

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**UMA ARQUITETURA DE SUPORTE A MODELAGEM DE
SIMULAÇÕES DE TREINAMENTO BASEADA NA ARQUITETURA
HLA (*HIGH LEVEL ARCHITECTURE*)**

ALUNA: RAFAELA VILELA DA ROCHA
ORIENTADORA: REGINA BORGES DE ARAÚJO

SÃO CARLOS - SP
2009

**UMA ARQUITETURA DE SUPORTE A MODELAGEM DE
SIMULAÇÕES DE TREINAMENTO BASEADA NA ARQUITETURA
HLA (*HIGH LEVEL ARCHITECTURE*)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**UMA ARQUITETURA DE SUPORTE A MODELAGEM DE
SIMULAÇÕES DE TREINAMENTO BASEADA NA ARQUITETURA
HLA (*HIGH LEVEL ARCHITECTURE*)**

Rafaela Vilela da Rocha

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Regina Borges de Araújo

São Carlos
2009

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

R672as

Rocha, Rafaela Vilela da.

Uma arquitetura de suporte a modelagem de simulações de treinamento baseada na arquitetura HLA (*High Level Architecture*) / Rafaela Vilela da Rocha. -- São Carlos : UFSCar, 2010.

146 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Ciência da computação. 2. Ambiente virtual. 3. Simulação por computador. 4. Ontologia. 5. História interativa não linear I. Título.

CDD: 004 (20^a)

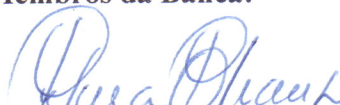
Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

**“Uma Arquitetura de Suporte a Modelagem de
Simulações de Treinamento baseada na
Arquitetura HLA (*High Level Architecture*)”**

RAFAELA VILELA DA ROCHA

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação da Universidade Federal de São
Carlos, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Ciência da
Computação

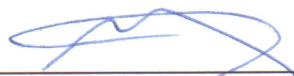
Membros da Banca:



Profa. Dra. Regina Borges de Araújo
(Orientadora - DC/UFSCar)



Prof. Dr. César Augusto Cavalheiro Marcondes
(DC/UFSCar)



Prof. Dr. Aleardo Manacero Júnior
(DCCE/IBILCE/UNESP)

São Carlos
Julho/2009

Dedico este trabalho, aos meus pais, Vilela e Cida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela inspiração e força para alcançar meus objetivos.

Aos meus queridos pais e familiares, pelo amor, apoio, confiança e incentivo durante toda a minha vida.

Ao meu amigo e namorado, Marcio, pela dedicação e auxílio no desenvolvimento deste trabalho e dos artigos; e pelo carinho e incentivo de sempre.

Aos professores que contribuíram para minha formação. Principalmente a prof^a. Dr^a. Regina Borges de Araújo, pela amizade, incentivo e orientação na realização deste trabalho e dos artigos.

Aos amigos do LRVNet, Leandro, Ricardo Ferrari, Bruno, Fábio, Rodolfo, Igor, Eduardo, Max, Ricardo Luis, Allan, Felipe, Marcelo e Mariana, pelas discussões e auxílios durante o período de mestrado.

A todos os colegas de mestrado que me ajudaram nos estudos das disciplinas e na realização deste trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O uso de ambientes virtuais, criados pelo computador, permite a realização de simulações de treinamento em um ambiente seguro para investigar o comportamento e a resposta de humanos a situações de perigo. Porém, a construção de simulações de ambientes virtuais genéricos e independentes é um desafio a ser pesquisado. Atualmente, as simulações de ambientes virtuais existentes são focadas em aplicações específicas e têm arquitetura de suporte estreitamente ligada à aplicação somado ao fato que a sua extensão ou alteração depende da atuação de especialistas em computação. Assim, é importante que ambientes que facilitem a construção dessas simulações sejam construídos.

O presente trabalho tem como objetivo especificar uma arquitetura de suporte ao desenvolvimento, execução, gerenciamento, controle e análise de simulações de ambientes virtuais colaborativos, em conformidade com a arquitetura de referência *High Level Architecture*, que visa a interoperabilidade e o reuso de simulações. Neste trabalho, a construção de simulações é orientada pela narração de uma história interativa não linear e instanciada a partir de ontologias. A integração de história e ontologias pode facilitar a criação de diferentes modelos de simulações de treinamento sem a necessidade de programadores. As simulações de ambientes virtuais colaborativos a serem criados visam, inicialmente, treinamento de equipes no domínio de preparação e resposta a emergências. Porém novos domínios de aplicação podem ser concebidos ao integrarem-se novas ontologias. Para elaboração das ontologias, foram utilizadas normas de proteção contra incêndio e protocolos para realização de exercícios simulados, vigentes no Estado de São Paulo, além do apoio de profissionais especialistas (Corpo de Bombeiros de São Carlos). Um ambiente de criação de simulações está sendo desenvolvido como parte deste trabalho, bem como todo o processo de desenvolvimento e execução de uma simulação utilizando a arquitetura proposta. Um caso de uso (ocorrências de incêndio e explosão) foi elaborado para instanciação da simulação.

Como resultados principais deste trabalho foram criadas uma arquitetura inovadora para a construção de simulações complexas e sete ontologias no domínio de emergência, que poderão ser usadas como ferramentas poderosas na criação de simulações de treinamento de profissionais da área de gerenciamento de emergência.

Palavras-Chave: Simulação, Ambiente Virtual Colaborativo, *High Level Architecture*, Ontologia, História Interativa não Linear.

ABSTRACT

The use of virtual environments, created by the computer, provides the execution of training simulations in a safe environment to investigate human behaviour and response to dangerous situations. However, building generic virtual environment simulations is a challenge to be researched. At present, existing virtual environment simulations are focused on specific applications. They also have their supporting architecture tightly coupled to the application making extensions or modifications difficult and dependent on computing specialists. Thus, it is important that environments that ease the building of these simulations be created.

This work aims to specify an architecture to support the development, implementation, management, control and analysis of collaborative virtual environments, in conformance with the High Level Architecture, a reference architecture for simulations interoperability and reuse. In this work, simulation construction is driven by non-linear, interactive storytelling and instantiated ontologies. The history and ontologies integration facilitates the creation of different simulations without the need for programmers. The goal of the collaborative virtual environment simulations to be created is training for emergency preparedness and response application domain. However, new application domains can be designed by integrating new ontologies.

For the ontologies creation, norms for protection against fire and exercise protocols, in use at São Paulo State, were used along with expert advice by São Carlos fire fighters. An environment for the creation of simulations is being developed as part of this work, as well as the whole process of development and execution of a simulation using our proposed architecture. A use case (fire and explosion occurrence) was devised for simulation instantiation.

As the main results of this work a novel architecture was devised for the creation of complex training simulations as well as seven ontologies in the emergency management domain. These can be used as powerful tools for the creation of training simulations for the emergency preparedness and response teams.

Key-words: Simulation, Collaborative Virtual Environments, High Level Architecture, Ontology, Non-Linear Interactive Storytelling.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Incêndios no Estado de São Paulo (adotado de [www.polmil.sp.gov.br/ccb, 2007]).....	3
FIGURA 2. Visão geral dos principais serviços do MidSensorNet.....	5
FIGURA 3. Classificação dos modelos de simulação computacional.....	11
FIGURA 4. Modelo de ambiente virtual desagregado (adotado de [Shaw et al., 1992]).....	17
FIGURA 5. Processo de desenvolvimento de simulação (adotado de [Smith, 1999]).....	23
FIGURA 6. Componentes do RTI.	27
FIGURA 7. Visão geral do relacionamento entre federado e RTI (adaptado de [IEEE Std. 1516.1-2000, 2000]).	32
FIGURA 8. Exemplo de espaço de roteamento tridimensional.....	35
FIGURA 9. Diagrama de desenvolvimento de federação e processo de execução (adaptado de [IEEE Std 1516.3-2003, 2003]).	36
FIGURA 10. Processo de contagem da história (adotado de [Schneider, 2001]).	39
FIGURA 11. História interativa linear (adaptado de [Adams; Rollings, 2007]).....	39
FIGURA 12. História interativa não linear (adaptado de [Adams; Rollings, 2007])...	40
FIGURA 13. Diagrama da narrativa (adotado de [Chatman, 1978]).	40
FIGURA 14. Processo de reflexão da narrativa automática (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).....	42
FIGURA 15. Processo de preparação da narrativa automática (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).....	42
FIGURA 16. Projeto final da narrativa automática (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).	43
FIGURA 17. Arquitetura para narrativas automáticas (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).	43
FIGURA 18. Arquitetura IDA (adotado de [Magerko; Laird, 2003]).....	44
FIGURA 19. Trama baseada em estados: um gráfico com eventos da trama parcialmente ordenados (adotado de [Magerko; Laird, 2003]).....	45

FIGURA 20. Visão geral do sistema de direcionamento prevenido da trama (adotado de [Laaksolahti; Boman, 2002]).....	46
FIGURA 21. Representação da trama por autômato finito (adotado de [Laaksolahti; Boman, 2002]).....	47
FIGURA 22. Arquitetura do motor de narrativa do IDtension (adaptado de [Szilas; Marty; Réty, 2003]).....	48
FIGURA 23. Tipos de ontologias segundo nível de generalidade (adotado de [Guarino, 1998]).	53
FIGURA 24. Níveis de ontologias segundo sua profundidade ontológica.	54
FIGURA 25. Categorias de ontologias quanto ao uso (adotado de [Uschold; Gruninger, 1996]).	54
FIGURA 26. Tela principal do editor Protégé.	59
FIGURA 27. Visão do ambiente virtual colaborativo sendo executado (adotado de [Shen; Hage; Georganas, 1999]).	62
FIGURA 28. Simulação de shopping virtual (adotado de [Bille et al., 2004]).	63
FIGURA 29. Visão geral da arquitetura proposta por Bille et al. (adaptado de [Bille et al., 2004]).	63
FIGURA 30. Simulação de multidões humanas em situações da vida cotidiana (adotado de [Paiva, 2006]).	64
FIGURA 31. Arquitetura do modelo criado por Paiva (adotado de [Paiva, 2006]). ...	65
FIGURA 32. Tela do software <i>CommandSim Effects</i> © (adotado de [CommandSim, 2004-9]).....	71
FIGURA 33. Simulação de treinamento de uma tripulação de cabine de avião (adotado de [Inscape Consortium, 2004-8]).	72
FIGURA 34. Cinco módulos do software Inscape (adotado de [Inscape Consortium, 2004-8]).....	72
FIGURA 35. Passos do processo MARS (adotado de [Masakazu et al., 2005]).	74
FIGURA 36. Ambiente de software MARS (adaptado de [Masakazu et al., 2005]). .	75
FIGURA 37. Cenas do ambiente virtual de treinamento do comando de bombeiros (adaptado de [Julien; Shaw, 2003]).....	76
FIGURA 38. Ontologias de emergência.	78
FIGURA 39. Visão geral da ontologia infra-estrutura.....	79
FIGURA 40. Descrição do conceito <i>Sala</i> utilizando o editor Protégé.	80
FIGURA 41. Consulta de risco vizinho no Protégé.....	81

FIGURA 42. Visão geral das medidas de segurança contra incêndio que fazem parte da ontologia infra-estrutura.	81
FIGURA 43. Visão geral da ontologia pessoa.	83
FIGURA 44. Visão geral da ontologia equipamento.	84
FIGURA 45. Visão geral da ontologia veículo.	85
FIGURA 46. Visão geral da ontologia emergência.	85
FIGURA 47. Visão geral da ontologia tática.	88
FIGURA 48. Integração ontologias de simulação.	90
FIGURA 49. Integração das ontologias para criação da simulação.	91
FIGURA 50. Diagrama da divisão da historia (adaptado de [Chatman, 1978]).	92
FIGURA 51. Visão geral da arquitetura de suporte a simulações.	92
FIGURA 52. Diagrama de pessoal envolvido.	95
FIGURA 53. Etapas do processo e módulos da arquitetura envolvidos.	95
FIGURA 54. Visão geral do processo de modelagem e execução de simulação, criado neste trabalho.	96
FIGURA 55. Visão geral das atividades da etapa de desenvolvimento do modelo de simulação.	97
FIGURA 56. Informações instanciadas na atividade de edição de dados para as simulações.	98
FIGURA 57. Informações instanciadas na atividade de edição do modelo de simulação.	99
FIGURA 58. Visão geral da federação especificada neste trabalho.	100
FIGURA 59. Visão geral das atividades da etapa de execução do modelo de simulação.	100
FIGURA 60. Visão geral das atividades da etapa de análise de saídas.	101
FIGURA 61. Tela do AV-AVC na qual é possível editar dados gerais (infra-estruturas) para as simulações.	102
FIGURA 62. Tela do AV-AVC na qual é possível editar o modelo de simulação. ..	103
FIGURA 63. Planta 3D da indústria de batatas fritas.	105
FIGURA 64. Planta 2D da indústria de batatas fritas.	106
FIGURA 65. Informações para a definição de estratégias do caso de uso.	107
FIGURA 66. Tela do AV-AVC na qual é possível editar dados gerais (infra-estruturas) para as simulações.	135

FIGURA 67. Tela do AV-AVC na qual é possível editar dados gerais (pessoas) para as simulações.	136
FIGURA 68. Tela do AV-AVC na qual é possível editar dados gerais (equipamentos) para as simulações.	136
FIGURA 69. Tela do AV-AVC na qual é possível editar dados gerais (veículos) para as simulações.	137
FIGURA 70. Tela do AV-AVC na qual é possível editar dados gerais (emergências) para as simulações.	137
FIGURA 71. Tela do AV-AVC na qual é possível editar dados gerais (táticas) para as simulações.	138
FIGURA 72. Tela do AV-AVC na qual é possível editar o modelo de simulação. ..	138

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Resumo dos serviços do gerenciamento de federação.....	32
TABELA 2.	Resumo dos serviços do gerenciamento de declaração.....	33
TABELA 3.	Resumo dos serviços do gerenciamento de objeto.....	33
TABELA 4.	Resumo dos serviços do gerenciamento de posse.....	33
TABELA 5.	Comparação entre as arquiteturas de narração de histórias interativas e não lineares.....	49
TABELA 6.	Alguns conceitos e propriedades da ontologia infra-estrutura.....	82
TABELA 7.	Alguns conceitos e propriedades da ontologia pessoa.	83
TABELA 8.	Alguns conceitos e propriedades da ontologia veículo.....	84
TABELA 9.	Alguns conceitos e propriedades da ocorrência de incêndio e explosão da ontologia emergência.....	86
TABELA 10.	Alguns conceitos e instâncias da ontologia tática.	88
TABELA 11.	Resumo das informações para a definição do cenário do caso de uso.	104
TABELA 12.	Resumo das informações para a definição dos personagens e objetos do caso de uso.....	104
TABELA 13.	Informações para a ocorrência de um evento no caso de uso.....	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
5W	Who, Where, When, What e Why
AB	Auto-Bomba
ABP	Auto-Bomba Plataforma
AC-AVC	Ambiente de Criação de AVCs
API	Application Programming Interface
ASS	Analizador de Saídas de Simulação
AVC	Ambiente Virtual Colaborativo
AVD	Ambiente Virtual Distribuído
BD-Contexto	Banco de Dados de Contextos
BD-FOM	Banco de Dados de arquivos FOM
BD-X3D	Banco de Dados de modelos geométricos X3D (BD-X3D)
CMS	Controlador / Monitor de Simulação
COVEN	AC040 Collaborative Virtual Environments
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
DDM	Data Distribution Management
DIS	Distributed Interactive Simulation
DIVE	Distributed Interactive Virtual Environment
FDS	Fire Dynamic Simulation
FEDEP	Federation Development and Execution Process
FedExec	Federation Executive
FOM	Federation Object Model
HLA	High Level Architecture
HMD	Head Mounted Display
ID	Interactive Drama
IDA	Interactive Drama Architecture
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
JAM	for Java Agent Model
Jena	Semantic Web Framework
KQML	Knowledge Query and Manipulation Language
LAN	Local Area Network
libRTI	RTI Library
LRVNet	Laboratório de Realidade Virtual em Rede do Departamento de Ciência da Computação da UFSCar
MARS	Mitsubishi Architecture Framework Required for Modeling and Simulation Systems

MASSIVE	Model, Architecture and System for Spatial Interaction in Virtual Environments
MidSensorNet	Middleware de Serviços do LRVNet
MOM	Management Object Model
MUD	Multi User Dimension
NIST	National Institute of Standards and Technology
NPSNET	Naval Postgraduate School Networked Vehicle Simulator
OMT	Object Model Template
OOAD	Object-Oriented Analysis and Design
OWL	Ontology Web Language
OWL-DL	OWL Description Logic
PADS	Parallel and Distributed Simulation
PLD	Planilha de Levantamento de Dados
PPI	Plano Particular de Intervenção
RDF	Resource Description Framework
RFID	Radio Frequency IDentification
RPC	Remote Procedure Call
RSSF	Rede de Sensores Sem Fio
RTI	Runtime Infrastructure
RtiExec	RTI Executive
SIMNET	Simulator Network
SITE	School of Information Technology and Engineering
SOM	Simulation Object Model
SPARQL	Protocol And RDF Query Language
SVE	Simple Virtual Environment
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UR	Unidade de Resgate
UT	veículo UTilitário
V&A	Validação e Aceitação
VO	Veículo Orgânico
VRML	Virtual Reality Modeling Language
VRTP	Virtual Reality Transfer Protocol
VV&A	Validação, Verificação e Aceitação
VX3D	Visualizador X3D
W3C	World Wide Web Consortium
WAN	Wide Area Network
Web	World Wide Web
X3D	eXtensible 3D
XML	eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	2
1.2 Visão Geral do Projeto do LRVNet	4
1.3 Objetivo.....	7
1.4 Organização do Trabalho	7
2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	9
2.1 Conceitos de Modelagem e Simulação.....	10
2.2 Modelos de Simulação.....	11
2.3 Tecnologias Utilizadas em Simulações.....	12
2.4 Simulações Paralelas e Distribuídas.....	14
2.5 Simulações Interativas Distribuídas	15
2.6 Conceitos de Interfaces de Visualização e Interação de Simulações	15
2.7 Componentes de Aplicações de Ambiente Virtual	16
2.8 Ambientes Virtuais Distribuídos e Compartilhados	17
2.8.1 Sistemas para suporte à AVCs.....	18
2.8.2 Extensibilidade de AVCs	22
2.9 Processo de Desenvolvimento de Simulação	22
2.10 Considerações Finais	24
3 HIGH LEVEL ARCHITECTURE	25
3.1 Conceitos utilizados no HLA	25
3.2 Arcabouço e Regras do HLA	27
3.3 Documento Base para Modelo de Objeto do HLA	28
3.3.1 Modelo de objeto da federação e da simulação	30
3.3.2 Modelo de objeto de gerenciamento.....	30
3.4 Interface do Federado do HLA.....	31
3.4.1 Gerenciamento de Federação	32
3.4.2 Gerenciamento de Declaração	32
3.4.3 Gerenciamento de Objeto.....	33
3.4.4 Gerenciamento de Posse	33
3.4.5 Gerenciamento de Tempo	34
3.4.6 Gerenciamento de Distribuição de Dados	34
3.5 Desenvolvimento de Federação e Processo de Execução	35
3.6 Considerações Finais	37
4 HISTÓRIAS INTERATIVAS E NÃO LINEARES	38
4.1 <i>Digital Storytelling</i>	38
4.2 Definições de Termos utilizados na Área de <i>Digital Storytelling</i>	39
4.3 A Utilização de Histórias para Descrever AVCs.....	41
4.3.1 Narrativa automática.....	41
4.3.2 Arquitetura para drama interativo	43
4.3.3 Direcionamento prevenido da trama.....	45
4.3.4 IDtension	47
4.3.5 Comparação entre as arquiteturas de narração de histórias	49
4.4 Considerações Finais	50

5 ONTOLOGIAS.....	51
5.1 Definição de Ontologia.....	52
5.2 Classificações das Ontologias	53
5.3 Descrição de Ontologias.....	55
5.4 Roteiro Geral para Construção de Ontologia	56
5.5 Linguagem de Ontologia para Web	56
5.6 Ferramentas para Manipulação de Ontologias	58
5.6.1 Jena.....	58
5.6.2 Protégé.....	59
5.7 Ontologias para Interpretação de Contexto	60
5.8 Simulações que Utilizam Ontologias.....	62
5.8.1 Ambiente virtual colaborativo.....	62
5.8.2 Simulação de shopping virtual.....	63
5.8.3 Simulação de multidões humanas em situações da vida cotidiana	64
5.9 Considerações Finais	65
6 TREINAMENTO PARA PREPARAÇÃO E RESPOSTA A EMERGÊNCIAS	67
6.1 Exercício Simulado	67
6.1.1 Tarefas preparatórias para exercício simulado.....	68
6.1.2 Atividades para a realização de exercício simulado pelo Corpo de Bombeiros	69
6.2 Simulações de Treinamento em Emergências.....	70
6.2.1 Comando de simulação de fogo	70
6.2.2 Inscape	71
6.2.3 Arcabouço de arquitetura da Mitsubishi.....	73
6.2.4 Ambiente virtual de treinamento de comando de bombeiros.....	75
6.3 Considerações Finais	77
7 CRIAÇÃO DE ONTOLOGIAS DE EMERGÊNCIA PARA MODELAGEM DE SIMULAÇÕES E INTERPRETAÇÃO DE CONTEXTO	78
7.1 Ontologia infra-estrutura	79
7.2 Ontologia pessoa	82
7.3 Ontologia equipamento.....	83
7.4 Ontologia veículo	84
7.5 Ontologia emergência.....	85
7.6 Ontologia tática.....	87
7.7 Considerações Finais	88
8 PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA ARQUITETURA DE SUPORTE A MODELAGEM DE SIMULAÇÕES BASEADAS EM HLA PARA TREINAMENTO	89
8.1 Descrição das Ontologias de Simulação	90
8.2 Arquitetura de Suporte a Criação de Simulações	92
8.3 Atividades realizadas por programador e treinador	94
8.4 Processo de Modelagem e Execução da Simulação e Módulos da Arquitetura Envolvidos.....	94
8.5 Etapas do Processo de Modelagem e Execução de Simulação.....	96
8.5.1 Etapa 1 - Desenvolver modelo de simulação	97
8.5.2 Etapa 2 - Executar modelo de simulação	99
8.5.3 Etapa 3 - Analisar saídas.....	101
8.6 Ambiente de Criação de AVCs	102

8.7	Caso de Uso: Instanciando as Ontologias para Simulações de Treinamento	103
8.8	Considerações Finais	108
9	CONCLUSÕES	109
9.1	Contribuições Geradas	109
9.2	Artigos Publicados	110
9.3	Trabalhos Futuros.....	111
9.4	Conclusões Finais.....	112
10	REFERÊNCIAS.....	113
	APÊNDICE A - Ontologia Equipamento	122
	APÊNDICE B – Ontologia Simulação.....	124
	APÊNDICE C - Telas do AC-AVC	135
	ANEXO A - Planilha de Levantamento de Dados.....	139
	ANEXO B - Planilha de Planejamento de Intervenção	143
	ANEXO C - Plano de Segurança.....	144
	ANEXO D - Relatório Final	145

1 INTRODUÇÃO

Os Ambientes Virtuais Colaborativos (AVCs), ambientes tridimensionais (3D) sintéticos compartilhados entre múltiplos usuários que colaboram entre si para atingir um objetivo comum, têm sido aplicados com sucesso na área de educação, treinamento e entretenimento.

