuais dos sistemas autônomos e obter um comportamento autônomo a nível global nos sistemas empresariais.

O segundo aspecto parece ser realmente um desafio. Ao menos que cada componente em um sistema possa compartilhar informação com qualquer outra parte e contribuir para uma regulação completa dos sistemas, o objetivo da

computação autônoma pode não ser alcançado. O aspecto essencial é, portanto, discutir como criar esta estrutura global de gerenciamento, uma política para tornar isto realidade nas organizações.

Tem-se pontos importantes, derivados dos dois principais citados. Um deles é como criar efetivamente algoritmos adaptativos, que possam, a partir da sua experiência nos sistemas, melhorar suas regras de funcionamento. Ou, então, como balancear estes algoritmos para que possuam uma espécie de memória. Podemos citar, ainda, como desenhar uma arquitetura integrada para estes sistemas de TI, com interfaces consistentes, pontos de controle e capacidades para ambientes heterogêneos (KURZWEIL, 2000).

Se tomar-se as áreas do conhecimento de Computação Natural, Inteligência Artificial, as Teorias de Controle, Sistemas Complexos e Adaptativos, Teoria do Caos, assim como estudos na área da Cibernética, talvez possa-se obter aproximações dos conceitos discutidos até aqui. Projetos de pesquisa atuais em laboratórios e universidades, incluindo sistemas que podem monitorar si próprios e se ajustar, chips celulares capazes de se recuperar de falhas para manter uma aplicação em funcionamento, sistemas heterogêneos para balanceamento de carga entre servidores e a teoria de controle tradicional têm sido aplicados na ciência da computação autônoma (YAMASAKI, 1991). Além disso, alguns aspectos colocados da computação autônoma não são totalmente novos para a indústria das TI. A integração destes conceitos, até chegar aos sistemas de negócio das organizações, bem como sua evolução, poderá fazer com que se atinjam os mais altos níveis de maturidade já descritos.

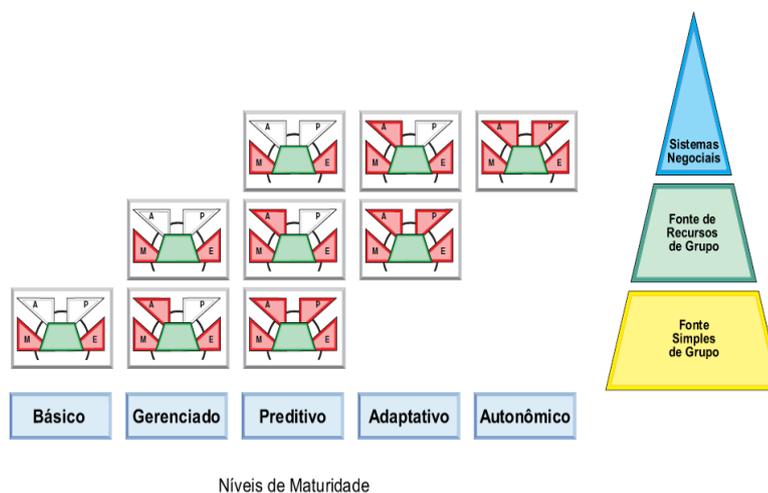


Figura 18 – Atingimento da maturidade em um ambiente de TI.  
Fonte: Adaptado de IBM (2004).

## 5.12 SISTEMAS REAIS COMO AUTONÔMICOS

É realmente um desafio enfrentado por toda a indústria de tecnologia da informação de como transformar uma estrutura tecnológica que hoje se encontra em pleno funcionamento, para que a mesma implemente as características autônomicas. Inicialmente será estudado um provedor de serviços Internet, verificando como foi preparada sua estrutura para que a mesma fosse, de certa forma, autônômica.

Neste caso, um provedor de serviços que atende milhares de clientes, desde grandes empresas até mesmo clientes individuais, possuía o desafio de dinamizar suas operações, automatizá-las de maneira rentável, sem que fosse necessário criar uma equipe maior da existente na atualidade.

A computação autônômica permitiu oferecer uma gama maior de serviços, enquanto o lucro gerado pelos seus clientes aumentou cada vez que crescia a demanda por uma melhor infra-estrutura de TI. Segue o panorama geral proposto para este provedor de serviços.

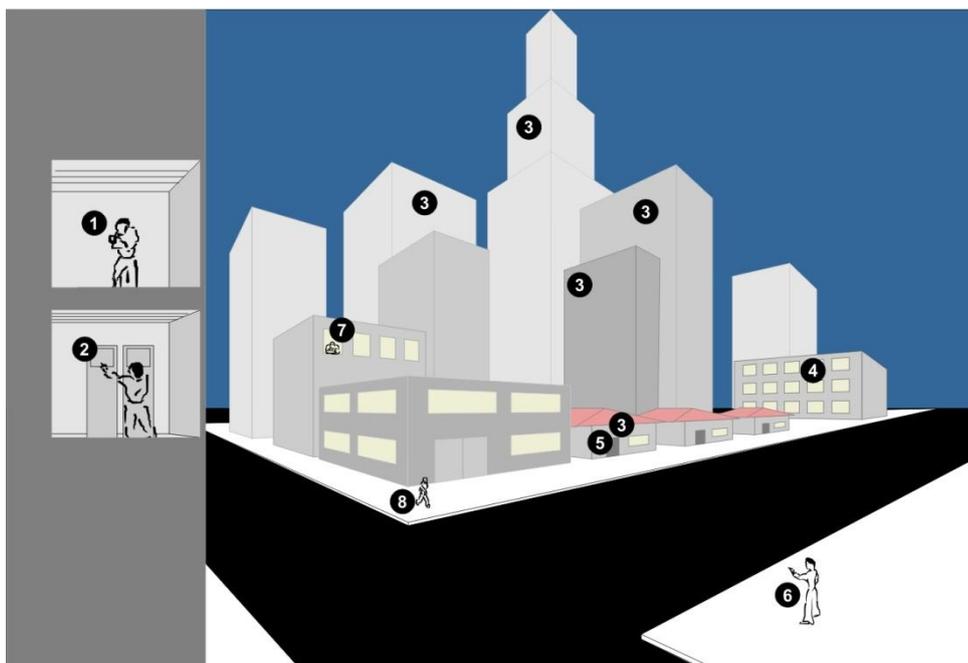


Figura 19 – Ambiente de provedor de serviços autônomico.  
Adaptado de Horn (2001).

1) Clientes podem fechar contrato com mais de um provedor de serviços, para minimizar custos e possuir uma camada adicional de redundância. Por exemplo, um Nível de Acordo de Serviço com um provedor de serviços local pode especificar taxas mais altas durante horários de pico, como, por exemplo, das oito horas da manhã até as cinco horas da tarde, período no qual o sistema autônomo que o cliente contratou deva trocar e utilizar um provedor do outro lado do planeta, com taxa menor.

2) Redundâncias distribuídas protegem os dados mais críticos dos clientes, permitindo a garantia do mais alto nível de integridade, de acordo com a vontade dos clientes em pagar por eles.

3) Acordos variados para a Qualidade do Serviço, permitindo acomodar todos os tipos de clientes, de grandes empresas a clientes individuais, e incorporar estes acordos de serviço nas suas políticas de sistemas de TI. Neste caso, a mesma estrutura que atende as maiores empresas do mundo é capaz de oferecer taxas aceitáveis a usuários domésticos, com preços similares aos pagos por uma assinatura de TV a cabo.

4) Os sistemas provedores possuem mecanismos para automaticamente fazer o balanceamento de carga entre toda sua infra-estrutura, permitindo que se garanta uma disponibilidade de 100% para clientes que a desejem.

5) Os clientes podem realizar compras especiais, pagando somente pelo uso dos serviços, acessando uma estrutura diversa de supercomputadores.

6) O provedor de serviços oferece planos de onde o cliente receberá e terá acesso aos últimos dispositivos de acesso, sem custo, sendo que muitos dos usuários não irão possuir computadores, mas utilizarão estes serviços mais do que anteriormente.

7) Acima de 95% da administração de todo o sistema está totalmente automatizada, reservando aos administradores de sistema apenas desafios interessantes e pertinentes.

8) O provedor pode acomodar nos sistemas qualquer dispositivo que seus clientes desejem utilizar, simplesmente gerenciando estes dispositivos como partes do sistema.

Desta maneira, um serviço de provimento de informações tradicional, que disponibiliza além de serviços, acessos a sistemas, informações e diversos tipos de dispositivos, pode ser adaptado para uma realidade autônoma, aproximando o

conceito anteriormente citado e possibilitando um melhor domínio sobre os sistemas como um todo.

Na indústria, este desafio também está sendo cada vez mais priorizado pelas empresas, procurando aumentar seus lucros, de maneira a poder gerenciar todos seus processos e poder controlar todas as operações derivadas de seus negócios.

Analisando uma grande indústria de manufatura, com centenas de lojas, uma rede de vendas, uma série de serviços aos colaboradores, centrais de atendimento, interfaces web para sistemas, dentre outros, é necessário que, utilizando os conceitos da computação autônoma, o sistema completo seja capaz de gerenciar todas estas entidades distintas de sistemas de TI (e quase independentemente), e prover uma funcionalidade integrada, disponibilidade, e acesso a partir de diversas interfaces. Segue então o panorama proposto para esta indústria de manufatura:

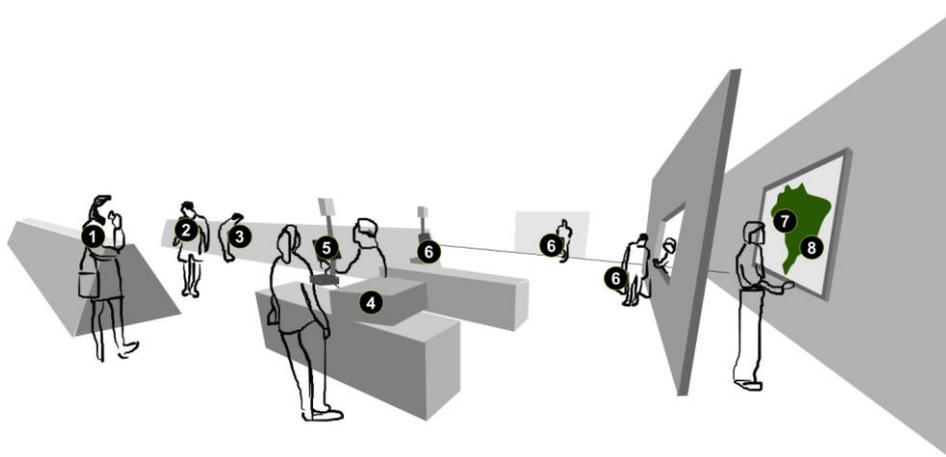


Figura 20 – Ambiente autônomo de uma indústria de manufatura.  
Fonte: Adaptado de Horn (2001).

1) Dispositivos de acesso de todos os tipos são usados por clientes, colaboradores e vendedores e são suportados.

2) Uma estrutura de TI unificada suporta colaboradores, fornecedores e clientes em lojas físicas e lojas virtuais.

3) O sistema autônomo também manuseia e gerencia toda a cadeia de suprimentos, trabalhando com fornecedores nos mais diversos lugares do planeta.

4) Alguns problemas usuais de negócio são tratados automaticamente por regras de gerenciamento e definições. Por exemplo, o roteamento de mercadorias a

áreas de baixo estoque, o ajuste de pedidos e preço baseados em aspectos financeiros ou comportamentais.

5) Quando outro sistema é incorporado, os sistemas automaticamente se ajustam e se acoplam, permitindo o acesso a dados legados em ambos sistemas. Os administradores agem para completar a integração dos dois sistemas, definindo apenas regras de negócios necessárias e decisões de segurança.

6) Todas as ações realizadas são capturadas pelo sistema, que então otimiza os processos de negócios ao longo da empresa.

7) Planos e metas anuais e mensais são ajustados dinamicamente, baseados em ações ocorridas no dia a dia.

8) Os sistemas possibilitam visualização em tempo real de todos os parâmetros necessários para a tomada de decisão: vendas, custos, estoques, mercados mais rentáveis, etc, mapeando para todos os envolvidos. Isto permite o gerenciamento eficaz e uma rápida decisão, quando necessária.

#### 4.13 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES À COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA

Na literatura encontram-se diversos autores e contribuições diferenciadas sobre a Computação Autônômica, cujos conceitos foram abordados nos tópicos anteriores. O Quadro 7 busca relacionar as principais contribuições e seus autores.

AUTOR	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES
Horn (2001)	A complexidade cada vez maior dos sistemas de TI torna necessário que os sistemas sejam cada vez mais inteligentes e independentes. O comportamento desejado de um sistema autônômico deverá ser semelhante ao do corpo humano. Capacidades de adaptação, aprendizagem e decisões baseadas em necessidades são pontos fundamentais para este novo paradigma.
Waldrop (2003)	Auto-gestão dos sistemas é um dos pontos-chaves. Para que isto seja possível, políticas e estratégias da corporação têm que ser revistas, para adequação às novas necessidades. A tecnologia servirá como complemento eficaz e confiável do trabalho das pessoas.
Muller <i>et al.</i> (2006)	A computação autônômica é mais do que uma tecnologia de <i>middleware</i> ; de fato é uma solução sólida para o problema da complexidade dos sistemas. Requer uma série de diferentes áreas de pesquisa, especialidades e características para se tornar realidade.
Srinivasan e Raghunandan (2003)	Os requisitos essenciais de um sistema autônômico são auto-configuração, auto-conserto, auto-otimização e auto-proteção. Devem ser adaptáveis ao ambiente e requerem padrões abertos da indústria de

	<i>software</i> para antecipar a otimização de recursos necessária enquanto se abstrai a complexidade dos sistemas. Fornecer um modelo matemático para este conceito é complexo, pois, em princípio, há muitos fatores envolvidos e porque um sistema autônomo seria um sistema de auto referenciamento que necessita funcionar sem a intervenção humana.
Kephart e Chess (2003)	Auto-gerenciamiento é o ponto chave da computação autônoma, desdobrando-se em quatro conceitos principais: auto configuração, auto otimização, auto conserto e auto proteção. Elementos autônicos compõem a estrutura de um sistema AC e interagem com outros elementos e pessoas através de gerenciadores autônicos. Muitos desafios científicos, de engenharia e tecnológicos devem ser enfrentados para que se consiga atingir a plenitude do conceito.
Hariri et al. (2006)	Computação autônoma é uma área emergente dos sistemas de informação que endereça de forma integrada uma série de disciplinas, tais como: tolerância a falhas, inteligência artificial, alta disponibilidade, sistemas agentes, entre outros. Há, entretanto, uma série de desafios para que os objetivos projetados sejam alcançados de forma integrada.
Parashar e Hariri (2005)	A computação autônoma oferece uma visão holística aos sistemas de TI, possibilitando que o desenvolvimento e arquitetura dos mesmos sejam passíveis de adaptações próprias para atingimento de requerimentos, tais como performance, tolerância a falhas, confiabilidade, segurança, etc, sem a necessidade de intervenção humana.
McCann e Huebscher (2006)	As atividades de pesquisa em sistemas autônicos podem ser categorizadas em quatro áreas: monitoramento de componentes, interpretação dos dados monitorados, criação de um plano de reparação e execução do plano. Baseado nisto, escolheu-se agrupar os sistemas autônicos em duas categorias principais: sistemas inteligentes multi-agentes e concepção e arquitetura de sistemas baseados em sistemas autônicos.
Fink e Frincke (2007)	Administradores de sistema devem considerar a computação autônoma como uma posição de maior responsabilidade e respeito, que lhes permitirá ter ferramentas mais avançadas que complementarão seu trabalho intelectual nas organizações.
Stojanovic et al. (2006)	Destaca como um ponto importante na visão de computação autônoma o conceito de máquinas (engines) de correlação. Estes são componentes centrais que realizam tarefas automatizadas, análise e interpretação contínua de dados, eventos em tempo real, entre outros, com o intuito de detectar ameaças, padrões complexos de ataques e falhas e iniciar ações inibidoras.
Barret et al. (2006)	Administração de sistemas é uma tarefa difícil e tem rapidamente se tornado mais difícil à medida que os sistemas se tornam mais complexos. A iniciativa de computação autônoma pretende transformar de forma drástica a maneira que os sistemas são gerenciados ao introduzir a automação em todos os seus níveis.
Koehler et al. (2003)	Cada sistema autônomo está situado em algum ambiente ou contexto. A interação entre o sistema e seu ambiente ocorre através de três componentes do sistema: negociação, execução e observação.
Burgess e Couch (2005)	Apresentou uma interpretação para regulação de sistemas autônicos com o modelo de imunidade, implementando o comportamento de auto governança, sem perda de autonomia.

Quadro 7 – Autores e Principais Contribuições à Computação Autônoma.

## 5.14 DETERMINANTES DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA

Por meio da revisão da literatura realizada neste capítulo e sintetizada no Quadro 7, conclui-se que os determinantes da Computação Autônômica convergem para os quatorze fatores apontados abaixo e todos eles já explicitados por Horn (2001) em seu estudo sobre o assunto. É importante observar que os determinantes já existem na literatura e podem não serem os únicos, porém para o foco e objetivo deste estudo foram escolhidos pelo pesquisador para serem utilizados como determinantes da Computação Autônômica. Vale ressaltar que estes determinantes foram validados por outros autores e utilizamos as principais contribuições para compor o Quadro 8.

1) DETERMINANTES DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA	a) AUTORES
CA1) Conhecimento: Para ser autônômico um sistema precisa conhecer a si mesmo e compreender os componentes que também possuam identidades no sistema. A partir do momento que um sistema existe, pode existir, em diferentes níveis. Um sistema autônômico precisará ter um conhecimento detalhado de todos seus componentes, status concorrentes, capacidades e todas as conexões com outros sistemas para poder controlar a si mesmo.	Horn (2002) Waldrop (2003)
CA2) Interação: Um sistema autônômico deve interagir com os sistemas vizinhos. Irá verificar os recursos disponíveis, propor intercâmbios entre os sistemas para que todos tenham uma performance cada vez melhor, ou seja, serão adaptáveis ao meio e às condições.	Horn (2002) Srinivasan e Raghunandan (2004) Hariri <i>et al.</i> (2006) Koehler <i>et al.</i> (2003)
CA3) Monitoração: Deverá ser capaz de monitorar todas as suas partes constituintes e fazer com que suas operações e transações estejam sob contínuo ajuste fino, buscando alcançar objetivos predeterminados de sistema, otimizando sua performance.	Horn (2002) Waldrop (2003) Kephart e Chess (2003) McCann e Huebscher (2004) Hariri <i>et al.</i> (2006)
CA4) Gerenciamento: A essência de um sistema de computação autônômica é o auto-gerenciamento, ou seja, o intuito de livrar os administradores dos sistemas de detalhes da operação dos sistemas e sua manutenção, e propiciar aos usuários que as máquinas e sistemas possam rodar continuamente em seu desempenho de pico.	Horn (2002) Srinivasan e Raghunandan (2004) Waldrop (2003) Kephart e Chess (2003)
CA5) Controle: O controle eficaz e eficiente do sistema, suas interações com demais sistemas, relacionamentos, entre outros é requisito importante para seu sucesso.	Stojanovic <i>et al.</i> (2006) Burgess e Couch (2005)
CA6) Aprendizado: Um sistema autônômico conhece seu ambiente e o contexto de sua atividade, agindo de acordo com o mesmo, captando as sensações do seu contexto e utilizando-as para decisões futuras, como uma forma de aprendizado.	Horn (2002) Waldrop (2003)
CA7) Flexibilidade: Sistemas Autônômicos necessitam ser flexíveis para atender os requisitos propostos de maneira eficiente.	Horn (2002) Fink e Frincke (2007)
CA8) Ação Própria: Um sistema autônômico deve antecipar suas ações sobre os recursos necessários, mantendo sua complexidade distante dos usuários.	Horn (2002) Parashar e Hariri (2005) McCann e Huebscher (2004)

<p>A busca dos recursos de TI necessários para remover o intervalo existente entre o negócio ou os objetivos principais dos clientes, e a implementação em TI necessária para atingir este objetivo, sem envolver o usuário nesta implementação, deve ser buscada.</p>	
<p>CA9) Adaptação: A capacidade de adaptar ou mudar de condições é necessária em um sistema inteligente.</p>	<p>Horn (2002) Waldrop (2003) Muller <i>et al.</i> (2006) Srinivasan e Raghunandan (2004)</p>
<p>CA10) Velocidade: A velocidade de adequação às situações de ambiente nos sistemas é fator fundamental no sucesso dos mesmos.</p>	<p>Muller et al.(2006)</p>
<p>CA11) Configuração: Um sistema de computação autônoma deve ser capaz de se configurar e reconfigurar mediante variadas e imprevisíveis condições. A configuração de sistema ou chamado “setup” deve ocorrer automaticamente, assim como ajustes dinâmicos devem ser feitos para que se encontre a melhor configuração para os ambientes em constante mudança.</p>	<p>Horn (2002) Srinivasan e Raghunandan (2004) Kephart e Chess (2003)</p>
<p>CA12) Otimização: Um sistema de computação autônomo não fica em posição estável, está sempre procurando maneiras para otimizar seu trabalho e seus resultados. Deverá ser capaz de fazer com que suas operações e transações estejam sob contínuo ajuste fino, buscando alcançar objetivos predeterminados de sistema, otimizando sua performance. Este esforço consistente para continuamente otimizar sua performance é a única maneira que um sistema computacional pode enfrentar a complexidade e os conflitos existentes e demandados pelos negócios de tecnologia da informação, fornecedores, clientes e colaboradores.</p>	<p>Horn (2002) Srinivasan e Raghunandan (2004) Kephart e Chess (2003)</p>
<p>CA13) Conserto: Um sistema autônomo deve ter a capacidade de se recuperar de eventos extraordinários que possam comprometer o sistema ou partes dele. Deve ser possível descobrir e detectar problemas, ou potenciais problemas e achar um caminho alternativo usando seus próprios recursos ou reconfigurando o sistema para que a funcionalidade seja suavemente mantida.</p>	<p>Horn (2002) Srinivasan e Raghunandan (2004) Kephart e Chess (2003) McCann e Huebscher (2004)</p>
<p>CA14) Proteção: Um sistema autônomo deve ter a capacidade de se auto proteger. Deve ter a capacidade de detectar, identificar e proteger-se contra diferentes tipos de ataques, mantendo a completa integridade do sistema e garantindo sua segurança.</p>	<p>Horn (2002) Srinivasan e Raghunandan (2004) Kephart e Chess (2003)</p>

Quadro 8 – Determinantes da computação autônoma.

## 6 CONSOLIDAÇÃO DOS DETERMINANTES E DEFINIÇÃO DOS REFERENCIAIS

Este capítulo visa a realização das Fases 3, 4 e 5 previstas na Estratégia de Pesquisa, conforme Figura 3. Mais precisamente, cumprem-se com os objetivos “Confirmar os determinantes da Computação Autônoma e do ambiente de Tecnologia da Informação”, “Definir os referenciais da Computação Autônoma e do Ambiente de Tecnologia da Informação” e “Integrar os Referenciais”.

Responde-se assim às questões previstas “Quais são os determinantes da Computação Autônoma e do ambiente de Tecnologia da Informação?” e “Quais são os referenciais das duas áreas de conhecimento?”, conforme apresentado na Figura 1. Neste capítulo apresentam-se principalmente as etapas propostas por Noy McGuinness relacionando às fases propostas na estratégia de pesquisa.

### 6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAMPO DE ANÁLISE

O Paraná tem a oportunidade de avançar de forma acelerada e se posicionar, nos próximos dez anos, como um dos grandes centros de conhecimento do mundo na área de tecnologia da informação. Na área operacional, o Paraná vem apresentado resultados promissores. Contribuiu para este caso de sucesso a Lei de Informática, de 23 de outubro de 1991, que gerou impactos altamente positivos na fabricação de bens de tecnologias da informação, uma indústria que tem crescido aceleradamente no país, desde o início dos anos 90, com destaque entre os setores industriais no cenário mundial. A Lei de Informática possibilitou a atração para o Paraná dos grandes empreendedores internacionais e o aumento significativo do faturamento.

Abaixo temos uma tabela de distribuição de estabelecimentos e empregos entre as unidades da federação, por atividades de *software*, por atividades em tecnologia da informação e comunicação (TIC). Podemos observar que o Paraná é o quinto estado da federação em termos de estabelecimentos relacionados às atividades de *software*.

Unidade da Federação	Total das Atividades de Software											Total Ativ. TIC**	
				CLASSE 7210	CLASSE 7221	CLASSE 7229	CLASSE 7240						
	Estab.	%	Empr.	Consultoria em hardware	Desenvolvimento e edição de softwares prontos para uso	Desenvolvimento de softwares sob encomenda e outras consultorias	Ativ. de banco de dados e distribuição on-line de conteúdo eletrônico	Estab.	%	Estab.	%	Estab.	%
São Paulo	1.524	36,6	24.308	740	35,7	236	35,4	468	39,3	80	33,9	10.843	36,1
Rio de Janeiro	539	12,9	9.227	328	15,8	52	7,8	131	11,0	28	11,9	3.041	10,1
Minas Gerais	407	9,8	5.507	202	9,7	80	12,0	109	9,2	16	6,8	2.999	9,98
Rio Grande do Sul	325	7,8	2.291	152	7,3	53	7,9	108	9,1	12	5,1	2.512	8,36
Paraná	291	7,0	1.546	129	6,2	59	8,8	74	6,2	29	12,3	2.253	7,5
Santa Catarina	279	6,7	2.484	80	3,9	81	12,1	102	8,6	16	6,8	1.807	6,01
Bahia	110	2,6	1.612	68	3,3	17	2,5	18	1,5	7	3,0	973	3,24
Goiás	60	1,4	2.874	33	1,6	5	0,7	17	1,4	5	2,1	678	2,26
Pernambuco	103	2,5	1.565	58	2,8	11	1,6	27	2,3	7	3,0	617	2,05
Distrito Federal	137	3,3	8.612	80	3,9	11	1,6	42	3,5	4	1,7	616	2,05
Outros Estados	390	9,4	3.353	202	9,7	62	9,3	94	7,9	32	13,6	3.709	12,3
<b>Total</b>	<b>4.165</b>	<b>100</b>	<b>63.379</b>	<b>2.072</b>	<b>100</b>	<b>667</b>	<b>100</b>	<b>1.190</b>	<b>100</b>	<b>236</b>	<b>100</b>	<b>30.048</b>	<b>100</b>

Tabela 1 - Distribuição de estabelecimentos entre as Unidades da Federação, por atividades de *software*, por atividades em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).  
Fonte : RAIS/MTE, 2005.

Na Tabela 2 nota-se que Curitiba ocupa a quinta posição nacional no ranking de municípios brasileiros com maior número de estabelecimentos para o conjunto de atividades de atividades de *software* e o quinto no número de empregos.