Na área de treinamento, os AVCs possibilitam a realização de simulações nas quais usuários remotamente localizados podem se deparar com situações semelhantes às que ocorrem na realidade. Porém, com a utilização de AVCs, não há a necessidade de despende gastos com os equipamentos utilizados no treinamento real, nem com o deslocamento de pessoas. Eles também introduzem um ambiente seguro para investigar o comportamento e a resposta de humanos às situações perigosas, reduzindo os riscos reais de perdas de vida e patrimônio.

A maioria dos sistemas existentes para o projeto de AVCs foca na especificação geométrica dos objetos do mundo virtual e oferecem poucos recursos para tratar as interações dos usuários e reações correspondentes. Sistemas bem conhecidos na literatura, tais como MASSIVE (Greenhalg; Benford, 1995), (Greenhalgh; Purbrick; Snowdon, 2000), DIVE (Carlsson; Hagsand, 1993) e NPSNET (Capps et al., 2000), possuem, tipicamente, uma arquitetura que é fortemente acoplada à simulação, o que torna difícil interoperar, estender e alterar o ambiente virtual (Oliveira; Crowcroft; Slater, 2000).

A construção de AVCs genéricos e independentes é uma tarefa difícil e complexa. Mais ainda, devido aos aspectos não lineares dos ambientes virtuais 3D, não é possível para um projetista prever a ordem das interações dos usuários durante a simulação. Modelar essas interações como uma seqüência de ações pode limitar a liberdade e motivação do usuário em permanecer no ambiente. Os trabalhos de Szilas (2003), Magerko e Laird (2003), e Laaksoilathi e Boman (2003), focalizam no uso de AVCs como histórias não lineares. Esses trabalhos usam uma abordagem orientada ao drama interativo, no qual é possível criar ambientes virtuais como histórias não lineares, com modelos que possam gerenciar o curso da simulação por meio das interações dos usuários.

Histórias interativas não lineares poderiam então ser usadas para representar um modelo que descreve as “respostas” que o sistema deve fornecer às interações dos usuários (Hagsand, 1996). Assim, é possível separar a especificação geométrica das especificações funcional e comportamental, tornando mais fácil desenvolver e estender simulações. Isso torna a tarefa de criação de AVCs complexos possível a profissionais que não tenham conhecimento de programação de computadores.

Outro aspecto importante da criação de AVCs é o potencial de interoperabilidade e reuso de simulações. Esse potencial pode ser obtido por meio da criação de AVCs em conformidade com padrões do tipo HLA (*High Level Architecture*). O HLA define um arcabouço de propósito geral que especifica todos os mecanismos necessários para a interoperabilidade e reutilização de simulações distribuídas (IEEE Std. 1516.1-2000, 2000).

As aplicações de modelagem e simulação, atuais e futuras, têm vantagens das tecnologias de sistemas inteligentes e baseados em conhecimento (Benjamin; Patki; Mayer, 2006). O intensivo conhecimento introduzido na simulação requer a aquisição, armazenamento, manutenção, e aplicação de conhecimento altamente estruturado, inclusive a utilização de ontologias. Uma ontologia fornece um conjunto de conceitos e relacionamentos que descreve um determinado domínio.

1.1 Motivação

Atualmente, os ambientes virtuais existentes são focados em aplicações específicas e têm uma arquitetura de suporte estreitamente ligada à aplicação, portanto, as alterações na aplicação implicam em alterações nessa arquitetura, tornando difícil e custoso desenvolver ou estender esses ambientes virtuais existentes (Oliveira; Crowcroft; Slater, 2000). Assim, é primordial que sistemas que facilitem a construção dessas simulações sejam construídos.

A motivação para se construir simulações para treinamento virtual no domínio de emergência, mais especificamente sobre incêndio, está refletida na Figura 1 que mostra o gráfico da quantidade de ocorrência de incêndios no Estado de São Paulo. Como os incêndios podem comprometer vidas e patrimônio, é

importante a criação de ferramentas inovadoras que possam contribuir para reduzir os riscos e/ou perdas de vida e patrimônio.

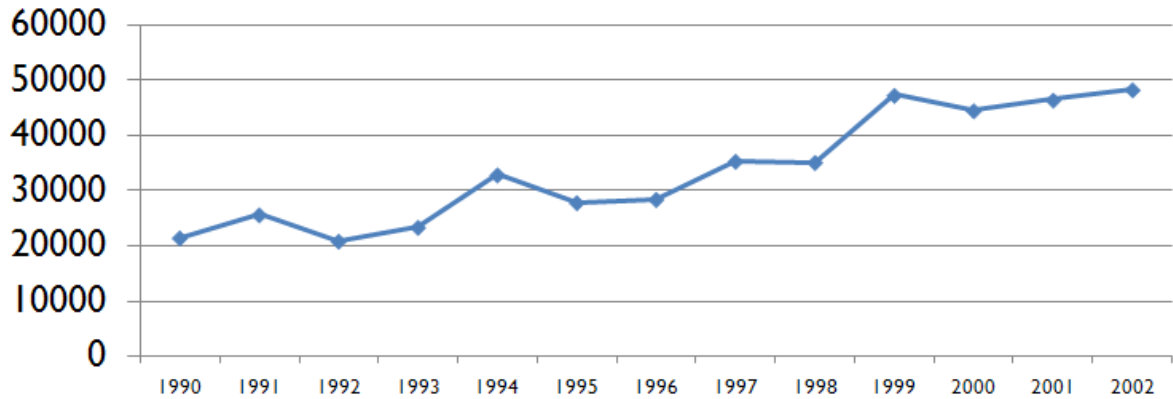


FIGURA 1. Incêndios no Estado de São Paulo (adotado de [www.polmil.sp.gov.br/ccb, 2007]).

Segundo Green III (2000), os exercícios de gerenciamento de emergência não são feitos por simulações computacionais por quatro possíveis razões:

- A maioria desses exercícios são jogos simples, com poucas funções adequadas à automatização;
- O desenvolvimento de simulações é caro em termos de custo de software e hardware, bem como o custo do tempo do trabalho da equipe;
- A equipe que desenvolverá uma simulação necessita de experiência computacional; experiência em projetar exercícios; conhecimento detalhado de desastres e ações de resposta além de seus efeitos; e entendimento da extensão total das ações de gerenciamento de emergência;
- Alguns profissionais na área de gerenciamento de emergência não possuem conhecimento técnico computacional para desenvolver essas simulações.

Apesar de simulações serem uma poderosa ferramenta de treinamento, a construção dessas simulações depende de programação, que necessita de trabalho de profissionais qualificados, com bons conhecimentos da tecnologia sendo utilizada, além de conhecimento na área de gerenciamento de emergência (Green III, 2000).

1.2 Visão Geral do Projeto do LRVNet

O Laboratório de Realidade Virtual em Rede (LRVNet) desenvolve um projeto que visa à pesquisa de métodos, técnicas e soluções para o monitoramento de ambientes físicos cientes de contexto e para a rápida criação de diferentes cenários de treinamento em ambientes virtuais, no domínio do gerenciamento da emergência. Esse projeto tem colaboração com o laboratório *Paradise Lab* do *SITE* da Universidade de Ottawa e o Laboratório de Veículos Aéreos não Tripulados do Departamento de Materiais, Automobilística e Aeronáutica da USP de São Carlos. Os treinamentos incluem salvamento de vidas, salvamento de patrimônio e uso de equipamentos em vários tipos de emergências, tais como: incêndio, explosão, vazamento de gás ou de substâncias tóxicas. As áreas de aplicação concentram-se em plantas industriais com alto risco de incidentes e acidentes.

Um aspecto importante de um sistema de monitoramento em tempo-real de ambientes físicos sob risco de incidentes e acidentes é a visualização em tempo-real de incidentes em progresso, por meio de interfaces multimídia e de interfaces não convencionais (realidade virtual, realidade aumentada) em dispositivos que vão de celulares a cavernas digitais. A gravação dos eventos que ocorreram no ambiente físico, bem como a gravação do ambiente virtual em 3D que representa o ambiente físico e os incidentes correspondentes para posterior acesso são necessidades particulares de sistemas desse tipo.

Para atender os requisitos de sistemas de gerenciamento da emergência, um middleware está sendo construído, conforme é apresentado na Figura 2. Um dos principais objetivos desses sistemas é perceber o que a rede de sensores sem fio tem a dizer, para que o usuário possa tomar decisões utilizando esse conhecimento. No ambiente físico real, há uma rede de sensores sem fio (RSSF) integrado com etiquetas RFIDs¹ que capturam os dados do ambiente e enviam para o middleware realizar a interpretação de contexto. Os serviços do middleware são descritos a seguir.

O serviço de Fusão de Dados é responsável pela fusão de dados no interior da Rede de Sensores Sem Fio (RSSF). O middleware provê esse serviço por

¹ RFIDs (Radio Frequency IDs): etiquetas que identificam todos os objetos importantes em uma sala.

meio da tecnologia de agentes móveis, que migram entre nós sensores da rede para executar uma ou mais tarefas autonomicamente.

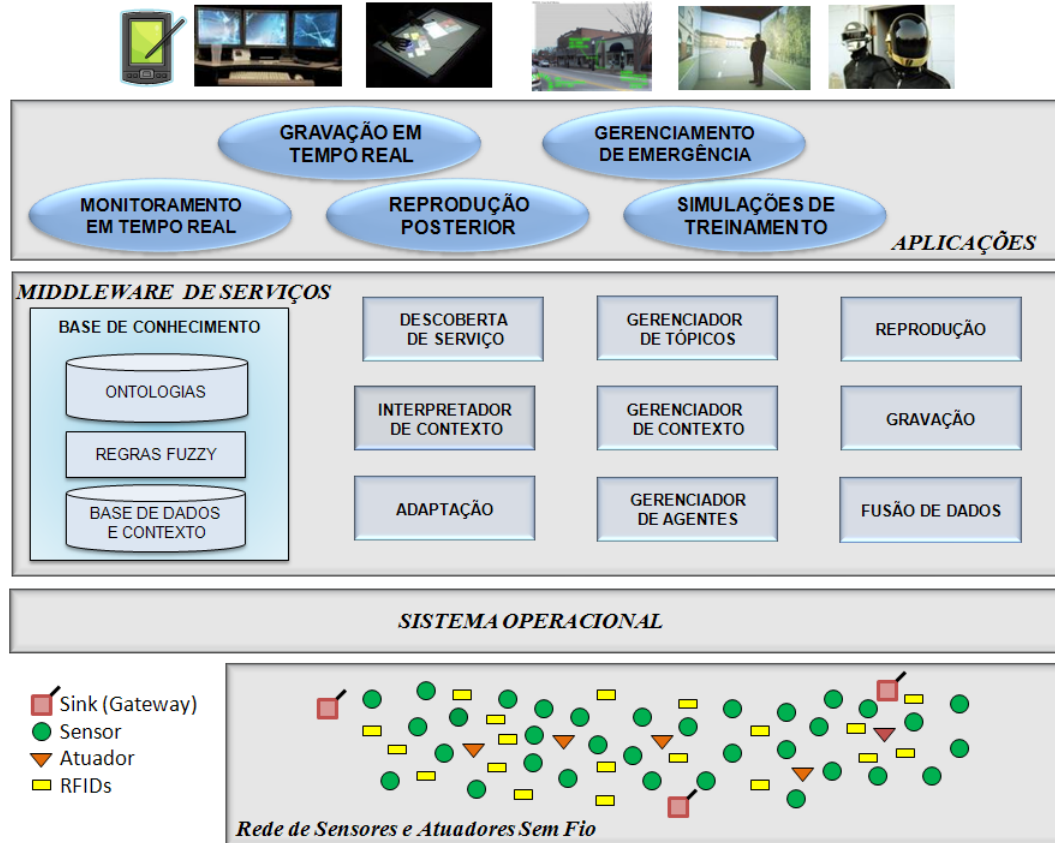


FIGURA 2. Visão geral dos principais serviços do MidSensorNet.

O serviço Gerenciador de Agentes é responsável por coordenar e gerenciar o ciclo de vida de agentes móveis. As principais atividades incluem: criar e destruir agentes, autenticar agentes, manter as guias de endereços e os diretórios de agentes atualizados.

O serviço de Adaptação é responsável por modificar a RSSF e os dispositivos, de acordo com as respectivas capacidades e políticas de adaptação.

O serviço de Gravação é responsável por gravar diferentes níveis de informações interpretadas, de agregação de dados a informações complexas de incidente e acidente. Essas informações são armazenadas em uma base de dados de contexto com o tempo que ocorreu.

O serviço Gerenciador de Contexto é responsável por interpretar requisições de aplicações de alto nível, e de eventos que ocorrem no interior da rede (requisições do Gerenciador de Agentes e Gerenciador de Tópicos). Ao chegar uma

requisição, ele consulta o serviço de Interpretação de Contexto e retorna os resultados para o serviço ou a aplicação.

O serviço de Interpretação de Contexto é responsável por fornecer informações de alto nível sobre o que é percebido na RSSF. Ele utiliza base de conhecimento composta de ontologias, regras *fuzzy*, base de dados e de contextos, e futuramente redes bayesianas. Seu principal propósito é, basicamente, aumentar o nível de abstração da informação para ajudar aplicações no processo de tomada de decisões. Ele provê informações de alto nível do que ocorre no ambiente físico.

O serviço Gerenciador de Tópicos é responsável por intermediar as subscrições de serviços ou aplicações, e as publicações de informações oriundas de sensores no interior da rede. Por exemplo, o serviço de Interpretação de Contexto subscreve-se no Gerenciador de Tópicos para receber determinado dado, que subscreve-se para receber os dados dos relativos nós sensores. Quando um nó detecta evento, ele verifica se existe alguma subscrição para o tipo de dado que ele detectou e envia-o para o Gerenciador de Tópicos utilizando uma mensagem de notificação de modo assíncrono. Assim, o Gerenciador de Tópicos envia esse dado para o Interpretador de Contexto.

O serviço de Reprodução é responsável por exibir o ambiente virtual 3D. Esse ambiente 3D reproduz o ambiente físico tão próximo possível do real. O ambiente 3D é renderizado em sincronia com o contexto armazenado (pelo serviço de Gravação) e o intervalo de tempo. Os contextos armazenados são mapeados em linguagem visual e renderizado por um *browser*.

O serviço de Descoberta de Serviços é responsável por fornecer a localização dos serviços do *middleware*. Depois que localizados eles podem ser acessados por aplicações ou serviços via *Web Services*.

A Base de Conhecimento é um conjunto lógico que contém repositórios de ontologias, regras *fuzzy*, base de dados e de contextos utilizados pelo serviço de interpretação para identificação de eventuais anormalidades no ambiente físico sendo monitorado.

O trabalho desta dissertação concentra-se na rápida modelagem de simulações para treinamento utilizando dados reais ou de outra forma que possa facilitar a criação desses ambientes virtuais por profissionais da área de gerenciamento de emergência. E é na utilização da base de conhecimento que ele se integra ao *middleware* que está sendo desenvolvido pelo LRVNet, pois as

ontologias e o banco de dados de contexto auxiliam na modelagem da simulação. A base de conhecimento foi criada com participação significativa da autora deste trabalho. Os outros serviços do middleware estão sendo ou foram desenvolvidos por outros membros do LRVNet. A seguir é descrito o objetivo deste trabalho.

1.3 Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é criar um ambiente inovador para o desenvolvimento, execução, gerenciamento, controle e análise de simulações de treinamento (AVCs) em conformidade com o padrão HLA, que utilizam múltiplas ontologias para a modelagem de uma simulação no domínio do gerenciamento da emergência (o domínio pode ser mudado se integrado com ontologias da área desejada). Para isso é necessária a especificação de uma arquitetura de suporte e de um processo de modelagem e execução de simulações.

Uma das características dessa arquitetura é permitir que pessoas não necessariamente especialistas em programação de computadores possam instanciar diversos cenários de treinamento. Para isso foi utilizado o conceito de histórias interativas não lineares integradas com ontologias para descrever o cenário, os personagens e os eventos da simulação.

Outra característica dessa arquitetura é utilizar eventos reais guardados em um banco de dados de contexto para modelar a simulação.

1.4 Organização do Trabalho

Este documento está organizado da seguinte maneira: O capítulo 2 apresenta os principais conceitos da área de simulação computacional. No capítulo 3 são descritos a arquitetura de referência HLA e as práticas recomendadas de desenvolvimento de federação e processo de execução. No capítulo 4 são apresentados conceitos de histórias interativas e não lineares. No capítulo 5 são apresentados conceitos, linguagem de descrição e ferramentas para manipulação de

ontologias. No capítulo 6 são abordados os conceitos de treinamento na área de emergência (exercícios simulados e simulações computacionais). Os trabalhos realizados nesta dissertação são descritos nos capítulos 7 e 8. No capítulo 7 estão descritas as ontologias criadas no domínio de preparação e resposta a emergência, que servem tanto para a modelagem da simulação, quanto para a interpretação de contexto. No capítulo 8 estão descritas as ontologias criadas no domínio de simulação de treinamento, a arquitetura de suporte à construção de simulações, e cada etapa do processo de modelagem e execução de simulação dessa arquitetura. Ainda são descritos no capítulo 8 a prova de conceito e sua instanciação no ambiente de criação de AVCs. As conclusões são apresentadas no capítulo 9, seguido das referências.

2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Simulação é definida como imitação de uma operação de um processo ou sistema do mundo real sobre o tempo (Banks, 2000), (Goldsman, 2007). A simulação envolve a geração de uma história artificial do sistema e a observação dela para extrair inferências com respeito às características operacionais do sistema real que é representado. Entre as vantagens em se utilizar simulações está a possibilidade de explorar exaustivamente os mecanismos de um sistema para melhor entendimento dos problemas existentes e a prevenção de problemas futuros. Também é uma excelente ferramenta de treinamento, quando modelada com esse propósito. Porém, algumas desvantagens são a quantidade de tempo e os custos necessários para se modelar a simulação, que pode ser utilizada de maneira inapropriada ou gerar resultados difíceis de serem interpretados.

Simulações em computadores são utilizadas em vários contextos práticos, tais como nas áreas de treinamento militar, de entretenimento, industriais, acadêmicas e de pesquisa.

Segundo Chung (2004), simuladores de treinamento são também modelos de sistemas existentes ou propostos, mas em contraste aos modelos de simulação, os recursos e tomadas de decisões de política operacional são feitos durante a execução da simulação e não antecipadamente. Desse modo, os efeitos já vão sendo observados pelo usuário em tempo-real e não somente no final. A proposta do simulador é expor os usuários em um sistema e treiná-los na tomada de decisões, e não decidir por eles.

Este capítulo é organizado da seguinte forma: na seção 2.1 são feitas revisões de conceitos relacionados à área de simulação em computadores, seguida das revisões sobre os modelos de simulação na seção 2.2. Na seção 2.3 são descritas as tecnologias utilizadas em simulações. Na seção 2.4 são abordadas as simulações paralelas e distribuídas, seguidas das simulações interativas distribuídas, na seção 2.5. A descrição dos conceitos de interfaces de visualização e interação de simulações é feita na seção 2.6. Os componentes de aplicações de ambiente virtual são apresentados na seção 2.7. Os ambientes virtuais distribuídos e

compartilhados são abordados na seção 2.8. Na seção 2.9 é descrito o processo de desenvolvimento de simulações. A seção 2.10 contém as considerações finais.

2.1 Conceitos de Modelagem e Simulação

As definições de termos utilizados com frequência, aceitas comumente, são listadas a seguir para esclarecer conceitos de modelagem e simulação (Carson, 1993; 2005), (Harrel, 1998), (Banks, 2000):

- **Modelo e sistema:** O modelo é simplesmente a representação do sistema ou processo escolhido. O sistema implementa um conjunto de processos coordenados que convertem entradas em saídas. O processo preocupa-se com o fluxo lógico de entidades realizando uma série de atividades (o que ocorre com as entidades) enquanto o sistema baseia-se no fluxo físico de entidades pelas estações de trabalhos (como, onde e quando);

- **Variáveis de estado do sistema:** Formam a coleção de todas as informações necessárias para definir o que ocorre no sistema em um determinado momento;

- **Eventos e notificações de eventos:** O evento em um modelo corresponde a algo que ocorre no sistema real e pode mudar o estado desse sistema. Eventos ocorrem em um determinado instante de tempo. Esse tempo é registrado durante a notificação dos eventos e colocado em uma lista de eventos que é gerenciada pela simulação;

- **Entidades e atributos:** Entidade é um objeto ou elemento do sistema que precisa ser explicitamente definido. A entidade pode ser dinâmica, “se move” pelo sistema, ou estática, presta algum tipo de serviço para outras entidades. Cada entidade pode possuir valores locais que são atributos pertinentes somente a essa entidade;

- **Recursos:** São entidades que fornecem serviços para entidades dinâmicas;

- **Processamento de listas:** Entidades podem ser colocadas em listas ordenadas para serem gerenciadas. Essas listas são filas nas quais as

entidades são forçadas a esperar pela liberação de recursos ou por outras condições do sistema;

- **Atividades e atrasos:** Atividade é a duração de tempo conhecida antes dessa mesma ser iniciada. Atraso é a duração indefinida causada pela combinação de condições do sistema (por exemplo, a espera da entidade por um recurso). Simulações discretas contêm atividades que causam o avanço do tempo. O início ou fim da atividade ou do atraso é chamado evento.

2.2 Modelos de Simulação

Os modelos de simulação computacional são classificados de acordo com uma série de critérios, conforme pode ser visto na Figura 3 (Law; Kelton, 2000).

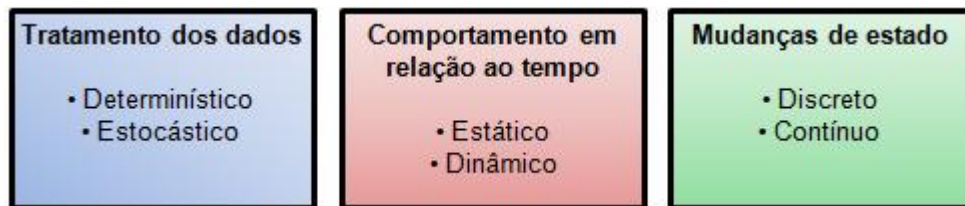


FIGURA 3. Classificação dos modelos de simulação computacional.

Quanto ao tratamento dos dados, o modelo é determinístico, os dados são considerados sem os efeitos da variabilidade estatística associada ao modelo, ou estocásticos, a aleatoriedade dos dados é considerada no desenvolvimento do modelo (Law; Kelton, 2000).

Quanto ao comportamento em relação ao tempo, o modelo é estático ou dinâmico (Law; Kelton, 2000). No modelo estático, a simulação retorna resposta a um determinado conjunto de dados de entrada para um tempo específico, não levando em consideração a continuidade da simulação. No modelo dinâmico, a simulação representa o desempenho do sistema ao longo do tempo, sendo possível acompanhar o comportamento do sistema em diferentes momentos.

Quanto às mudanças de estado, o modelo é discreto, as mudanças do sistema ocorrem em intervalos definidos e específicos de tempo; ou contínuo, é representado o comportamento ininterrupto (Law; Kelton, 2000).

As características das simulações de interesse deste trabalho são: estocásticas, dinâmicas e discretas. O modelo de simulação com essas características é chamado de modelo de simulação de evento discreto.

2.3 Tecnologias Utilizadas em Simulações

As simulações, como outras aplicações, estimulam tecnologias de áreas distintas na ciência da computação. Os algoritmos e as informações necessárias para criar um modelo muito complexo normalmente excedem a capacidade disponível de hardware e software dos computadores necessários para sua execução. Contudo, há um aumento em quantidade de programas de simulação como resultado direto dos avanços na ciência da computação. Algumas das tecnologias mais úteis são descritas por Smith (1999):

- **Redes de computadores:** A possibilidade de distribuir a simulação por todos os computadores em rede leva a construção de modelos mais detalhados, escaláveis, complexos e acessíveis. O problema é tratado por um grande número de computadores, pois é possível passar mensagens e sincronizar eventos;
- **Computação paralela:** Fornece muitas das vantagens das redes de computadores e também uma mais rápida execução da simulação, pois como há uma estreita ligação entre processadores e memória há menos atrasos na entrega de mensagens. Isto é, a simulação pode ser dividida em milhares de processos separados, mas as interações entre eles são muito freqüente, assim, em uma rede de aplicação geral, a entrega de mensagens introduz atrasos que prorrogam o tempo de execução da simulação, o que não ocorre na computação paralela;
- **Inteligência artificial:** A representação do comportamento humano e grupo tornaram-se essencial em algumas partes da comunidade de simulação. As técnicas desenvolvidas no âmbito da inteligência artificial e modelagem cognitiva resolvem alguns dos problemas da representação desses comportamentos. As simulações estão incluindo máquinas de estado finito, sistemas

especialistas, redes neurais, raciocínio baseado em caso e algoritmos genéticos na tentativa de representar o comportamento humano com mais fidelidade e realismo;

- **Computação gráfica:** As técnicas de realidade virtual e os dispositivos de hardware são utilizados para representar objetos por animação 3D, em aplicações como fábricas e campos de batalha. A interface gráfica de usuário fornece uma fácil construção de modelos, exploração, análise de dados, e apresentação de dados. Essas ferramentas apresentam um novo lado da simulação que é mais atrativo. Isso leva a uma maior aceitação dos modelos e seus resultados pelas comunidades de engenharia e pelas empresas;

- **Bancos de dados:** As simulações geram grande quantidade de dados que devem ser analisados. Muitas vezes, elas exigem grandes volumes de dados de entrada para conduzir os modelos. A disponibilidade de bases de dados relacionais e orientadas a objetos permite organizar e acessar essas informações eficientemente e com acessibilidade. Anteriormente, os programadores de modelo eram obrigados a construir a sua própria forma de armazenamento e linguagem de consulta, um contratempo do foco real de estudo de simulação;

- **Arquitetura de sistemas:** As simulações são agrupadas em domínios e uma mesma arquitetura de software é utilizada na modelagem de todas as classes de problemas desse domínio. Essa abordagem tem levado à criação de produtos de simulação que encapsulam funcionalidades usadas para modelar todas as coisas, desde operações de manufatura até programação rotineira de avião;

- **World Wide Web (Web):** A expansão da Internet e da *Web* tem conduzido a experiências com simulações que são distribuídas ou acessadas por meio delas. Essas simulações fazem o uso de protocolos padrões e permitem a sua distribuição em vários computadores que não estão diretamente controlados em uma rede dedicada. Os usuários da simulação não precisam necessariamente ter seus computadores executando a simulação. Em vez disso, o usuário acessa uma máquina específica de simulação conectada à web para fornecer valores de entrada, controlar a execução do modelo e receber os resultados, sem ter sua própria cópia do software de simulação ou dos computadores necessários para executá-lo.

2.4 Simulações Paralelas e Distribuídas

A comunidade de simulação paralela e distribuída (*Parallel and Distributed Simulation* ou PADS) realiza pesquisas para desenvolver tecnologias de alto desempenho para reduzir o tempo de execução de simulações de larga-escala. Os programas de simulações paralelas e distribuídas são baseados no mesmo princípio de que uma tarefa complexa pode ser dividida em tarefas menores, que são executadas simultaneamente por um mecanismo de coordenação. A arquitetura computacional é a diferença básica entre simulações paralelas e simulações distribuídas (Chandy; Misra, 1979) (Fujimoto, 1999; 2001). A simulação paralela é um programa: ou executado por computadores utilizando multiprocessadores, ou por computadores interligados por um barramento externo de alta velocidade com memória compartilhada. Em um programa de simulação distribuída os processos se comunicam com mensagens, não existem variáveis compartilhadas e não existe processo central de controle. Computadores que fazem parte da simulação distribuída podem possuir configurações de software e hardware distintas e são interconectados por uma rede de comunicação local (*Local Area Network* ou LAN) ou uma rede geograficamente distribuída (*Wide Area Network* ou WAN) como a Internet.

Fujimoto (1999, 2001) distingue as simulações paralelas e distribuídas em duas categorias: Simulações Analíticas e Ambientes Virtuais Distribuídos (AVDs). As simulações analíticas são usadas para analisar quantitativamente o comportamento de sistemas, isto é, determinar a média de atraso para baixar arquivos em uma rede de telecomunicações ou para identificar gargalos em uma linha de montagem de uma fábrica. Elas devem rodar uma série de programas sem intervenção humana, ou devem incluir uma animação para representar a operação do sistema sendo modelado. Os AVDs são uma nova classe de aplicações de simulação, na qual as simulações são usadas para criar mundos virtuais em que humanos podem ser introduzidos para treinamento ou entretenimento. Os ambientes virtuais têm sido amplamente utilizados para treinar militares porque fornecem uma abordagem de treinamento muito mais segura, mais econômica e ambientalmente amigável do que os exercícios em campo de batalha.

2.5 Simulações Interativas Distribuídas

A comunidade de simulação interativa distribuída (*Distributed Interactive Simulation* ou DIS) possui pelo menos um objetivo em comum com a PADS: a execução de programas de simulação em múltiplos processadores interligados por uma rede. Diferente das pesquisas da PADS em que se busca desempenho, isto é, executar simulações no menor tempo possível, os trabalhos da DIS visam aplicações militares para treinamento de pessoal distribuído geograficamente, criando ambientes virtuais nos quais eles interagem em tempo real em preparação para situações do campo de batalha (Hofer; Loper, 1995) (Fullford, 1996). As tecnologias desenvolvidas têm como objetivo criar infra-estrutura para interoperação entre vários tipos de modelos de simulação, misturando diferentes entidades como as de simuladores (com interação humana), plataformas operacionais, sistemas de teste e avaliação e agentes computacionais. Além das aplicações militares, a mesma tecnologia tem sido aplicada em áreas comerciais como entretenimento, controle de tráfego, preparação para emergências (como incêndios e terremotos), entre outros.

2.6 Conceitos de Interfaces de Visualização e Interação de Simulações

Na visualização de simulações, a utilização de imagens tridimensionais é uma forma mais intuitiva de apresentar objetos, pois tenta reproduzir no computador o mundo real como é visto por humanos. Ao contrário, a utilização de imagens bidimensionais necessita da interpretação do que elas representam.

O mundo virtual corresponde à modelagem tridimensional geométrica de objetos (Bryson, 1996). O ambiente virtual não se refere só à modelagem geométrica, mas também a simulação em si, permitindo a interação do usuário. Os sistemas de realidade virtual fornecem o suporte adequado para a apresentação e gerenciamento dos ambientes virtuais. A realidade virtual tem grande impacto como interface de visualização e interação com simulações. A realidade virtual pode ser

utilizada com naturalidade para interagir com visualizações tridimensionais geradas de um grande volume de dados de natureza espacial.

A visualização tridimensional da simulação é custosa, tanto computacionalmente como na criação de conteúdo (modelos geométricos, texturas, animações), porém é mais intuitiva para o usuário. O *Extensible 3D* (X3D) é um padrão aberto da *International Organization for Standardization* (ISO) para distribuição de conteúdo tridimensional na *Web*, mantido pelo *Web3D Consortium* (2004). O X3D consiste de linguagem para descrever mundo tridimensional e ambiente de execução, já implementado em diversas plataformas de software e hardware. Vários conteúdos descritos em X3D são usados e reusados em conjunto para formar um mundo virtual tridimensional complexo. Ele é o sucessor da *Virtual Reality Modeling Language* (VRML). O VRML é uma linguagem utilizada para descrever geometrias tridimensionais. Ele foi muito usado na criação de mundos virtuais hospedados em páginas da *Web* e renderizados por *plug-ins* ou navegadores 3D (*browsers 3D*).

2.7 Componentes de Aplicações de Ambiente Virtual

As aplicações de ambiente virtuais foram separadas em quatro componentes por Shaw et al. (1992), conforme apresentado na Figura 4.

O componente *Computação* é uma simulação executando continuamente que avalia periodicamente o seu estado, e atualiza o estado da aplicação (Shaw et al., 1992). Quando o estado da aplicação é consistente, ela envia os dados para o componente *Modelo Geométrico*. O componente *Computação* trata de todas as computações relacionadas à aplicação exceto às relacionadas à apresentação e sua única entrada é por meio do componente *Interação*.

O componente *Interação* gerencia todas as entradas e coordena todas as respostas para o usuário (Shaw et al., 1992). Ele também envia o tempo atual para o componente *Computação*, para sincronizá-lo com a simulação em tempo real.

O componente *Modelo Geométrico* recebe entradas dos componentes *Computação* e *Interação*, e utiliza-as para converter dados em uma forma mais

apropriada para exibição, o que, por sua vez, é utilizada como entrada para o componente Apresentação (Shaw et al.,1992).

O componente Apresentação é responsável pela renderização de imagens e sintetização de áudio (Shaw et al.,1992). Esse componente faz isso utilizando gráficos e outros dados vindos do componente Modelo Geométrico e os dados de posição e orientação vindos do componente Interação.

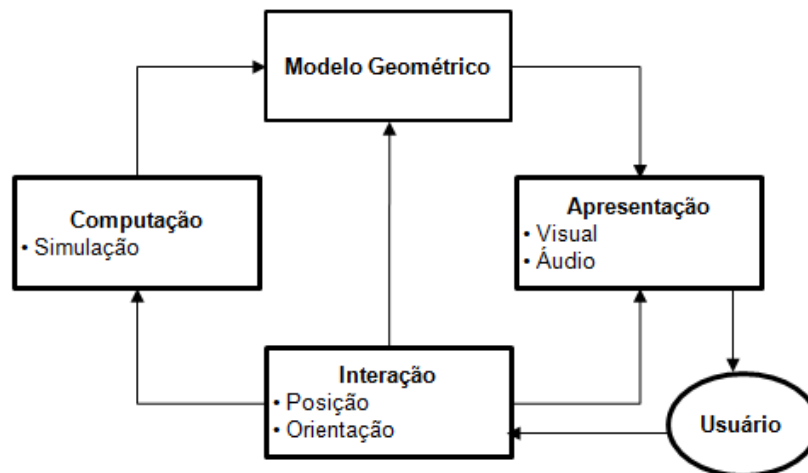


FIGURA 4. Modelo de ambiente virtual desagregado (adotado de [Shaw et al., 1992]).

2.8 Ambientes Virtuais Distribuídos e Compartilhados

O uso dos Ambientes Virtuais Distribuídos (AVDs) vem crescendo e apresentando elevado potencial de aplicação (Benford et al., 1994), (Singhal; Zyda, 1999). Eles são caracterizados como um ambiente virtual interativo em que os usuários dispersos geograficamente têm como objetivos a cooperação e o compartilhamento dos recursos computacionais em tempo real. Eles têm suporte de rede de computadores para melhorar o desempenho coletivo por meio da troca de informações.

Em AVDs, os usuários compartilham o mesmo espaço tridimensional virtual de trabalho. Assim, eles podem ajudar um aos outros na execução de determinada tarefa, baseando-se nos princípios de trabalho cooperativo apoiado pelo computador (*Computer Supported Cooperative Work* ou CSCW). Nesse sentido, classifica-se o sistema como Ambiente Virtual Colaborativo (AVC) (Rinaldi et al., 2006).

Os AVCs são definidos como sendo um ambiente virtual em que existe mais de um usuário interagindo com o ambiente e com outros usuários do sistema em tempo real. Eles têm as seguintes características (Singhal; Zyda, 1999):

- **Compartilhamento de espaço:** Todos os participantes têm a ilusão de estarem localizados no mesmo espaço que, por sua vez, apresenta as mesmas características para todos;
- **Presença compartilhada:** Cada participante é representado dentro do ambiente virtual por um objeto geométrico, denominado avatar, e visualiza as representações dos outros usuários que estão localizados no mesmo ambiente compartilhado;
- **Compartilhamento de tempo:** Cada participante deve ser capaz de ver o comportamento dos outros no momento em que isso ocorre, ou seja, o ambiente virtual deve suportar interação em tempo real;
- **Comunicação:** O sistema deve suportar a comunicação entre os participantes para manter, entre outros aspectos, a consistência do ambiente.

2.8.1 Sistemas para suporte à AVCs

A primeira implementação bem sucedida de um sistema para suporte à AVCs em tempo real de larga escala foi o projeto Simulator Network (SIMNET) (Miller; Thorpe, 1995), criado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos. Na comunidade acadêmica esses sistemas começaram a ser desenvolvidos utilizando-se aplicações baseadas em padrões e protocolos experimentais da Internet. A seguir, outros sistemas bem conhecidos na literatura são descritos.

2.8.1.1 Rede de simulador de veículo

A rede de simulador de veículo da escola naval de pós-graduação (*Naval Postgraduate School Networked Vehicle Simulator* ou NPSNET) foi sucessora do SIMNET e originalmente foi desenvolvida para simulações de campo de batalha.

O grupo NPSNET esteve também envolvido no desenvolvimento do protocolo de transferência para realidade virtual (*Virtual Reality Transfer Protocol* ou VRTP) (Matijasevic et al., 2002).

O objetivo do grupo de pesquisa do NPSNET é explorar tecnologias de hardware e software para construção de mundos virtuais gerados por computador nos quais usuários e veículos se movem e interagem. As tecnologias de hardware estão focadas em estações para processamento de gráficos tridimensionais, redes locais e distribuídas, visor montado em capacete (*Head Mounted Display* ou HMD) e monitores de alta resolução e novos dispositivos de entrada tridimensional. Nesse sistema é possível dirigir um veículo em um terreno, parar esse veículo em frente a um prédio, descer do veículo, entrar a pé no prédio e interagir com os usuários que também estejam nesse prédio (Zyda, 1996).

No NPSNET os objetos do mundo virtual são representados por entidades. A entidade contém atributos que armazenam informações de estado (localização, velocidade, cor, orientação etc.) e mantém uma lista dos protocolos que ela é capaz de entender. Esses protocolos representam o mapeamento entre o conjunto de mensagens da rede e o conjunto de ações e comportamentos da entidade. O protocolo recebe uma mensagem da rede, determina o conteúdo dela e então altera apropriadamente o estado da entidade. Os protocolos controlam as entidades. O protocolo é uma instância de um comportamento de uma entidade. Adicionar um novo comportamento para uma entidade requer a adição ou alteração de um protocolo. Nas simulações distribuídas, algumas entidades contêm informações de estado proprietárias, enquanto outras apenas refletem o estado e o objeto em outra máquina (Capps et al., 2000).

2.8.1.2 Modelo, arquitetura e sistema para interação espacial em ambientes virtuais

Segundo Greenhalg e Benford (1995), o sistema de realidade virtual distribuído chamado de MASSIVE (*Model, Architecture and System for Spatial Interaction in Virtual Environments*) fornece facilidades de suporte a interações de usuários e cooperação com texto, áudio e gráficos. A interação é controlada por um

modelo espacial de interação. A arquitetura de comunicação está baseada em processos de comunicação que apresentam interfaces em ambos os fins e que integra chamada remota de procedimentos (*Remote Procedure Call* ou RPC), atributos e fluxos em um mesmo contexto.

O sistema MASSIVE é dirigido por dois requisitos principais: escalabilidade e heterogeneidade (Greenhalg; Benford, 1995). MASSIVE suporta mundos virtuais conectados por portais. Cada mundo é habitado por vários usuários que interagem utilizando interface gráfica com áudio e texto. A interface gráfica renderiza objetos visíveis em um espaço tridimensional e permite ao usuário navegar nesse espaço com total liberdade de movimento em todos os eixos. A interface de áudio permite ao usuário ouvir objetos e suporta tanto a execução de áudio em tempo real como sob demanda. A interface de texto fornece uma visão do tipo dimensão de usuários múltiplos (*Multi User Dimension* ou MUD) em uma janela que parece fechar-se em um plano infinito 2D. A principal característica do MASSIVE são as interfaces que podem ser combinadas arbitrariamente de acordo com as capacidades do equipamento do usuário. Isso permite que o usuário de uma estação gráfica poderosa possa utilizar interfaces de texto, áudio e gráfica, e compartilhar esse ambiente com o usuário em uma estação menos poderosa que estaria, por exemplo, utilizando apenas a interface de texto.

Três versões do MASSIVE já foram desenvolvidas. Houve primeiramente o MASSIVE-1, um sistema mais limitado, dedicado à teleconferência em realidade virtual, suportando combinações de interações via texto, gráficos e áudios em tempo real sobre protocolos *unicast* de rede. O MASSIVE-2 é de propósito mais geral. Adiciona à teleconferência um arcabouço de desenvolvimento de aplicações gerais e emprega uma combinação de protocolos de rede do tipo *unicast* e *multicast*. O MASSIVE-3 suporta objetos virtuais estruturados hierarquicamente, fornece rota para sustentar computadores e redes heterogêneos (incluindo usuários domésticos com conexão baseada em modem), tem mecanismo apto e flexível para gerenciamento (para estruturar mundos virtuais e as interações que ocorrem neles) e suporta mundos virtuais persistentes (Greenhalgh; Purbrick; Snowdon, 2000).

2.8.1.3 Ambiente virtual distribuído interativo

O Ambiente Virtual Distribuído Interativo (*Distributed Interactive Virtual Environment* ou DIVE) foi desenvolvido inicialmente para colaboração e teleconferência pelo Instituto Sueco de Ciência da Computação (Matijasevic et al., 2002). Posteriormente o projeto europeu de tecnologias e serviços avançados de comunicação *AC040 Collaborative Virtual Environments* (COVEN) o adotou com o objetivo de desenvolver uma plataforma de propósito geral para aplicações comerciais baseadas em realidade virtual.

Um participante de um mundo virtual DIVE é ou um usuário ou uma aplicação. Os usuários navegam no espaço tridimensional e visualizam, conhecem e colaboram com outros usuários e aplicações do ambiente. Os usuários são representados por objetos gráficos denominados *body-icons*, que são utilizados como modelos a partir dos quais os dispositivos de entrada do usuário são modelados no espaço 3D. O usuário vê e interage com o ambiente utilizando uma interface denominada *visualizador*. O visualizador pode ser configurado para trabalhar com uma gama de dispositivos de entrada e saídas, como HMDs, *dataglovers* etc. O visualizador lê as entradas geradas pelo usuário usando os dispositivos e as mapeia no sistema DIVE. Isso inclui navegação no espaço 3D, seleção e movimentação de objetos (Carlsson; Hagsand, 1993).

DIVE fornece arquitetura e modelo de programação. A arquitetura está focada em soluções de software e rede que possibilita interações altamente compreensivas por cada ponto participante, isto é, os resultados de uma interação são sempre que possíveis exibidos imediatamente no ponto local, mas um pouco atrasados nos pontos remotos. O modelo de programação esconde detalhes da rede, permitindo ao programador focar-se no conteúdo e lógica do ambiente. O ponto refere-se a um processo sendo executado em um computador específico conectado à Internet. A aplicação ou processo é qualquer programa ativo interfaceando com o ambiente virtual com a exibição e modificação de entidades, monitorando e reagindo a diferentes tipos de eventos (Frecon, 2004).