Municípios	Emprego	%	Municípios	Estab.	%
São Paulo	102.638	20,6	São Paulo	5.014	16,7
Rio de Janeiro	39.969	8,0	Rio de Janeiro	2.099	7,0
Manaus	33.361	6,7	Belo Horizonte	1.051	3,5
Brasília	25.898	5,2	Porto Alegre	851	2,8
Belo Horizonte	18.305	3,7	Curitiba	824	2,7
Curitiba	16.878	3,4	Brasília	616	2,1
Porto Alegre	13.598	2,7	Salvador	444	1,5
Barueri	10.239	2,1	Recife	418	1,4
Campinas	8.261	1,7	Goiânia	386	1,3
Salvador	8.164	1,6	Barueri	373	1,2
<b>Brasil</b>	<b>499.427</b>	<b>100,0</b>	<b>Brasil</b>	<b>30.048</b>	<b>100,0</b>

Tabela 2 - Principais municípios brasileiros para o conjunto das atividades de *software* no ano de 2005 por estabelecimento e número de empregos.  
Fonte: RAIS/MTE, 2005.

Algumas considerações de ordem didática são necessárias quanto aos questionários e à amostra que caracterizam a abordagem no campo de análise, após descritivo inicial. A pesquisa no campo de análise ocorreu da seguinte forma:

- a) Para obter respostas para o questionário 1 – Tecnologia da Informação, foram enviados questionários a dez membros de organizações do setor público e privado situadas no Paraná, atuantes no ambiente de tecnologia da informação destas empresas, direcionando a pessoas com grande representatividade e destaque neste setor. A seleção dos atores seguiu critérios de amostragem quanto a representatividade das empresas e primou por selecionar entrevistados com muitos anos de vivência na área e profundos conhecimentos e experiência no setor. Foi realizada uma divisão em dois grupos. O primeiro grupo foi composto de membros ligados ao setor público da indústria de *software* paranaense, identificados nesta pesquisa como atores 2,3,6 e 9. O segundo grupo foi composto também por pessoas do ambiente de tecnologia de informação da indústria de *software* paranaense, entretanto ligadas ao setor privado e indústrias, identificados nesta pesquisa como os demais atores (1,4,5,7,8,10). O perfil dos entrevistados e seus contatos estão disponíveis no Apêndice C;
- b) Para obter respostas para o questionário 2 – Computação Autônoma, foram enviados questionários a dez membros de organizações do setor público e privado situadas no estado do Paraná, atuantes no ambiente de tecnologia da informação destas empresas, direcionando a pessoas com representatividade e destaque neste setor. A seleção dos atores seguiu critérios de amostragem quanto à representatividade das empresas e primou por selecionar entrevistados com muitos anos de vivência na área e profundos conhecimentos e experiência no setor. Foi realizada uma divisão em dois grupos. O primeiro grupo foi composto de membros ligados ao setor público da indústria de *software* paranaense, identificados nesta pesquisa como atores 2,3,6 e 9. O segundo grupo foi composto também por pessoas do ambiente de tecnologia de informação da indústria de *software* paranaense, entretanto ligadas ao setor privado e indústrias, identificados nesta pesquisa como os demais atores (1,4,5,7,8,10). O perfil dos entrevistados e seus contatos estão disponíveis no sumário dos questionários respondidos no Apêndice D.

Quanto à amostra, esta foi composta por profissionais atuantes em organizações do setor público e do setor privado da indústria de *software* paranaense, com o objetivo de confirmar as informações encontradas na literatura e avaliar o grau de concordância em relação às afirmações sobre os determinantes da Computação Autônoma e o Ambiente de Tecnologia da Informação. O fato dos questionários serem respondidos por dois grupos, atuando de forma diferenciada, visou avaliar se a visão das empresas ligadas ao setor público é a mesma visão nas indústrias e empresas do setor privado.

Vale ressaltar que a amostra fixada teve como objetivo principal confirmar os conceitos encontrados na literatura, não tendo, portanto, pretensões de representatividade estatística.

Para interpretação dos resultados e determinação do grau de concordância, utilizou-se, de acordo com Oliveira (2001), o procedimento geral da escala de Likert em relação às proposições elaboradas. Escala Likert, proposta por Rensis Likert em 1932, é uma escala onde os respondentes são solicitados não só a concordarem ou discordarem das afirmações, mas também a informarem qual o seu grau de concordância/discordância. A cada célula de resposta é atribuído um número que reflete a direção da atitude do respondente em relação a cada afirmação. A pontuação total da atitude de cada respondente é dada pela somatória das pontuações obtidas para cada afirmação. As respostas possíveis são: i) discordo totalmente, ii) discordo, iii) neutro, iv) concordo, e v) concordo totalmente para os dois questionários.

Aos vários graus de concordância / discordância são atribuídos números para indicar a direção da atitude do respondente. Geralmente, os números utilizados variam de 1 a 5, ou -2, -1, 0, +1, +2. A maior pontuação possível será a multiplicação do maior número utilizado (por exemplo, 5) pelo número de assertivas positivas, e a menor pontuação será a multiplicação do menor número utilizado (por exemplo, 1) pelo número de assertivas negativas. A pontuação individual pode ser comparada com a pontuação máxima, indicando a atitude em relação ao problema proposto.

## 6.2 DESENVOLVIMENTO DA ONTOLOGIA

Neste item busca-se descrever o desenvolvimento da ONTO ACTI.

### 6.2.1 Fase determinação do domínio e o escopo da ontologia

Visa definir o escopo e responder às questões de competência que subsidiaram o processo de desenvolvimento da ONTO ACTI e ajudaram a limitar o escopo do modelo.

- a) Qual é o domínio que a ontologia cobrirá?
  - i. Ambiente de tecnologia da informação;
  - ii. Computação autonômica.
  
- b) Para que finalidade está sendo usada a ontologia?
  - i. Análise dos determinantes da computação autonômica e do ambiente de tecnologia da informação;
  - ii. Uma representação do relacionamento da computação autonômica e do ambiente de tecnologia da informação.
  - iii. A finalidade do uso da ontologia criada é de ordem didática e analítica.
  
- c) Que respostas as informações da ontologia devem trazer?
  - i. Quais são os referenciais que permitem a consolidação dos determinantes extraídos das duas áreas de conhecimento?;
  - ii. Como representar o relacionamento da computação autonômica e do ambiente de tecnologia da informação por meio de uma ontologia?
  
- d) Quem usará e manterá a ontologia?

- i. A ontologia estará disponível na biblioteca do PPGEPS da PUC-PR para uso e manutenção de alunos, professores e pesquisadores.

e) Perguntas de competência:

- i. A ontologia contém informações suficientes para responder a esses tipos de perguntas?

A ontologia é um trabalho inicial e poderá não responder a todas às questões iniciais, porém servirá de base para estudos futuros.

- ii. As respostas requerem um nível particular de detalhe ou de representação de uma área particular?

Sim, a ontologia está sendo construída para um domínio específico de conhecimento, que é a intersecção de duas áreas de conhecimento computação autônoma e do ambiente de tecnologia da informação, no caso deste estudo a ontologia é inicial.

f) No domínio do ambiente de tecnologia da informação, as seguintes perguntas de competência são possíveis:

- i. Quais são os determinantes que caracterizam o ambiente de tecnologia da informação?

Apresentados no Quadro 6.

- ii. Quais são as classes que definem o ambiente de tecnologia da informação?

As classes foram definidas a partir dos determinantes da tecnologia da informação e são: qualidade, desempenho, alinhamento estratégico, custos, disponibilidade, prazos e automação.

g) No domínio da computação autônoma, as seguintes perguntas de competência são necessárias:

- i. Quais são os determinantes que caracterizam a computação autônoma?

Apresentados no Quadro 8.

ii. Quais são as classes que definem a computação autônoma?

As classes foram derivadas dos determinantes da computação autônoma e são elas: conhecimento, interação, monitoração, gerenciamento, controle, aprendizado, flexibilidade, ação própria, adaptação, velocidade, configuração, otimização, conserto e proteção.

### 6.2.2 Fase – Consideração da reutilização de ontologias existentes

Dentre as ontologias analisadas podem-se citar as buscas realizadas em algumas bibliotecas existentes: Ontolingua (<http://ontolingua.stanford.edu/>), a biblioteca de ontologia de DAML (<http://www.daml.org/ontologies/>) e o repositório de busca semântica Swoogle (<http://swoogle.umbc.edu>).

O pesquisador efetuou uma busca nos endereços relacionados com as bibliotecas descritas anteriormente e encontrou setenta e sete (77) referências para a palavra-chave tecnologia da informação (*information technology*). Todas elas foram encontradas no repositório de busca semântica Swoogle. A base ontológica já existente não pode ser aproveitada, devido ao fato de tais ontologias visarem outros objetivos e domínios de conhecimento diferentes daqueles propostos nesta pesquisa.

Para a palavra-chave computação autônoma (*autonomic computing*), foram encontradas quatro referências, também no repositório Swoogle, todas elas referenciadas ao estudo de Stojanovic (2004), já referenciado conceitualmente na bibliografia desta pesquisa.

## 6.3 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS

Os resultados dos questionários estão de acordo com estratégia metodológica prevista e suas respostas e considerações apresentadas a seguir:

### 6.3.1 Resultado dos questionários de Tecnologia da Informação

O questionário 1, referente ao ambiente de Tecnologia da Informação, previu treze (13) questões relacionadas com os determinantes do ambiente de Tecnologia da Informação, e sua descrição encontra-se no Apêndice A.

Na Figura 21 apresenta-se o nível de concordância sobre os determinantes do ambiente de Tecnologia da Informação, na visão dos entrevistados nesta área. Os dados obtidos demonstram que os determinantes do ambiente de Tecnologia da Informação encontrados na literatura tiveram um grau de concordância elevado, de 85,38%, com 7,69% de neutralidade e apenas 6,92% de discordância, comprovando o uso destes determinantes na prática tanto acadêmica como industrial.

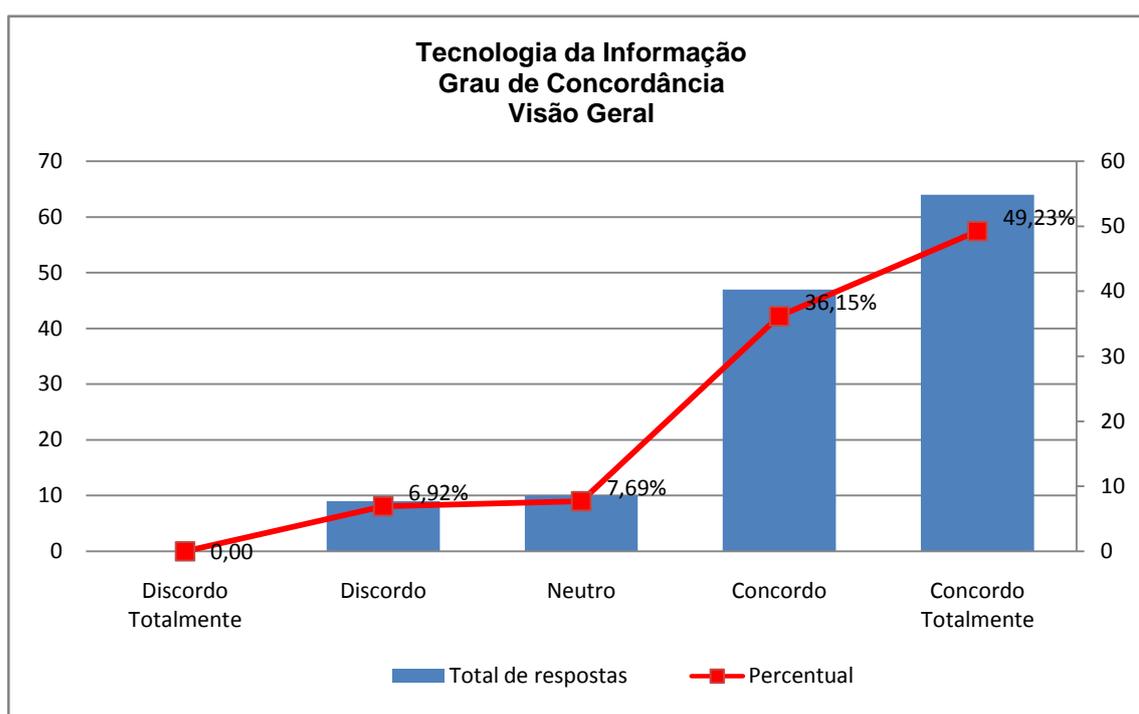


Figura 21 – Tecnologia da Informação, grau de concordância, visão geral.

A Figura 22 mostra o grau de concordância por questão, o que permite visualizar que as questões 3 e 11, relacionadas à automação e disponibilidade respectivamente, obtiveram o menor índice de concordância, ainda que percentualmente este determinantes também tenha sido confirmados de maneira significativa. Observe que as demais questões apresentam índice elevado de concordância.

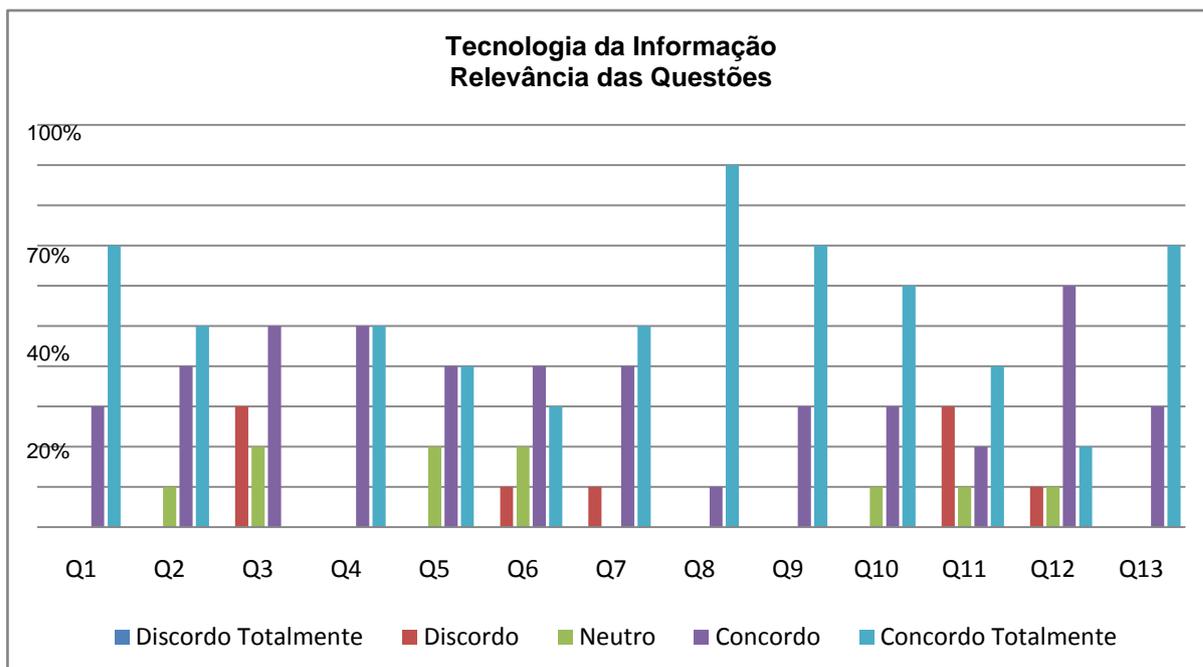


Figura 22 – Tecnologia da Informação, relevância das questões.

A Figura 23 apresenta os dados anteriormente descritos na figura 22, considerando apenas a concordância positiva (respostas concordo e concordo totalmente) em relação aos determinantes. Excetuando-se as questões 03 e 11, cuja concordância é de 50% e 60% respectivamente, todas as demais apresentam grau de concordância igual ou superior a 70%.

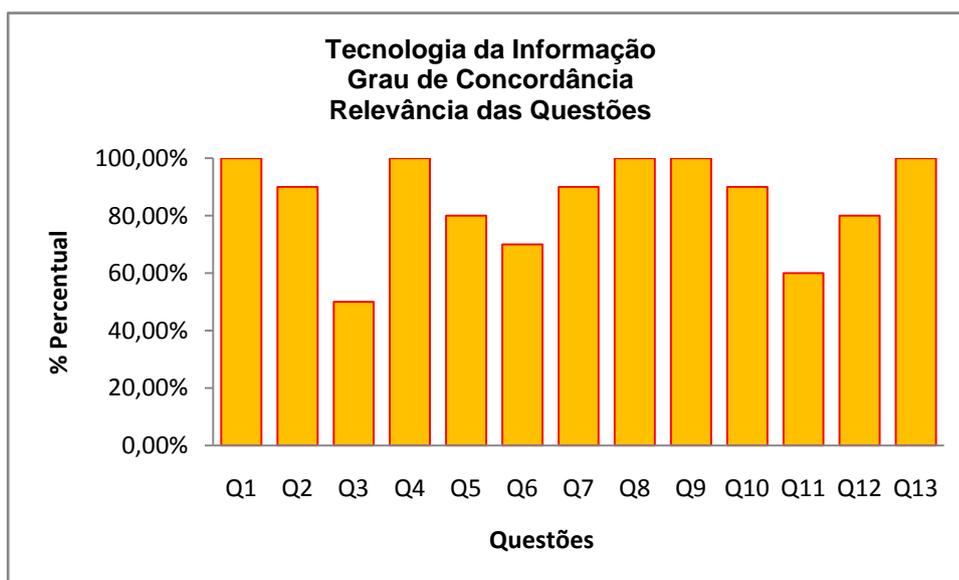


Figura 23 – Tecnologia da Informação, grau de concordância.

O Quadro 9 apresenta as respostas por entrevistado, o que permite uma visão do grau de concordância individual.

Grau de concordância	Entrevistado									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discordo Totalmente										
Discordo				1	2	2	1		1	2
Neutro	2	1		1		1	2		1	2
Concordo	2	3	13	4	3	2	7	2	5	6
Concordo Totalmente	9	9		7	8	8	3	11	6	3

Quadro 9 – Síntese do Questionário da Tecnologia da Informação.

Considerando a divisão por grupos realizada, e analisando primeiramente as respostas referentes aos entrevistados pertencentes ao setor público, observou-se que os índices de concordância foram também altos, com 88,5%, confirmando os determinantes apresentados, conforme apresentado na Figura 24.

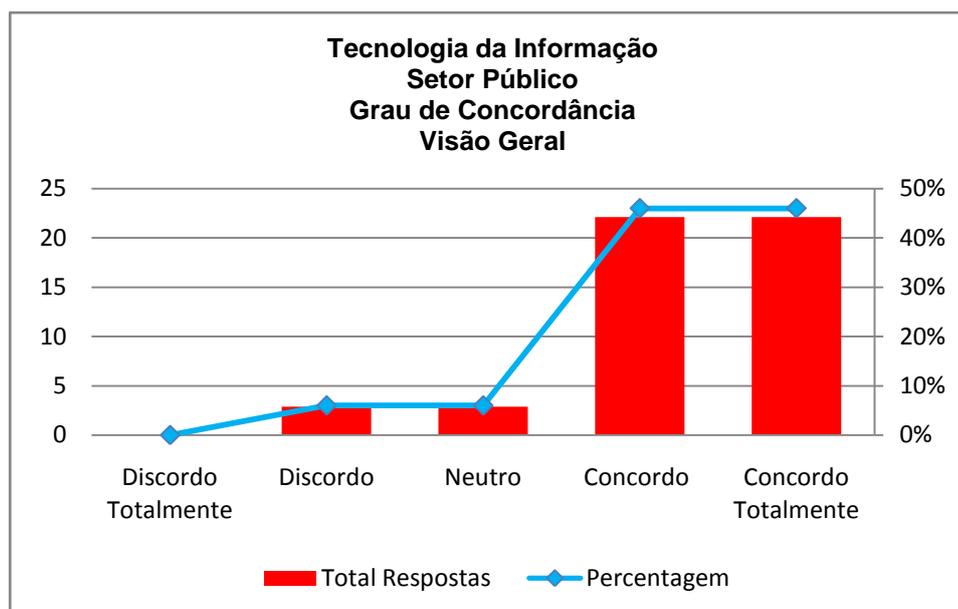


Figura 24 – Tecnologia da Informação, grau de concordância, setor público, visão geral.

Da mesma forma, ao analisar as respostas referentes ao setor privado, nota-se a confirmação dos determinantes, com porcentagem de 83,33%, conforme apresentado na Figura 25. Sendo assim percebe-se que em ambos os grupos estudados, a visão que prevalece com referência aos determinantes do ambiente de tecnologia da informação propostos é a mesma e confirmada pelo questionário.

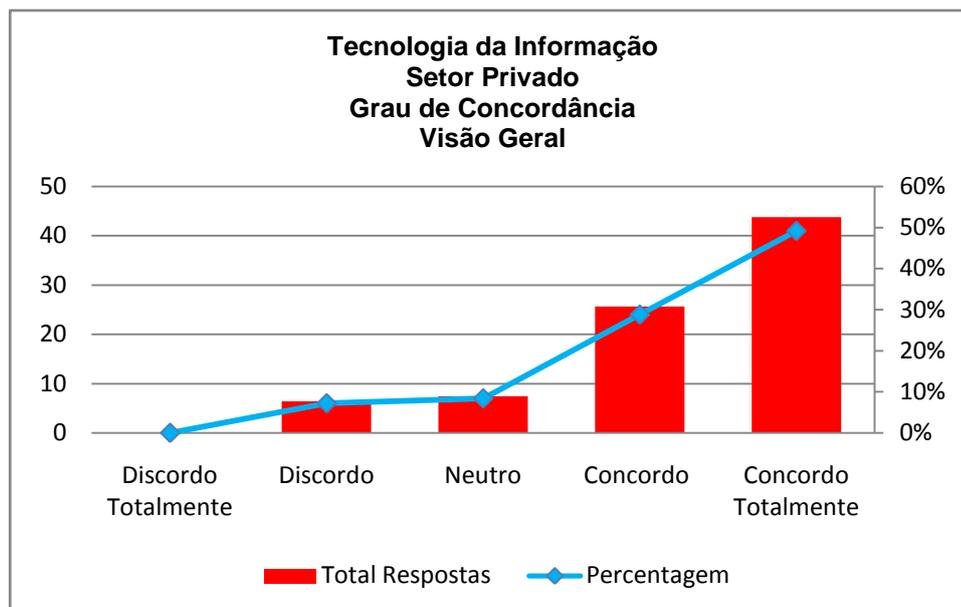


Figura 25 – Tecnologia da Informação, grau de concordância, setor privado, visão geral.

### 6.3.2 Resultado dos questionários da Computação Autônômica

O questionário 2, referente à computação autônômica, previu dezessete (17) questões relacionadas com os determinantes da computação autônômica, e sua descrição encontra-se no Apêndice B.

Na Figura 26 - Visão geral, apresenta-se o nível de concordância sobre os determinantes da computação autônômica, na visão dos entrevistados nesta área. Os dados obtidos demonstram que os determinantes da computação autônômica encontrados na literatura tiveram um grau de concordância elevado, de 85,89%, com 11,76 % de neutralidade e apenas 2,35% de discordância, comprovando o uso destes determinantes na prática tanto acadêmica como industrial.

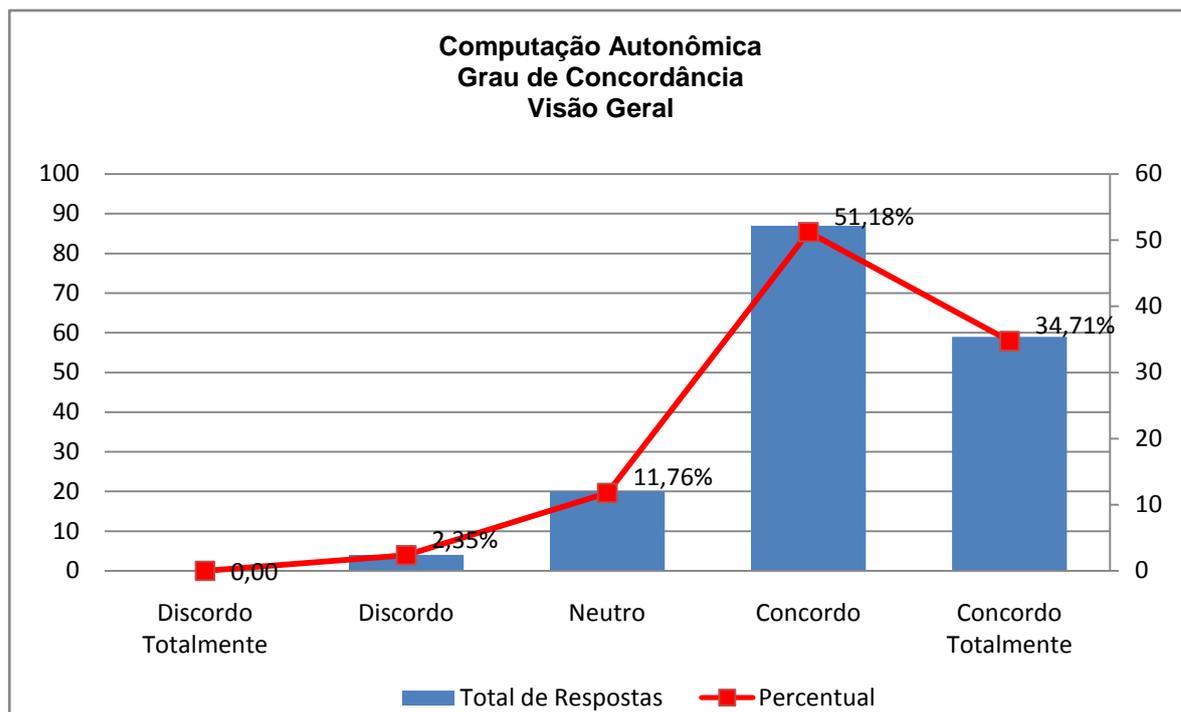


Figura 26 – Computação autônoma, grau de concordância, visão geral.

A Figura 27, mostra o grau de concordância por questão, o que permite visualizar que a questão 12, relacionada à flexibilidade, obteve o menor índice de concordância, ainda que percentualmente este determinante também tenha sido confirmado. Observe que as demais questões apresentam índice elevado de concordância.