Uma das principais características da arquitetura DIVE é o compartilhamento distribuído da base de dados do mundo. As interações dos usuários e das aplicações utilizam-se desse meio comum. A base de dados do

mundo atua como uma abstração. Dessa forma, as aplicações DIVE operam somente com a base de dados e não se comunicam diretamente umas com as outras. Essa técnica permite uma clara separação entre as interfaces de aplicação e rede.

2.8.2 Extensibilidade de AVCS

Um requisito importante de AVCS é a extensibilidade, que consiste na possibilidade de alterar ou melhorar as funcionalidades da aplicação sem que haja a necessidade de interromper o funcionamento dela. A possibilidade de estender o sistema já existente fornece uma solução com capacidades ilimitadas.

Estender o sistema é entendido como o processo de adição de capacidades ou funcionalidades a uma estrutura já existente (Watsen, Zyda, 1998). No contexto da computação em particular, a extensibilidade se refere à habilidade de se alterar: um único objeto ou uma classe inteira; o programa em execução ou suas estruturas de suporte; e o comportamento da execução de um programa.

Para que seja possível a extensibilidade do sistema, ele deve estar baseado em uma arquitetura modular que permita a alteração de módulos individuais sem prejudicar o funcionamento global do sistema. Além disso, o sistema deve também possibilitar a reusabilidade e outros requisitos de engenharia de software (Oliveira; Crowcroft; Slater, 2003).

2.9 Processo de Desenvolvimento de Simulação

A área de desenvolvimento e execução de simulação era uma área que exigia profissionais experientes. No entanto, ao longo das últimas décadas, um processo definido tem sido abordado para desenvolver, validar, executar e analisar os resultados de simulações. Smith (1999) descreve esse processo que pode ser visto na Figura 5.

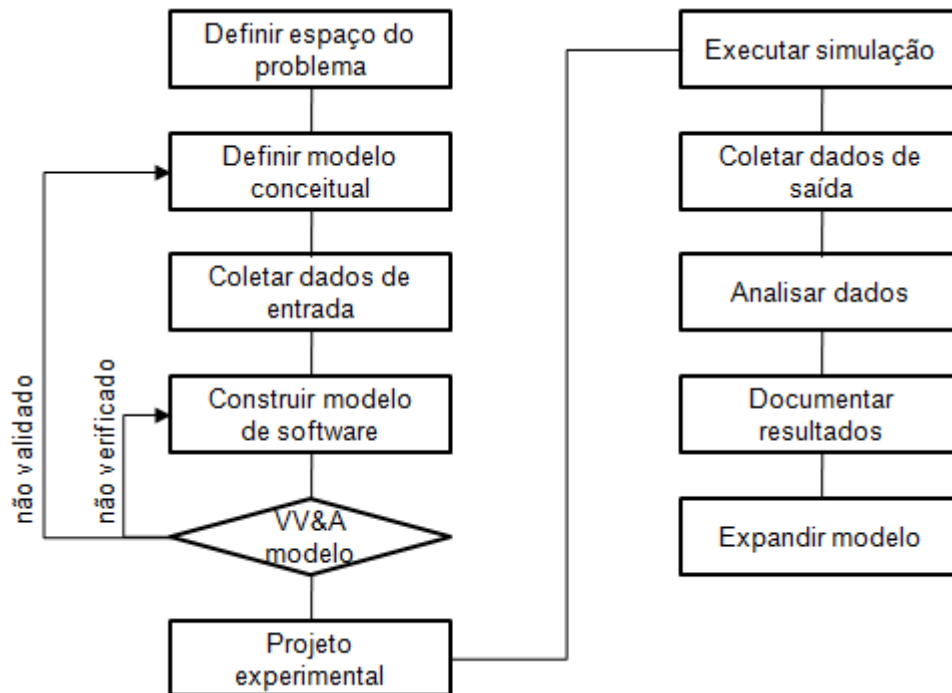


FIGURA 5. Processo de desenvolvimento de simulação (adotado de [Smith, 1999]).

- **Definir espaço do problema:** Definir o problema que deve ser abordado pelo modelo. Os objetivos e requisitos do projeto devem ser especificados junto com a precisão dos resultados;
- **Definir modelo conceitual:** Definir um ou mais modelos conceituais para o problema especificado. Esses modelos incluem algoritmos que descrevem o sistema, as entradas requeridas e as saídas geradas. O modelo conceitual também inclui uma descrição da quantidade de tempo, do número de pessoal, equipamentos e bens que serão necessários para produzir e explorar o modelo. A solução deve satisfazer aos objetivos e requisitos do problema;
 - **Coletar dados de entrada:** Coletar os dados necessários para executar e definir o modelo. Essas informações servirão para dar valores de parâmetros de entrada, para auxiliar o desenvolvimento de algoritmos e para avaliar o desempenho da simulação;
 - **Construir modelo de software:** Desenvolver o modelo de simulação baseado na solução definida e nos dados coletados. Descrições matemáticas e lógicas do sistema real são codificadas em linguagem de programação de computador;
 - **VV&A modelo:** Validar, verificar e aceitar o modelo. Validação é o processo que determina se o modelo conceitual reflete os aspectos do espaço de

problema que precisam ser abordados, e se as operações do modelo final do software são consistentes com o mundo real (geralmente por meio de experimentação e da comparação com um conjunto de dados conhecido). A verificação é o processo que determina se o modelo de software reflete corretamente o modelo conceitual. Aceitação é o processo que aceita oficialmente o modelo de software para uma determinada finalidade;

- **Projeto experimental:** identificar os métodos mais produtivos e precisos para executar a simulação e gerar a resposta desejada;
- **Executar simulação:** Executar a simulação e gerar os dados necessários para responder ao problema definido inicialmente;
- **Coletar dados de saída:** recolher, organizar e armazenar os dados de saída, simultaneamente com a execução da simulação;
- **Analisar dados:** Analisar os dados coletados durante a execução da simulação. A análise pode produzir informações em formas de tabela, gráfico, mapa, animação e texto;
- **Documentar resultados:** documentar e divulgar aos interessados os resultados da simulação. Os interessados identificam o grau em que a simulação respondeu a questões específicas e as áreas que necessitam de melhorias;
- **Expandir modelo:** modificar o modelo de simulação para reutilizá-lo em outros projetos relacionados, isto é, incluir novos requisitos para a simulação.

2.10 Considerações Finais

Neste capítulo, simulações e ambientes virtuais colaborativos são abordados. Atualmente, várias áreas da ciência da computação são pesquisadas para resolver os problemas da área de simulação, entre eles estão a extensibilidade, o reuso e a interoperabilidade de simulações. No próximo capítulo, é descrita sobre a arquitetura de referência *High Level Architecture* (HLA) que é utilizada para facilitar o reuso e interoperação de simulações distribuídas.

3 HIGH LEVEL ARCHITECTURE

Um aspecto importante da criação de AVCs é o potencial de interoperabilidade e reuso de simulações. Esse potencial pode ser obtido por meio da criação de AVCs em conformidade com padrões do tipo *High Level Architecture* (HLA).

O padrão IEEE 1516-2000 HLA para simulações distribuídas foi inicialmente desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (IEEE Std 1516-2000, 2000). Esse padrão define um arcabouço de propósito geral para simulações distribuídas que tem como objetivo a interoperabilidade e reutilização dessas simulações. A simulação ou o conjunto de simulações existentes podem ser reutilizados no desenvolvimento de novas simulações. A reutilização refere-se à adaptação de componentes como, por exemplo, idéias, linhas de códigos ou toda a implementação. Além da redução do custo do desenvolvimento, a intenção do HLA é permitir que simulações projetadas com propósitos diferentes possam fornecer serviços e trocar dados entre si para atingir um objetivo em comum. O compartilhamento efetivo e a interpretação consistente de dados são os principais elementos da interoperabilidade.

Este capítulo é organizado da seguinte forma: na seção 3.1 são feitas revisões de vários conceitos utilizados no HLA. O HLA é definido por três componentes: as regras do HLA, descritas na seção 3.2; a especificação do documento base de modelo de objeto, descrita na seção 3.3; e a especificação de interface, descrita na seção 3.4. Na seção 3.5 é abordado o desenvolvimento de federação e processo de execução, seguida das considerações finais na seção 3.6.

3.1 Conceitos utilizados no HLA

No HLA, a simulação distribuída (sistema composto de modelos de simulações distribuídos) é chamada de federação (IEEE Std 1516-2000, 2000).

Cada modelo de simulação ou aplicação individual que faz parte da federação é chamado de federado. O federado pode ser uma simulação em computador, mas pode ser também um dispositivo físico, um coletor passivo de dados para visualização ou uma interface para um participante humano. Outros termos essenciais definidos pelo HLA utilizados neste trabalho são:

- **Classe de objeto:** Descreve tipos de entidades que podem persistir;
- **Atributo:** É uma característica nomeada de uma classe ou instância de objeto;
- **Instância de objeto:** É um objeto individual criado de uma classe;
- **Classe de interação:** Descreve tipos de eventos;
- **Parâmetro:** É uma característica nomeada de uma classe ou instância de interação;
- **Instância de interação:** É um evento específico;
- **Publicação:** É a declaração dos dados que um federado poderá oferecer para federação;
- **Subscrição:** É a declaração de interesse de um federado em algum dado que pode ser publicado na federação;
- **Registro:** É o anúncio da existência de uma nova instância de objeto de um federado para federação;
- **Descoberta:** É a tomada de conhecimento da existência de uma instância de objeto registrado por algum federado;
- **Remoção:** É a remoção de uma instância de objeto da federação;
- **Atualização:** É o anúncio de uma mudança de valor de um atributo de uma instância de objeto;
- **Reflexão:** É a tomada de conhecimento da mudança de valor (atualização) de um atributo de uma instância de objeto pertencente a algum federado.

Os federados da mesma federação comunicam-se entre si pela infraestrutura de tempo de execução (*Runtime Infrastructure* ou RTI) (IEEE Std 1516-2000, 2000). O RTI é efetivamente um sistema operacional distribuído que oferece

serviços para interação entre federados e para o gerenciamento da federação. Os componentes do HLA são os federados, o RTI e a especificação de interface que define uma maneira padronizada para os federados se conectar ao RTI. Na

Figura 6 são ilustrados os componentes do RTI. O RtiExec (*RTI Executive*) é um processo global que é executado em alguma plataforma e gerencia múltiplas execuções de federações. O FedExec (*Federation Executive*) é um processo criado por algum federado para gerenciar uma federação. O libRTI (*RTI Library*) fornece o acesso aos serviços do RTI para a implementação dos federados.

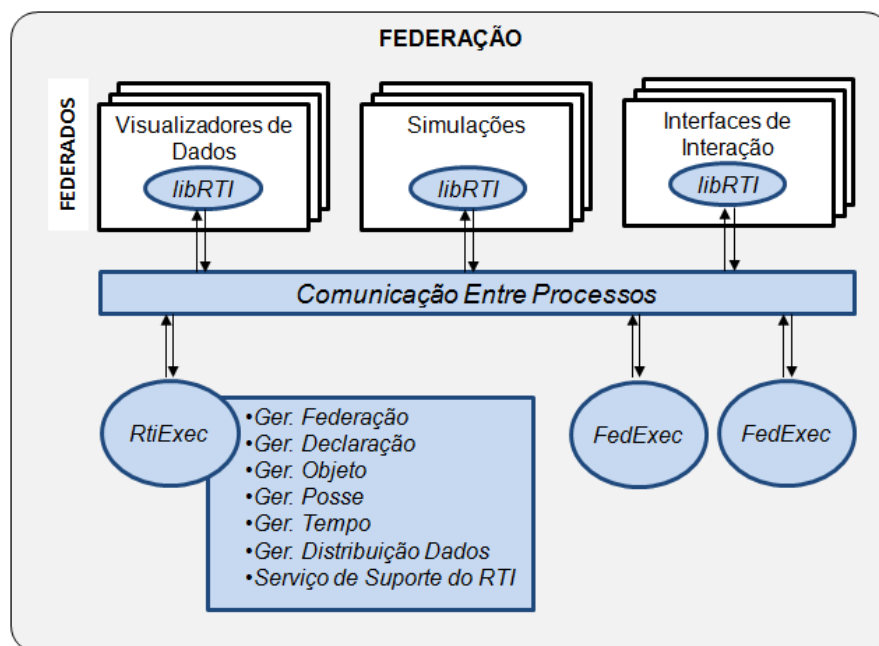


FIGURA 6. Componentes do RTI.

O HLA é definido por três componentes: as regras do HLA, a especificação de interface e a especificação do documento base de modelo de objeto (*Object Model Template* ou OMT) que são descritos nas próximas seções.

3.2 Arcabouço e Regras do HLA

O componente Arcabouço e Regras do HLA define os princípios da arquitetura e as regras de funcionamento (IEEE Std 1516.1-2000, 2000). Existem cinco regras da federação e cinco regras do federado.

As cinco regras da federação são:

1. Federações deverão possuir seus respectivos modelos de objeto da federação (*Federation Object Model* ou FOM, definição na seção 3.3.1) documentados em conformidade com o OMT;
2. Em uma federação, todas as representações de instâncias de objetos associados à simulação deverão estar no federado e não no RTI;
3. Durante a execução da federação, todas as trocas de dados do FOM serão feitas pelo RTI;
4. Durante a execução da federação, todos os federados irão interagir com o RTI em conformidade com a especificação de interface do HLA;
5. Durante a execução da federação, um atributo de uma instância de um objeto pertencerá a apenas um único federado em um dado momento.

As cinco regras para o federado são:

1. Federados devem possuir seus respectivos modelos de objeto de simulação (*Simulation Object Model* ou SOM, definição na seção 3.3.1) documentados em conformidade com o OMT;
2. Federados poderão atualizar ou refletir atributos de objetos e enviar ou receber interações conforme especificação nos SOMs;
3. Federados poderão transferir ou aceitar posse de atributos conforme especificação nos SOMs;
4. Federados devem ser capazes de variar as condições sob as quais ocorrem as atualizações de atributos conforme especificação nos SOMs;
5. Federados devem ser capazes de gerenciar seus respectivos tempos locais de maneira que permita a coordenação de troca de dados com outros membros da federação.

3.3 Documento Base para Modelo de Objeto do HLA

Os documentos base de modelos de objetos (*Object Model Template* ou OMT) do HLA são descrições de elementos da federação ou do federado que podem ser compartilhados (IEEE Std 1516.2-2000, 2000). O HLA requer a documentação de cada federação e de cada federado utilizando o modelo padrão da especificação para facilitar o reuso por meio do compartilhamento da informação. É

importante tomar nota que o OMT, apesar de ser parcialmente baseado nas metodologias de análise e projeto orientado a objeto (*Object-Oriented Analysis and Design* ou OOAD), não implementa um paradigma genuinamente orientado a objeto. O modelo OOAD descreve uma abstração de um sistema para melhor entender esse sistema. Em OOAD objetos são definidos em termos de atributos, operações e relacionamento com outros objetos. No HLA, o OMT focaliza-se nos requerimentos para troca de informação entre os componentes de simulação da federação, limitando a especificação para objetos, atributos, interações, parâmetros e apenas relacionamentos hierárquicos.

O OMT é composto por componentes que devem ser completados na especificação do modelo de objeto de federações ou de federados individuais. Esses componentes são:

- **Tabela de identificação do modelo de objeto:** Associa informações de identificação importantes com o modelo de objeto do HLA;
- **Tabela de estrutura de classes de objeto:** Registra os identificadores de todas as classes de objetos dos federados ou das federações e descreve as relações entre classes e subclasses;
- **Tabela de estrutura de classes de interação:** Registra os identificadores de todas as classes de interação dos federados ou das federações e descreve as relações entre classes e subclasses;
- **Tabela de atributos:** Especifica características de atributos de objetos em uma federação ou em um federado;
- **Tabela de parâmetros:** Especifica características de parâmetros de interações em uma federação ou em um federado;
- **Tabela de dimensões:** Especifica dimensões para filtrar instâncias de atributos e interações;
- **Tabela de representação do tempo:** Especifica a representação de valores de tempo;
- **Tabela de rótulos fornecidos pelo usuário:** Especifica a representação de rótulos (*tags*) usados nos serviços do HLA;
- **Tabela de sincronização:** Especifica a representação e tipos de dados usados nos serviços de sincronização do HLA. Os federados são sincronizados utilizando um mecanismo do RTI que usa pontos de sincronização. Na

tabela de sincronização devem ser especificadas as condições sob quais esses pontos ocorrem;

- **Tabela de tipos de transporte:** Descreve os mecanismos de transporte usados. *HLAReliable* (fornece entrega de dados confiável no sentido que o TCP/IP entrega seus dados com confiança) e *HLAbestEffort* (esforça-se para entregar dados no sentido que UDP fornece entrega com melhor esforço) são dois tipos que devem ser oferecidos por todos os RTIs. Esses e outros tipos devem ser detalhados conforme a utilização requerida pela federação;
- **Tabela de chaveamento (*switches*):** Especifica os parâmetros iniciais de configuração usadas pelo RTI que podem ser habilitados ou desabilitados;
- **Tabela de tipo de dados:** Especifica detalhes da representação de dados no modelo de objeto;
- **Tabela de anotação:** Acrescenta maiores explicações sobre qualquer item da tabela OMT;
- **Dicionário do FOM/SOM:** Define todos os objetos, atributos, interações e parâmetros usados no modelo de objeto do HLA.

3.3.1 Modelo de objeto da federação e da simulação

O HLA especifica o modelo de objeto da federação (*Federation Object Model* ou FOM) e o modelo de objeto da simulação (*Simulation Object Model* ou SOM) que devem estar no formato OMT (IEEE Std 1516.2-2000, 2000). O FOM descreve um conjunto de objetos, atributos e interações que são compartilhadas na federação. O SOM descreve o federado em termos de tipos de objetos, atributos e interações que podem ser oferecidos a futuras federações.

3.3.2 Modelo de objeto de gerenciamento

O modelo de objeto de gerenciamento (*Management Object Model* ou MOM) consiste em um conjunto de classes e interações predefinidas que

possibilitam a implementação de um federado gerente para monitorar e controlar aspectos da federação usando os serviços padrões do RTI (IEEE Std 1516.1-2000, 2000). O MOM utiliza o formato e sintaxe do OMT para definir esses elementos de controle e informação.

O MOM consiste de duas classes de objetos, a *HLAmanager.HLAFederate*, fornece informações sobre um federado específico, e a *HLAmanager.HLAFederation*, fornece informações sobre uma federação em execução.

As interações do MOM estão divididas em quatro hierarquias: *HLAadjust*, *HLArequest* e *HLAreport* e *HLAservice*. O *HLAadjust* pode ser instanciada pelos federados para controlar aspectos da federação, dos federados e do RTI (por exemplo, sincronização da atualização de atributos, posse de atributos e registro de atividades). *HLArequest* e *HLAreport* informam sobre publicações, subscrições, posse, atualização, reflexão e alertas dos federados. *HLAservice* permite a invocação de serviços e controle sobre outros federados.

Além das classes de objetos e interações predefinidas, o MOM permite sua extensão por subclasses, atributos ou parâmetros que podem ser utilizados na aplicação para monitorar e controlar dados específicos.

3.4 Interface do Federado do HLA

A especificação de interface do HLA padroniza como os federados acessam os serviços do RTI. São definidas APIs em diversas linguagens de programação que incluem C++ e Java. O ciclo de vida do federado e o seu relacionamento com o RTI é representado na Figura 7.

Seis grupos de serviços do RTI fazem parte da especificação de interface: gerenciamento de federação, gerenciamento de declaração, gerenciamento de objeto, gerenciamento de posse, gerenciamento de tempo e gerenciamento de distribuição de dados. Além desses grupos, existem os serviços de suporte, que são dependentes da implementação, como: codificação e decodificação de identificadores (*handles*), manipulação de regiões, iniciação ou finalização da execução do RTI, entre outros.

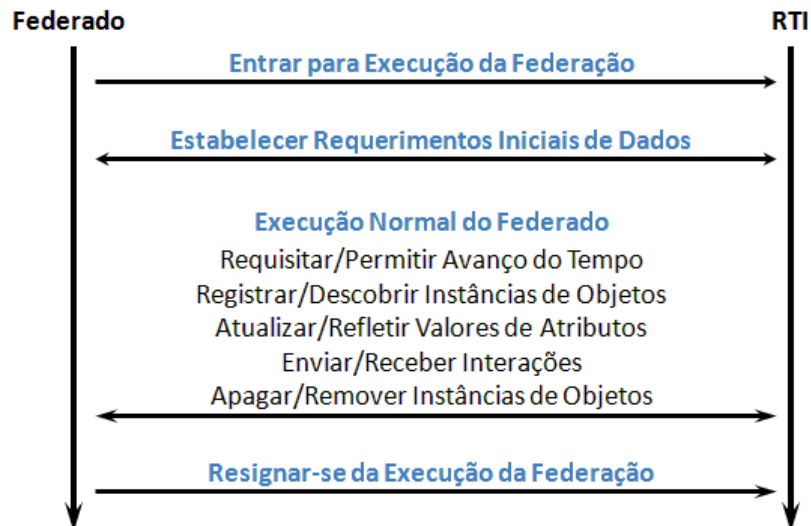


FIGURA 7. Visão geral do relacionamento entre federado e RTI (adaptado de [IEEE Std. 1516.1-2000, 2000]).

3.4.1 Gerenciamento de Federação

O gerenciamento de federação (*Federation Management*) oferece serviços para criar ou destruir a execução da federação, permitir a entrada ou saída de federados em federações existentes e interromper ou dar continuidade a execução (Tabela 1).

TABELA 1. Resumo dos serviços do gerenciamento de federação.

AÇÃO	SEMÂNTICA
Criação	"Vamos jogar."
Entrada	"Eu também quero jogar."
Gravação	"Vamos gravar nosso estado."
Pausa	"Espere por um momento."
Saída	"Estou deixando o jogo."
Destruição	"Vamos finalizar o jogo."

3.4.2 Gerenciamento de Declaração

O gerenciamento de declaração (*Declaration Management*) oferece serviços que suportam a coordenação da troca de dados entre os federados baseado em interesse (Tabela 2). Os federados precisam fornecer as informações

necessárias sobre as classes de objetos, os atributos delas e as classes de interações que desejam publicar ou subscrever durante a execução da federação.

TABELA 2. Resumo dos serviços do gerenciamento de declaração.

AÇÃO	SEMÂNTICA
Subscrição	“Eu quero receber informações sobre isto.” “Eu não quero mais receber informações sobre isto.”
Publicação	“Estas são as informações que irei enviar.”
Controle	“Atenção, alguém quer informações sobre aquilo.”

3.4.3 Gerenciamento de Objeto

O gerenciamento de objeto (*Object Management*) oferece serviços para criação ou remoção de instâncias de objetos, atualização ou reflexão de atributos de instâncias de objetos e o envio ou recebimento de interações (Tabela 3).

TABELA 3. Resumo dos serviços do gerenciamento de objeto.

AÇÃO	SEMÂNTICA
Registro de Objeto	“Eu tenho um novo tanque.”
Atualização de Atributo	“Um de meus aviões mudou de direção.”
Envio de Interação	“Vôo 501 pedindo permissão para aterrissar.”
Remoção de Objeto	“Um caminhão saiu da visão.”
Alteração do Tipo de Transporte	“O nível de combustível deste carro não é importante.”
Alteração do Tipo de Ordenação	“A chegada dos suprimentos de comida pode ser notificada fora de ordem.”

3.4.4 Gerenciamento de Posse

O gerenciamento de posse (*Ownership Management*) oferece serviços de suporte para a transferência dinâmica da posse de objetos e de atributos de objetos entre os federados durante a execução (Tabela 4). O federado que tem posse de um atributo de um objeto tem o direito exclusivo de atualizar esse atributo.

TABELA 4. Resumo dos serviços do gerenciamento de posse.

AÇÃO	SEMÂNTICA
Negação	“Eu não posso mais rastrear este avião.”
Aquisição	“Obrigado, eu aceito a responsabilidade sobre este carregamento.”
Pesquisa	“Quem está gerenciando este caminhão?”

Os métodos de troca de posse utilizam o modelo *push/pull*. Ao usar o método *push*, o federado tenta se livrar da responsabilidade de um ou mais atributos de uma instância de objeto, mas não força outros federados a adquirir essa posse. Ao usar o *pull*, o federado tenta adquirir a responsabilidade de um ou mais atributos de uma instância de objeto, mas não usurpa essa posse de outros federados.

O privilégio para remover é um atributo especial que existe em todas as instâncias de objetos. O federado que tem posse desse atributo tem o direito de remover a respectiva instância de objeto. A posse do privilégio para remover pode ser trocada entre os federados como qualquer outro atributo.

3.4.5 Gerenciamento de Tempo

O gerenciamento de tempo (*Time Management*) oferece serviços que coordenam o avanço do tempo e a sincronização da troca de dados da simulação em tempo de execução.

O HLA suporta uma variedade de políticas de gerenciamento de tempo e antecipa a interoperabilidade entre federados que adotam diferentes políticas. Na federação o tempo sempre avança, mas a percepção de tempo corrente pode variar entre os federados participantes (cada federado gerencia seu tempo local).

3.4.6 Gerenciamento de Distribuição de Dados

O gerenciamento de distribuição de dados (*Data Distribution Management* ou DDM) oferece serviços que suportam o roteamento eficiente de dados entre os federados durante a execução da federação. Os federados podem definir regiões em um espaço de roteamento conforme definido na tabela de dimensões para filtrar os dados recebidos pelas subscrições ou enviados pelas publicações. Ao associar regiões a atributos de objetos e interações, somente haverá troca de dados entre os federados se houver intersecção entre suas regiões

de publicação e de subscrição conforme o exemplo ilustrado na Figura 8. Nesse exemplo são utilizadas regiões tridimensionais em que o federado #1 definiu a região de publicação “A” e o federado #2 definiu a região de subscrição “B”, ambos para a mesma classe de objeto. A intersecção das regiões A e B garantem que as atualizações enviadas pelo federado #1 serão recebidas e refletidas no federado #2.

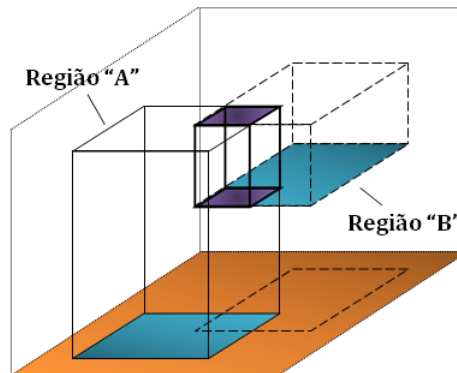


FIGURA 8. Exemplo de espaço de roteamento tridimensional.

3.5 Desenvolvimento de Federação e Processo de Execução

O documento Desenvolvimento de Federação e Processo de Execução (*Federation Development and Execution Process* ou FEDEP) recomenda práticas para desenvolver e executar federações (IEEE Std 1516.3-2003, 2003). O diagrama pode ser visto na Figura 9 e a seguir são descritas cada atividade.

1. **Definir objetivos da federação:** o usuário, o comandante e os membros da equipe de desenvolvimento devem definir um conjunto de objetivos e documentar o que deve ser realizado para atingir esses objetivos;
2. **Efetuar análise conceitual:** a equipe deve desenvolver uma representação adequada do domínio do mundo real baseada nas características do espaço do problema;
3. **Projetar federação:** a equipe deve identificar os federados existentes que podem ser reaproveitados, realizar as modificações necessárias e/ou desenvolver novos federados. As funcionalidades requeridas devem ser atribuídas aos federados, e um plano de desenvolvimento e implementação da federação deve ser elaborado;

4. **Desenvolver federação:** a equipe deve desenvolver o modelo de objeto da federação (FOM), estabelecer os acordos dos federados, e implementar os novos federados e/ou as modificações nos federados existentes;

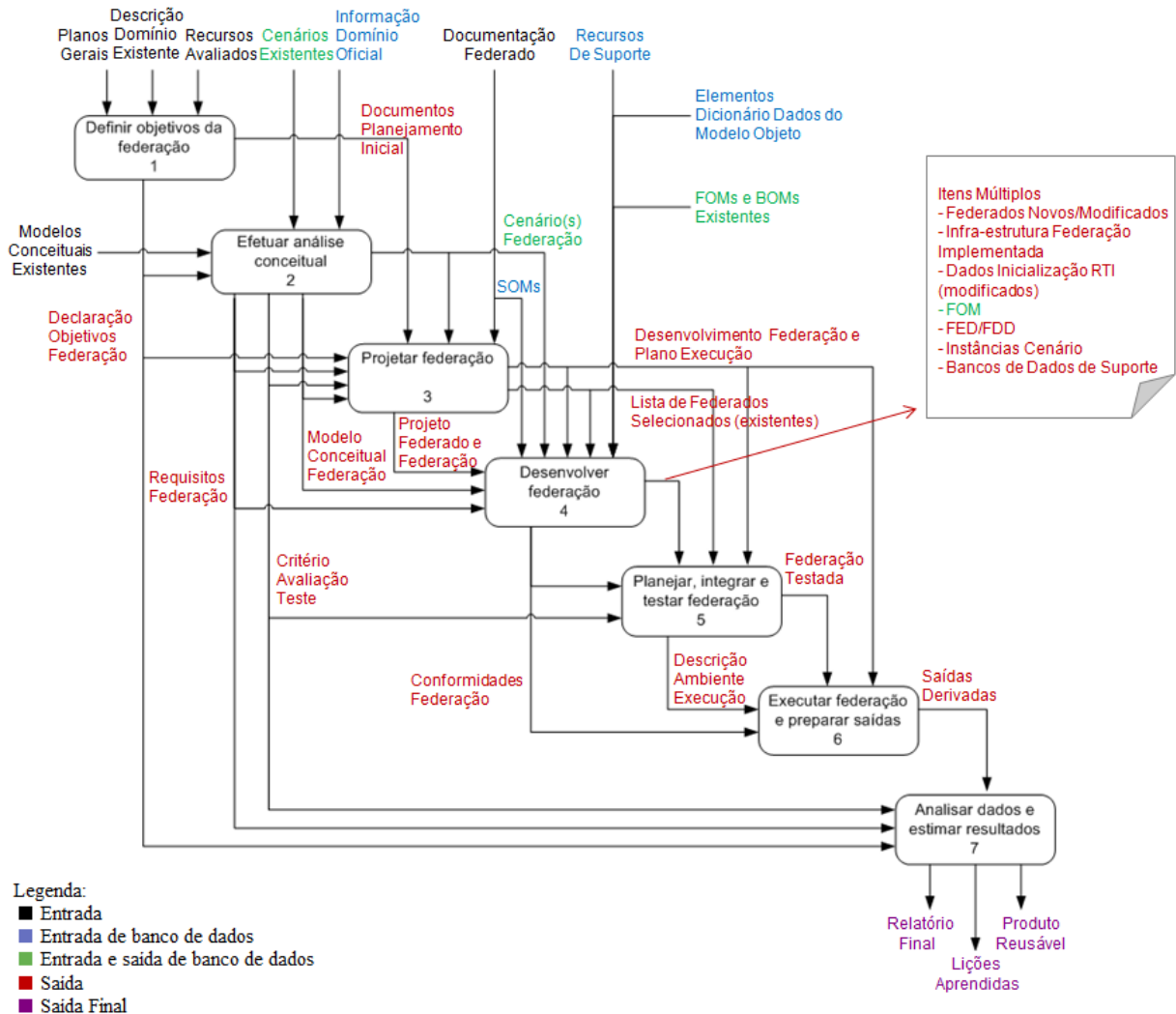


FIGURA 9. Diagrama de desenvolvimento de federação e processo de execução (adaptado de [IEEE Std 1516.3-2003, 2003]).

5. **Planejar, integrar e testar federação:** a equipe deve realizar todas as atividades necessárias para integrar a federação e realizar testes para garantir que os requisitos de interoperabilidade estão sendo satisfeitos;

6. **Executar federação e preparar saídas:** os usuários devem executar a federação e pré-processar os dados de saída;

7. **Analisar dados e estimar resultados:** a equipe deve analisar e avaliar os dados de saída da execução de federação e reportá-los aos usuários e comandante.

3.6 Considerações Finais

A utilização de padrões como o HLA tem facilitado o reuso e a integração de simulações. Entretanto, a criação e extensão dessas simulações ainda é desafio para a área, pois a maioria dos sistemas atualmente tendem a serem bons em tarefas específicas mas não atendem satisfatoriamente às condições não previstas no projeto inicial. Dessa forma, eles limitam o projeto geral e, conseqüentemente, a infra-estrutura da implementação (Oliveira; Crowcroft; Slater, 2000). Uma área nessa linha de pesquisa aborda a descrição de ambientes virtuais por meio da narração de histórias (*Digital Storytelling*). A construção da simulação é orientada por uma história. No próximo capítulo, são descritos os conceitos de histórias e os trabalhos existentes nessa área.

4 HISTÓRIAS INTERATIVAS E NÃO LINEARES

O ato de se contar histórias (*storytelling*) é a forma mais comum que a humanidade dispõe para transmitir informações (Schneider, 2002). Muitos anos atrás, somente pequena parte da população tinha acesso a livros. Assim, as notícias e histórias eram contadas por pessoas que participaram ou presenciaram esses fatos. À medida que os livros foram se tornando populares e as pessoas capazes de lê-los, o trabalho dos contadores de histórias tornou-se mais sofisticado.

Uma nova forma de se contar histórias que começou a ser adotada consistia em permitir que a platéia participasse interativamente da narrativa (Magerko, 2002). A construção de um sistema para se contar histórias interativas tem sido um tópico emergente de pesquisa na última década.

Este capítulo é organizado da seguinte forma: na seção 4.1 é definido *digital storytelling*. As definições de termos utilizados na área de *digital storytelling* são abordadas na seção 4.2. Na seção 4.3 são descritos os trabalhos que utilizam histórias para criar AVCs e é feita uma comparação entre eles. A seção 4.4 contém as considerações finais.

4.1 *Digital Storytelling*

A área de pesquisa conhecida como *Digital Storytelling* é definida como novo meio de comunicação, aprendizagem e auto-expressão (Rusche, 2001). Ela combina a antiga arte de se contar histórias com a grande quantidade de ferramentas multimídia disponíveis atualmente para comunicação e interatividade.

Digital Storytelling difere-se em alguns aspectos fundamentais da contagem de histórias tradicional. Em primeiro lugar, a platéia não é vista apenas como recipiente de informação, mas como pessoas que podem conduzir e desenvolver a história. Além disso, o computador e as tecnologias de informação são utilizados como meios de se contar a história (Dörner; Grimm; Abawi, 2002).

Com isso o processo completo de contar a história é composto de três atividades: a idealização da história pelo autor, a transposição da história para um veículo que ira contá-la e a recepção da história pela platéia, como é apresentado na Figura 10. Em conseqüência disso o contador de histórias deve transpor a história que deseja contar para o computador, o que é uma tarefa muito difícil e incomum, pois ele muitas vezes está familiarizado apenas em contar histórias para pessoas e não para máquinas (Schneider, 2002).

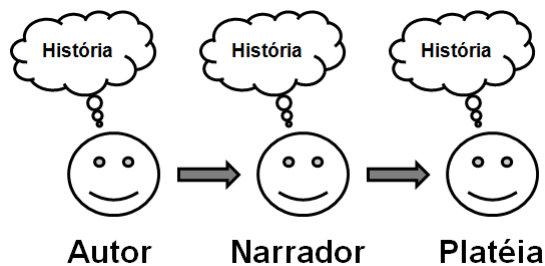


FIGURA 10. Processo de contagem da história (adotado de [Schneider, 2002]).

4.2 Definições de Termos utilizados na Área de *Digital Storytelling*

Segundo Adams e Rollings (2007), história interativa é uma história em que o jogador interage com ações que contribuem para a história. A história pode ser interativa mesmo se as ações do jogador não alterarem sua direção.

A história é linear ou não linear (Adams; Rollings, 2007). História linear é uma história em que o jogador não altera o progresso, a representação da seqüência da história pode ser vista na Figura 11. A história em que o jogador altera o progresso é chamada de história não linear, a representação da seqüência da história pode ser vista na Figura 12. Na Figura 11 e Figura 12, a flecha representa uma possível ação do jogador e o círculo representa um ponto de bifurcação da história.



FIGURA 11. História interativa linear (adaptado de [Adams; Rollings, 2007]).

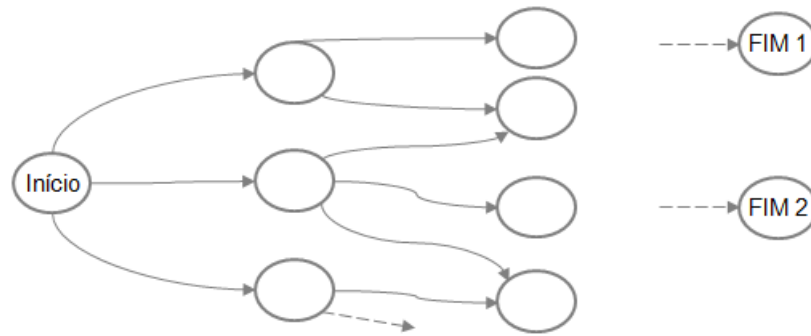


FIGURA 12. História interativa não linear (adaptado de [Adams; Rollings, 2007]).

As histórias interativas incluem três tipos de eventos: eventos do jogador, eventos do jogo e eventos narrativos (Adams; Rollings, 2007). Os eventos do jogador são ações realizadas diretamente pelos jogadores. As ações dos jogadores que afetam e trocam a história no futuro são chamadas de ações dramáticas. Os eventos do jogo são respostas as ações do jogador ou independentes dessas ações, tal como a simulação de uma pessoa. Um evento narrativo, também chamado narrativa, descreve ações para o jogador. A narrativa é um conteúdo que o jogador não altera e consiste de texto ou de discurso produzido pelo ato da narração.

A narrativa é composta de duas partes: a história e o discurso (Chatman, 1978). A história contém o universo, que é dividido em personagens e cenários, e uma série de eventos, que é dividida em ações e acontecimentos. O discurso é a forma como o conteúdo é comunicado. Em termos simples, a história é "o que" na narrativa é descrito, o discurso é "como" isso é descrito. Na Figura 13 é apresentado o diagrama da divisão da narrativa feita por Chatman (1978).

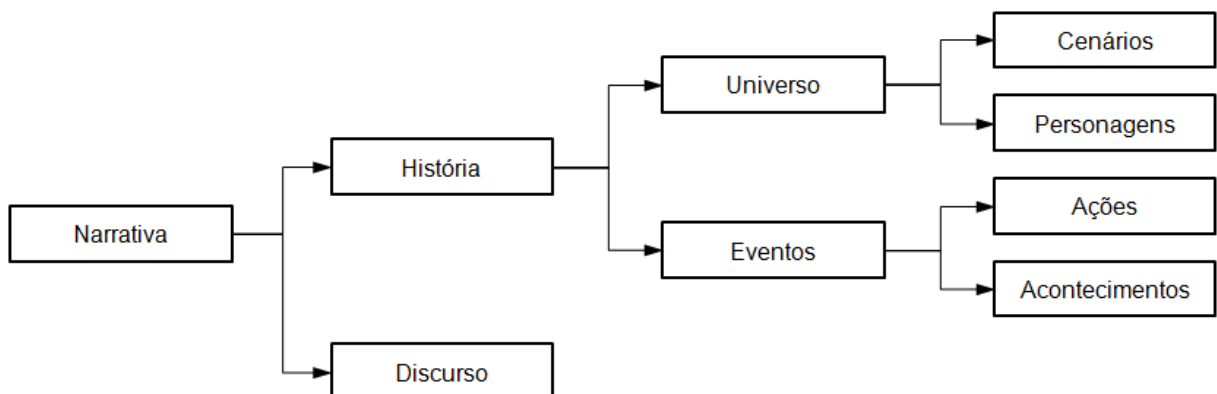


FIGURA 13. Diagrama da narrativa (adotado de [Chatman, 1978]).

A narrativa interativa é uma forma de entretenimento que convida os usuários a andarem e interagirem em um mundo fictício (Magerko; Laird, 2003). Ao contrário da tradicional narrativa não-interativa, os participantes na narrativa interativa são ativos na criação de suas próprias experiências. Os jogadores interagem por meio de suas ações com artefatos em todo o mundo e agentes, alguns dos quais são artificiais.

Segundo Dubiela e Battaiola (2007), Aristóteles definiu o drama como a imitação de uma ação nobre e uma linguagem adequada para os personagens atuar. O drama representa um evento eminente, uma relação de fatos e acontecimentos, de causa e efeito, que são encadeados ordenadamente. O drama interativo (*Interactive Drama* ou ID) consiste de um drama no computador em que o usuário é um personagem (Szilas; Marty; Réty, 2003). Ser um personagem significa ser capaz de realizar, no mundo fictício, qualquer ação que outras personagens sejam capazes de realizar também.

4.3 A Utilização de Histórias para Descrever AVCs

Para transpor a sua história para o computador, o contador de histórias precisa de uma ferramenta que lhe permita escrever a história que ele deseja contar e apresentá-la para sua platéia. Há muitas pesquisas que visam diminuir a carência dos autores em precisar de ajuda de especialistas em computação (Schneider, Braun e Habinger, 2003; Magerko e Laird, 2003; Laaksohanti e Boman, 2003; Szilas, Marty e Réty, 2003). Nesta seção são apresentadas algumas dessas pesquisas, são descritas a forma como elas representam o roteiro da história de uma forma mais próxima da linguagem computador.

4.3.1 Narrativa automática

Schneider, Braun e Habinger (2003) propõem uma arquitetura para o desenvolvimento de histórias interativas, não lineares e bem narradas dividida em

três etapas: reflexão, preparação e projeto final. No processo de reflexão o autor cria a história básica com os elementos que são mostrados na Figura 14.

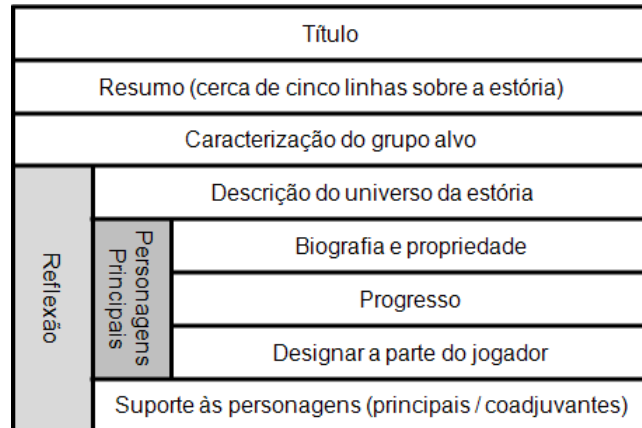


FIGURA 14. Processo de reflexão da narrativa automática (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).

No processo de preparação o autor especifica o tipo da história e a maneira como ela será contada (Schneider; Braun; Habinger, 2003). Na Figura 15 é apresentado um modelo para esse processo.

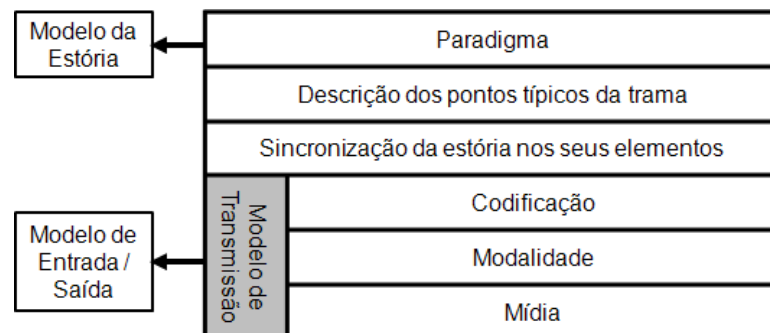


FIGURA 15. Processo de preparação da narrativa automática (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).

No projeto final, todo o trabalho realizado alimentará o motor da história, como é mostrado na Figura 16. Algumas tarefas são semelhantes às mesmas feitas no processo de reflexão, mas nessa etapa é descrito o conteúdo definitivo. Então, todas as informações especificadas nessa etapa são apresentadas diretamente na aplicação com o usuário (Schneider; Braun; Habinger, 2003).