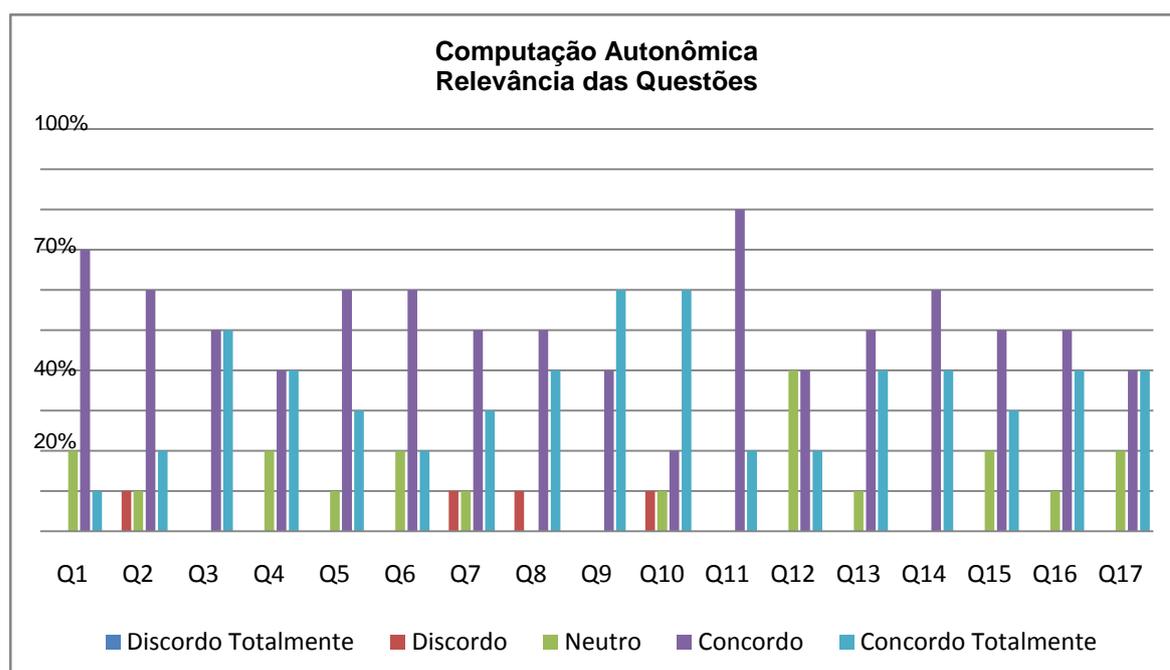


Figura 27 – Computação Autônoma, relevância das questões.

A Figura 28 apresenta os dados anteriormente descritos na Figura 27, considerando apenas a concordância positiva (respostas concordo e concordo totalmente) em relação aos determinantes. Excetuando-se a questão 12, cuja concordância é de 60%, com 40% de neutralidade, todas as demais apresentam grau de concordância igual ou superior a 80%.

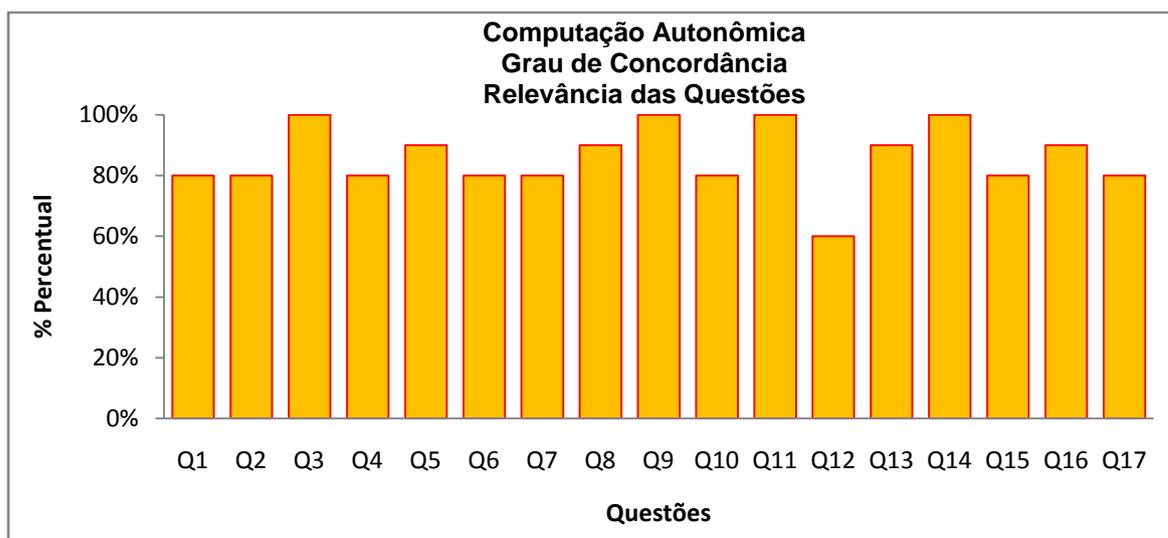


Figura 28 – Computação autônoma, grau de concordância.

O Quadro 10 apresenta as respostas por entrevistado, o que permite uma visão do grau de concordância individual.

Grau de concordância	Entrevistado									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discordo Totalmente										
Discordo							4			
Neutro		1	1	1	3	3	2		2	7
Concordo	13	4	14	7	7	10	9	3	10	10
Concordo Totalmente	4	12	2	9	7	4	2	14	5	

Quadro 10 - Síntese de Questionário da Computação Autônoma.

Considerando a divisão por grupos realizada, e analisando primeiramente as respostas referentes aos entrevistados pertencentes ao setor público, observou-se que os índices de concordância foram também altos, com 89,71%, confirmando os determinantes apresentados, conforme apresentado na Figura 29.

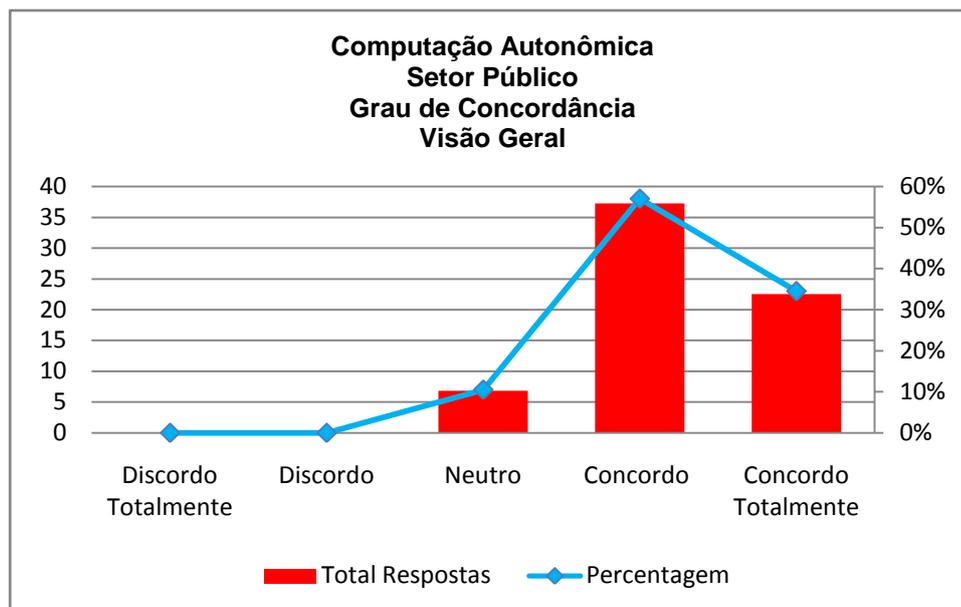


Figura 29 – Computação autônoma, grau de concordância, setor público, visão geral.

Da mesma forma, ao analisar as respostas referentes ao setor privado, nota-se a confirmação dos determinantes, com porcentagem de 83,33%, conforme figura 30. Sendo assim percebe-se que em ambos os grupos estudados, a visão que prevalece com referência aos determinantes da computação autônoma propostos é a mesma e confirmada pelo questionário.

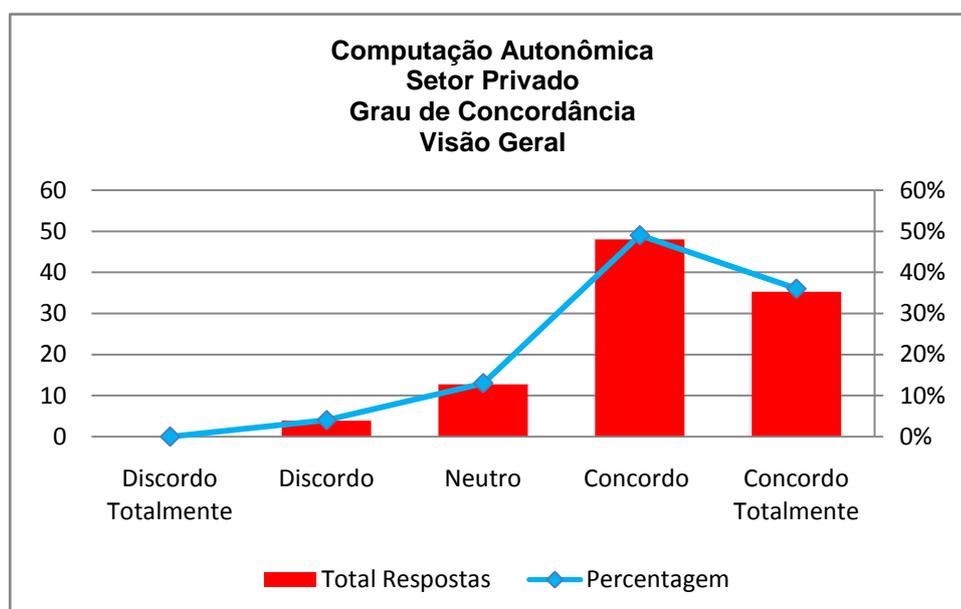


Figura 30 – Computação autônoma, grau de concordância, setor privado, visão geral.

Importante concluir que devido aos índices de concordância, considera-se que os determinantes identificados são representativos dos dois domínios de conhecimento. Logo, autoriza-se o desdobramento dos mesmos em referenciais.

#### 6.4 IDENTIFICAÇÃO E INTEGRAÇÃO DOS REFERENCIAIS

Esta seção visa o cumprimento do objetivo “*Identificar e analisar os referenciais das áreas de conhecimento em estudo*”. Para tal, os referenciais são extraídos a partir dos determinantes das áreas computação autônoma e do ambiente de tecnologia da informação. O processo de extração dos referenciais é essencialmente dedutivo/lógico.

No Quadro 11 os referenciais são apresentados. Na primeira coluna são identificados os determinantes de cada área específica e na segunda coluna busca-se integrar os referenciais das duas áreas.

DETERMINANTES	REFERENCIAIS INTEGRADOS DA COMPUTAÇÃO AUTÔNOMA E DO AMBIENTE DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DA INDÚSTRIA DE SOFTWARE PARANAENSE.
CA1, CA6 e TI3	Para que um sistema possa conhecer a si mesmo e compreender seus componentes, é importante que o mesmo possa capturar as informações dentro de seu contexto e utilizá-las como forma de aprendizado na tomada de decisões. Além disso, é fundamental que este conhecimento armazenado, que faz parte do seu aprendizado, possa ser direcionado de forma alinhada com a estratégia da organização em todos os seus aspectos.
CA1 e TI2	Conhecer o sistema, ou conjunto de sistemas de um ambiente de tecnologia da informação, é fator decisivo para que o mesmo possa ter um desempenho satisfatório e que atenda os requisitos estipulados pela organização.
CA2 e TI2	A interação com sistemas e recursos vizinhos, propondo intercâmbios e troca de informações, contribui para que os participantes deste contexto possuam um melhor desempenho.
CA3 e TI2	O fato de um ambiente de tecnologia da informação estar sendo constantemente monitorado contribui para que seu desempenho esteja sendo melhorado de acordo com as impressões observadas.
CA3 e TI5	Monitora-se o ambiente de TI de uma organização para que o mesmo possa estar disponível no maior tempo possível.
CA4 e TI5	O gerenciamento integrado do ambiente de tecnologia da informação é necessário para que se tenha disponibilidade máxima de seus recursos e sistemas.
CA4, CA5 e TI1	O gerenciamento e controle eficaz do ambiente de TI de uma organização é fator fundamental para que se tenha qualidade na informação gerada a partir dos seus sistemas e recursos constituintes.
CA5, TI2 e TI5	Controlar o contexto de tecnologia da informação de uma empresa remete a mesma a possuir características avançadas de desempenho e disponibilidade dos seus recursos e sistemas.

CA6 e TI1	Sistemas e ambientes inteligentes possuem a característica de aprender a partir de suas interações com o ambiente no qual estão inseridos. Esta característica contribui para que a qualidade da informação gerada a partir dos mesmos seja mais apurada.
CA6, TI2 e TI6	Tornar realidade a capacidade de aprendizado de um ambiente de tecnologia contribui de maneira significativa para que o mesmo possa maximizar seu desempenho a cada instante. Desta forma, devido a estas características inteligentes presentes nos sistemas, muitas tarefas que deveriam ser realizadas por administradores de TI são executadas automaticamente, possibilitando a redução de prazos relativos a ajustes de ambiente ou novas necessidades.
CA6, CA12 e TI4	A partir do momento que o ambiente de TI aprende a partir das interações com seu meio e acaba otimizando seus recursos e sistemas, os custos relativos à alocação de profissionais para atendimento destas demandas são minimizados, pois elas são internamente absorvidas.
CA6 e CA9	A característica de aprendizado do ambiente de TI requer que o mesmo seja passível de adaptações que se fizerem necessárias.
CA7 e TI6	Para que os prazos sejam atingidos mais rapidamente, é bastante importante que o ambiente de TI e seus sistemas sejam flexíveis.
CA8 e TI7	Para que um ambiente de TI possa ser considerado autônomo, o mesmo necessita tomar ações necessárias para sua melhoria sem envolvimento das pessoas.
CA9 e TI7	A adaptação é uma característica de destaque de sistemas automatizados e autônomos.
CA10 e TI6	A velocidade de adequação às situações de ambiente nos sistemas é fator fundamental de sucesso dos mesmos e contribui para a redução dos prazos envolvidos para execução das atividades.
CA10, CA12 e TI2	A otimização dos sistemas contribui para que a velocidade de adequação dos mesmos às situações desejadas seja aumentada, da mesma forma que potencializa seu desempenho.
CA11 e TI2	Sistemas autônomos poderão configurar-se automaticamente de acordo com o alto nível de políticas – representados pelos objetivos de níveis de negócio. Quando um componente é introduzido, será incorporado e o resto do sistema se adequará à sua presença, trazendo uma melhoria significativa para o desempenho do mesmo.
CA11, CA12, CA13, CA14 e TI7	O conceito de autonomia ajuda às empresas a usar a tecnologia para gerenciar seus sistemas de TI, reduzindo os custos operacionais e melhorando seu retorno no investimento. As quatro principais características e componentes que se destacam neste contexto de automação e autonomia são: auto-configuração, auto-otimização, auto-conserto e auto-proteção.
CA12, TI1 e TI2	A otimização constante do ambiente de tecnologia da informação é de grande importância para que se tenha informação com qualidade em seus componentes com um desempenho satisfatório.
CA13 e TI5	A possibilidade de se reparar dada uma determinada condição não prevista é fator preponderante para que o ambiente possua plena disponibilidade em seu contexto.
CA14 e TI5	Proteger-se de situações que porventura possam interferir no comportamento dos sistemas de uma ambiente de tecnologia da informação é essencial para que os mesmos tenham alta disponibilidade.
CA2, CA3, CA8, CA9, CA11, CA12, e TI5	Conhecer todas as situações presentes em um ambiente de TI integrado, interagir com outros sistemas e recursos, agindo de acordo com a necessidade, adaptando-se ao contexto exigido, configurando-se de acordo com as necessidades, otimizando sua performance contribuem de maneira decisiva para um desempenho de excelência do ambiente citado.

Quadro 11 – Referenciais Integrados da Computação Autônoma e do Ambiente de Tecnologia da Informação.

## 6.5 FASE ENUMERAÇÃO DOS TERMOS IMPORTANTES PARA A ONTOLOGIA:

Esta fase complementa a estrutura da pesquisa, conforme previsto na metodologia, apresentando a definição de uma lista de termos. Procurando atender a este requisito, foi elaborada uma lista de termos a partir dos referenciais encontrados. Estes estão descritos no Quadro 12, em ordem alfabética, e seus significados discriminados no Apêndice E.

Ação própria	Consertar	Implementação	Processo
Acompanhamento	Conserto	Independente	Produção
Acuracidade	Continuidade	Individual	Produtividade
Adaptação	Contribuição	Informação	Produtos
Adaptar	Controlar	Informar	Produzir
Adaptativo	Controle	Infraestrutura	Projetos
Agir	Convergência	Iniciar	Proposta
Ajustar	Criação	Iniciativa	Propriedade
Alinhamento Estratégico	Criar	Inovação	Proteção
Alinhar	Custo	Inovar	Proteger
Ambiente	Decisão	Instituições	Qualidade
Análise	Dependências	Integração	Rapidez
Antecipar	Desempenho	Integrado	Reagir
Aplicações	Detectar	Integridade	Realizar
Aprender	Determinar	Interação	Receber
Aprendizado	Distinguir	Interagir	Reconhecer
Aquisição	Distribuição	Interfaces	Recuperar
Áreas de Decisão	Distribuir	Interoperabilidade	Recursos
Armazenar	Duração	Mecanismos	Redes
Arquitetura	Efeitos	Medição	Redução
Auto configuração	Efetores	Medidores	Redundantes
Auto-conserto	Elaborar	Medir	Regras de negócio
Automação	Elemento gerenciado	Meio	Relatar
Autonomia	Entrada	Métodos	Reorganização
Autônômico	Entrega	Monitoração	Requisito
Auto-otimização	Enviar	Monitorar	Resposta
Auto-proteção	Escolher	Mudança	Saídas
Auxiliar	Escopo	Mudar	Segurança
Avaliação	Específicos	Necessária	Sensores
Básico	Estratégia	Negócio	Serviços
Capacidade	Estruturar	Níveis de Autonomia	Sistema

Característica	Existência	Nível	Sistema inteligente
Citérios competitivos	Expectativa	Obter	Sugerir
Cliente	Explorar	Operações	Tarefas
Combinar	Facilidade	Organização	Tecnologia
Compatibilidade	Ferramentas	Organizar	Tecnologia da Informação
Complexidade	Finalizar	Otimização	Tecnológico
Componentes	Flexibilidade	Otimizar	Tipo
Comportamento	Flexível	Padrão	Trabalho
Compreensão	Forma	Participar	Usar
Computação	Fornecedores	Penetrabilidade	Uso
Computação Autônômica	Garantia	Planejar	Utilização
Comunicar	Gerar	Plano	Utilizar
Conceitos	Gerenciado	Plataforma	Validar
Conexão	Gerenciamento	Políticas	Valor
Confiabilidade	Gerenciar	Prazo	Variável
Configuração	Gerir	Preço	Velocidade
Configurar	Gestão	Preditivo	Verificar
Conhecer	Habilidades	Prevenção	
Conhecimento	Implantar	Prioridades	

Quadro 12 – Termos dos Referenciais Integrados.

## 7 DESENVOLVIMENTO E FORMALIZAÇÃO DA ONTOLOGIA

Este capítulo conclui as fases 6 e 7 previstas na estratégia de pesquisa (Figura 3), cumprindo com o objetivo geral de pesquisa: Construir uma ontologia, doravante denominada ONTO ACTI, que represente a computação autonômica no ambiente de tecnologia da informação, e os objetivos específicos: Validar classes, atributos e relações das áreas de conhecimento e construir a ontologia que represente a computação autonômica no ambiente de tecnologia da informação. Atingindo-se estes objetivos responde-se à questão Como representar a computação autonômica no ambiente de tecnologia da informação por meio de uma ontologia?

Observa-se que este capítulo apresenta apenas os principais esquemas desenvolvidos. Salienta-se que a ontologia construída na íntegra está disponível no apêndice F.

A lógica de construção da ONTO ACTI está fundamentada nos elementos definidos nos capítulos anteriores. Explicitando de forma mais precisa:

- A partir do Quadro 6 – Determinantes do Ambiente de Tecnologia da Informação, classes e hierarquias conceitualizam o ambiente de Tecnologia da Informação;

- A partir do Quadro 8 – Determinantes da Computação Autonômica, classes e hierarquias são definidas para conceitualizar a Computação Autonômica;

- A partir do Quadro 11 – Referenciais Integrados da Computação Autonômica no Ambiente de Tecnologia da Informação e do Quadro 12 - Termos dos Referenciais Integrados, classes e atributos são construídos de forma a explicitar o relacionamento entre os elementos anteriores.

Observa-se que este capítulo apresentará apenas os principais esquemas desenvolvidos, a Figura 31 ilustra a estrutura geral da ONTO ACTI, observada no mais alto nível de definição. A ONTO ACTI na íntegra está disponível no Apêndice F e detalhada nos Apêndice G, H e I.

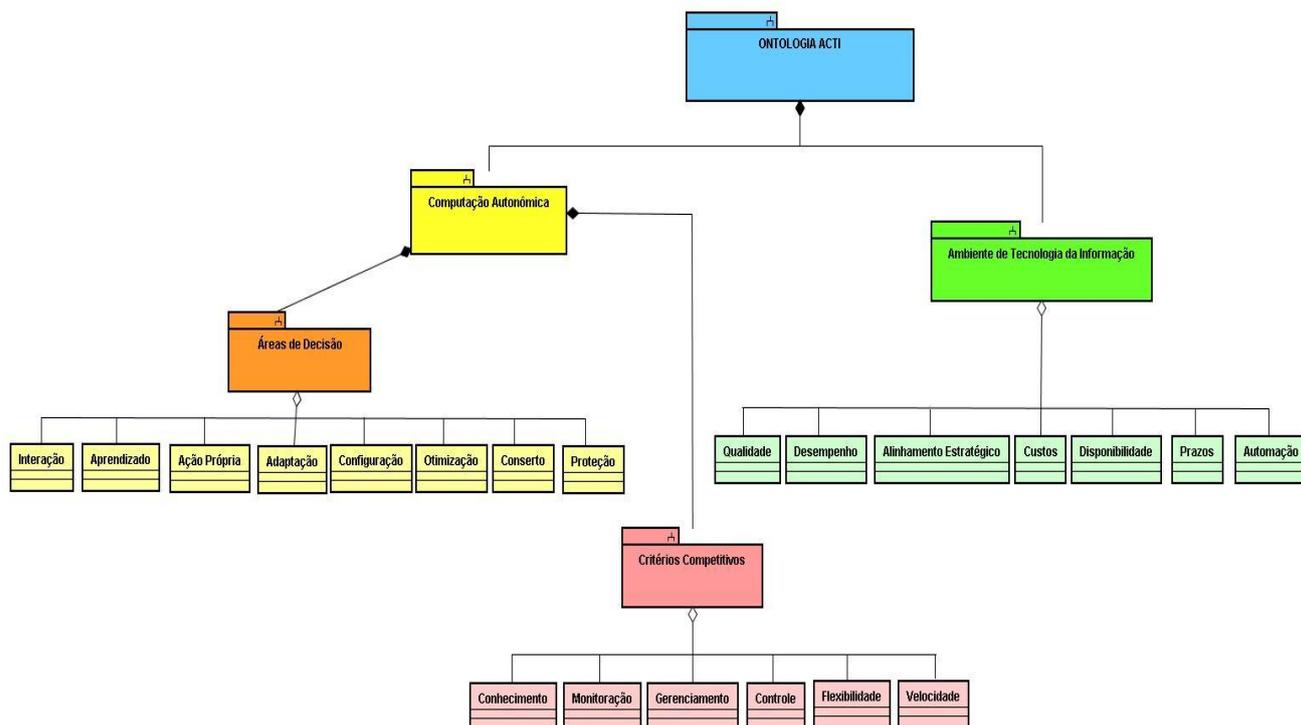


Figura 31 – ONTO ACTI.

## 7.1 CONSTRUÇÃO DOS COMPONENTES DA ONTOLOGIA

Na seqüência apresenta-se a construção dos componentes da ONTO ACTI, considerando um maior nível de detalhamento e observando a realização das fases previstas na estratégia de pesquisa. No final deste capítulo apresentam-se algumas considerações conceituais, obtidas pela análise da ONTO ACTI, que contribuem para explicitar aspecto relevante da questão-chave da dissertação: representar a computação autônoma no ambiente de tecnologia da informação.

A construção dos componentes foi possível a partir dos termos listados no Quadro 12.

### 7.1.2 Fase Definição das classes e a hierarquia das classes

Nesta fase ocorreu a definição das classes da ONTO ACTI oriundas dos termos previamente selecionados, bem como a sua hierarquia. O resultado é a ONTO ACTI disponível no Apêndice E e detalhada nos Apêndices G, H e I.

Os componentes que fazem parte da ONTO ACTI estão assim distribuídos: sistemas, subsistemas, classes, atributos, operações e relacionamentos.

Na seqüência apresenta-se o detalhamento da ONTO ACTI.

## 7.2 CONSTRUÇÃO – SISTEMA ONTO ACTI

**Sistema:** (ONTO ACTI), está identificado na ontologia com o título: representação da computação autonômica no ambiente de tecnologia da informação, que está suportada por dois subsistemas: computação autonômica e ambiente de tecnologia da informação, que representam as duas áreas constituintes do estudo.

### 7.2.1 Construção Subsistema Ambiente de Tecnologia da Informação

Para o ambiente de Tecnologia da Informação a seguinte estrutura foi estabelecida:

**Subsistema:** Ambiente de Tecnologia da Informação.

**Classes:** para o Ambiente de Tecnologia da Informação foram construídas 7 (sete) classes: Qualidade, Desempenho, Alinhamento Estratégico, Custos, Disponibilidade, Prazos e Automação. As classes foram identificadas por meio da definição dos determinantes do Ambiente de Tecnologia da Informação e depois confirmadas por meio da validação dos referenciais e ainda pela análise do grau de concordância no campo de análise.

A Figura 32 mostra a representação do subsistema Tecnologia da Informação e suas classes.

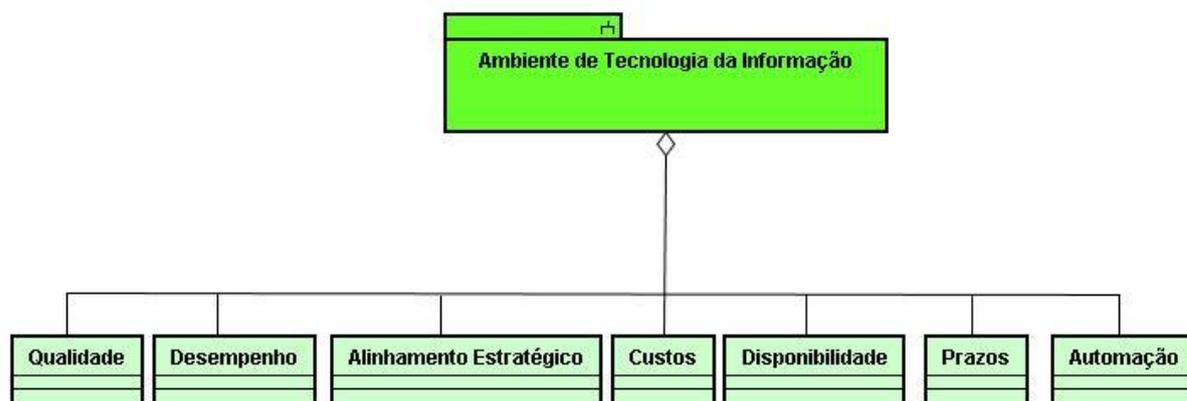


Figura 32 - Ambiente de Tecnologia da Informação e suas classes.