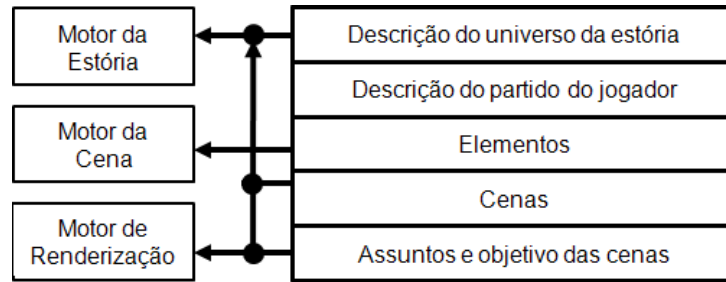


FIGURA 16. Projeto final da narrativa automática (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).

A arquitetura da narrativa automática, que é mostrada na Figura 17, é composta por um motor da história e um motor de cenas (Schneider; Braun; Habinger, 2003). O motor da história narra histórias interativas e não lineares. Ele faz isso utilizando um modelo de história que é implementado em um módulo separado. O modelo utilizado é composto por funções morfológicas que são processadas por um algoritmo para gerar novas linhas de história. O motor da cena mapeia essas funções na cena real. Ele utiliza um modelo de cena que contém funções dramáticas (ações concretas e configurações).

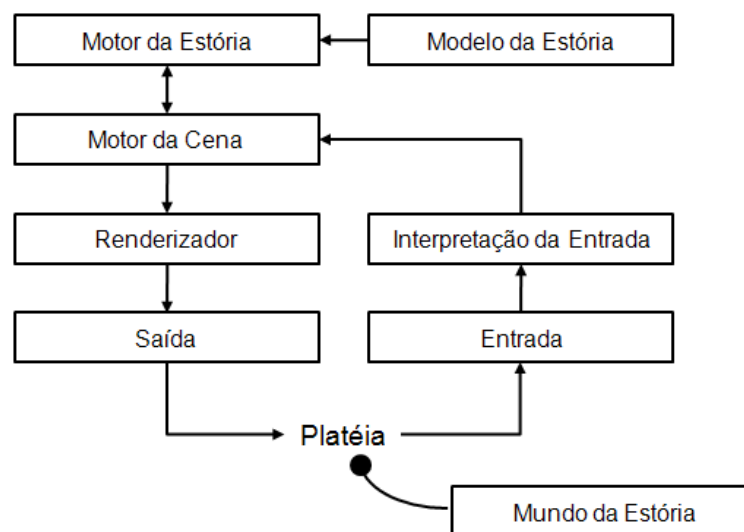


FIGURA 17. Arquitetura para narrativas automáticas (adotado de [Schneider; Braun; Habinger, 2003]).

4.3.2 Arquitetura para drama interativo

Magerko e Laird (2003) desenvolveram uma arquitetura para drama interativo (*Interactive Drama Architecture* ou IDA). Essa arquitetura conta com um componente central chamado *Director* que recebe o estado inicial do ambiente e a

trama pré-escrita pelo autor como dados iniciais. O papel do *Director* é monitorar o comportamento do usuário e a trama, garantindo que a narrativa ocorra o mais diretamente possível. As relações básicas entre os componentes humanos (usuário e autor) e os componentes de software da IDA (*Director*) são mostrados na Figura 18.

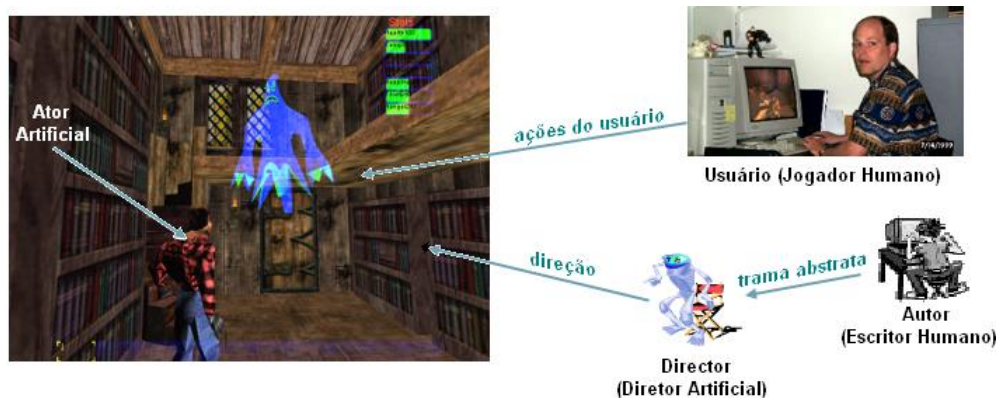


FIGURA 18. Arquitetura IDA (adotado de [Magerko; Laird, 2003]).

Magerko e Laird propõem a utilização de um modelo baseado em estados para representação da história (Magerko; Laird, 2003). No modelo baseado em estados, há uma diferença inerente entre a representação das experiências do usuário desejadas pelo autor (o que o usuário *deve* fazer) e o comportamento do usuário (o que o usuário *quer* fazer). Cada cena da trama é representada por um gráfico de estados desejados para que sejam alcançados, conforme é mostrado na Figura 19. O estado final marca o fim da cena, assim como o estado inicial descreve como a cena deve começar. Se o autor quiser escrever uma trama mais complexa, então ele deve incluir vários estágios com o objetivo de adicionar alto grau de variabilidade à narrativa. Cada estado possui transição para outro estado, fornecendo a ordem relativa da seqüência de estados em relação ao tempo. Cada transição fornece informações temporais de como os eventos da trama devem fluir.

O conteúdo de cada estado é uma conexão de causas lógicas ou restrições, que descreve como o mundo deve apresentar-se ao usuário (Magerko; Laird, 2003). Por fim, a arquitetura trata o comportamento dos erros do usuário para evitar que a história siga para algum estado indesejado. O erro é qualquer comportamento do usuário que não é adequado ao contexto da história.

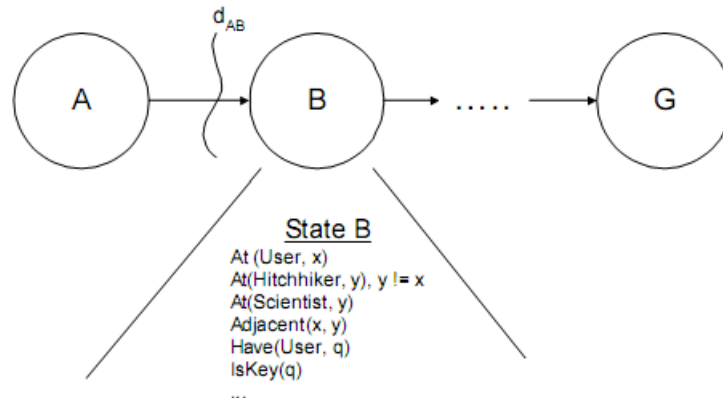


FIGURA 19. Trama baseada em estados: um gráfico com eventos da trama parcialmente ordenados (adotado de [Magerko; Laird, 2003]).

4.3.3 Direcionamento prevenido da trama

Outra forma de conseguir atingir uma narração interativa é proposta por Laaksolahti e Boman (2003) com o uso de agentes inteligentes (*Java Agent Model* ou JAM). Os agentes atuam como personagens da história. A representação da história é feita por meio de autômato finito. Os autores descrevem o comportamento de cada personagem por meio de uma lista de possíveis ações que podem ser tomadas pelo personagem para atingir objetivos individuais. Quando a ação falha, a personagem realiza outra ação da lista. A falha é causada quando a ação que o personagem pretende realizar não é possível por algum motivo. Por exemplo, o personagem deseja ir ao shopping de carro, mas o carro não está na garagem. Falhas são causadas pela interação do usuário ou de outros personagens.

A visão geral do sistema é apresentada na Figura 20. O sistema consiste de quatro componentes básicos (Laaksolahti; Boman, 2003):

- **Agentes JAM:** São agentes inteligentes.
- **Interface do usuário:** Está separada do resto do sistema, pois facilita a adição de outros tipos de interface. A interface foi implementada usando Macromedia Director² que é um software profissional de autoria multimídia, que permite a utilização de ferramentas gráficas, som, animação, texto e vídeo;
- **Gerente de E/S:** Está entre a interface e o gerente da história. Sua tarefa varia dependendo do tipo de interface usada, no mínimo, consiste de

² <http://www.adobe.com/products/director/>

converter a entrada do usuário em formatos internos, e a resposta do sistema em formato específico da interface;

- **Gerente da história:** Recebe e trata informações e reflete o estado atual da história na interface do usuário. Cada personagem em uma história é representado por um agente externo JAM para o gerente da história, com diferentes conjuntos de metas, planos e intenções. O gerente da história incorpora os mecanismos de planejamento preventivo do sistema, por meio do *Anticipator*. O *Anticipator* monitora o progresso da história e decide o curso apropriado de ações que os personagens devem seguir.

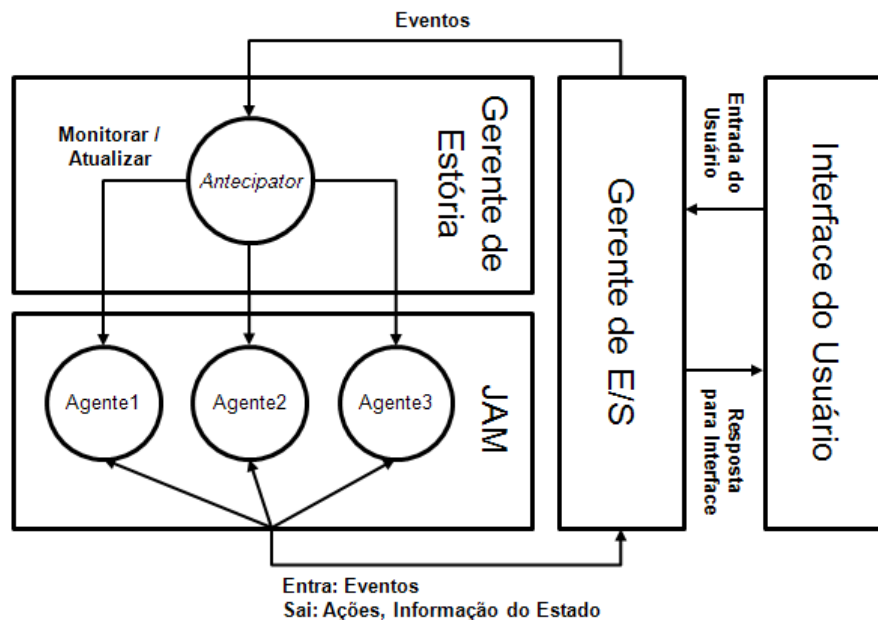


FIGURA 20. Visão geral do sistema de direcionamento preventivo da trama (adotado de [Laaksolahti; Boman, 2002]).

A história é modelada em um autômato finito, conforme é mostrado na Figura 21. Cada estado corresponde a uma cena. Os estados são representados por q1 até q7. O estado inicial é q1, enquanto o conjunto de estados finais é {q4, q6, q7}. Cada transição é interpretada como um conjunto de pré e pós-requisitos (Laaksolahti; Boman, 2003). Os pré-requisitos são descritos pelo estado anterior mais as condições estipuladas para que a transição seja realizada, e os pós-requisitos são descritos pelo estado atual.

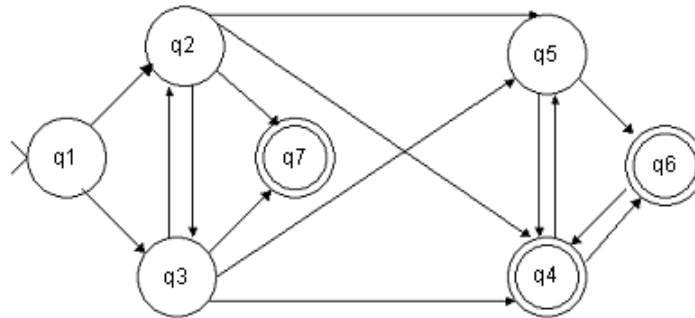


FIGURA 21. Representação da trama por autômato finito (adotado de [Laaksolahti; Boman, 2002]).

A alteração do estado da história é feita por executores que alteram os valores dos dados da trama (Laaksolahti; Boman, 2003). Os dados da trama são mantidos em uma estrutura de armazenamento como, por exemplo, um banco de dados. Os executores são classificados de acordo com o escopo dos parâmetros que eles estão alterando: ambiental, global, local ou nenhum.

O processo para modelar um drama interativo é realizado com os seguintes passos (Laaksolahti; Boman, 2003):

- Descrever o cenário inteiro como um autômato finito;
- Listar os estados resultantes para pares de estados/ transições;
- Dividir os estados em desejáveis e indesejáveis. Estados indesejáveis são os quais a história não tem prosseguimento;
- Dividir os estados desejáveis em ordinários e finais;
- Revisar o gráfico do autômato e repetir o processo caso seja necessário.

4.3.4 IDtension

O IDtension é um protótipo de um sistema para drama interativo, que estende a simulação para a narrativa em si (Szilas; Marty; Réty, 2003). Ele é inspirado na lingüística, cujo objetivo é descrever aberturas temporais de uma estrutura atemporal, ou seja, permitir que eventos gerados em um dado momento do tempo gerenciem uma narração que seja independente do tempo para acontecer.

O modelo estrutural de narrativa do IDtension inclui um sistema básico de regras e um modelo para seqüenciar as ações do usuário (Szilas; Marty; Réty,

2003). O sistema de regras dita quais as ações são possíveis na história e como encadeá-las ao mesmo tempo. A arquitetura do motor de narrativa do IDtension, apresentada na Figura 22, é composta dos seguintes módulos:

- **Mundo da história:** Define as entidades básicas da história: personagens, objetos, lugares, objetivos, tarefas, sub-tarefas ou segmentos, obstáculos, estados das personagens e fatos sobre a situação do mundo da história (por exemplo, a porta está fechada);
- **Modelo do usuário:** Armazena históricos das ações e valores do personagem e das seqüências de narrativas iniciadas. O histórico possibilita estimar o impacto das ações do usuário na história;

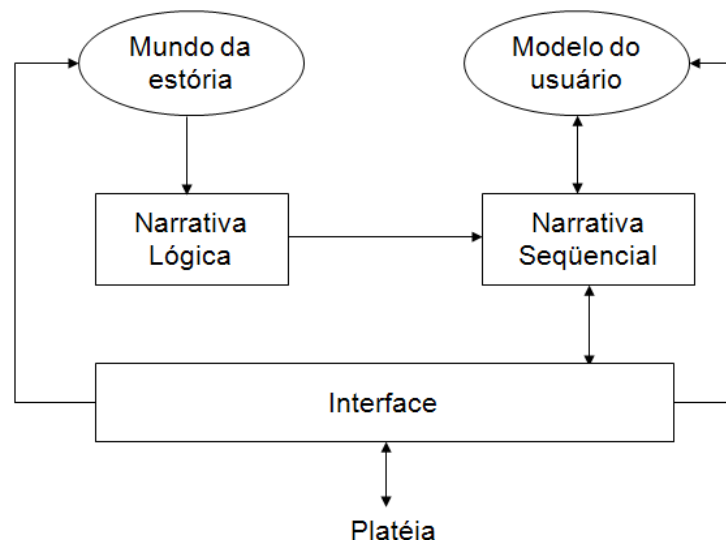


FIGURA 22. Arquitetura do motor de narrativa do IDtension (adaptado de [Szilas; Marty; Réty, 2003]).

- **Narrativa lógica:** Calcula as ações que são possíveis em um dado estado da narrativa. Ele é composto por cerca de quarenta regras que são genéricas para todas as narrativas. Cada regra implementa uma condição lógica para que uma ação seja possível. As ações incluem: informar, encorajar, dissuadir, aceitar, recusar, executar, cumprimentar, conceder etc.
- **Seqüenciador da narrativa:** É o “diretor” do sistema. Ele recebe possíveis ações da narrativa lógica, e pergunta ao modelo de usuário qual o impacto de cada ação, e então envia à interface de exibição a ação que será executada;
- **Interface de exibição:** Exibi as ações e gerencia a interação entre o usuário e o computador. Atualmente a interface usada no sistema utiliza

como entrada a seleção das possíveis ações, e como saída a geração de textos básicos. Futuramente a interface incluirá um navegador.

4.3.5 Comparação entre as arquiteturas de narração de histórias

Na Tabela 5 é mostrado o resumo das características das arquiteturas que utilizam a descrição de histórias interativas e não lineares na criação de AVCs.

TABELA 5. Comparação entre as arquiteturas de narração de histórias interativas e não lineares.

	IDTENSION	IDA
Tipo	Drama interativo	Drama interativo
Aplicação	-	Jogo: Casa mal-assombrada.
História	40 Regras Genéricas	Baseado em estados (inicial, intermediário ou final): que contêm as causas lógicas e restrições de cada cena.
Etapas da Criação	-	-
Motores	Narrativa Lógica: Calcula as ações que são possíveis; Narrativa Sequencial: Decide qual ação deve ser seguida por meio de um modelo de usuário.	Director: Monitora a trama pré-escrita e o jogador.

	DIRECIONAMENTO PREVENIDO DA TRAMA	NARRATIVA INTERATIVA
Tipo	Narração interativa	Narração interativa
Aplicação	Jogo: Organização de uma festa por três adolescentes.	Educacional: Informações históricas, guerra dos 30 anos na Alemanha, durante um passeio por uma cidade real usando tecnologias de realidade aumentada.
História	Autômato Finito (AF): estado inicial, transições (pré e pós-requisitos) e estado final.	Funções morfológicas (ref. palavras).
Etapas da Criação	- Descrever o cenário como AF; - Listar estados resultantes em pares Estados/Transições; - Dividir Estados em desejáveis (ED) e indesejáveis (EI); - Dividir ED em ordinários e finais; - Revisar AF e repetir processo se necessário;	- Reflexão - Preparação - Projeto Final
Motores	Antecipador: Monitora a história e controla os personagens (agentes inteligentes); Gerente de E/S: Converte os formatos de entrada e saída entre a interface e o sistema.	Motor da história: Narra histórias interativas e não lineares; Motor da Cena: Mapeia as funções na cena real.

As arquiteturas de narração de histórias interativas e não lineares possuem diferentes aplicações e motores que controlam as suas histórias. Nos trabalhos do direcionamento prevenido da trama e da narrativa interativa a criação se faz em etapas. A história é modelada em cada um por diferentes recursos: regras genéricas, estados que contêm as causas lógicas e restrições de cada cena, autômato finito ou funções morfológicas.

4.4 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados diversos trabalhos relacionados ao projeto de pesquisa. É observado que muitas alternativas são propostas para obter uma arquitetura capaz de suportar a construção e a narração de histórias interativas e não lineares. Essas idéias, embora sejam diferentes, de modo geral apresentam características similares em alguns aspectos, como:

- Utilização de agentes autônomos para representar personagens;
- Representação de cenas por meio de estados e as ações do usuário como eventos que podem alterar o estado do ambiente, podendo levar a uma nova cena, se os pré-requisitos dessa estiverem representados no ambiente;
- Tratamento de “erros do usuário” para evitar que a história siga para algum estado indesejável.

No próximo capítulo, ontologias e simulações existentes que utilizam ontologias para facilitar a sua construção são abordadas. As vantagens obtidas em se usar ontologias, que são citadas na literatura, são descritas.

5 ONTOLOGIAS

Swartout et al. (1996) define ontologia como um conjunto de termos ordenados hierarquicamente para descrever um domínio. O conjunto de termos pode ser usado como um esqueleto para uma base de conhecimentos. Assim, a ontologia fornece uma estrutura básica para se construir uma base de conhecimentos.

Enquanto a ontologia descreve um determinado domínio com um conjunto de conceitos, a base de conhecimento usa esses termos para descrever uma determinada realidade (Guimarães, 2002). Caso essa realidade seja modificada a base de conhecimento também será, porém a ontologia não. A ontologia só será modificada se for alterado o domínio.

Segundo Uschold e Gruninger (1996), as ontologias contribuem para a redução de confusão conceitual e terminológica, proporcionando um entendimento compartilhado. Esse entendimento serve de base para:

- **Comunicação:** Entre pessoas com diferentes necessidades e pontos de vista, devido aos diferentes contextos em que se encontram;
- **Interoperabilidade:** Entre sistemas, obtida com a tradução de informações entre diferentes métodos de modelagem, paradigmas, linguagens e ferramentas de software;
- **Reusabilidade:** A representação do conhecimento é reutilizada. Há benefícios para a engenharia de sistemas em particular;
- **Confiabilidade:** Gerada pela possibilidade de automatizar a verificação de consistência da representação formal;
- **Especificação:** O conhecimento compartilhado ajuda na identificação de requisitos e na definição da especificação de um sistema.

Usualmente a ontologia deve ser formal o suficiente para suportar inferência automática e idealmente requer o consenso entre uma comunidade (Vieira et al., 2005).

As ontologias são importantes para o desenvolvimento de sistemas inteligentes por várias razões, incluindo as seguintes (Benjamin; Patki; Mayer, 2006):

- A análise ontológica tem se apresentado como um primeiro passo eficaz na construção de sistemas robustos baseados em conhecimento. Atualmente e futuramente os sistemas inteligentes, incluindo aplicações de modelagem e simulação, aproveitarão as vantagens de tecnologias baseadas em conhecimento e sistemas especialistas;
- Ontologias serão necessárias para desenvolver padrões, aplicações reusáveis e modelos de um domínio;
- Ontologias estão no núcleo dos sistemas de software que facilitam o compartilhamento de conhecimento.

Este capítulo é organizado da seguinte forma: na seção 5.1 é definido ontologia. As classificações das ontologias são abordadas na seção 5.2, seguidos dos componentes que descrevem ontologias na seção 5.3. Um roteiro geral para construção de ontologia é descrito na seção 5.4. Na seção 5.5 é apresentada a linguagem de ontologia para web seguida das ferramentas para manipulação de ontologias na seção 5.6. As simulações que utilizam ontologias são descritas na seção 5.7. A seção 5.8 contém as considerações finais.