### Fase – Definição das propriedades das classes – *Slots* ou atributos e das características dos atributos

A fase definição das propriedades das classes passa pela definição dos atributos das classes e visa definir a estrutura interna dos conceitos necessários para satisfazer os requisitos de informação do cenário em desenvolvimento. Os atributos foram selecionados dos termos encontrados no Quadro 12.

Convém ressaltar que a lista está restrita aos requisitos que estão sendo considerados para o domínio do conhecimento que está sendo desenvolvido.

Por se tratar de uma tarefa bastante complexa, optou-se pela identificação dos atributos sem, no entanto, criar características específicas para o mesmo, uma vez que é necessário um conhecimento maior da construção de ontologias para caracterizar de forma completa os atributos, atribuindo a eles valores.

A Figura 33 ilustra a criação de atributos no ambiente Protégé, neste caso atributos da classe Desempenho.

Template Slots			
Name	Cardinality	Type	Other Facets
capacidade	required single	String	value={alta,moderada,razóavel,baixa}
prioridade	single	String	value={alta,baixa,nenhuma}
produtividade	required single	String	value={alta,moderada,baixa,péssima}
sistemas	single	Instance of Ambiente de Tecnologia da Inf...	

Figura 33 - Atributos da Classe Desempenho.

Além dos atributos foram ainda definidas as operações para cada classe também retirada das listas de conceitos dos referenciais integrados. As operações têm a característica da ação e estão mostradas no Apêndice F.

### 7.2.2 Construção Subsistema Computação Autônômica

**Subsistemas:** Computação Autônômica, tema principal deste estudo, que está suportado por dois outros subsistemas: áreas de decisão e critérios competitivos, considerados elementos fundamentais para a representação do conceito principal.

**Subsistema:** Áreas de decisão com 8 (oito) **classes:** Interação, Aprendizado, Ação Própria, Adaptação, Configuração, Otimização, Conserto e Proteção. Estas classes foram definidas com base nos determinantes da área Computação Autônômica, nos referenciais integrados e na análise das respostas dos questionários no campo de análise.

**Subsistema:** Critérios competitivos possuem 6 (seis) **classes:** Conhecimento, Monitoração, Gerenciamento, Controle, Flexibilidade, Velocidade. O critério para definição das classes de critérios competitivos foi o mesmo considerado para as áreas decisão, o senso comum entre os autores, a partir dos determinantes, referenciais integrados e dados do campo de análise.

As classes de ambos os subsistemas foram identificadas na literatura como fatores determinantes da Computação Autônômica por Horn (2002), e confirmadas por outros autores, tais como: Waldrop (2003), Srinivasan e Raghunandan (2004), entre outros.

A Figura 34 mostra um exemplo de classe criada no ambiente Protégé, neste caso a classe Conhecimento.

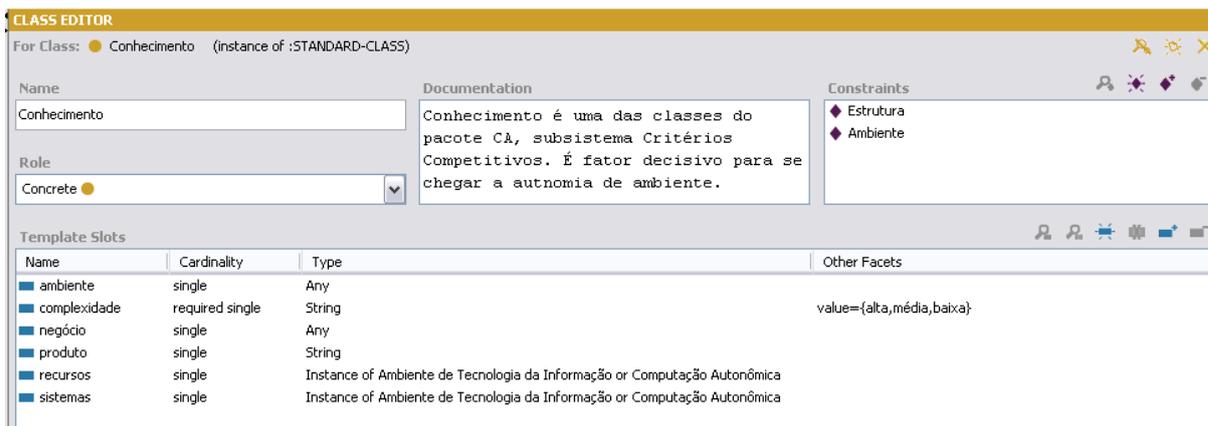


Figura 34 - Classe Conhecimento.

A Figura 35 mostra o subsistema Computação Autônoma, seus subsistemas e suas classes.

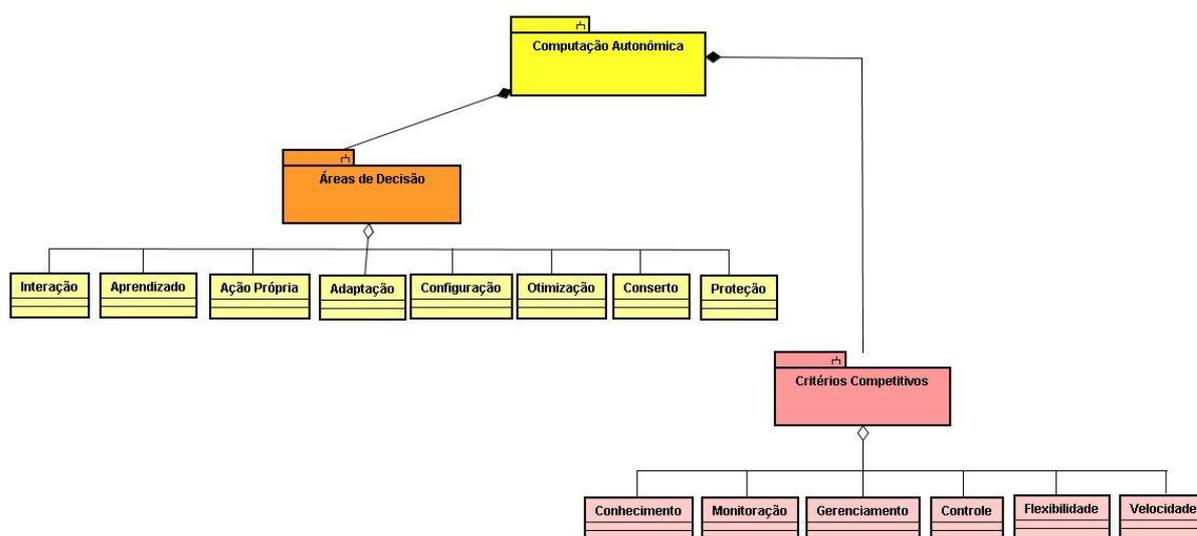


Figura 35 - Subsistema Computação Autônoma, seus subsistemas e suas classes.

### 7.2.3 Construção dos Relacionamentos

Uma atenção especial deve ser dada aos relacionamentos mencionados no item 7.2.3.1 Relacionamento da Computação Autônoma e ambiente de Tecnologia da Informação. Eles foram identificados na construção da ONTO ACTI da seguinte forma:

- a) agregação composta entre sistema e subsistema que indica que a existência de um está ligada à existência do outro;
- b) agregação simples entre subsistema e classes indica que uma classe pode pertencer a um ou mais subsistemas e a existência de um independe do outro;
- c) generalização por herança e associação entre classes e relacionamentos indica que uma classe pode herdar características de outra pelo relacionamento ou uma classe pode depender de outra para que seja utilizada.

Os relacionamentos encontrados na ONTO ACTI são apresentados na Figura

36.

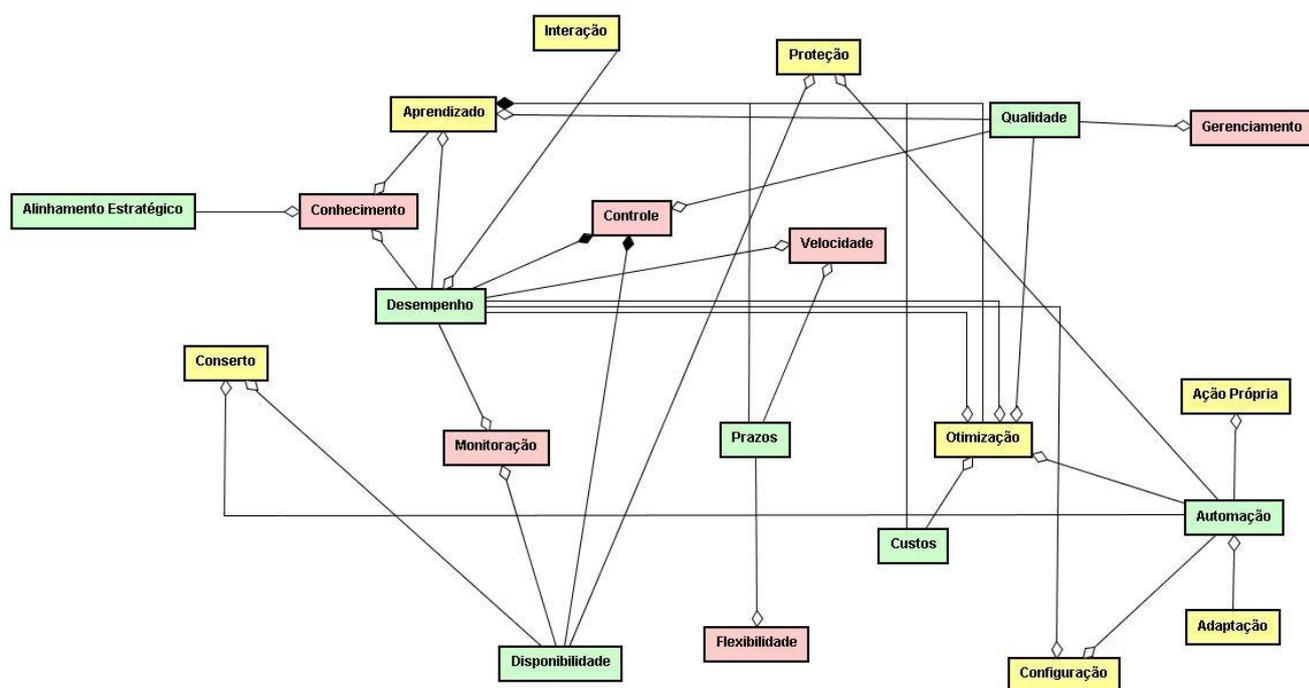


Figura 36 - Relacionamentos da ONTO ACTI.

Os componentes da ONTO ACTI completa e seus relacionamentos estão demonstrados nos Apêndices F, G e H. O uso da ONTO ACTI em empresa de Tecnologia da Informação Paranaense está disponível no Apêndice I.

### 7.2.3.1 Relacionamento computação autônoma e ambiente de tecnologia da informação

A questão chave formalizada nesta pesquisa conduz à necessidade de explicitar o relacionamento existente entre a Computação Autônoma e o ambiente de Tecnologia da Informação. Este relacionamento começou a ser estabelecido no Capítulo 6, com a definição dos referenciais de ambas as áreas.

Com base na ONTO ACTI, pode-se agora complementar o entendimento deste relacionamento analisando-se as classes e atributos. Os principais relacionamentos estão identificados a seguir:

- a) O subsistema principal ONTO ACTI tem um relacionamento do tipo agregação composta com os subsistemas chamados de Computação Autônoma e Ambiente de Tecnologia da Informação. Isso demonstra que há um relacionamento forte entre as duas áreas, que se explica pela forte dependência entre a Computação Autônoma e o Ambiente de TI, devidamente identificado na revisão da literatura nos capítulos 4 e 5, e constatado na integração dos referenciais;
- b) A classe Conhecimento tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Desempenho, que se dá no momento no qual é criada a classe Desempenho, uma vez que conhecer um sistema é fator determinante para que o mesmo possa ter um desempenho satisfatório.
- c) A classe Conhecimento também possui um relacionamento de agregação simples com as classes Aprendizado e Alinhamento Estratégico. Para que um determinado ambiente ou sistema de informação esteja alinhado estrategicamente na organização, é importante que o mesmo se conheça e possa aprender de acordo com os intercâmbios com os diversos componentes constituintes do mesmo e com meio no qual está inserido.
- d) A classe Interação tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Desempenho, que se dá no momento onde é criada a classe Desempenho, uma vez que a interação com o meio possibilita a melhoria de desempenho.
- e) A classe Monitoração tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Desempenho, que se dá no momento no qual é criada a classe

Desempenho, uma vez que a monitoração do ambiente possibilita levantar informações que podem ser de úteis para melhorar seu Desempenho.

- f) A classe Monitoração tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Disponibilidade, que se dá no momento no qual é criada a classe Disponibilidade. Monitorar um ambiente ou sistema é fator determinante para que o mesmo possa estar disponível no maior parte do tempo disponível.
- g) A classe Disponibilidade também possui uma relação de herança com a classe Monitoração, uma vez que a existência de diversos atributos é comum entre as duas classes.
- h) A classe Gerenciamento tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Disponibilidade, que se dá no momento no qual é criada a classe Disponibilidade. Gerenciar um ambiente ou sistema é fator determinante para que o mesmo tenha alta disponibilidade.
- i) A classe Disponibilidade também possui uma relação de herança com a classe Gerenciamento, uma vez que a existência de diversos atributos é comum entre as duas classes.
- j) As classes Gerenciamento e Controle têm um relacionamento de agregação simples com a Classe Qualidade, que se dá no momento no qual é criada a classe Qualidade. Para que se tenha qualidade em um ambiente, a partir da informação gerada, é importante que se tenha um controle e gerenciamento eficaz do mesmo.
- k) A classe Controle tem um relacionamento de agregação composta com as Classes Desempenho e Disponibilidade. Este relacionamento se dá no momento no qual são criadas as classes Desempenho e Disponibilidade. É necessário controle para que se possa ter desempenho e disponibilidade do ambiente estudado.
- l) A classe Aprendizado tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Qualidade, que se dá no momento no qual é criada a classe Qualidade. O aprendizado torna-se um diferencial para que um determinado ambiente tenha qualidade.
- m) A classe Aprendizado tem um relacionamento de agregação simples com as Classes Desempenho e Prazos. Este relacionamento se dá no momento no qual são criadas as classes Desempenho e Prazos. Tornar realidade a

capacidade de aprendizado de um ambiente de tecnologia contribui de maneira significativa para que o mesmo possa maximizar seu desempenho a cada instante. Desta forma, devido a estas características inteligentes presentes nos sistemas, muitas tarefas que deveriam ser realizadas por administradores de TI, são executadas automaticamente, possibilitando a redução de prazos relativos a ajustes de ambiente ou novas necessidades.

- n) As classes Aprendizado e Otimização têm um relacionamento de agregação simples com a Classe Custos, que se dá no momento no qual é criada a classe Custos. Com o Aprendizado e otimização de um ambiente de TI de uma organização, é possível a redução de custos envolvidos no processo.
- o) A classe Aprendizado tem um relacionamento de agregação composta com a Classe Otimização, que se dá no momento no qual é criada a classe Otimização. Para que se otimize um ambiente automaticamente é necessário que o mesmo aprenda sobre si próprio.
- p) A classe Flexibilidade tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Prazos, que se dá no momento no qual é criada a classe Prazos. Quanto mais flexível for um determinado ambiente, a tendência é que seja preciso um prazo menor para adequá-lo a determinada condição.
- q) A classe Ação Própria tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Automação, que se dá no momento no qual é criada a classe Automação. Para que se tenha um sistema automatizado é fator relevante que o mesmo possa agir mediante certas condições e circunstâncias do ambiente no qual está inserido.
- r) A classe Adaptação tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Automação, que se dá no momento no qual é criada a classe Automação. Para que se tenha um sistema automatizado é fator relevante que o mesmo possa se adaptar a certas condições e circunstâncias do ambiente no qual está inserido.
- s) A classe Velocidade tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Prazos, que se dá no momento no qual é criada a classe Prazos. Prazo e velocidade são fatores intimamente relacionados no ambiente de tecnologia da informação de uma organização.

- t) As classes Velocidade e Otimização têm um relacionamento de agregação simples com a Classe Desempenho, que se dá no momento no qual é criada a classe Desempenho. Velocidade e Otimização são fatores fundamentais para um desempenho satisfatório.
- u) A classe Configuração tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Desempenho, que se dá no momento no qual é criada a classe Desempenho. Para que se tenha desempenho um ambiente ou sistema, é necessário que sua configuração esteja adequada e possa se fazer de forma automática.
- v) As classes Configuração, Otimização, Conserto e Proteção possuem um relacionamento de agregação simples com a classe Automação. As quatro principais características e componentes que se destacam neste contexto de automação e autonomia são auto-configuração, auto-otimização, auto-conserto e auto-proteção.
- w) A classe Otimização possui um relacionamento de agregação simples com as Classes Qualidade e Desempenho. A otimização de um sistema contribui para aspectos de Qualidade e Desempenho do mesmo.
- x) A classe Conserto tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Disponibilidade, que se dá no momento no qual é criada a classe Disponibilidade. Ter a capacidade de auto conserto possibilita uma maior disponibilidade ao ambiente.
- y) A classe Proteção tem um relacionamento de agregação simples com a Classe Disponibilidade, que se dá no momento no qual é criada a classe Disponibilidade. Ter a capacidade de auto-proteção possibilita uma maior disponibilidade ao ambiente.

É importante ressaltar, nesse momento, que estes relacionamentos não compõem uma lista finita. Estes foram identificados como resultado da Estratégia de Pesquisa, em particular pela identificação dos determinantes e referenciais, por meio de um processo lógico dedutível.

Os componentes da ONTO ACTI completa e seus relacionamentos estão demonstrados nos Apêndices F, G e H.

## **Fase – Criação das Instâncias**

Nesta última etapa, criam-se instâncias exemplos de hierarquia de classes individuais. Definir um exemplo de classe individual requer (i) escolher a classe, (ii) criar um exemplo individual daquela classe, e (iii) completar os valores dos atributos. Para isto utilizou-se o Protégé, no qual foram instanciadas diversas classes e mostrado no Apêndice I.

## 8 CONCLUSÕES

A apresentação das conclusões obtidas por esta pesquisa pode ser organizada em quatro itens: (i) cumprimento dos objetivos estabelecidos em face às questões formuladas; (ii) fornecimento das contribuições estabelecidas; (iii) conclusões analíticas e (iv) sugestões para pesquisas futuras.

### 8.1 CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS EM FACE ÀS QUESTÕES FORMULADAS

Cumpre-se demonstrar que a questão-chave “Como representar a Computação Autônômica no Ambiente de Tecnologia da Informação por meio de uma ontologia?” foi atendida, atingindo-se o objetivo geral: Desenvolver uma ontologia, a ONTO ACTI, que representa a Computação Autônômica no Ambiente de Tecnologia da Informação.

Tal demonstração passa pela obtenção de respostas às questões específicas, por meio dos objetivos também específicos. De forma mais específica:

- a) A questão Quais os determinantes da Computação Autônômica e do Ambiente de Tecnologia da Informação? foi respondida por meio: i) da revisão da bibliografia do Ambiente de Tecnologia da Informação e estabelecimento de seus determinantes, realizada no Capítulo 4; ii) da revisão da bibliografia da Computação Autônômica e estabelecimento de seus determinantes, realizada no Capítulo 5; e iii) da confirmação dos determinantes por meio da aplicação dos questionários apresentados no Capítulo 6;
- b) A questão “Como representar a computação autônômica no ambiente de tecnologia da informação por meio de uma ontologia?” foi respondida através: i) da elaboração e aplicação dos questionários com especialistas das áreas de conhecimento; ii) da integração dos referenciais no campo de análise; e iii) da modelagem da ONTO ACTI através da utilização dos *softwares* Protégé e JUDE. Encontram-se relatadas no Capítulo 7, que descreve a ontologia

ONTO ACTI; iv) Os apêndices E, F, G, H e I descrevem a ONTO ACTI, que sintetiza estas constatações.

Enfim, face à obtenção de respostas às questões anteriores, a questão-chave se satisfaz com a própria construção da ONTO ACTI, mediante uma estratégia de pesquisa elaborada de forma a conciliar a abordagem tradicional e de engenharia ontológica. Vale ressaltar que a ONTO ACTI contém, em particular, a representação da Computação Autônoma no Ambiente de Tecnologia da Informação e seus principais relacionamentos. De fato, pode-se observar que os determinantes extraídos das duas áreas de conhecimento apresentam similaridades e outros se complementam, o que demonstra um relacionamento natural entre as duas áreas de conhecimento. Estes relacionamentos são apresentados no Capítulo 7.

## 8.2 FORNECIMENTO DAS CONTRIBUIÇÕES ESTABELECIDAS

As contribuições propostas no início do estudo foram alcançadas conforme demonstrado a seguir:

a) Uma análise dos fatores determinantes da Computação Autônoma e do Ambiente de Tecnologia da Informação. Os Capítulos 4 e 5 correspondem a esta análise. Uma síntese pode ser considerada através do Quadro 6 – Determinantes do Ambiente de Tecnologia da Informação, do Quadro 8 – Determinantes da Computação Autônoma, e do Quadro 11 - Referenciais Integrados da Computação Autônoma e do Ambiente de Tecnologia da Informação;

b) Uma ontologia que viabilize a utilização dos conceitos da Computação Autônoma no Ambiente de Tecnologia da Informação para aplicações associadas à utilidade da pesquisa; uma ontologia representada por meio do Protégé. Neste caso, a ontologia foi denominada ONTO ACTI e encontra-se inicialmente descrita no Capítulo 7 e detalhada nos Apêndices E, F, G, H e I. Uma versão digital da ONTO ACTI ficará disponível no PPGEPS para a comunidade em geral, catalogada como produção técnica. A ONTO ACTI também viabiliza a utilização dos conceitos da Computação Autônoma no Ambiente de Tecnologia da Informação em aplicações diversas ligadas ao ambiente, sistemas e recursos envolvidos, uma vez que

disponibiliza uma base de conhecimento desenvolvida para a construção da ontologia, que pode ser usada como plataforma para pesquisas futuras;

c) Uma estratégia de pesquisa que pode servir como base para trabalhos similares. De forma a complementar as contribuições anteriores descritas, esta dissertação discorreu no Capítulo 2 sobre uma Estratégia de Pesquisa (Figura 3) diferenciada, que integra conceitos de abordagem tradicional e engenharia ontológica, que pode ser replicada para trabalhos similares em Engenharia de Produção.

### 8.3 CONCLUSÕES ANALÍTICAS

O propósito deste estudo foi construir uma ontologia, a ONTO ACTI, de forma sustentada pela estratégia científica, que pudesse representar a Computação Autônoma no Ambiente de Tecnologia da Informação. A interpretação desta ontologia e todo o desenvolvimento por ela acarretado autorizam a esta dissertação explicitar algumas conclusões de ordem conceitual, dentre as quais vale ressaltar aquelas na intersecção dos domínios de conhecimento da Computação Autônoma e do Ambiente de Tecnologia da Informação, ou os chamados relacionamentos:

- a) Para que um sistema ou ambiente possa conhecer a si mesmo e compreender seus componentes, é importante que o mesmo possa capturar as informações dentro de seu contexto e utilizá-las como forma de aprendizado na tomada de decisões. É também fundamental que este conhecimento armazenado, que faz parte do seu aprendizado, possa ser direcionado de forma alinhada com a estratégia da organização em todos os seus aspectos;
- b) Um sistema deve procurar e gerar regras de como melhor interagir com os sistemas vizinhos. Irá verificar os recursos disponíveis, propor intercâmbios entre os sistemas para que todos tenham uma performance cada vez melhor, ou seja, serão adaptáveis ao meio e às condições. Esta sensibilidade ao contexto, inclui a melhoria de performance nos serviços, baseados no conhecimento a respeito do contexto das transações envolvidas;

- c) Faz-se importante a capacidade de monitorar todas as partes constituintes de um sistema ou ambiente e fazer com que suas operações e transações estejam sob contínuo ajuste fino, buscando alcançar objetivos predeterminados de sistema, otimizando seu desempenho;
- d) Um sistema inteligente e autonômico deve ter uma arquitetura funcional apropriada ou estrutura para análise eficiente e evolutiva de estratégias de controle;
- e) A análise e o planejamento de mecanismos são essenciais em um sistema de computação autonômica, porque permitem aprender de forma a ajudar a aumentar as habilidades e reduzir o tempo necessário para esta adaptação aos profissionais das Tecnologias da Informação;
- f) Sistemas e ambientes de informação serão eficazes se possibilitarem a execução rápida de algum trabalho com qualidade e tempo reduzido;
- g) Torna-se vantajoso para a organização efetuar um planejamento a médio e longo prazo do seu ambiente de TI, de forma que grandes investimentos em tecnologia e sistemas inteligentes possam ser justificados quando analisados num horizonte de tempo maior;
- h) Com a implementação das características autonômicas nos sistema de tecnologia da informação, executar as regras de negócio torna-se o foco principal do gerenciamento de TI da organização;
- i) É realmente o grande desafio enfrentado por toda a indústria de Tecnologia da Informação encontrar uma forma de tornar uma estrutura tecnológica, que hoje se encontra em pleno funcionamento, em uma mesma que implemente as características autonômicas.

Com base nas conclusões acima expostas, verifica-se a utilidade da ontologia ONTO ACTI criada, tanto de ordem analítica, como de ordem didática.

#### 8.4 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Foi possível demonstrar que existem relacionamentos entre a Computação Autonômica e o Ambiente de Tecnologia da Informação. Tais relacionamentos podem ser considerados em pesquisas futuras na definição de políticas de gestão

para um ambiente de TI integrado e que responda às demandas da organização de forma mais eficiente.

Outro tema específico de pesquisa é a possibilidade de utilizar a ONTO ACTI gerada para representar níveis de maturidade da CA em um ambiente específico. É possível segmentar cada uma das classes dos subsistemas da ontologia, seus relacionamentos e interfaces, a fim de abordar e classificar uma organização ou um contexto específico nos níveis de maturidade já levantados por esta pesquisa.

Algumas questões mais específicas também podem ser temas de trabalhos posteriores. A primeira delas seria como uma organização, em seu ambiente de TI, poderá expressar características autonômicas para integrar aplicações novas ou já existentes a este contexto.

Outra perspectiva pode também ser considerada no intuito de definir qual abordagem poderá ser utilizada para que se possibilite apagar, modificar ou criar um algoritmo ou sistema utilizado em tempo de execução para que se adapte às características necessárias de AC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. **Uma Visão Geral sobre Ontologias**: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. Brasília: Ciência da Informação, v. 32, n. 3, p. 7-20, 2003.