5.1 Definição de Ontologia

Segundo Fensel (2001), muitas definições de ontologias têm sido estabelecidas, mas a melhor definição, que caracteriza a essência da ontologia, é baseada na definição apresentada por Gruber (Gruber, 1993 apud Fensel, 2001): ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada. Ainda segundo Fensel (2001), as palavras formal, explícita, conceitualização e compartilhada significam:

- **Formal:** A ontologia deve ser legível por computadores, sendo possível ter diferentes graus de formalidade;
- **Explícita:** As classes, relações, propriedades e axiomas da ontologia devem ser definidos explicitamente;
- **Conceitualização:** Os conceitos relevantes de um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real devem ser identificados;

- **Compartilhada:** A ontologia deve capturar conhecimento consensual, isto é, não é restrita a alguma pessoa, mas sim aceita por um grupo de pessoas.

Na próxima seção, são apresentados três tipos de classificação segundo: conteúdo e nível de generalidade (Guarino, 1998); profundidade ontológica (Guarino; Welty, 1998); e utilização (Uschold; Gruninger, 1996).

5.2 Classificações das Ontologias

Guarino (1998) classifica as ontologias em quatro categorias com base no conteúdo e nível de generalidade, conforme mostrado na Figura 23. As ontologias **genéricas** descrevem conceitos gerais (por exemplo, espaço, tempo, matéria, objeto), que são independentes de domínio ou problema específico. As ontologias de **domínio** descrevem conceitos referentes a um domínio genérico (por exemplo, medicina, automóveis), para especificar os termos introduzidos na ontologia genérica. As ontologias de **tarefas** descrevem conceitos referentes a uma tarefa ou uma atividade genérica (por exemplo, diagnóstico, venda), para especificar também os termos introduzidos na ontologia genérica. As ontologias de **aplicação** descrevem conceitos dependentes de um domínio e de uma tarefa, que são freqüentemente especificações das ontologias relacionadas.

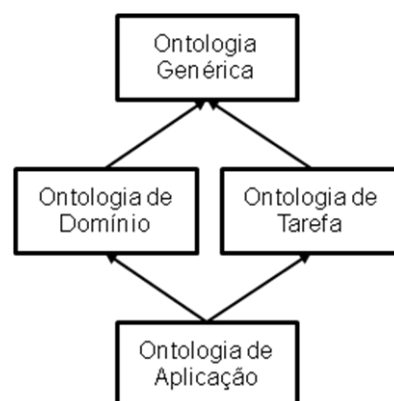


FIGURA 23. Tipos de ontologias segundo nível de generalidade (adotado de [Guarino, 1998]).

Guarino e Welty (1998) classificam as ontologias em quatros níveis segundo sua profundidade ontológica: vocabulário, taxonomia, sistema relacional e

teoria axiomática, conforme mostrado na Figura 24. Na forma mais simples, uma ontologia é apenas um **vocabulário**. Na **taxonomia**, o significado dos termos é estabelecido pela definição de relacionamentos entre objetos e classes, subclasses e classes-pai. Esse tipo de ontologia normalmente é estabelecido por sistemas orientados a objetos. No **sistema relacional**, as ontologias também incluem relacionamentos não hierárquicos como nos diagramas de relacionamento de entidades e nos bancos de dados relacionais (Guarino; Welty, 1998). Por conseguinte, cada esquema de banco de dados relacional define sua própria ontologia. Na **teoria axiomática**, além de escrever relacionamentos, as ontologias também impõem restrições (Guarino; Welty, 1998). As restrições são definidas como axiomas. Axioma é uma afirmação lógica que não é provada baseada em outras afirmações, mas das quais outras afirmações são derivadas.

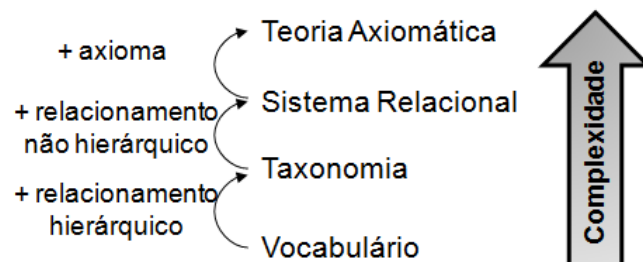


FIGURA 24. Níveis de ontologias segundo sua profundidade ontológica.

Uschold e Gruninger (1996) classificam as ontologias em três principais categorias segundo a sua utilização, conforme mostrado na Figura 25:



FIGURA 25. Categorias de ontologias quanto ao uso (adotado de [Uschold; Gruninger, 1996]).

- **Ontologias para comunicação entre pessoas e a organização:** A ontologia reduz confusões terminológicas e conceituais dentro da

organização. Ontologias permitem o entendimento compartilhado e a comunicação entre as pessoas com diferentes necessidades;

- **Ontologias para interoperabilidade entre sistemas:** A ontologia é usada como interlíngua para apoiar a tradução entre diferentes linguagens e representações;
- **Ontologias para engenharia de sistemas:** Ontologias são benéficas na especificação, confiabilidade e reutilização durante a engenharia de sistemas. Facilitam o processo de identificação dos requisitos do sistema e o entendimento das relações entre os componentes do sistema.

5.3 Descrição de Ontologias

Segundo Gómes-Pérez (1999), as ontologias fornecem vocabulário comum de um domínio e definem os significados dos termos e as relações entre eles. A ontologia formaliza conhecimento utilizando cinco componentes (Gómes-Pérez, 1999), (Noy; McGuinness, 2004):

- **Conceitos:** É hierarquia entre esses conceitos, ou seja, uma taxonomia. Os conceitos são abstratos ou concretos, elementares ou compostos, reais ou fictícios (por exemplo, *pessoa*, *carro*);
- **Relacionamentos:** São integrações entre conceitos do domínio. Nessas relações ocorrem as definições de cardinalidade (por exemplo, o relacionamento *ser_dono* entre os conceitos *pessoa* e *carro*, com cardinalidade muitos para muitos);
- **Propriedades:** Das classes e valores permitidos (por exemplo, nome com valor do tipo caractere);
- **Axiomas:** São usados para modelar sentenças que são sempre verdadeiras (por exemplo, toda *pessoa* tem uma mãe);
- **Instâncias:** Representam elementos da ontologia, ou seja, são representações de conceitos e relações que foram estabelecidos pela ontologia (por exemplo, *João*, *Maria*).

5.4 Roteiro Geral para Construção de Ontologia

Uschold e Gruninger (1996) apresentam o roteiro geral para a construção de ontologias, a seguir descrito:

- **Identificação de propósito e escopo:** O motivo que a ontologia está sendo desenvolvida e o uso que se destina devem ser especificados;
- **Construção da ontologia:** Consiste de três fases:
 - **Captura:** Definição de conceitos chave e relacionamentos no domínio de interesse, bem como a produção de representações textuais precisas e não ambíguas, com a identificação de termos que se referem aos mesmos;
 - **Codificação:** Representação explícita dos conceitos obtidos na fase anterior, utilizando linguagem formal;
 - **Integração:** Integração das ontologias existentes. Durante a fase de captura ou codificação devem ser identificadas as ontologias relacionadas existentes e utilizadas como complemento da ontologia em desenvolvimento ou como base para criação da nova ontologia;
- **Avaliação:** A ontologia desenvolvida deve ser julgada (levando em consideração, entre outros aspectos, o ambiente de software a que será associada);
- **Documentação:** Os conceitos principais e as primitivas utilizadas para expressar definições devem estar bem documentados. O uso de ferramentas facilita o desenvolvimento de ontologias, em especial a sua documentação.

São várias as linguagens existentes para criação de ontologias, mas na próxima seção a linguagem OWL é detalhada, por ser padronizada pela W3C e por oferecer recursos compreensíveis aos computadores.

5.5 Linguagem de Ontologia para Web

A linguagem de ontologia para web (*Ontology Web Language* ou OWL) é a linguagem para construção de ontologias recomendada pelo *World Wide Web*

Consortium (W3C) (Smith; Welty; Mcguinness, 2004) (Bechhofer, 2004). A linguagem OWL formaliza um domínio por definir classes e propriedades para essas classes; definir instâncias e declarações de propriedades sobre elas; e inferir sobre essas classes e instâncias por um grau permitido pela semântica formal da linguagem.

A OWL possui sintaxe que é baseada na linguagem de marcação extensível (*eXtensible Markup Language* ou XML) e é compatível com o arcabouço para descrição de recursos (*Resource Description Framework* ou RDF) (Smith; Welty; Mcguinness, 2004). XML é uma linguagem de marcação utilizada para descrever estruturalmente o conteúdo dos documentos de maneira que seja de fácil processamento pelas entidades de software e entendimento pelos humanos. RDF é um modelo de dados para objetos (recursos) e relações entre eles, que fornece semântica simples para esse modelo que é representado na sintaxe XML.

A OWL é projetada para ser utilizada por aplicações que necessitam processar o significado das informações antes de apresentá-las aos usuários (Smith; Welty; Mcguinness, 2004). Para isso, ela apresenta amplo vocabulário que permite a descrição de classes e propriedades, relacionamentos entre as classes, cardinalidade, igualdade, tipos e características de propriedades, entre outras funcionalidades.

Os recursos que a linguagem OWL oferece são divididos em três sub-linguagens (Smith; Welty; Mcguinness, 2004):

- **OWL Lite:** é uma linguagem simples. Deverá ser utilizada quando se desejar implementar uma classificação hierárquica simples (por exemplo, taxonomia) e que necessite apenas de ser apoiada em restrições simples (por exemplo, associações de cardinalidade de valor 0 ou 1);
- **OWL Description Logic (DL):** é uma linguagem um pouco mais complexa que a OWL Lite. Deverá ser utilizada quando se pretende associar o máximo de expressividade sem perda da integridade computacional, todos os vínculos são garantidos serem computados, e todas as computações terminarão em tempo finito. A linguagem OWL-DL implementa todos os construtores da linguagem OWL, apesar de alguns deles apenas poderem ser utilizados de acordo com certas restrições (por exemplo, uma classe pode ser uma sub-classe de várias classes, mas não pode ser considerada uma instância de outra classe). OWL-DL foi

projetada para suportar a existência de parte dos serviços da lógica de descrição e tem propriedades computacionais desejáveis para sistemas de inferência;

- **OWL Full:** é uma linguagem complexa. Apenas deverá ser utilizada quando se pretende associar o máximo de expressividade da informação independentemente da existência ou não de garantias computacionais. Por exemplo, na linguagem *OWL Full*, uma classe pode ser simultaneamente referida como uma coleção de instâncias ou apenas como uma instância específica. Além disso, permite que os vocabulários predefinidos sejam estendidos, o que poderá levantar problemas de compatibilidade entre diferentes interpretações por parte de diferentes programas de computador.

5.6 Ferramentas para Manipulação de Ontologias

Nesta seção, são descritos sobre Jena e Protégé que são as duas ferramentas mais utilizadas, juntamente com a *OWL* (linguagem de ontologia para *Web*), segundo a pesquisa realizada descrita por Cardoso (2007), feita com pessoas envolvidas na área acadêmica e industrial.

5.6.1 Jena

O Jena (*Semantic Web Framework*) é um arcabouço Java *open-source* para construção de aplicações voltadas a web semântica, que foi desenvolvido pelo *Hewlett-Packard Labs Semantic Web Research* (2008). Ele fornece ambiente de programação para diversas linguagens (que inclui RDF, OWL, e SPARQL), inclui motor de inferência, e possibilita ainda a persistência em banco de dados. A SPARQL (*Protocol And RDF Query Language*) é uma linguagem de consultas e protocolo para RDF recomendada pelo W3C (Prud'hommeaux; Seaborne, 2008).

5.6.2 Protégé

Protégé é uma plataforma livre e *open-source*, que foi desenvolvida pelo *Stanford Center for Biomedical Informatics Research* (2008). O Editor Protégé implementa um conjunto rico de estruturas e ações que suporta a criação, visualização e manipulação de ontologias em vários formatos de representação. Também é possível editar instâncias e efetuar inferências baseadas nos motores de lógica de descrição.

Na Figura 26 é apresentada a tela principal da ferramenta Protégé versão 3.2.1, na qual estão sinalizadas algumas áreas da interface, explicadas a seguir.

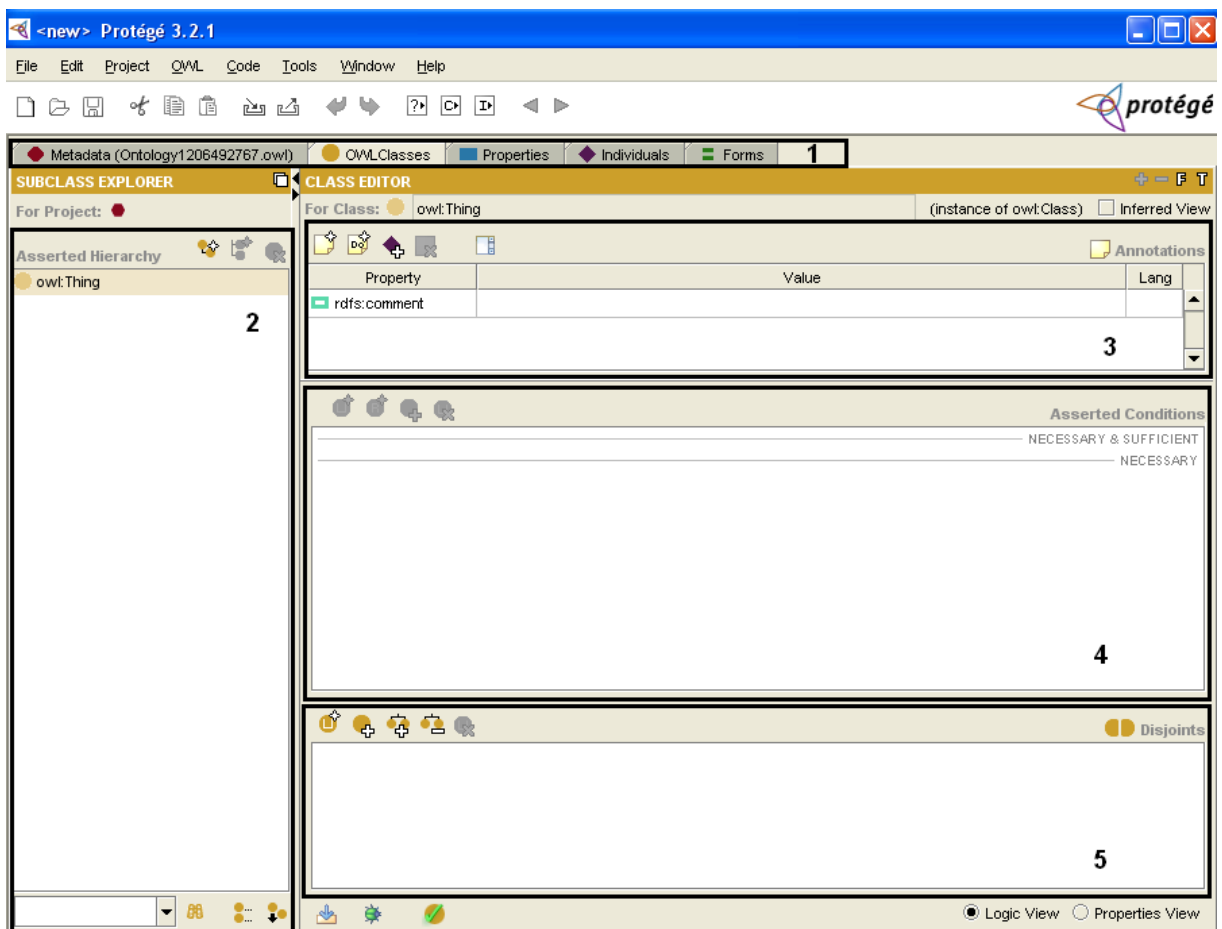


FIGURA 26. Tela principal do editor Protégé.

Na Figura 26 a área coberta por #1 contém as guias que permitem a alternância na edição dos metadados, classes, propriedades, instâncias e

formulários (Vieira et al., 2005). Os formulários são configurações para a exibição das propriedades da classe que se quer editar, permitindo personalização da interface. Em #2 são exibidos os ícones para ações relacionadas às classes e para a visualização da árvore de classes da ontologia que está sendo criada. A classe básica *owl:Thing*, da qual todas as classes são especializações, está presente desde a criação da nova ontologia. A área #3 é para o preenchimento do nome e outras informações relevantes de cada classe. Se a guia estiver em “propriedades” essa região acomoda os formulários para preenchimento dos metadados das propriedades. Na área #4 são exibidas as descrições lógicas das classes. Em #5 são exibidas as classes disjuntas.

5.7 Ontologias para Interpretação de Contexto

A utilização de ontologias como base de conhecimentos para a interpretação de contexto de situações emergenciais justifica-se ao considerarmos a demanda que situações emergenciais exigem devido à luta contra o tempo visando salvamentos bem sucedidos.

O contexto é definido aqui como toda informação importante sobre o ambiente físico e que seja importante para a aplicação (ABOWD et al., 1999). Os contextos são compostos de eventos relacionados. Os contextos podem ser muito simples quando referenciados a um único evento, como temperatura, pressão atmosférica ou presença de fumaça, ou mais complexos quando compostos por dois ou mais eventos relacionados, tais como a ocorrência de incêndios (uma combinação de eventos relacionados: aumento de temperatura, presença de oxigênio e presença de material combustível). Quando a relação entre os eventos for temporal, isto é, onde o período em que cada um dos eventos ocorre é importante, contextos podem auxiliar em questionamentos decisórios mais elaborados como “porque uma determinada situação aconteceu no ambiente”, que poderia ser respondida com o resultado de interpretações mais complexas extraída de uma ordenação de eventos.

Truong et al. (2001) caracterizam contexto através dos 5W, descritos a seguir:

- **Who (Quem):** Informações para identificar todas as pessoas envolvidas em uma determinada atividade. Seres humanos realizam suas atividades e recordam de fatos passados com base na presença das pessoas que os vivenciaram. Sendo assim, o sistema deve prover informações de contexto dessas pessoas;
- **Where (Onde):** Informações para identificar a localização de pessoas ou objetos. Assim como as informações de identificação, informações de contexto de localização têm sido muito utilizadas em sistemas cientes de contexto. As pesquisas mostram um interesse particular na utilização dessa informação contextual associada a outras dimensões, por exemplo, a dimensão temporal para explorar a mobilidade de usuários ao longo do tempo;
- **When (Quando):** Informações temporais que são usadas para indexar registros capturados ou para informar por quanto tempo um usuário ficou em uma determinada localização. Porém, o conhecimento dessas informações permite fazer inferências ajudando a interpretar as atividades humanas e estabelecer padrões de comportamento. Por exemplo, se um membro de uma equipe de resgate permanece durante muito tempo em uma mesma posição, de forma incomum de acordo com os procedimentos formais, há fortes indícios de ele tenha sofrido uma queda e precise de ajuda;
- **What (O que):** Informações sobre as atividades que estão ocorrendo em um determinado local. O objetivo é obter informações, normalmente via sensores, que possibilitem interpretar o que está ocorrendo em um lugar definido. Em sistemas onde vários eventos podem ser desenvolvidos, identificar o que está ocorrendo em um determinado momento pode ser uma tarefa complexa (por exemplo: o que está acontecendo na asa do avião? A pressão está acima do normal e foi detectada uma pequena rachadura.);
- **Why (Por que):** Informações sobre o porquê ocorreu determinado evento. Tão difícil quanto perceber o que está ocorrendo em um determinado local sendo monitorado, é entender o porquê está ocorrendo. Interpretar informações de contexto que possam caracterizar o estado de um local, objeto ou pessoa é um dos desafios da computação ciente de contexto.

5.8 Simulações que Utilizam Ontologias

Nesta seção, alguns trabalhos de simulação utilizando ontologias são descritos: ambiente virtual colaborativo (Shen; Hage; Georganas, 1999); simulação de shopping virtual (Bille et al., 2004), e simulação de multidões humanas em situações da vida cotidiana (Paiva, 2006).

5.8.1 Ambiente virtual colaborativo

Shen, Hage e Georganas (1999) usaram ontologias para prover comunicação, tanto entre as entidades simuladas quanto entre usuário e personagens da simulação, isto é, a ontologia é o vocabulário dos agentes da simulação. Porém, essa solução não utiliza os benefícios da ontologia para facilitar a criação de simulações. Nesse trabalho foi desenvolvido um ambiente colaborativo em VRML, que permite aos usuários navegar no mundo virtual. A interação entre entidades foi desenvolvida usando RTI e HLA. Segundo os autores, nesse sistema, as entidades não têm comportamento trivial e são móveis. Eles usaram a linguagem Java e a linguagem de consulta e manipulação do conhecimento (*Knowledge Query and Manipulation Language* - KQML³) como um mecanismo de comunicação. Na Figura 27 tem-se a visão do sistema sendo executado.

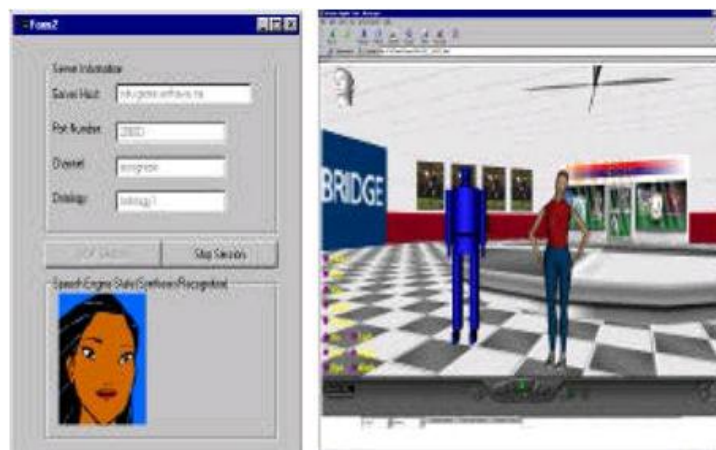


FIGURA 27. Visão do ambiente virtual colaborativo sendo executado (adotado de [Shen; Hage; Georganas, 1999]).

³ <http://www.cs.umbc.edu/kqml/>

5.8.2 Simulação de shopping virtual

Bille et al. (2004) usaram ontologia para modelar um sistema de realidade virtual para a Internet. Nesse sistema foi desenvolvido, com a linguagem VRML, um exemplo de aplicação de shopping virtual em que são observadas as prateleiras com objetos, como pode ser visto na Figura 28. Uma pessoa não especialista em realidade virtual pode instanciar conceitos da ontologia e lugares para eles no mundo virtual. Por exemplo, pode instanciar uma prateleira para colocá-la no mundo virtual e instanciar uma televisão e colocá-la no topo da prateleira.