ALMEIDA, M. B. **Roteiro para Construção de uma Ontologia Bibliográfica Através de Ferramenta Automatizada**. Belo Horizonte: Ciência da Informação, v.8, n.2 , p. 164-179, jul. 2003.

ALMEIDA, M. B. *et al.* **Uma Iniciativa Interinstitucional para Construção de Ontologia sobre Ciência da Informação**: visão geral do projeto P.O.I.S. Enc. Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Florianópolis: Ciência da Informação, n.19, 1º sem. 2005. Disponível em: [http://www.encontrosbibli.ufsc.br/Edicao\\_19/4\\_Almeida.pdf](http://www.encontrosbibli.ufsc.br/Edicao_19/4_Almeida.pdf).

BANTZ, D. F. *et al.* **Autonomic Personal Computing**. IBM Systems Journal, v. 42, n. 1. Estados Unidos da América, 2003.

BARRET, R. *et al.* **Usable Autonomic Computing Systems**: the Administrator's Perspective. San Jose, California, EUA: IBM Almaden Research Center, 2006.

BITTENCOURT, G.. **Inteligência artificial**: Ferramentas e teorias. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J., JACOBSON, I. **UML**: guia do usuário. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

BOSCH, J.; GETLEMAN, M.; HOFMEISTER, C. Academic Publishers. August 25-31, 2002.

BURGESS, M.; COUCH, A. **Autonomic Computing Approximated by Fixed-Point Promises**. Oslo: University College and Tufts University, 2005.

CANTELE, R.C. *et al.* **Reengenharia e Ontologias**: Análise aplicação. São Paulo: USP, 2004. I Workshop de Web Semântica. Ed. Disponível em <<http://www.lti.pcs.usp.br/publicacoes/publicacoes2004.html>>. Acesso em 09/02/2007.

CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede** – São Paulo, SP: Editora Paz e Terra, 1999.

CASTRO, E. M. M. V. **Tecnologia da Informação**: fatores relevantes para o sucesso de sua implantação dentro das organizações. 2002. 133p.

CHANDRASEKARAN, B.; JOSEPHSON, J.R.; BENJAMINS; V.R. **What are Ontologies and Why do We Need Them?** IEEE intelligent systems and their applications, p. 20-26, 1999.

CHENG, S.W. *et al.* **Using Architectural Style as a Basis for System Self-repair**. Software Architecture: System Design, Development, and Maintenance (Proceedings of the 3rd Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture). Montreal, Canada, 2002.

CORAZZON, R. **What is Ontology?** Disponível em <[http://www.formalontology.it/section\\_4.htm](http://www.formalontology.it/section_4.htm)>. Acesso em 20 jul. 2002.

CRUZ, C.; RIBEIRO, U. **Metodologia Científica: Teoria e Prática**. 2 ed. Rio de Janeiro: Axcel, 2004.

CUTLIP, R. **Enterprise Architecture Practitioners Conference: SOA and Autonomic Computing**. Estados Unidos: IBM Corporation, 2007.

DAILEY, P. L. **Computer System**, Heal Thyself. IEEE, v. 35, n. 8, August 2002, p. 20-22.

DARPA Agent Markup Language Homepage. **DAML Ontology Library**. Disponível em: <<http://www.daml.org/ontologies>>. Acesso em 20 de junho de 2008.

DASHOFY, E. M.; VAN DER HOEK, A., TAYLOR; R. N. **Towards Architecture-based Self-Healing Systems**. Proceedings of the First Workshop on Self-healing systems, Charleston: Estados Unidos da América, 2002.

DIETZ, Jan L. G. **Enterprise Ontology: Theory and Methodology**. Springer-Verlag, Heidelberg. Germany:, 2006.

DRUCKER, P. F. **The Practice of Management**. New York, USA: Harper & Row, 1954.

DUARTE, K.C., FALBO, R.A. **Uma Ontologia de Qualidade de Software**. Disponível em <<http://www.inf.ufes.br/~falbo/download/pub/Wqs2000.pdf>>. Acesso em janeiro de 2008.

FERREIRA, A. B. de H. **Aurélio Século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Nova Fronteira, 1999.

FINK, G.; FRINCKE D. **Autonomic Computing**: freedom or threat? Disponível em <<http://www.usenix.org/publications/login/2007-04/openpdfs/fink.pdf>>. Acesso em abril de 2007.

FOINA, P. R. **Tecnologia de Informação: Planejamento e gestão**. São Paulo: Atlas, 2001.

GARCIA, W. J. **Modelo de Planejamento Estratégico de Tecnologia da Informação em Empresas Globais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

GARDNER, K. M. et al. **Cognitive Patterns**: Problem-Solving Frameworks for Object Technology (Managing Object Technology Series). New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1998.

GARLAN, D.; SCHMERL, B. **Exploiting Architectural Design Knowledge to Support Self-Repairing Systems**. Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering. Ischia: Italia, 2002.

GARLAN, D.; SCHMERL, B. **Model-based Adaptation for Self-Healing Systems**. Proceedings of the first workshop on Self-healing systems. Charleston: Estados Unidos, 2002

GARLAN, D.; SCHMERL, B.; CHAN, J. **Using Gauges for Architecture-Based Monitoring and Adaptation**. Working Conference on Complex and Dynamic Systems Architecture, Brisbane, Australia, 2001.

GASEVIC, D.; DJURIC, D.; DEVEDZIC, V. **Model Driven Architecture and Ontology Development**. Springer-Verlag, Heidelberg. Germany, 2006.

GENESERETH, M. R.; NILSSON, L. **Logical Foundation of AI**. San Francisco, CA: Morgan Kaufman, 1987.

GOMES *et al.* **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério.** São Paulo, SP: Atlas, 2002.

GÓMEZ-PÉREZ, A. **Ontological Engineering with Examples from the Areas of Knowledge Management, E-commerce and the Semantic Web.** Springer, 2004, pp.403.

GRAEML A. R. **Sistemas de Informação: O Alinhamento da Estratégia de TI com a Estratégia Corporativa.** São Paulo, SP: Atlas. 2000.

GRUBER T.R. **Toward Principles for Design of Ontologies used for Knowledge Sharing.** International Journal of Human – Computer Studies. v. 43, 1995, pp. 907-928.

GUARINO, N, WELTY, C. **Conceptual Modeling and Ontological Analysis.** Padova: Labseb – CNR, 1998. In: CASTOLDI, André Vinícios. Uma ontologia para enlaces de unidades de informação em plataforma de governo eletrônico. 2003. 91 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GUARINO, N; GIARETTA, P. **Ontologies and Knowledge Bases – towards a terminological clarification.** Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing. Amsterdam: IOS Press, 1995. p. 25-32.

GUIMARAES, E. M. P.; EVORA, Y. D. M. **Information System: Instrument for Decision Making in Management Performance.** v. 33, n. 1. Brasília: Ciência da Informação, 2004.

HAAV, H. M. LUBI, T.L. **A Survey of Concept-based Information Retrieval Tools on the Web.** EAST-EUROPEAN CONFERENCE ADBIS. Vilnius: Lithuania, 2001.

HAIR, J. F. *et al.* **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração.** Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.

HARIRI, *et al.* **The Autonomic Computing Paradigm.** Cluster Computing, v. 9, 5–17, 2006.

HAWKINS, J. Mind Over Matter. **CIO Insight.** n. 67, p. 78-82, 2006.

HENDLER, J. **Agents and the Semantic Web**. IEEE Intelligent Systems Journal, v. 16, 2001.

HENNESSY, J. **The Future of Systems**. Research Computer, vol. 2, p. 45-46, ago./set. 1999.

HILL, W.C. **The Mind at AI: Horseless Carriage to Clock**. The AI Magazine, p. 29-41, Summer 1989.

HORN, P. **Autonomic Computing: IBM's Perspective on the State of Information Technology**, 2001. Disponível em: <[http://www.research.ibm.com/autonomic/manifesto/autonomic\\_computing.pdf](http://www.research.ibm.com/autonomic/manifesto/autonomic_computing.pdf)>. Acesso em 22 de abril de 2006.

HORTON JR, F. W. **Needed: a New Doctrine for Informations Resources Management**. Arlington: Information Resource Press, 1982.

HOUAISS, A., VILLAR, M. S., FRANCO, F. M. M. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro, RJ: Objetiva, 2001.

IBM. **An Architectural Blueprint for Autonomic computing**. White Paper: Estados Unidos da América, 2004.

IBM software Group. **A Technical View of Autonomic Computing**. IBM Corporation: Estados Unidos da América, 2002.

IBM Tivoli Software. **The Tivoli Software Implementation of Autonomic Computing Guidelines**. Tivoli Software: Estados Unidos da América, 2002.

JUDE Design and Communication. **Jude Community 5.1**. Tóquio:Japão, 2007. Disponível em: < <http://jude.change-vision.com/>>. Acesso em 20 de julho de 2007.

KALFOGLOU, Y.; ALANI,H.; SHADBOLT, N. **Initiating Organizational Memories using Ontology Network Analysis Knowledge Management and Organizational Memories workshop**, 15th European Conference on Artificial Intelligence:Inglaterra, 2002.

KEPHART, J. O., CHESS, D.M. **The Vision of Autonomic Computing**. IEEE Computer, v. 36, n. 1, January 2003.

KOEHLER, J. et al. **On Autonomic Computing Architectures**. IBM Zurich Research Laboratory: Zurich, Suíça, 2003.

KURZWEIL, R. **The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence**. New York, Penguin, USA, 2000.

LIEBOWITZ, J. **Dynamics of Decision Support Systems and Expert Systems**. Los Angeles, USA: International Thomson Publishing, 1990.

McCANN, J.A.; HOWLETT P.; CRANE, J.S. Kendra: **Adaptive Internet System**. **Journal of Systems and Software**, v. 55, n. 1, p. 3-17, 2000.

McCANN, J.A.; HUEBSCHER, M. **Evaluation issues in Autonomic Computing**. London: Department Of Computing, Imperial College, 2006.

McGEE, J. V., PRUSAK, L. **Gerenciamento Estratégico da Informação**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

MENDES, R. D.. **Inteligência Artificial: Sistemas Especialistas no Gerenciamento da Informação**. Brasília, DF: Ciência da Informação, 1997.

MINSKY, M. **Society of Mind**. New York, USA: Touchstone Books, 1988.

MIZOGUCHI, R., VANWELKENHUYSEN, J., IKEDA, M. **Task ontology for reuse of problem solving knowledge**. Amsterdam: N. Mars, IOS Press, 1995.

MULLER *et al.*, B. **Autonomic Computing**. Software Architecture Technology. Technical Note. Abril 2006.

NOY, N. F.; McGUINNESS, D. L. **Ontology Development: a guide to creating your first ontology**. California: Stanford University, 2001. Disponível em: <<http://ksl.stanford.edu/people/dlm/papersontology-tutorial-noy-cguinness.doc>>. Acesso em 15/01/2007.

OLIVEIRA, I. S. **O Relacionamento entre Sociedade em Rede e Estratégia de Operações**: uma proposta baseada em engenharia ontológica. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2006.

PALOMBO, L. F. R. **Processos de Gestão da Inovação na Sociedade em Rede**: uma abordagem em engenharia ontológica. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2006.

PARASHAR, M.; HARIRI, S. **Autonomic Computing: An Overview**. Arizona: Computing Laboratory, University of Arizona: USA, 2005.

PESCOVITZ, D. **Helping computers help themselves**. IEEE Spectrum, vl. 39, n. 9, 2002, p. 49-53.

REZENDE, A. R.; ABREU, A. F. **Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informações Empresariais**. São Paulo, SP: Atlas, 2001. 2. ed.

REZENDE, A. R.; ABREU, A. F. **Modelo de Alinhamento Estratégico da Tecnologia da Informação ao Negócio Empresarial**. Enegep. Anais. 2002. CDROM.

RICHARDT, N. F., ZENERE, C., LOPES, A. **Normalização de Trabalhos Técnico-científicos**: trabalhos acadêmicos, monografias de graduação, monografias de pós-graduação, dissertações e teses. Curitiba: Sistema Integrado de Bibliotecas da PUCPR, 2007. Disponível em <<http://www.biblioteca.pucpr.br/sibi/normas/normas.pdf>>. Acesso em 02/04/2008.

RUSSEL, S., NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice-Hall. 1995.

SANTOS E. T. , BARROS L.N., VALENTE, V. C. P. N. **Projetando Uma Ontologia de Geometria Descritiva**. 15º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. São Paulo: 5-9, 2001.

SANTOS, M. A. **Representando a Gestão Estratégica da Inovação na Indústria de Software Brasileira: uma Abordagem Orientada pela Engenharia Ontológica**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2006.

SCOTT, K. **Computer, Heal Thyself**. Disponível em: <[http://www.informationweek.com/shared/printableArticle?doc\\_id=IWK20020329S0005](http://www.informationweek.com/shared/printableArticle?doc_id=IWK20020329S0005)>. Acesso em 8 de maio de 2007.

SHARPLES, M. et al. **Computers and Thought: A Practical Introduction to Artificial Intelligence (Explorations in Cognitive Science)**. Massachusetts: MIT Press, 1989.

SOWA, J. F. **Building, sharing and merging ontologies**. Tutorial. 1999. Disponível em <<http://users.bestweb.net/~sowa/ontology/ontoshar.htm>>. Acesso em 17/08/2007.

SRINIVASAN, R.; RAGHUNANDAN, H. P. **On the Existence of Truly Autonomic Computing Systems and the Link with Quantum Computing**. Bangalore, India: R&D Group, IBM Center for Advanced Studies, 2003.

STANFORD Center for Biomedical Informatics Research. **Protégé 3.3.1**. Estados Unidos, 2007. Disponível em: < <http://protege.stanford.edu>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2007.

STANFORD KSL Network Services Home Page. **Ontolingua**. Disponível em: < <http://www-ksl-svc.stanford.edu>>. Acesso em 16 de maio de 2008.

STOJANOVIC, L. et al. **The Role of Ontologies in Autonomic Computing Systems**. Research Center for Information Technologies at the University of Karlsruhe, Alemanha, IBM Cooperation, 2006.

SWARTOUT, W.; TATE, A. **Guest Editors' Introduction: Ontologies**. IEEE Intelligent Systems, v. 14, p. 18-19, 1999.

TARAPANOFF, K. **Técnicas para Tomada de Decisão nos Sistemas de Informação**. Brasília: Thesaurus, 2004.

TARAPANOFF, K.; ARAUJO JR, R. H. de; CORMIER, P. M. J. **Information society and the use of intelligence in information units**. Brasília: Ciência da Informação, v. 29, n. 3, 2000.

TRINITY COLLEGE DUBLIN, **Computer Science Department**. Intelligent Interface Agents. Disponível em <[http://www.cs.tcd.ie/research\\_groups/aig/old\\_pages/iag/area3.html](http://www.cs.tcd.ie/research_groups/aig/old_pages/iag/area3.html)>. Acesso em 07 de julho de 2007.

UMBC Ebiquty Research Group. **Swoogle Semantic Web Search**. Disponível em: <<http://swoogle.umbc.edu/>>. Acesso em 08 de julho de 2008.

USCHOLD, M; GRUNINGER, M. **Ontologies: Principles, Methods an Applications**. Knowledge Engineering Review, v. 11, n.2, p. 93-136, 1996.

VERMA, D. C.; CALO, S. B. **A Toolkit for Policy Enablement in Autonomic Computing**. Proceedings of the International Conference on Autonomic Computing, 2004.

WALDROP, M. **Autonomic Computing: The Technology of Self-Management**. Foresight and Governance Project. Disponível em <<http://wwics.si.edu/foresight,2003>>. Acesso em 08/09/2007.

WASYS. **Wasys Technology**. Disponível em: <<http://www.wasys.com.br>>. Acesso em 26 de junho de 2008.

YAMASAKI, L.; MANOOCHEHRI, SAM G. H. **The Commercial Application of Expert Systems**. Advanced Management Journal. v. 56, n. 1, p. 42, 1991.

## APÊNDICES

- A. Questionário 1 – Tecnologia da Informação
- B. Questionário 2 – Computação Autônômica
- C. Sumário dos Questionários 1 Respondidos
- D. Sumário dos Questionários 2 Respondidos
- E. Dicionário de Termos da Ontologia
- F. ONTO ACTI – Classes, Atributos e Operações
- G. ONTO ACTI – Relacionamentos
- H. ONTO ACTI – Detalhamento
- I. ONTO ACTI – Exemplos de Instâncias

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas.

Área de Concentração: Gerência de Produção e Logística.

Linha de Pesquisa: Estratégia, Tecnologia e Organização.

Tema de pesquisa: Representando a Computação Autônoma por meio de Engenharia Ontológica: o caso na Indústria de software paranaense.

Professor Orientador: Prof. Dr. Luiz Márcio Spinosa - m.spinosa@pucpr.br

Mestrando: Leonardo de Pinho Sepulcri – Leonardo@wasys.com.br

### Breve resumo da pesquisa

O presente estudo tem como um dos objetivos conceitualizar e representar a computação autônoma no ambiente de Tecnologia da Informação da indústria de *software* paranaense. O propósito das perguntas do questionário a seguir é identificar o nível de concordância dos entrevistados com relação aos determinantes (*o que é utilizado como referência, e também pode ser compreendido no contexto da pesquisa como o que gera ou causa um acontecimento ou movimento*) da área de conhecimento Tecnologia da Informação.

Questionário

Nome do entrevistado:

---



---

Função:

---



---

Experiência Profissional:

---



---

Indique o grau de concordância com os pressupostos abaixo:

Grau de concordância: (1) discordo totalmente; (2) discordo; (3) neutro; (4) concordo; (5) concordo totalmente

Determinantes (fatores) que caracterizam o Ambiente de Tecnologia da Informação.

## Determinantes do Ambiente de Tecnologia da Informação.

Legenda: Discordo totalmente (DT); discordo (D); Neutro (N); concordo (C); concordo totalmente (CT).

		DT	D	N	C	CT
1	Cada vez mais a indústria da Tecnologia da Informação cria sistemas mais complexos e poderosos. As operações realizadas em nosso dia a dia, das mais simples às mais complicadas, estão cada vez mais dependentes dos sistemas tecnológicos.					
2	Os sistemas de tecnologia da informação continuam aumentando incrivelmente sua capacidade. Isto é necessário para que as pessoas e os negócios tornem-se mais produtivos pela automação de tarefas e processos.					
3	É cada vez mais perceptível a tendência de diminuição de pessoas nos departamentos de tecnologia da informação das organizações e sua substituição por sistemas mais especialistas que acabem automatizando determinadas tarefas anteriormente executadas pelas pessoas.					
4	Sistemas de informação serão eficazes se possibilitarem a execução rápida de algum trabalho com qualidade e tempo reduzido.					
5	A informação obtida pelos sistemas de TI e através deles, desempenha um papel especialmente importante no desenvolvimento de esforços para criar e manter a diferenciação de produtos e serviços nas organizações.					
6	Com a evolução dos sistemas, a sobreposição de conexões, dependências e interações entre os mesmos e aplicações, passaram a exigir tomadas de decisões e respostas bem mais rápidas que a fornecida pela capacidade humana, uma vez que os dados gerados são de volume cada vez maiores e possuem uma complexidade de relações muito grande.					
7	A velocidade de entrega tem sido fator importante na implantação de sistemas de Tecnologia da Informação nas organizações.					
8	Qualidade da informação é um fator fundamental no ambiente de TI das organizações.					
9	A flexibilidade dos sistemas torna-se um fator competitivo importante no ambiente de TI das organizações.					
10	Disponibilidade é um fator fundamental e de extrema importância ao se analisar o ambiente de TI de uma grande empresa.					
11	Padrões abertos e independentes de plataforma são uma tendência na implantação de sistemas de tecnologia da informação.					
12	O custo de aquisição e propriedade ainda é fator determinante na aquisição de uma solução integrada de TI.					
13	Torna-se vantajoso para a organização efetuar um planejamento a médio e longo prazo do seu ambiente de TI, de forma que grandes investimentos em tecnologia e sistemas inteligentes possam ser justificados quando analisados num horizonte de tempo maior.					

Quadro 13 – Questionário 1 – Tecnologia da Informação.

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2 – COMPUTAÇÃO AUTÔNOMICA

Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas.

Área de Concentração: Gerência de Produção e Logística.

Linha de Pesquisa: Estratégia, Tecnologia e Organização.

Tema de pesquisa: Representando a Computação Autônoma por meio de Engenharia Ontológica: o caso na Indústria de *software* paranaense.

Professor Orientador: Prof. Dr. Luiz Márcio Spinosa - m.spinosa@pucpr.br

Mestrando: Leonardo de Pinho Sepulcri – Leonardo@wasys.com.br

### **Breve resumo da pesquisa**

O presente estudo tem como um dos objetivos conceitualizar e representar a computação autônoma na indústria de *software* paranaense. O propósito das perguntas do questionário a seguir é identificar o nível de concordância dos entrevistados com relação aos determinantes (o que é utilizado como referência, e também pode ser compreendido no contexto da pesquisa como o que gera ou causa um acontecimento ou movimento) da área de conhecimento Computação Autônoma.

Neste contexto de computação autônoma, definir estratégias de negócios no ambiente atual, onde tudo é flexível, requer desaprender para aprender outras tecnologias, outras formas de perceber o mercado e, até mesmo, novos conceitos como a computação autônoma. Novos formatos estruturais têm sido tentados e a tecnologia da informação tem exercido um papel fundamental para o delinear deste novo mundo empresarial.

Assim, em um momento em que a indústria de *software* brasileira busca firmar-se perante o mercado global, ela necessita de contribuições que lhe ajudem a construir vantagem competitiva. Uma possibilidade de contribuição neste sentido cabe à computação autônoma.

A computação autônômica assume que, cada vez mais, a indústria das Tecnologias da Informação cria sistemas mais complexos. As operações realizadas em nosso dia a dia, das mais simples às mais complicadas, se tornam mais e mais dependentes dos sistemas tecnológicos. É necessário que se desenvolvam padrões abertos, novas tecnologias e maneiras que permitam aos sistemas uma interação eficiente. O paradigma da computação autônômica prescreve, ainda, que os mesmos tenham a possibilidade de antever situações e proteger-se automaticamente, ao mesmo tempo em que exista uma dependência mínima ao suporte tradicional existente nos meios de tecnologia da informação.

#### Questionário

Nome do entrevistado:

---

Função:

---

Experiência Profissional:

---

Indique o grau de concordância com os pressupostos abaixo:

Grau de concordância: (1) discordo totalmente; (2) discordo; (3) neutro; (4) concordo; (5) concordo totalmente

Determinantes (fatores) que caracterizam a Computação Autônômica.

Determinantes da Computação Autônômica.

Legenda: discordo totalmente (DT); discordo (D); neutro (N); concordo (C); concordo totalmente (CT).

		DT	D	N	C	CT
1	A capacidade de adaptar ou mudar de condições é necessária em um sistema inteligente.					
2	É importante que um sistema tenha a capacidade para agir apropriadamente em um ambiente incerto por extensos períodos de tempo sem a intervenção externa.					
3	Um sistema inteligente deve ter uma arquitetura funcional apropriada ou estrutura para análise eficiente e evolutiva de estratégias de controle.					
4	A necessidade de uma abordagem sistêmica que permita a coordenação e o gerenciamento automático entre todas as redes e sistemas de computação de uma organização se faz cada vez mais importante na atualidade.					
5	Computação Autônômica é uma visão holística que permitirá a computação disponibilizar muito mais automação do que a soma de todas as partes do sistema individualmente gerenciadas.					
6	Para ser autônômico um sistema precisa conhecer a si mesmo, e compreender os componentes que também possuam identidades no sistema, de forma a aproveitar a potencialidade integrada de todas as					

	suas partes.					
7	É importante que um sistema seja capaz de se configurar e reconfigurar mediante variadas e imprevisíveis condições ambientes.					
8	Faz-se importante a capacidade de monitorar todas as partes constituintes de um sistema e fazer com que suas operações e transações estejam sob contínuo ajuste fino, buscando alcançar objetivos predeterminados de sistema, otimizando sua performance.					
9	É um diferencial de um sistema a capacidade de se recuperar de eventos extraordinários que possam comprometer o sistema ou partes dele.					
10	Sistemas devem ter a capacidade de detectar, identificar e proteger-se contra diferentes tipos de ataques, mantendo a sua completa integridade e garantindo sua segurança.					
11	Um sistema deve procurar e gerar regras de como melhor interagir com os sistemas vizinhos. Irá verificar os recursos disponíveis, propor intercâmbios entre os sistemas para que todos tenham uma performance cada vez melhor, ou seja, serão adaptáveis ao meio e às condições. Esta sensibilidade ao contexto, inclui a melhoria de performance nos serviços, baseados no conhecimento a respeito do contexto das transações envolvidas.					
12	Apesar de sistemas autônomicos possuírem a habilidade para que gerenciem seus dispositivos independentemente, um sistema autônomico deve estar apto a funcionar em ambientes heterogêneos e diversos, implementando padrões abertos, ou seja, um sistema autônomico não pode ser uma solução proprietária.					
13	Um sistema deveria antecipar a otimização de recursos necessários, mantendo sua complexidade distante dos usuários.					
14	Com a implementação das características autônomicas nos sistema de tecnologia da informação, executar as regras de negócio torna-se o foco principal do gerenciamento de TI da organização.					
15	A análise e o planejamento de mecanismos são essenciais em um sistema de computação autônomico, porque permitem aprender de forma a ajudar a aumentar as habilidades e reduzir o tempo necessário para esta adaptação aos profissionais das Tecnologias da Informação.					
16	É realmente o grande desafio enfrentado por toda a indústria de Tecnologia da Informação encontrar um forma de tornar uma estrutura tecnológica, que hoje se encontra em pleno funcionamento, em uma mesma que implemente as características autônomicas.					
17	O custo e convergência de tecnologias específicas para um sistema altamente integrado acontecem por meio da redução dos custos, pelo aumento da produtividade e eliminação de tarefas redundantes.					

Quadro 14 – Questionário 2 – Computação Autônomico.

## APÊNDICE C - SUMÁRIO DOS QUESTIONÁRIOS 1 RESPONDIDOS

	Determinante	Grau de concordância				
		DT	D	N	C	CT
1	Cada vez mais a indústria da Tecnologia da Informação cria sistemas mais complexos e poderosos. As operações realizadas em nosso dia a dia, das mais simples às mais complicadas, estão cada vez mais dependentes dos sistemas tecnológicos.				3	7
2	Os sistemas de tecnologia da informação continuam aumentando incrivelmente sua capacidade. Isto é necessário para que as pessoas e os negócios tornem-se mais produtivos pela automação de tarefas e processos.			1	4	5
3	É cada vez mais perceptível a tendência de diminuição de pessoas nos departamentos de tecnologia da informação das organizações e sua substituição por sistemas mais especialistas que acabem automatizando determinadas tarefas anteriormente executadas pelas pessoas.		3	2	5	
4	Sistemas de informação serão eficazes se possibilitarem a execução rápida de algum trabalho com qualidade e tempo reduzido.				5	5
5	A informação obtida pelos sistemas de TI e através deles, desempenha um papel especialmente importante no desenvolvimento de esforços para criar e manter a diferenciação de produtos e serviços nas organizações.			2	4	4
6	Com a evolução dos sistemas, a sobreposição de conexões, dependências e interações entre os mesmos e aplicações, passaram a exigir tomadas de decisões e respostas bem mais rápidas que a fornecida pela capacidade humana, uma vez que os dados gerados são de volume cada vez maiores e possuem uma complexidade de relações muito grande.		1	2	4	3
7	A velocidade de entrega tem sido fator importante na implantação de sistemas de Tecnologia da Informação nas organizações.		1		4	5
8	Qualidade da informação é um fator fundamental no ambiente de TI das organizações.				1	9
9	A flexibilidade dos sistemas torna-se um fator competitivo importante no ambiente de TI das organizações.				3	7
10	Disponibilidade é um fator fundamental e de extrema importância ao se analisar o ambiente de TI de uma grande empresa.			1	3	6
11	Padrões abertos e independentes de plataforma são uma tendência na implantação de sistemas de tecnologia da informação.		3	1	2	4
12	O custo de aquisição e propriedade ainda é fator determinante na aquisição de uma solução integrada de TI.		1	1	6	2
13	Torna-se vantajoso para a organização efetuar um planejamento a médio e longo prazo do seu ambiente de TI, de forma que grandes investimentos em tecnologia e sistemas inteligentes possam ser justificados quando analisados num horizonte de tempo maior.				3	7

Quadro 15 – Sumário do Questionário 1 respondido.

**Perfil dos Entrevistados**

Nome do entrevistado: ATOR 1

Perfil do entrevistado: Diretor - Infosenso

Diretor de empresa de desenvolvimento de *Software*, com 33 anos na área de desenvolvimento de sistemas para Ambientes de grande Porte.

Nome do entrevistado: ATOR 2

Perfil do entrevistado: Professor universitário, gerente de sistemas da Copel  
Especialista em TI com 31 anos em atividades que variam de programador a gerente de desenvolvimento de *software* em várias empresas e tecnologias

Nome do entrevistado: ATOR 3

Perfil do entrevistado: Diretor de Informática da Câmara Municipal de Curitiba  
Desde 2001 como Diretor de Informática da Câmara Municipal de Curitiba – executando, atividades tais como: desenvolver e administrar sistemas para o ambiente web, coordenar e dirigir equipes de desenvolvimento de aplicativos para administração pública, criar e controlar a implantação de sistemas de “workflow”, gerenciar equipe de suporte a usuários, ministrar cursos de treinamento e aperfeiçoamento profissional na área da informática, proferir palestras em outros órgãos legislativos brasileiros com o objetivo de divulgar as soluções adotadas pela Câmara de Curitiba.

Nome do entrevistado: ATOR 4

Perfil do entrevistado: Gerente Técnico de Desenvolvimento de Sistemas - HSBC  
Gerente Técnico de Desenvolvimento de Sistemas, com 25 anos de experiência em análise de sistemas e gerenciamento de equipes.

Nome do entrevistado: ATOR 5

Perfil do entrevistado: Gerente de TI do grupo Servopa  
Gerente de TI do grupo Servopa, com 20 anos de experiência em análise de sistemas e gerenciamento de equipes

Nome do entrevistado: ATOR 6

Perfil do entrevistado: Secretário de Planejamento Municipal da Prefeitura de São José dos Pinhais  
Formado em Sistema de Informação. Coordenador de TI – Secretário de Administração – Secretário de Governo – Secretário de Planejamento.

Nome do entrevistado: ATOR 7

Perfil do entrevistado: Coordenador Técnico de Fábrica de *Software* HSBC

Atuação em TI desde 1983. Formado em Análise de Sistemas em 1990 e Administração em 2005 pela Universidade Tuiuti do Paraná.

Nome do entrevistado: ATOR 8

Perfil do entrevistado: Gerente de Contas Siemens

Atuando desde 1989 na Siemens em diversas áreas, pré e pós vendas na área de engenharia e, atualmente, na área comercial. Formado em Engenharia Eletrônica/Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) finalizado em 1989 e com MBA em Controladoria pela Universidade de São Paulo (USP), concluído em 1999.

Nome do entrevistado: ATOR 9

Perfil do entrevistado: gerente de TI do CREA-PR

Gerente de TI do CREA – PR, com 13 ANOS de experiência no suporte técnico e gerenciamento de equipes de TI.

Nome do entrevistado: ATOR 10

Perfil do entrevistado: Gerente de Projetos do HSBC

Experiência em desenvolvimento de *Software*, Gestão de Pessoas, Gestão de Projetos e Gestão de Produtos. Graduação em Processamento de Dados pela Fundação de Estudos Sociais do Paraná (FESP-PR).

## APÊNDICE D - SUMÁRIO DOS QUESTIONÁRIOS 2 RESPONDIDOS

	Determinante	Grau de concordância				
		DT	D	N	C	CT
1	A capacidade de adaptar ou mudar de condições é necessária em um sistema inteligente.			2	7	1
2	É importante que um sistema tenha a capacidade para agir apropriadamente em um ambiente incerto por extensos períodos de tempo sem a intervenção externa.		1	1	6	2
3	Um sistema inteligente deve ter uma arquitetura funcional apropriada ou estrutura para análise eficiente e evolutiva de estratégias de controle.				5	5
4	A necessidade de uma abordagem sistêmica que permita a coordenação e o gerenciamento automático entre todas as redes e sistemas de computação de uma organização se faz cada vez mais importante na atualidade.			2	4	4
5	Computação Autônômica é uma visão holística que permitirá à computação disponibilizar muito mais automação do que a soma de todas as partes do sistema individualmente gerenciadas.			1	6	3
6	Para ser autônômico um sistema precisa conhecer a si mesmo, e compreender os componentes que também possuam identidades no sistema, de forma a aproveitar a potencialidade integrada de todas as suas partes.			2	6	2
7	É importante que um sistema seja capaz de se configurar e reconfigurar mediante variadas e imprevisíveis condições ambientes.		1	1	5	3
8	Faz-se importante a capacidade de monitorar todas as partes constituintes de um sistema e fazer com que suas operações e transações estejam sob contínuo ajuste fino, buscando alcançar objetivos predeterminados de sistema, otimizando sua performance.		1		5	4
9	É um diferencial de um sistema a capacidade de se recuperar de eventos extraordinários que possam comprometer o sistema ou partes dele.				4	6
10	Sistemas devem ter a capacidade de detectar, identificar e proteger-se contra diferentes tipos de ataques, mantendo a sua completa integridade e garantindo sua segurança.		1	1	2	6
11	Um sistema deve procurar e gerar regras de como melhor interagir com os sistemas vizinhos. Irá verificar os recursos disponíveis, propor intercâmbios entre os sistemas para que todos tenham uma performance cada vez melhor, ou seja, serão adaptáveis ao meio e às condições. Esta sensibilidade ao contexto, inclui a melhoria de performance nos serviços, baseados no conhecimento a respeito do contexto das transações envolvidas.				8	2
12	Apesar de sistemas autônômicos possuírem a habilidade para que gerenciem seus dispositivos independentemente, um sistema autônômico deve estar apto a funcionar em ambientes heterogêneos e diversos, implementando padrões abertos, ou seja, um sistema autônômico não pode ser uma solução proprietária.			4	4	2
13	Um sistema deveria antecipar a otimização de recursos necessários, mantendo sua complexidade distante dos usuários.			1	5	4
14	Com a implementação das características autônômicas nos sistema de tecnologia da informação, executar as regras de negócio torna-se o foco principal do gerenciamento de TI da organização.				6	4
15	A análise e o planejamento de mecanismos são essenciais em um sistema de computação autônômica, porque permitem aprender de forma a ajudar a aumentar as habilidades e reduzir o tempo necessário para esta adaptação aos profissionais das Tecnologias da Informação.			2	5	3
16	É realmente o grande desafio enfrentado por toda a indústria de			1	5	4

	Tecnologia da Informação encontrar um forma de tornar uma estrutura tecnológica que hoje se encontra em pleno funcionamento em uma mesma que implemente as características autonômicas.					
17	O custo e convergência de tecnologias específicas para um sistema altamente integrado acontecem por meio da redução dos custos pelo aumento da produtividade e eliminação de tarefas redundantes.			2	4	4

Quadro 16 – Sumário do questionário 2 respondido.

### Perfil dos Entrevistados

Nome do entrevistado: ATOR 1

Perfil do entrevistado: Diretor - Infosenso

Diretor de empresa de desenvolvimento de *Software*, com 33 anos na área de desenvolvimento de sistemas para Ambientes de grande Porte.

Nome do entrevistado: ATOR 2

Perfil do entrevistado: Professor universitário, gerente de sistemas da Copel

Especialista em TI com 31 anos em atividades que variam de programador a gerente de desenvolvimento de *software* em várias empresas e tecnologias

Nome do entrevistado: ATOR 3

Perfil do entrevistado: Diretor de Informática da Câmara Municipal de Curitiba

Desde 2001 como Diretor de Informática da Câmara Municipal de Curitiba – executando, atividades tais como: desenvolver e administrar sistemas para o ambiente web, coordenar e dirigir equipes de desenvolvimento de aplicativos para administração pública, criar e controlar a implantação de sistemas de “workflow”, gerenciar equipe de suporte a usuários, ministrar cursos de treinamento e aperfeiçoamento profissional na área da informática, proferir palestras em outros órgãos legislativos brasileiros com o objetivo de divulgar as soluções adotadas pela Câmara de Curitiba.

Nome do entrevistado: ATOR 4

Perfil do entrevistado: Gerente Técnico de Desenvolvimento de Sistemas - HSBC

Gerente Técnico de Desenvolvimento de Sistemas, com 25 anos de experiência em análise de sistemas e gerenciamento de equipes.

Nome do entrevistado: ATOR 5

Perfil do entrevistado: Gerente de TI do grupo Servopa

Gerente de TI do grupo Servopa, com 20 anos de experiência em análise de sistemas e gerenciamento de equipes

Nome do entrevistado: ATOR 6

Perfil do entrevistado: Secretário de Planejamento Municipal da Prefeitura de São José dos Pinhais

Formado em Sistema de Informação. Coordenador de TI – Secretário de Administração – Secretário de Governo – Secretário de Planejamento.

Nome do entrevistado: ATOR 7

Perfil do entrevistado: Coordenador Técnico de Fábrica de *Software* HSBC

Atuação em TI desde 1983. Formado em Análise de Sistemas em 1990 e Administração em 2005 pela Universidade Tuiuti do Paraná.

Nome do entrevistado: ATOR 8

Perfil do entrevistado: Gerente de Contas Siemens

Atuando desde 1989 na Siemens em diversas áreas, pré e pós vendas na área de engenharia e, atualmente, na área comercial. Formado em Engenharia Eletrônica/Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) finalizado em 1989 e com MBA em Controladoria pela Universidade de São Paulo (USP), concluído em 1999.

Nome do entrevistado: ATOR 9

Perfil do entrevistado: Gerente de TI do CREA-PR

Gerente de TI do CREA – PR, com 13 ANOS de experiência no suporte técnico e gerenciamento de equipes de TI.

Nome do entrevistado: ATOR 10

Perfil do entrevistado: Gerente de Projetos do HSBC

Experiência em desenvolvimento de *Software*, Gestão de Pessoas, Gestão de Projetos e Gestão de Produtos. Graduação em Processamento de Dados pela Fundação de Estudos Sociais do Paraná (FESP-PR).

## APÊNDICE E – GLOSSÁRIO DE TERMOS DA ONTOLOGIA

Ação própria	Ato ou efeito de agir de forma natural mediante a observação de certas condições ambientes.
Acompanhamento	Ato ou efeito de acompanhar, seguir a evolução do ambiente ou recurso.
Acuracidade	Grau de ausência de erro ou grau de conformidade com o padrão. Acuracidade é diferente de precisão. Por exemplo, um código de quatro dígitos é menos preciso do que um código de seis dígitos. Entretanto, um código de quatro dígitos adequadamente computado pode apresentar maior acuracidade do que um código de seis dígitos inadequadamente computado.
Adaptação	Ato ou efeito de adaptar-se. Uma adaptação é qualquer característica ou comportamento natural evoluído que torna alguma coisa capacitada a sobreviver em seu respectivo ambiente.
Adaptar	Mudar condições mediante certos fatores e características do ambiente.
Adaptativo	Aquilo que pode sofrer adaptação.
Agir	Ato de executar uma determinada ação.
Agregação	Uma pura associação entre duas classes representa um relacionamento estrutural entre pares, significando que essas duas classes estão conceitualmente em um mesmo nível, sem que uma seja mais importante do que a outra. A agregação, na verdade, é apenas um tipo especial de associação, especificada utilizando-se uma associação simples com um diamante aberto na extremidade do todo
Ajustar	Refinar alguma característica mediante necessidade. Adaptar, acomodar, harmonizar.
Alinhamento Estratégico	Estabelecimento de objetivos de negócio e de tecnologia de uma organização com o mesmo direcionamento.
Alinhar	Medir-se, nivelar-se.
Ambiente	Lugar, espaço.
Análise	Ato ou efeito de analisar. Exame de cada parte de um todo, tendo em vista conhecer sua natureza.
Antecipar	Fazer ocorrer antes do tempo marcado, previsto ou oportuno.
Aplicações	Sinônimo a sistemas, que rodam num ambiente de tecnologia da informação de uma organização.
Aprender	Tomar conhecimento de; reter na memória, mediante o estudo, observação ou experiência; tornar-se apto ou capaz de alguma coisa.
Aprendizado	Ato ou efeito de aprender.
Aquisição	Ato ou efeito de adquirir.
Áreas de Decisão	Subclasse do subsistema Computação Autônômica, agrega classe com características decisivas para o ambiente autônômico de TI de uma organização.
Armazenar	Guardar, acumular, juntar.
Arquitetura	Refere-se à disposição das partes, princípios e normas em um sistema de informação.
Associação	É um relacionamento estrutural que especifica objetos de um item conectado a objetos de outro item. A partir de uma associação conectando duas classes, é capaz de navegar do objeto de uma classe até o objeto de outra classe e vice-versa. É inteiramente válido ter as duas extremidades do círculo de uma associação retornando à mesma classe. Isso significa que, a partir de um

	objeto da classe, você poderá criar vínculos com outros objetos da mesma classe. Uma associação que estabelece uma conexão exata a duas classes é chamada de associação binária
Atributos	Um atributo é um valor de dados lógicos de um objeto. Aquilo que é próprio de alguém ou de alguma coisa; qualidade, símbolo; emblema.
Auto configuração	Possibilidade de um sistema ou ambiente se configurar automaticamente mediante condições observadas.
Auto-conserto	Possibilidade de um sistema ou ambiente se consertar automaticamente mediante falhas observadas.
Automação	Sistema automático pelo qual os mecanismos controlam o seu próprio funcionamento, quase sem a interferência do homem.
Autonomia	Capacidade de um sistema possuir mecanismos que controlam o seu próprio funcionamento, quase sem a interferência do homem.
Autônômico	Capacidade de um sistema ou ambiente possuir mecanismos que controlam o seu próprio funcionamento, com a interferência mínima possível do homem.
Auto-otimização	Possibilidade de um sistema ou ambiente otimizar seu funcionamento automaticamente mediante certas condições observadas.
Auto-proteção	Possibilidade de um sistema ou ambiente se proteger automaticamente mediante perigos apresentados.
Auxiliar	Aquilo que auxilia, ajuda; assistente.
Avaliação	Ato ou efeito de avaliar.
Básico	Um dos níveis de autonomia propostos para os sistemas. É o primeiro deles e menos autônômico.
Capacidade	Ser capaz de alguma coisa; também relacionado à quantidade de armazenamento de algo.
Característica	Aquilo que caracteriza, distintivo, particularidade.
Critérios competitivos	É um dos subsistemas referentes ao subsistema Computação Autônômica. Define classes com características competitivas para a CA no ambiente de TI.
Classe	É uma descrição de um grupo de objetos que compartilham os mesmos atributos, operações, relacionamentos e semânticas. Os seus componentes são: Nome, Atributo e Operações.
Cliente	Aquele que contrata determinado serviço de alguém.
Combinar	Juntar, ajustar, ligar, unir, acertar.
Compatibilidade	Qualidade ou condição para ser compatível.
Competitividade	Capacidade de competir; capacidade de adaptação às características do ambiente; capacidade que uma empresa tem de definir e colocar em prática as estratégias de concorrência que tornem possível a ampliação ou manutenção de sua participação no mercado conferindo-lhe solidez.
Complexidade	Qualidade do que é complexo, difícil.
Componentes	Que entra na composição de alguma coisa; parte elementar de um sistema.
Comportamento	Maneira de se comportar, procedimento, conduta.
Compreensão	Ato ou efeito de compreender, entender.
Computação	Ato ou efeito de computar.
Computação Autônômica	É uma visão holística do ambiente de tecnologia da informação que pretende automatizar ao máximo os sistemas e tarefas relacionadas, fazendo com os mesmos sejam capazes de agir mediante condições observadas, aprender, gerenciar, enfim, depender cada vez menos das pessoas e tornar o ambiente

	de TI melhor preparado aos desafios de negócio da organização.
Comunicar	Fazer saber, tornar comum, participar.
Conceito	Tudo o que o espírito concebe e entende; entendimento, ideia, opinião; concepção; síntese.
Conexão	Ligação, união.
Confiabilidade	Qualidade do que é confiável.
Configuração	Forma, aspecto, característica do sistema.
Configurar	Dar forma, aspecto ou característica a algo.
Conhecer	Ter noção, conhecimento informação de alguma coisa.
Conhecimento	Ato ou efeito de conhecer. Experiência obtida.
Consertar	Por em bom estado ou condição, reparar, restaurar.
Conserto	Ato ou efeito de consertar.
Continuidade	Qualidade daquilo que é contínuo.
Contribuição	Ato ou efeito de contribuir, colaborar.
Controlar	Exercer o controle de algo, dominar.
Controle	Ato ou efeito de controlar.
Convergência	Ação ou efeito de convergir.
Criação	Ato ou efeito de criar.
Criar	Inventar, produzir, elaborar.
Custo	Quantia pela qual se adquire algo; dificuldade; esforço.
Decisão	Ato o efeito de decidir; resolução; deliberação.
Dependência	é um relacionamento de utilização, determinando as modificações na especificação de um item. É representada graficamente como linhas tracejadas apontando o item do qual o outro depende
Desempenho	Atuação, comportamento.
Detectar	Revelar ou perceber a existência de algo.
Determinar	Indicar com precisão, definir, precisar.
Distinguir	Diferenciar, discernir.
Distribuição	Ato ou efeito de distribuir.
Distribuir	Dar, repartir, dirigir, endereçar.
Duração	O tempo que uma coisa dura.
Efeitos	Resultado de um ato qualquer.
Efetores	Componente da arquitetura de ambientes autônomicos que agem sobre fatores externos.

Elaborar	Preparar, ordenar.
Elemento gerenciado	Componente da arquitetura de um sistema autônomo que é controlado e influenciado por outro.
Engenharia ontológica	Uma engenharia ontológica incorpora decisões sobre como representar uma ampla seleção de objetos e relações. Isto é decodificado dentro de uma ordem lógica. Uma ontologia geral é muito mais que uma demanda de construção, uma vez ela construída tem muitas vantagens além de finalidades especiais da ontologia.
Entrada	Ato de entrar. Ingresso, admissão.
Entrega	Ato ou efeito de entregar. Cessão.
Enviar	Expedir, remeter, endereçar.
Escolher	Dar preferência a; referir; eleger.
Escopo	Alvo, objetivo.
Específicos	Exclusivo, especial, particular.
Estratégia	Procedimento que determina as causas da vantagem competitiva da empresa, suas competências centrais e como concretizá-las; conjunto de hipóteses sobre causa e efeito.
Estruturar	Fazer ou formar a estrutura.
Existência	Fato de existir, viver.
Expectativa	Esperança, probabilidade de acontecer algo.
Explorar	Procurar, descobrir, tirar proveito de algo.
Facilidade	Qualidade do que é fácil; ausência de obstáculos.
Ferramentas	Conjunto de utensílios relacionados a determinada atividade.
Finalizar	Concluir, acabar.
Flexibilidade	Qualidade de ser flexível.
Flexível	Agilidade, destreza.
Forma	Estado, condição, aparência.
Fornecedores	Aquele que fornece, presta algum serviço ou vende algum produto a uma determinada organização.
Garantia	Ato ou efeito de garantir, assegurar.
Generalização	É um relacionamento entre itens gerais (chamados superclasses ou classes-mãe) e tipos mais específicos desses itens (subclasses ou classes-filha).
Gerar	Fazer aparecer, causar, produzir, formar, desenvolver.
Gerenciado	Aquilo que sofre gerência ou direção de algo.
Gerenciamento	Ato ou efeito de gerenciar.
Gerenciar	Dirigir, exercer as funções, gerir.

Gerir	Dirigir, gerenciar, exercer as funções.
Gestão	Ato de gerir; administração; gerenciamento; planejamento, organização, liderança e controle de algo.
Habilidades	Qualidade de hábil, de ter aptidão para algo.
Implantar	Introduzir, inaugurar, estabelecer.
Implementação	Ato ou efeito de implementar; aplicação; entrada em vigor.
Independente	Que está livre de qualquer dependência.
Individual	Que pertence ao indivíduo, que lhe é peculiar; designativo de uma só pessoa.
Informação	Ato ou efeito de informar ou informar-se; comunicação; indagação; conjunto de conhecimentos sobre alguém ou alguma coisa; conhecimentos obtidos por alguém; fato ou acontecimento que é levado ao conhecimento de alguém ou de um público através de palavras, sons ou imagens; elemento de conhecimento susceptível de ser transmitido e conservado graças a um suporte e um código.
Informar	Instruir, ensinar, apoiar.
Infraestrutura	Base importante e sustentadora de um sistema ou ambiente de tecnologia da informação.
Iniciar	Dar princípio a; começar.
Iniciativa	Ação daquilo que é o primeiro a propor algo.
Inovação	Ato ou efeito de inovar.
Inovar	Introduzir novidade em algo.
Instância ou objeto	É uma manifestação concreta de uma abstração à qual um conjunto de operações poderá ser aplicado
Instituições	O conjunto de estruturas sociais estabelecidas pela tradição. Organizações.
Integração	Ato ou efeito de integrar; combinar.
Integrado	Que se integrou, combinou.
Integridade	Qualidade de íntegro, retidão, imparcialidade.
Interação	Ação recíproca e mútua entre duas coisas.
Interagir	Agir mutuamente, exercer interação.
Interfaces	Superfície que separa dois sistemas, interconexão.
Interoperabilidade	Qualidade daquilo que pode operar em diversos ambientes distintos com a mesma propriedade.
Mecanismos	Funcionamento; disposição das partes constitutivas de algo.
Medição	Ato ou efeito de medir.
Medidores	Aquele que mede; algo para efetuar medições.
Medir	Determinar ou verificar, tendo por base uma escala.
Meio	Lugar onde se está, algo com suas características. Maneira de agir, forma, caminho, modo.
Métodos	Modo de proceder, maneira de agir. Em linguagem computacional, na orientação a objetos, seria o correspondente a uma operação de uma ontologia.

Monitoração	Ato ou efeito de monitorar.
Monitorar	Acompanhar e avaliar, controlar.
Mudança	Saída de um determinado estado inicial para um estado final diferente do original. Ato ou efeito de mudar.
Mudar	Deslocar, desviar, dar outra direção a algo.
Necessária	Que não se pode dispensar; essencial.
Negócio	Transação, combinação, empresa.
Níveis de Autonomia	Níveis mapeados em forma crescente de evolução no ambiente de tecnologia da informação de uma organização, até se alcançar o nível máximo, ou autônomo.
Nível	Altura relativa numa escala de valores; padrão.
Obter	Conseguir.
Operações	Operações de processamento de dados, tais como comparar, selecionar, tomar decisões, etc..
Organização	Associação ou instituição com objetivos definidos; empresa.
Organizar	Dar às partes de algo as disposições necessárias para as funções a que ele se destina.
Otimização	Ato ou efeito de otimizar.
Otimizar	Tornar ótimo; melhorar.
Padrão	Aquilo que serve de base; parâmetro.
Participar	Fazer saber; informar, comunicar.
Penetrabilidade	Qualidade de ser penetrável; consistente.
Planejar	Elaborar um plano ou roteiro para algo.
Plano	Roteiro; projeto.
Plataforma	A base e um sistema computacional; sistema operacional.
Políticas	Diretrizes internas de uma organização.
Prazo	Tempo determinado. Espaço de tempo no qual deve se executar alguma coisa.
Preço	Custo, valor.
Preditivo	Um dos níveis de autonomia da computação autônoma. Aquilo que antecipa.
Prevenção	Ato ou efeito de prevenir. Preparar-se antecipadamente.
Prioridades	Preferência dada a algo por determinado motivo.
Processo	Sequência de estados de um sistema.
Produção	Ato ou efeito de produzir; ação que tem por objetivo criar ou transformar um bem ou assegurar um serviço.
Produtividade	a) Maximização dos resultados da empresa através da otimização dos recursos utilizados; b) medida da eficiência de uma empresa ou organização na utilização de recursos.

Produtos	Coisa produzida; efeito da produção; produção; resultado; rendimento; benefício; lucro.
Produtos	Aquilo que é produzido; resultado de algo.
Produzir	Criar, dar origem, gerar.
Projeto	Plano que visa atingir objetivos explícitos e justificados através de metodologia específica, com início e término definidos.
Projetos	Idéia que se forma de idealizar e realizar algo; plano; desígnio.
Proposta	Ato ou efeito de propor; plano.
Propriedade	Qualidade especial; particularidade.
Proteção	Ato ou efeito de proteger.
Proteger	Ajudar; auxiliar, tomar a defesa.
Qualidade	Dote, dom, virtude.
Rapidez	Ligeireza, velocidade.
Reagir	Exercer reação; opor-se a uma ação que lhe é contrária.
Realizar	Tornar real, efetivo, existente.
Receber	Tomar; aceitar.
Reconhecer	Conhecer de novo; certificar-se; constatar; verificar.
Recuperar	Recobrar; adquirir novamente; reabilitar.
Recursos	Bens; haveres; posses. No ambiente de TI, também utilizado para se referir a pessoas com determinadas habilidades e conhecimentos específicos.
Redução	Ato ou efeito de reduzir; diminuir.
Redundantes	Que redundam; excessivo; com sobras.
Referenciais	O que é utilizado como referência, e também o que pode ser compreendido no contexto.
Regras de negócio	Regras relativas a situações da organização ou do processo implementadas nos sistemas de TI.
Relacionamento	é uma conexão entre itens, em uma modelagem orientada a objetos, os três relacionamentos mais importantes são as dependências, as generalizações e as associações. Um relacionamento é representado graficamente como um caminho, com tipos diferentes de linhas para diferenciar os tipos de relacionamentos
Relatar	Mencionar, referir, expor, descrever.
Reorganização	Tornar a organizar; melhorar; reformar; aprimorar.
Requisito	Condição necessária para obtenção de certo objetivo.
Resposta	Ato ou efeito de responder.
Risco	Componente de variabilidade inerente a um investidor. Quanto maior a variabilidade, maior o risco.
Saídas	Ato ou efeito de sair. Características que são externadas.

Segurança	Estado, qualidade ou condição de seguro. Firmeza, certeza, convicção.
Sensores	Componente da arquitetura de sistemas autônômicos que capturam as sensações do ambiente.
Serviço	Entidade dedicada a um determinado fim.
Sistema	Conjunto de princípios reunidos de modo a que formem um corpo de doutrina; combinação de partes coordenadas entre si e que concorrem para um resultado ou para formarem um conjunto.
Sistema inteligente	Sistema que possui características essenciais de adaptação e mudanças de acordo com o meio no qual está inserido.
Subsistema	é simplesmente uma parte de um sistema, utilizado para decompor um sistema complexo em partes quase independentes. Um sistema em um nível de abstração poderá ser um subsistema de um sistema em um nível mais alto de abstração.
Sugerir	Lembrar; propor, aventar.
Tarefas	Trabalho que se deve concluir em determinado prazo.
Tecnologia	Conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a determinado ramo da atividade.
Tecnologia da Informação	Área do conhecimento que estuda o ambiente referente aos sistemas computacionais e suas correlações.
Tecnológico	Relativo à tecnologia.
Tipo	Algo que reúne em si características distintas sobre algo.
Trabalho	Atividade coordenada.
Usar	Fazer uso de; servir-se; dispor; empregar; utilizar.
Uso	Ato ou efeito de usar.
Utilização	Ato ou efeito de utilizar.
Utilizar	Fazer uso de; servir-se; dispor; empregar; usar.
Validar	Dar validade a; tornar válido, legítimo.
Valor	O equivalente justo para algo.
Variável	Sujeito a variações; incerto; instável.
Velocidade	Qualidade de veloz; rapidez; ligeireza.
Verificar	Comprovar; cumprir.

Quadro 17 – Glossário de Termos da Ontologia.

APÊNDICE F - ONTO ACTI, CLASSES, ATRIBUTOS E OPERAÇÕES

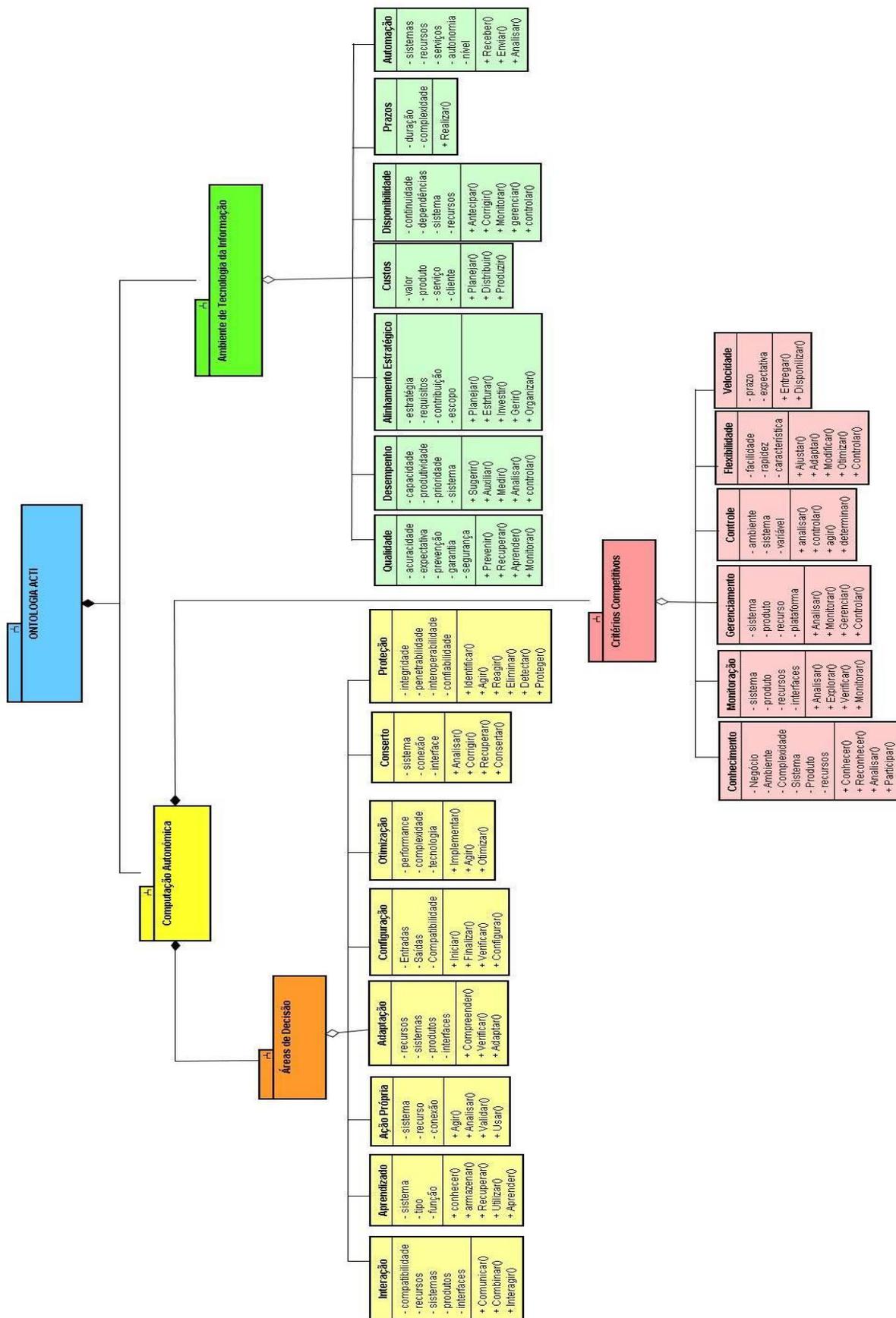


Figura 37 – ONTO ACTI final.



## APÊNDICE H – ONTO ACTI – DETALHAMENTO

A seguir mostramos o detalhamento da ontologia ONTO ACTI, a partir de sua construção utilizando o *software* Protégé.

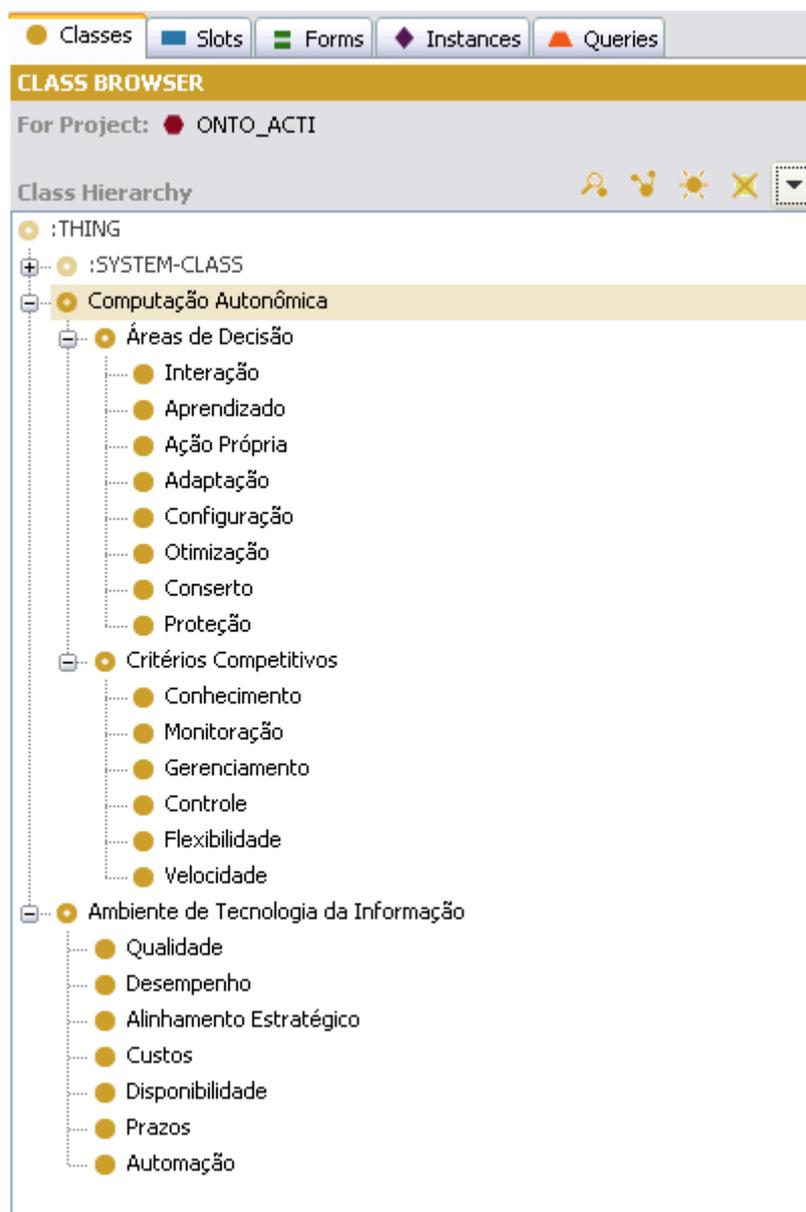


Figura 39 - Hierarquia de Classes.

A seguir ilustram-se as classes pertencentes à Computação Autônômica, subsistema Áreas de Decisão.

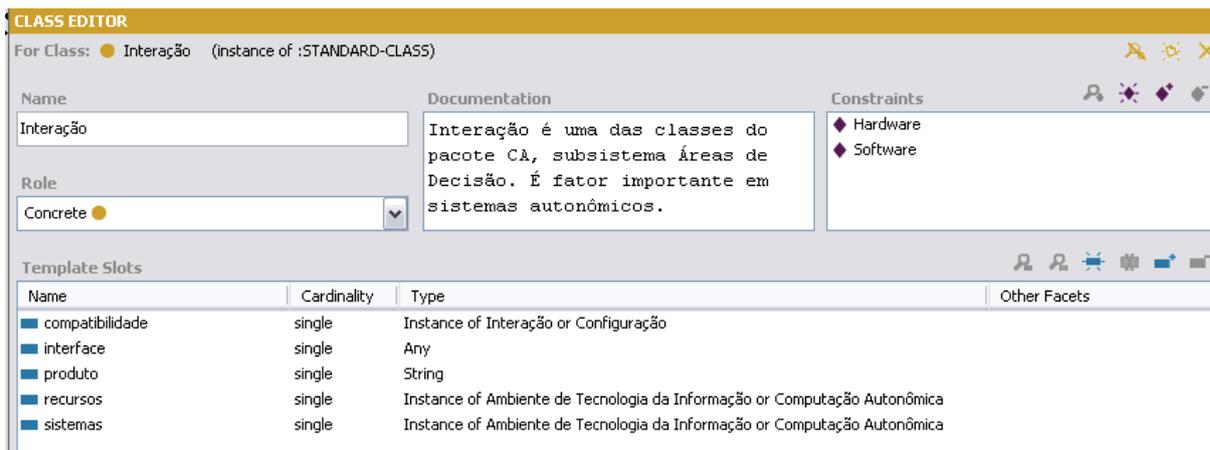


Figura 40 - Classe Interação.

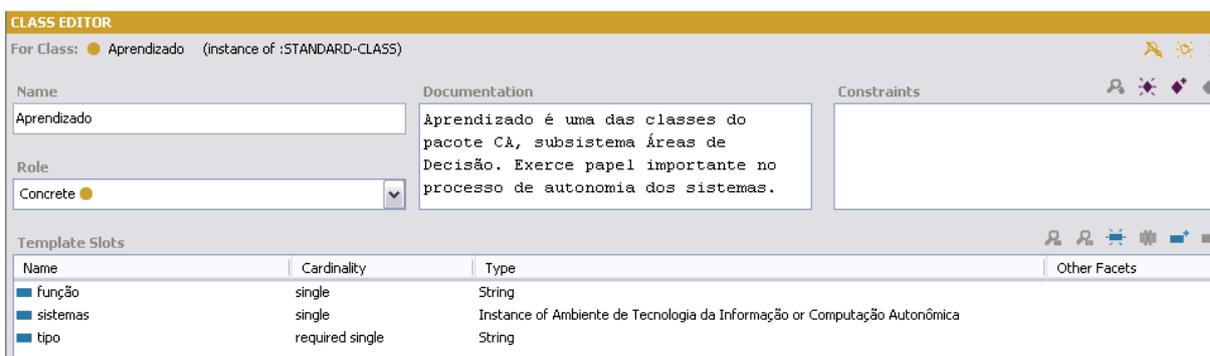


Figura 41 - Classe Aprendizado.

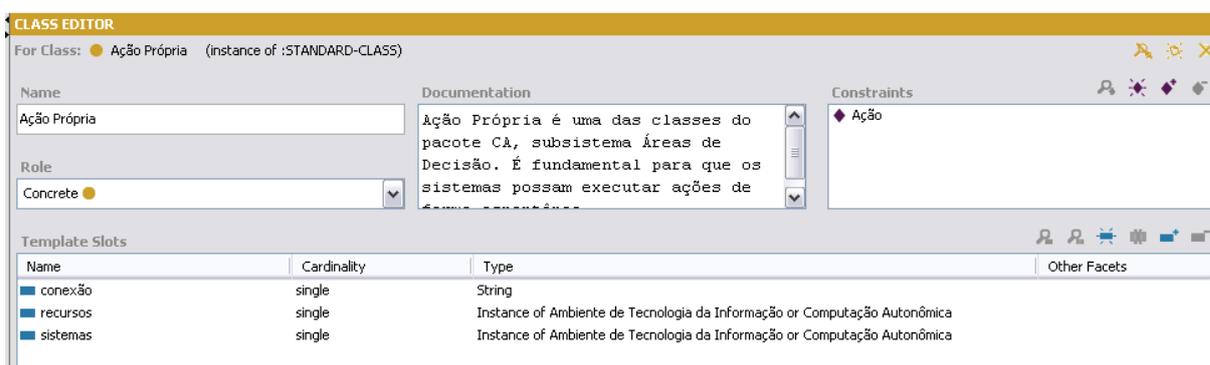


Figura 42 - Classe Ação Própria.

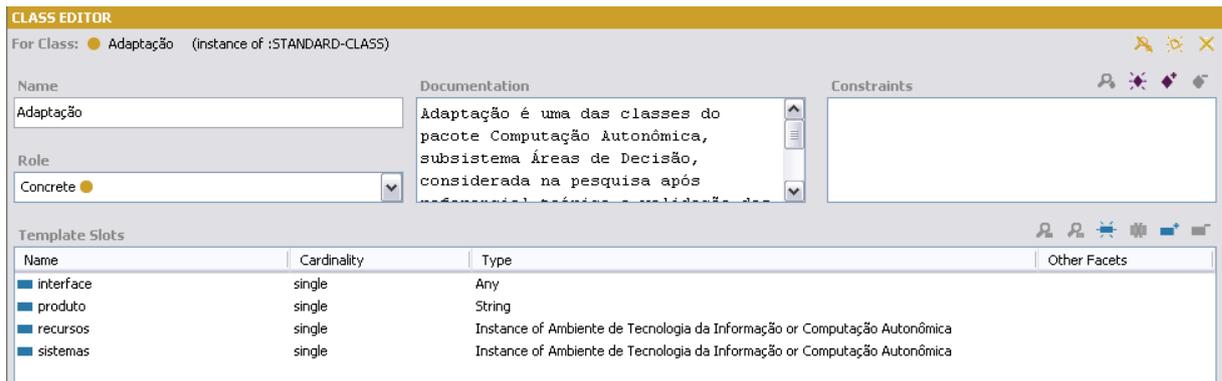


Figura 43 - Classe Adaptação.

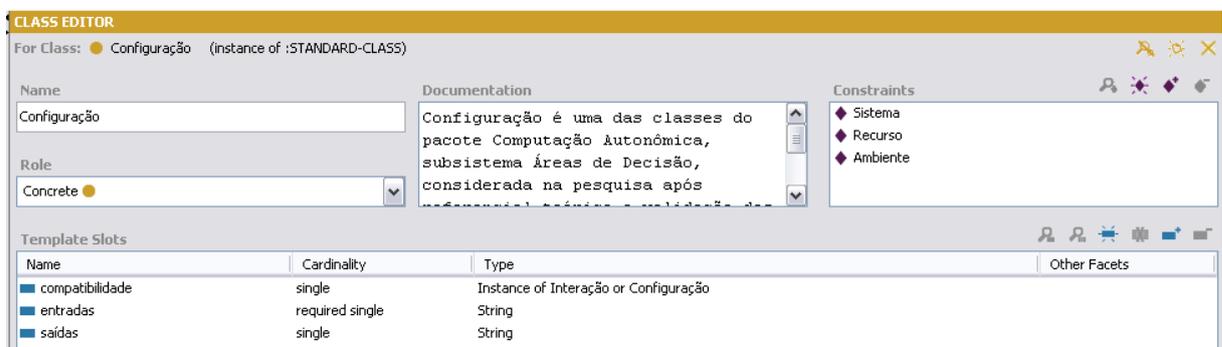


Figura 44 - Classe Configuração.

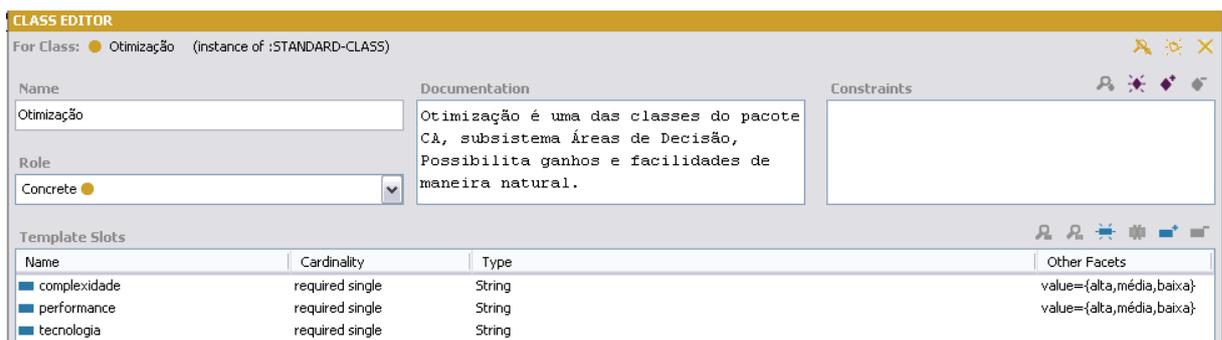


Figura 45 - Classe Otimização.

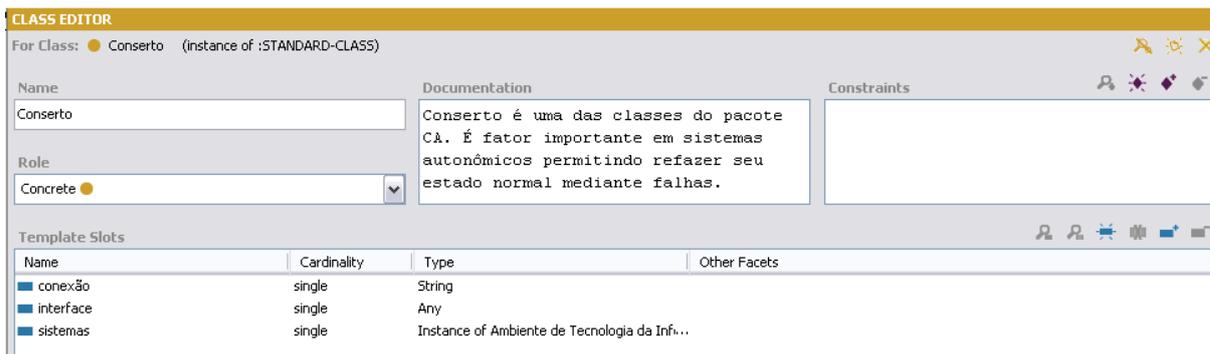


Figura 46 - Classe Conserto.

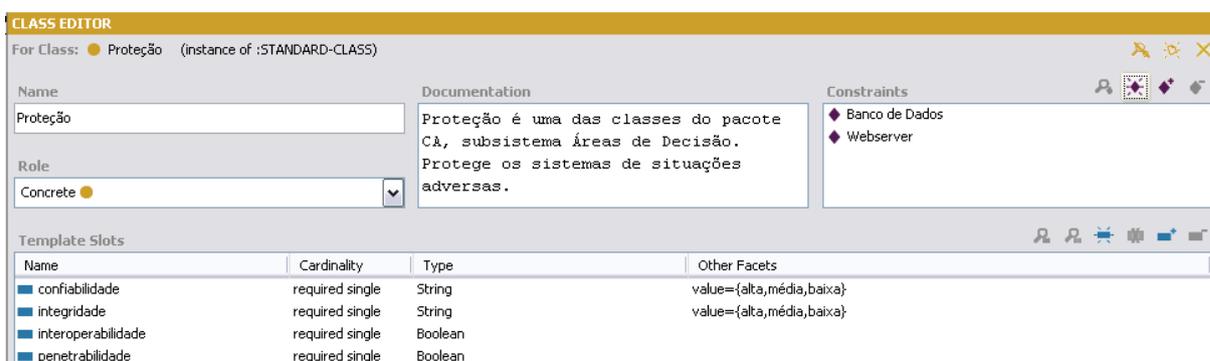


Figura 47 - Classe Proteção.

Dando continuidade à representação das classes, ilustram-se as classes pertencentes à Computação Autônômica, subsistema Critérios Competitivos.

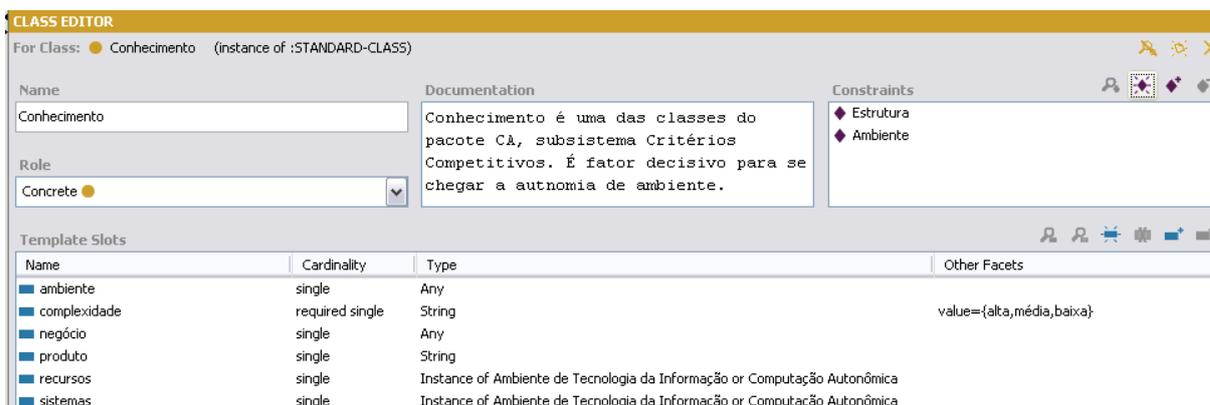


Figura 48 - Classe Conhecimento.

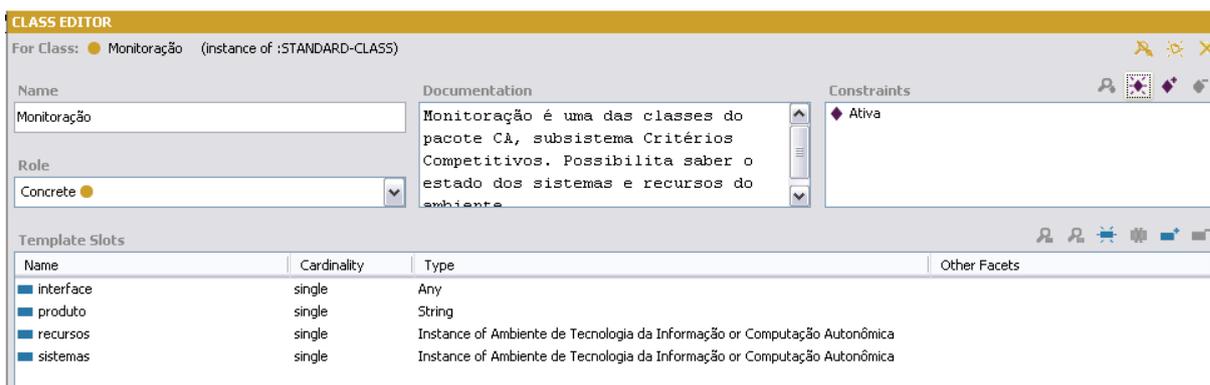


Figura 49 - Classe Monitoração.

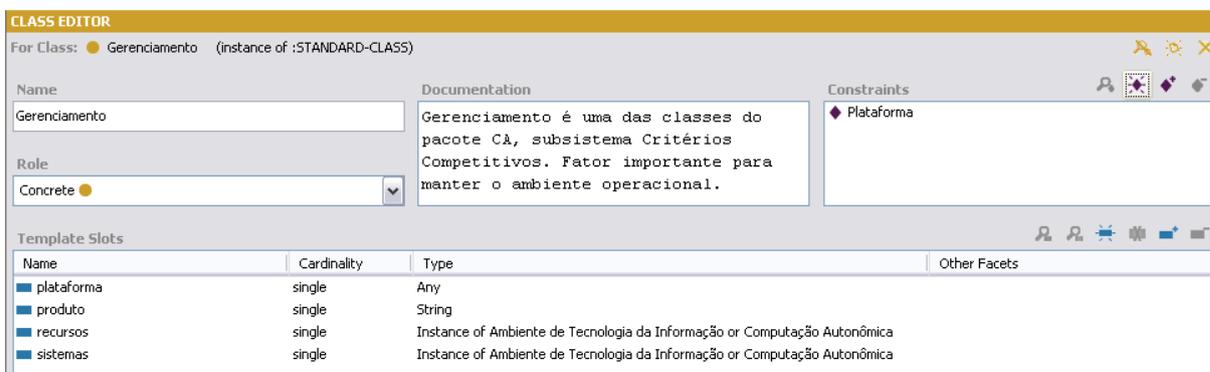


Figura 50 - Classe Gerenciamento.

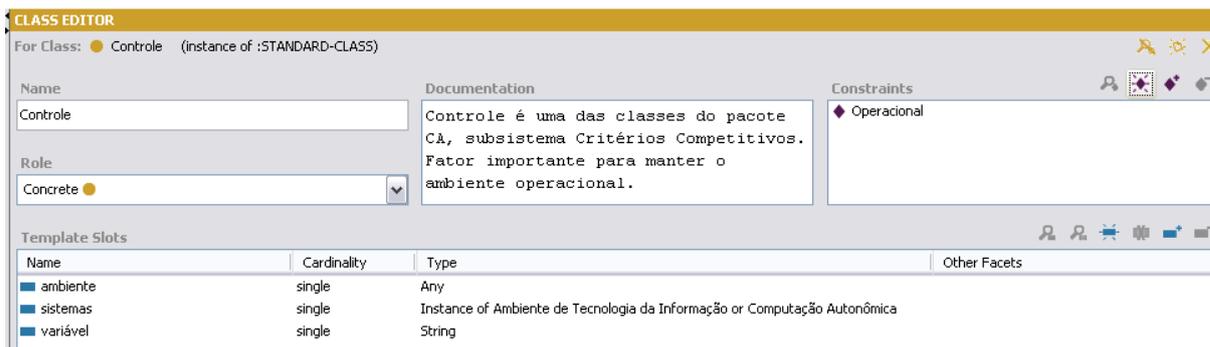


Figura 51 - Classe Controle.

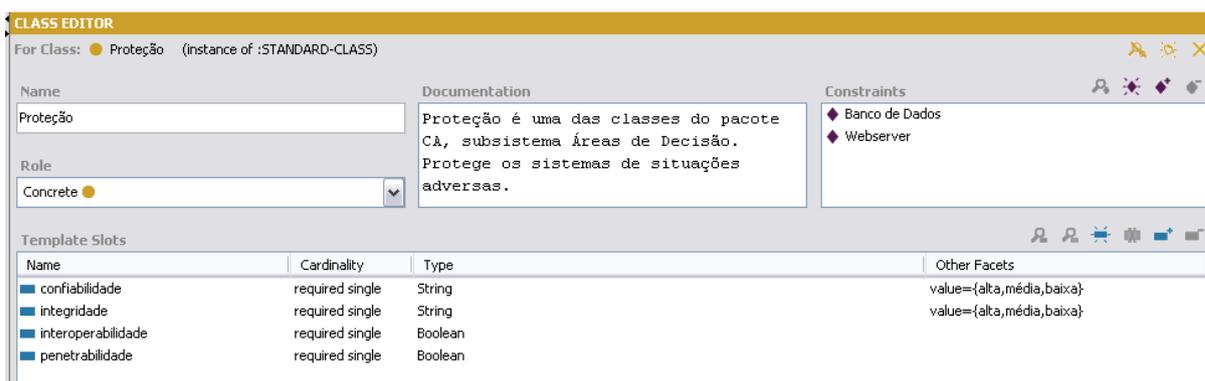


Figura 52 - Classe Flexibilidade.

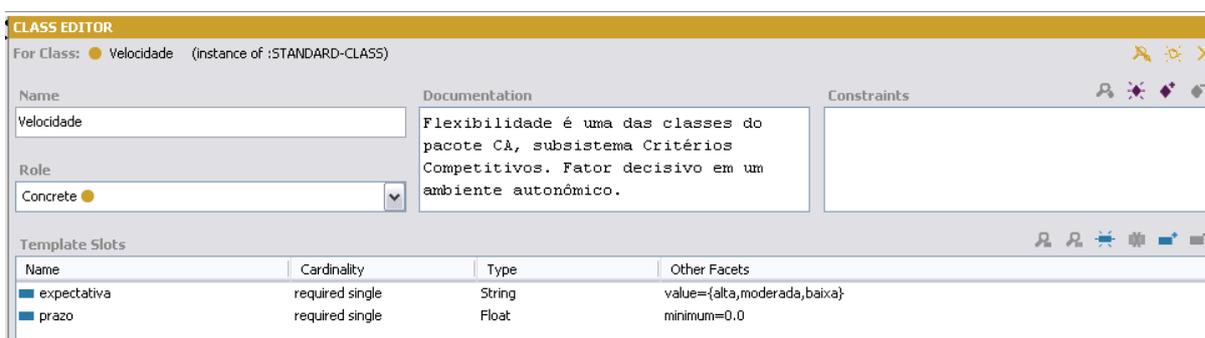


Figura 53 – Classe Velocidade.

A seguir ilustram-se as classes pertencentes ao Ambiente de Tecnologia da Informação.

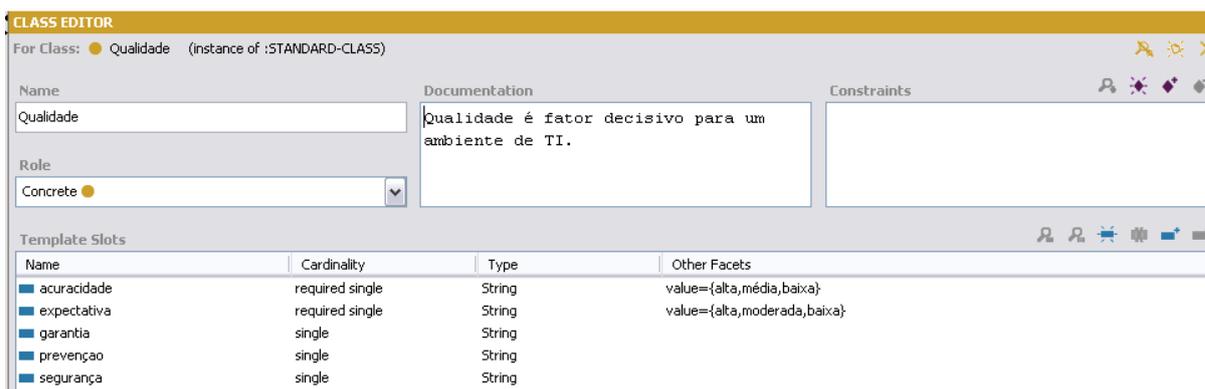


Figura 54 - Classe Qualidade.

**CLASS EDITOR**  
For Class: ● Desempenho (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: Desempenho

Role: Concrete ●

Documentation: Desempenho exerce fator de grande relevância em um ambiente de tecnologia da informação.

Constraints:

- ◆ Software Livre
- ◆ Outra plataforma

Template Slots

Name	Cardinality	Type	Other Facets
capacidade	required single	String	value={alta,moderada,razoavel,baixa}
prioridade	single	String	value={alta,baixa,nenhuma}
produtividade	single	String	value={alta,moderada,baixa,péssima}
sistemas	single	Instance of Ambiente de Te...	

Figura 55 - Classe Desempenho.

**CLASS EDITOR**  
For Class: ● Alinhamento Estratégico (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: Alinhamento Estratégico

Role: Concrete ●

Documentation: É fundamental que o ambiente de TI esteja alinhado com a estratégia e linha de negócios da organização.

Constraints:

Template Slots

Name	Cardinality	Type	Other Facets
contribuição	single	String	
escopo	single	String	
estratégia	single	String	
requisitos	single	String	

Figura 56 - Classe Alinhamento Estratégico.

**CLASS EDITOR**  
For Class: ● Custos (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: Custos

Role: Concrete ●

Documentation: Custos ainda é fator de grande influência nas decisões de investimento de um ambiente de TI.

Constraints:

Template Slots

Name	Cardinality	Type	Other Facets
cliente	single	String	
produto	single	String	
serviços	single	Instance of Ambiente de Te...	
valor	required single	String	value={alto,médio,baixo}

Figura 57 - Classe Custos.

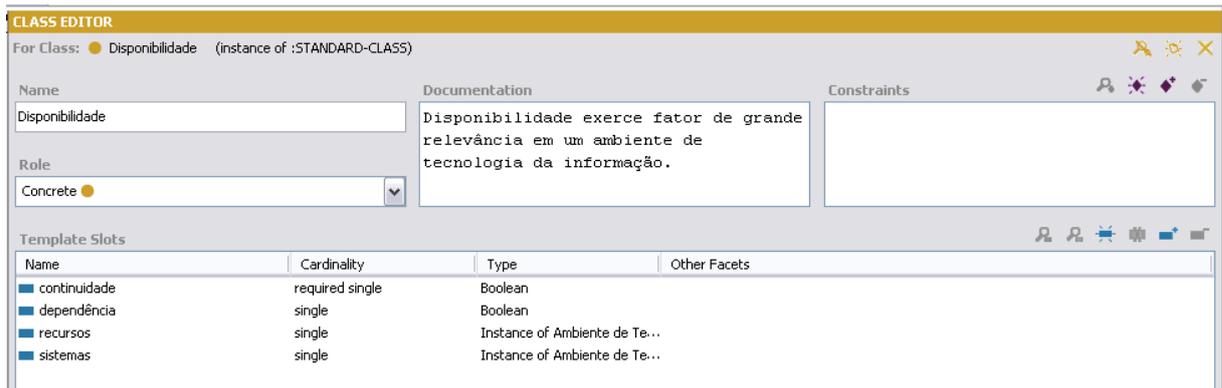


Figura 58 - Classe Disponibilidade.

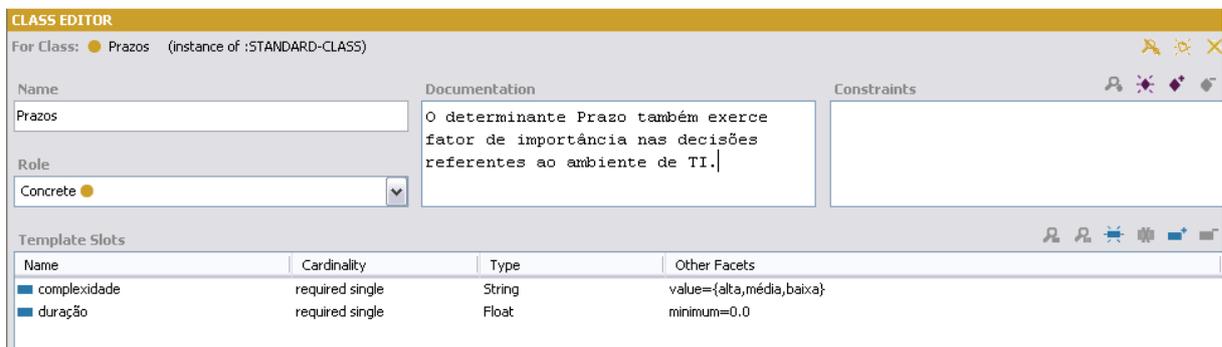


Figura 59 - Classe Prazos.

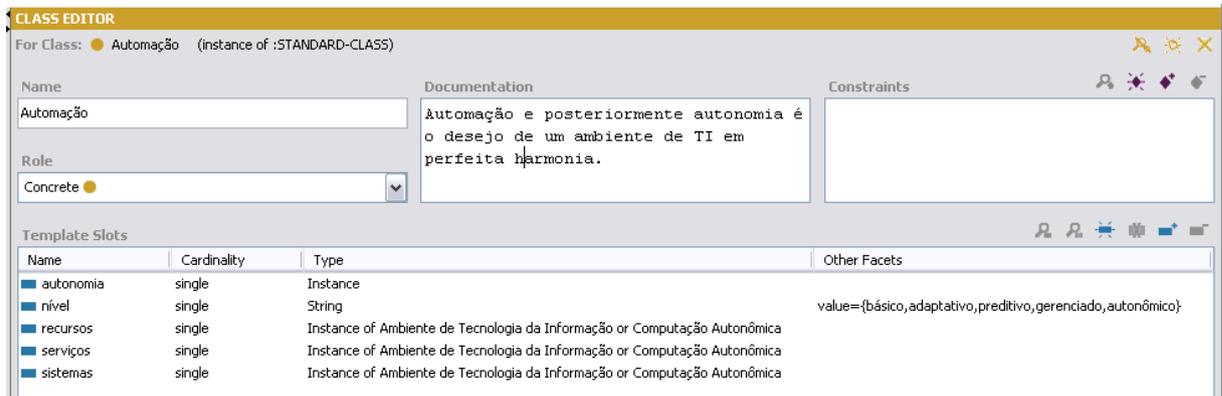


Figura 60 - Classe Automação.

A seguir listamos os *slots* ou atributos criados para a ONTO ACTI.

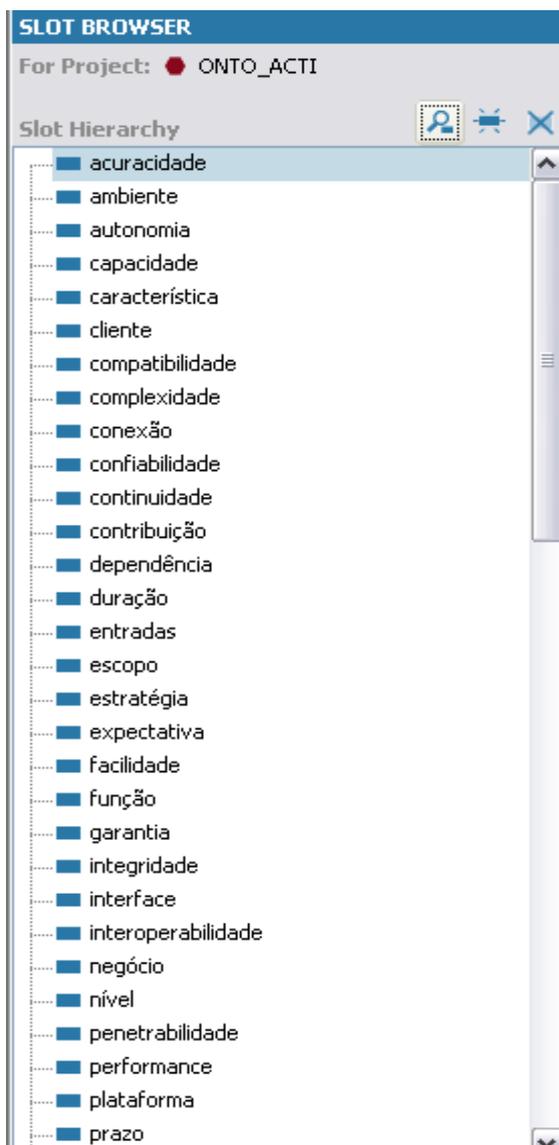


Figura 61 - Lista de *Slots*.

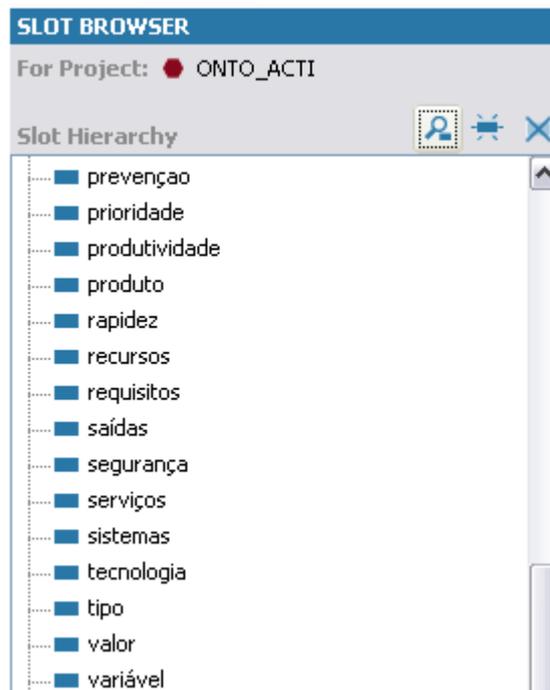


Figura 62 - Lista de Slots – continuação.

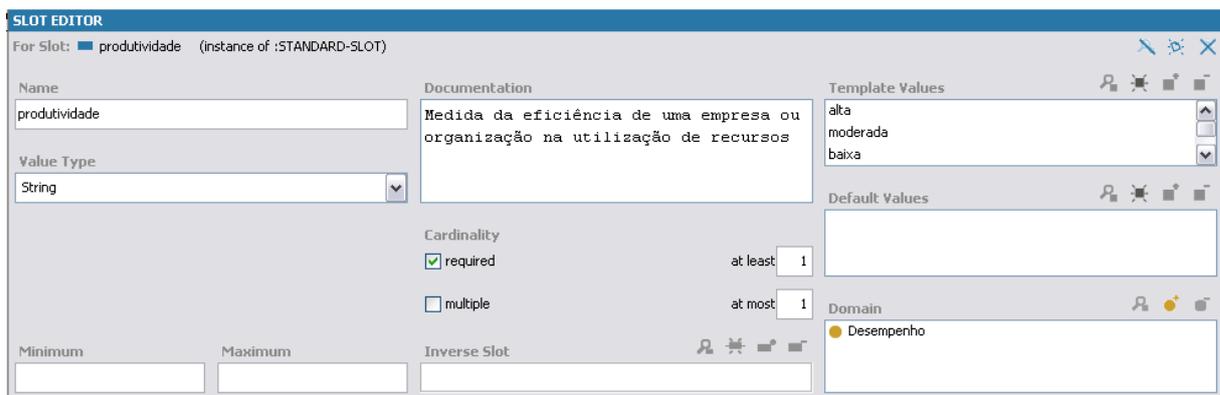


Figura 63 - Exemplo de slot – produtividade

## APÊNDICE I - EXEMPLOS DE INSTÂNCIAS

A partir do momento que se tem a ontologia criada no Protégé, pode-se começar a definir instâncias para cada uma das classes.

Na janela de visualização de classes, ao lado de cada uma delas, verifica-se o número de instâncias criadas relativas a elas, conforme abaixo.

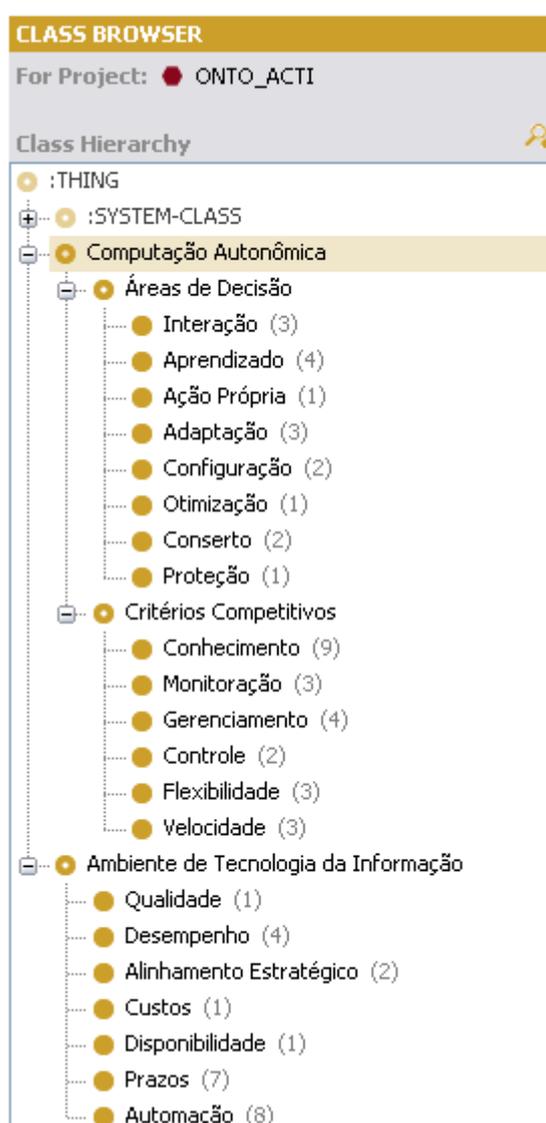


Figura 64 – Classes e suas instâncias.

Também se pode observar a lista de instâncias criadas para a ontologia ONTO ACTI.

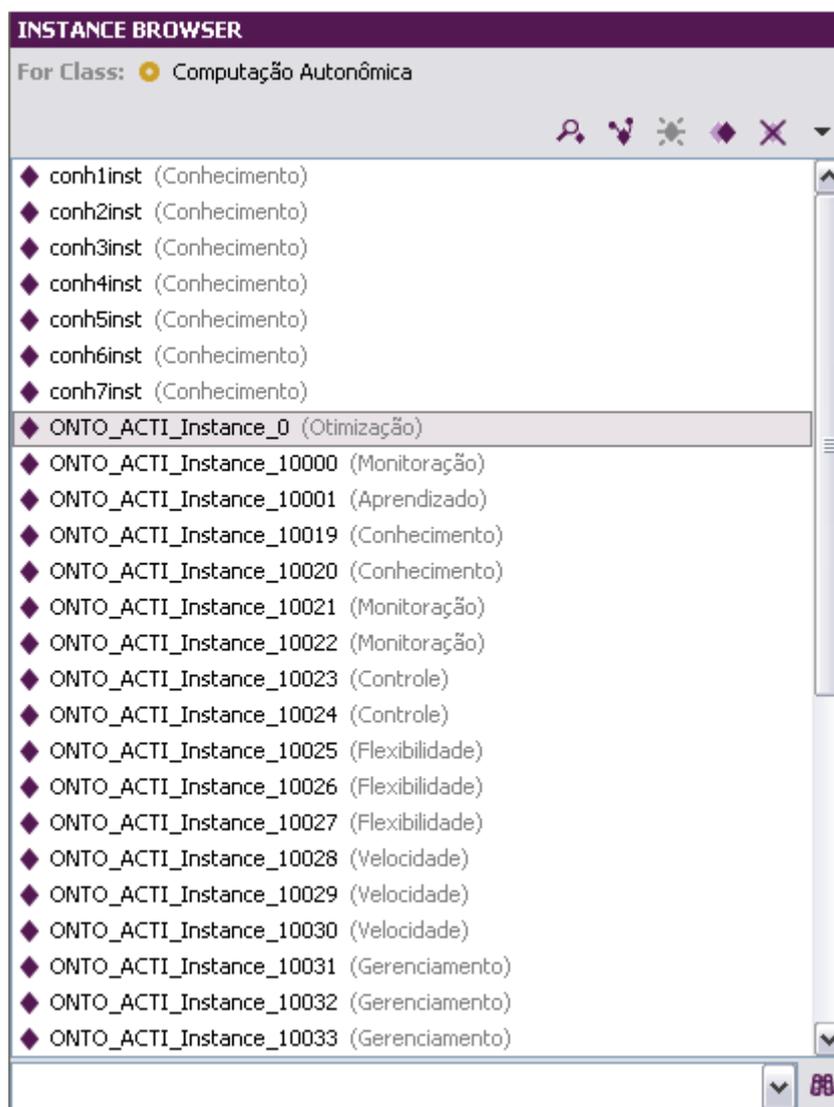


Figura 65 - Instâncias criadas e respectivas classes a que pertencem.

Por último, observa-se uma instância específica criada, com o seu detalhamento. Observe que foram dados valores a seus atributos, quando da criação da instância, para representar determinado contexto.

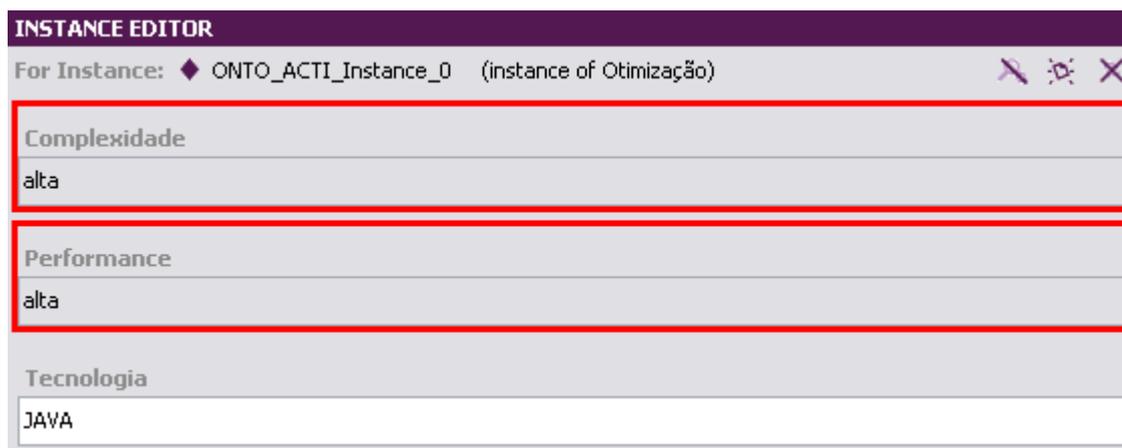


Figura 66 – Detalhes de uma instância da Classe Otimização.

Neste caso da Figura 66, temos representado a instanciação de uma determinada classe (Otimização), pertencente ao subsistema Áreas de Decisão, parte integrante do subsistema Computação Autônoma de um ambiente de tecnologia da informação de uma das empresas para as quais foram enviados os questionários aos responsáveis.

Nota-se que considerando o ambiente de tecnologia da informação desta organização, de acordo com os devidos valores considerados nos seus atributos, verificamos que a mesma possui uma alta complexidade em seu ambiente, alta performance, utilizando predominantemente a tecnologia Java.

Como foram feitas diversas instâncias da ontologia ONTO ACTI, para algumas das organizações estudadas, pode-se utilizar um recurso do software Protégé, construindo *queries* para responder determinados questionamentos da ontologia.

Por exemplo, na figura 67, pergunta-se através de uma *querie*: Quais organizações analisadas encontram-se no nível preditivo de autonomia em seu ambiente de TI?

Algumas delas são listadas nos resultados do questionamento, comprovando a utilização da ontologia criada.

Observa-se que todas estão explicitadas mediante códigos em sua nomenclatura, para evitar identificar de forma pública informações estratégicas das empresas consideradas.

The screenshot shows a software interface with a search results pane at the top and a detailed view pane below.

**Search Results (8)**

- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_0<recursive call>ONTO\_ACTI\_Instance\_10001
- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_0<recursive call>ONTO\_ACTI\_Instance\_10001
- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_10036 (Automação)
- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_10037 (Automação)
- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_10038 (Automação)
- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_10039 (Automação)
- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_10040 (Automação)
- ◆ ONTO\_ACTI\_Instance\_50 (Automação)

**Automação (instance of :STANDARD-CLASS)**

**Name:** Automação

**Role:** Concrete

**Documentation:** Automação e posteriormente autonomia é o desejo de um ambiente de TI em perfeita harmonia.

**Template Slots:**

Name	Cardinality	Type	Other Facets
autonomia	single	Instance	
nível	multiple	String	value={básico, adaptativo, preditivo, gerenciado, autônômico}
recursos	single	Instance of Ambiente de Tecnoloç...	
serviços	single	Instance of Ambiente de Tecnoloç...	
sistemas	single	Instance of Ambiente de Tecnoloç...	

Figure 67 – Questionamento para a ONTO ACTI.

Diversas outros questionamentos podem ser realizados para a ontologia. Por exemplo, pode-se perguntar à ONTO ACTI: Quais os determinantes da computação autônoma no contexto considerado? Como resposta teremos as respostas obtidas e demonstradas na formalização da ontologia, conforme descrito no capítulo 7.