FIGURA 28. Simulação de shopping virtual (adotado de [Bille et al., 2004]).

A fase de desenvolvimento é dividida em três estágios, conforme pode ser visto na Figura 29 (Bille et al., 2004).

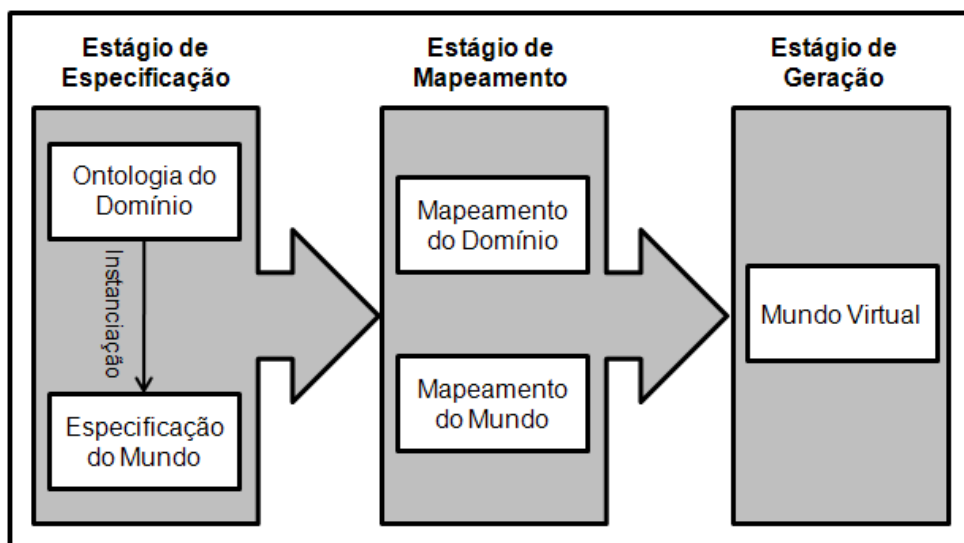


FIGURA 29. Visão geral da arquitetura proposta por Bille et al. (adaptado de [Bille et al., 2004]).

- **Estágio de Especificação:** Todos os objetos da cena são instanciados na ontologia;
- **Estágio de Mapeamento:** A representação de conceitos e instancias no mundo virtual é especificada. Nesse estágio, pode ser necessária a ajuda de algum especialista em realidade virtual, se a pessoa que estiver planejando o mundo virtual tiver pouca experiência em realidade virtual;
- **Estágio de Geração:** O código VRML é gerado.

Segundo Bille et al. (2004) o uso das ontologias em seu trabalho fornece as seguintes vantagens: compreender o conhecimento do domínio, expressar o mundo virtual muito mais em termos do domínio facilitando para o especialista, gerar o mundo virtual mais facilmente, e adaptar aos conceitos da web semântica.

5.8.3 Simulação de multidões humanas em situações da vida cotidiana

Paiva (2006) utilizou ontologia para definir as características do ambiente virtual e da população (humanos virtuais) para a sua simulação de multidões humanas em situações da vida cotidiana. As atividades e o movimento no espaço da multidão são simulados, como pode ser visto na Figura 30. As pessoas têm diferentes perfis (estudantes, adultos que trabalham e adultos que não trabalham), diferentes personalidades (extrovertido, normal ou politizado) e diferentes características relacionadas ao estado emocional (raiva, felicidade, medo). Essas pessoas freqüentam eventos sociais que ocorrem em vários ambientes de uma cidade virtual, isto pode alterar o estado emocional delas.



FIGURA 30. Simulação de multidões humanas em situações da vida cotidiana (adotado de [Paiva, 2006]).

Segundo Paiva (2006) primeiramente tem que se definirem no Protégé® algumas configurações para personalidades, perfis e necessidades dos agentes, dos locais e suas classificações. Em um arquivo à parte, são também definidas as configurações da simulação propriamente dita e a distribuição da população nas casas. Essas informações são processadas em tempo real e geram informações para a visualização bidimensional (2D) e a visualização de humanos virtuais animados. A arquitetura desse modelo pode ser visto na Figura 31. *História* refere-se à posição de cada agente em cada passo de simulação e principalmente ao comportamento dele. *Estados* referem-se ao estado emocional dos agentes.

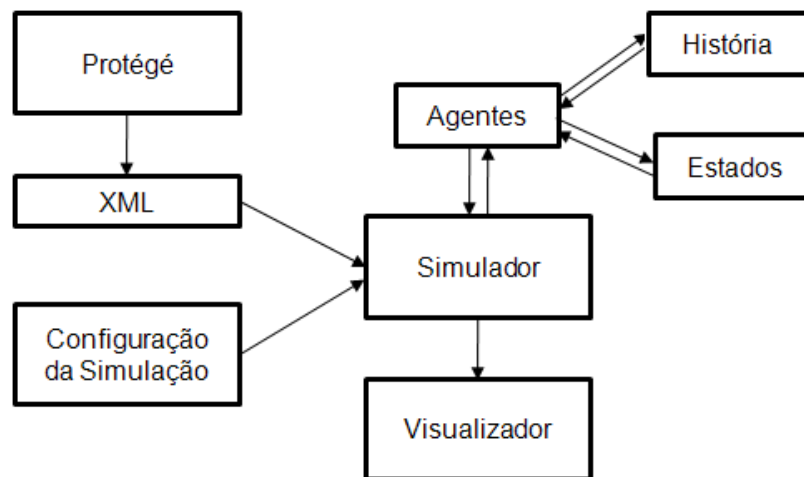


FIGURA 31. Arquitetura do modelo criado por Paiva (adotado de [Paiva, 2006]).

Segundo Paiva (2006) a ontologia foi utilizada para facilitar o controle, a extensão, a integridade e a lógica do sistema, além de fornecer regras de maneira formal para que todos os agentes as utilizem. Não foi construído um modelo de ontologias genérico, que possa ser aplicado em quaisquer cenários de simulação em ambientes virtuais, mas somente o necessário para o projeto específico.

5.9 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos envolvendo ontologias. Foram descritas a linguagem para construção de ontologias OWL e a ferramenta Protégé, que foram utilizadas na criação de múltiplas ontologias no domínio de preparação e resposta a emergências. As ontologias criadas contêm o

conhecimento de especialistas que ajudará na criação de cenários de simulação por meio da orientação de uma história interativa e não linear.

No próximo capítulo são abordadas as simulações de treinamento existentes para preparação e resposta a emergência e as atividades envolvidas na preparação de exercícios simulados. O estudo de como são planejados esses exercícios é importante para que o projeto aqui proposto seja elaborado de acordo com a realidade dos treinadores de equipes de emergência.

6 TREINAMENTO PARA PREPARAÇÃO E RESPOSTA A EMERGÊNCIAS

Uma das áreas de emergência é o combate ao incêndio. Segundo Seito et al. (2008), o serviço de combate ao incêndio deve ser realizado por pessoas capacitadas e devidamente treinadas. Como o Corpo de Bombeiros não consegue estar presente em todos os locais se fez necessário que as pessoas se organizem para prevenir e combater emergências, hoje denominadas brigadas.

As brigadas devem ser treinadas periodicamente, fazer exercícios simulados e possuir plano de intervenção (São Paulo, 2004a; 2004b; 2005b). O plano de intervenção, estabelecido em função dos riscos da edificação, define a melhor utilização dos recursos materiais e humanos em situação de emergência. Os exercícios simulados são necessários para avaliar se os brigadistas possuem conhecimento e treinamento adequados com o seu dever de intervenção.

Este capítulo é organizado da seguinte forma: na seção 6.1 são abordados os exercícios simulados e as tarefas envolvidas em sua elaboração visando preparação e resposta a emergências. O primeiro estudo foi feito utilizando as tarefas descritas por Guzmán e Neves (2000). O segundo estudo foi realizado utilizando a documentação do Corpo de Bombeiros vigente no Estado de São Paulo, que descreve atividades para criar e testar um plano particular de intervenção. Na seção 6.2 são descritas ferramentas e arquiteturas de software para modelagem e simulação de treinamento virtual para preparação e resposta a emergências. A seção 6.3 contém as considerações finais.

6.1 Exercício Simulado

Um exercício simulado para testar um plano de emergência consiste de um cenário de emergência ou desastre que é ou anunciado previamente ou uma surpresa para os participantes (Guzmán; Neves, 2000). Os participantes recebem o

exercício e as instruções do mesmo. A missão a ser cumprida é administrar a “situação de emergência” e restabelecer as operações da empresa, dentro do tempo estabelecido e utilizando os procedimentos e ferramentas oferecidos pelos coordenadores.

Os exercícios simulados permitem avaliar a liderança dos coordenadores e membros da equipe (Guzmán; Neves, 2000). Por meio deles, as pessoas podem compartilhar experiências e conhecimentos. Durante o exercício, as pessoas adquirem experiência e nele é possível cometer erros sem temer conseqüências ou fracassos. É preferível a correção durante um exercício simulado a uma emergência real.

6.1.1 Tarefas preparatórias para exercício simulado

Guzmán e Neves (2000) descreveram onze tarefas preparatórias para a realização de exercício simulado, descritas a seguir:

1. Criar um cenário: Descrever o evento, quando, onde, situação, avaliação preliminar e objetivos do simulado real;
2. Desenvolver uma metodologia;
3. Estabelecer as regras que serão aplicadas: Distribuir as regras aos participantes, por escrito;
4. Desenvolver os critérios de medição;
5. Definir o local do exercício;
6. Identificar o pessoal que participará: O número de participantes depende do tamanho da empresa ou organização e da complexidade do exercício;
7. Identificar a parte do plano de emergência que deverá ser avaliada;
8. Selecionar os controladores qualificados e com experiência: O controlador é classificado em principal, administrativo ou especial. O controlador principal é responsável por preparar o cenário e fiscalizar os participantes para que eles cumpram os itinerários e tarefas. O controlador administrativo é responsável por documentar o evento, conforme o exercício for sendo desenvolvido. Controladores

especiais são responsáveis por aspectos operacionais e tarefas técnicas de sua especialidade;

9. Decidir se o exercício simulado ocorrerá em tempo real ou reduzido: Em tempo reduzido, uma hora de exercício equivale a 48 ou 72 horas de atividade;

10. Revisar o resultado completo (desempenho) imediatamente após o exercício;

11. Avaliar os resultados imediatamente depois do exercício.

6.1.2 Atividades para a realização de exercício simulado pelo Corpo de Bombeiros

A Diretriz CCB-001/213/03 fixa procedimentos e orientações básicas para regular a sistemática de elaboração de Plano Particular de Intervenção (PPI) (São Paulo, 2003). Ela fixa também, o planejamento e execução de no mínimo, dois simulados periódicos, em cada um dos Postos de Bombeiros da área de sua competência, para verificar o planejamento e a eficiência do PPI. O roteiro para a realização do exercício simulado se divide em seis atividades, que são:

1. **Planilha de levantamento de dados (PLD):** Preencher planilha com informações e dados do local de risco. O PLD é uma lista de controle detalhada sobre a empresa que serve para consulta em ocorrências reais e exercícios simulados (anexo A);

2. **Plano particular de intervenção (PPI):** Elaborar plano específico de atendimento a emergência do local determinado. Esse plano é elaborado por profissionais de grupo multidisciplinar (engenheiros ou técnicos que atuem na área de segurança contra incêndio e ambiental), em conjunto com o Corpo de Bombeiros (anexo B);

3. **Plano de segurança:** Preencher planilha de segurança e divulgá-la para o comandante do Corpo de Bombeiros (visando autorização), empresa participante e mídia local, antes do exercício simulado (anexo C);

4. **Exercício Simulado:** Executar o exercício simulado;

5. **Relatório de ocorrências:** Preencher relatórios dos eventos ocorridos;
6. **Relatório final:** Elaborar relatório detalhado sobre o simulado com a parte expositiva e conclusiva do simulado (anexo D).

6.2 Simulações de Treinamento em Emergências

O treinamento baseado em aulas teóricas, manuais e livros pode ser complementado com a experiência vivida em uma simulação por computador e a análise das falhas cometidas (Dantas, 2003). A simulação é uma alternativa versátil e segura em comparação aos exercícios simulados reais.

Para a criação de diversas simulações se faz necessário uma arquitetura de suporte com ferramentas e aplicações para desenvolvimento, treinamento e análise dessas simulações. Nesta seção são discutidas as seguintes ferramentas e arquiteturas de software para modelagem de simulação de treinamento em emergência: comando de simulação de fogo (CommandSim, 2004-9), Inscape (Inscape Consortium, 2004-8), arcabouço de arquitetura da Mitsubishi (Masakazu et al., 2005) e ambiente virtual de treinamento de comando de bombeiros (Julien; Shaw, 2003).

6.2.1 Comando de simulação de fogo

O comando de simulação de fogo (CommandSim Fire©) é um conjunto de ferramentas de software e arquitetura de modelagem de simulação em treinamento de emergência que é fornecido em duas edições. A primeira para instrutores, em que eles podem criar simulações interativas com cenários de treinamento realísticos. A segunda para ser usada por centros de treinamento, composta de um ambiente pronto para ser usado por treinadores e *trainees* (CommandSim, 2004-9).

O *CommandSim Fire* inclui efeitos de fumaça, fogo e vapor de nuvem, integrados a fotos e vídeos (CommandSim, 2004-9). Na Figura 32 pode ser visto a tela do software *CommandSim Effects*®, nele pode se criar e customizar esses efeitos. Ele também inclui equipamentos interativos para treinar as habilidades, tanto quanto exemplos de dispositivos portáteis, painel de controle de incêndio, e outros. Os pontos fracos desses softwares são: a criação de cenários de emergência e as funções de gerenciamento e controle são limitadas; e a visualização só é possível com a utilização de computadores *desktop*.

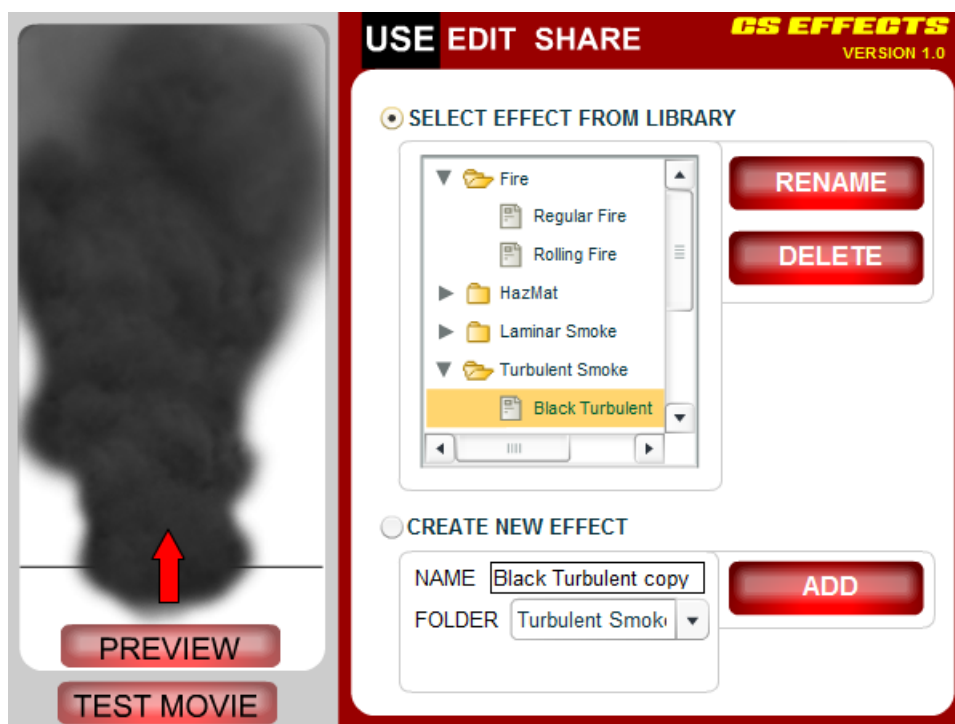


FIGURA 32. Tela do software *CommandSim Effects*® (adotado de [CommandSim, 2004-9]).

6.2.2 Inscape

Inscape é um conjunto de ferramentas para criar histórias interativas não lineares para treinamento e simulação (Inscape Consortium, 2004-8). Um dos casos de uso é uma aplicação para simulação de treinamento de uma tripulação de cabine de avião, que é apresentada na Figura 33.



FIGURA 33. Simulação de treinamento de uma tripulação de cabine de avião (adotado de [InscapE Consortium, 2004-8]).

No software InscapE, os autores escrevem histórias interativas e incluem imagens, áudios, vídeos, arquivos 2D e 3D. A história é criada em cinco módulos, conforme pode ser visto na Figura 34, e em cada um deles o autor realiza determinadas atividades, a seguir descritas.

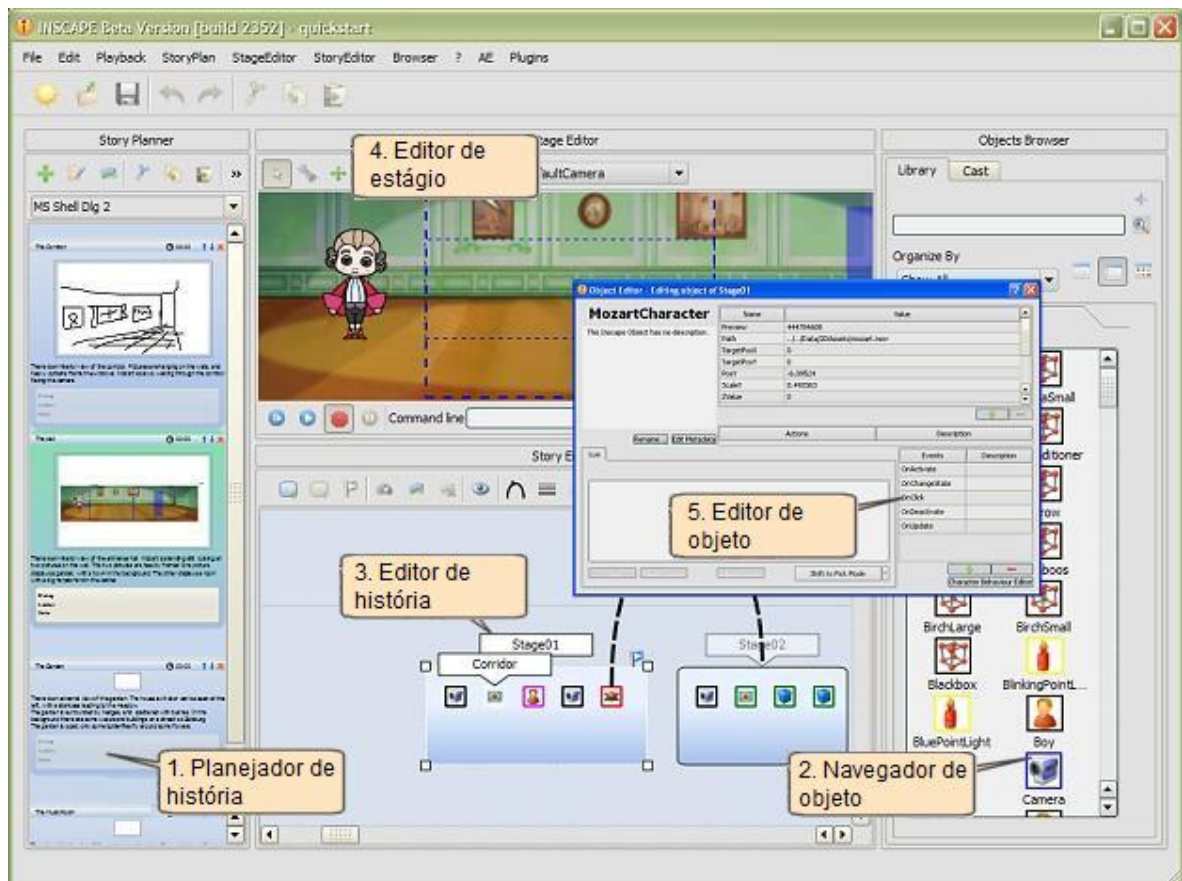


FIGURA 34. Cinco módulos do software InscapE (adotado de [InscapE Consortium, 2004-8]).

1. **Planejador de história:** Planejar e projetar a história;
2. **Navegador de objeto:** Importar e gerenciar cada item;
3. **Editor de história:** Controlar o fluxo e transições da história;
4. **Editor de estágio:** Editar e visualizar a história em tempo real;
5. **Editor de objeto:** Adicionar ações interativas e eventos.

Inscape utiliza banco de dados baseado em ontologias para representar e armazenar o conhecimento estruturado necessário para criar histórias e também integra ferramentas em um arcabouço baseado na web que pode ser utilizado por pessoas que não tem habilidades computacionais (Inscape Consortium, 2004-8). Ele fornece renderização multi-sensorial em tempo real, combinado com comportamentos de agente natural e interfaces multimodais; interfaces naturais; e dispositivos para criar intuitivamente histórias e vivenciá-las com realidades virtual multidimensional, aumentada e mista. Um ponto fraco dessa ferramenta é não ser específica para a área de treinamento de emergências. Assim, ela não usa termos técnicos e não tem uma base de conhecimento nessa área que pode ser usada na modelagem de simulação, o que facilitaria para treinadores especialistas em emergências.

6.2.3 Arcabouço de arquitetura da Mitsubishi

O arcabouço de arquitetura da Mitsubishi (*Mitsubishi Architecture Framework Required for Modeling and Simulation Systems* ou MARS) é composto por componentes de software, ferramentas, documentação e orientações para modelagem e simulação de sistemas baseados no HLA (Masakazu et al., 2005). MARS é utilizado internamente pela *Mitsubishi Electric Corp.* MARS é utilizado para simulação de sistemas em larga escala, tais como sistema de prevenção nacional ou sistema de defesa. Ele permite aos usuários fazer experimentos virtuais no computador e fornece métodos, ferramentas e guia para explicar a simulação, apresentando o evento que causou o resultado final da simulação. O ponto fraco é que ele não fornece ambiente virtual em 3D para execução da simulação.

O processo de desenvolvimento e execução de simulação no MARS é composto de cinco passos, baseado nos padrões HLA e FEDEP, que podem ser vistos na Figura 35.

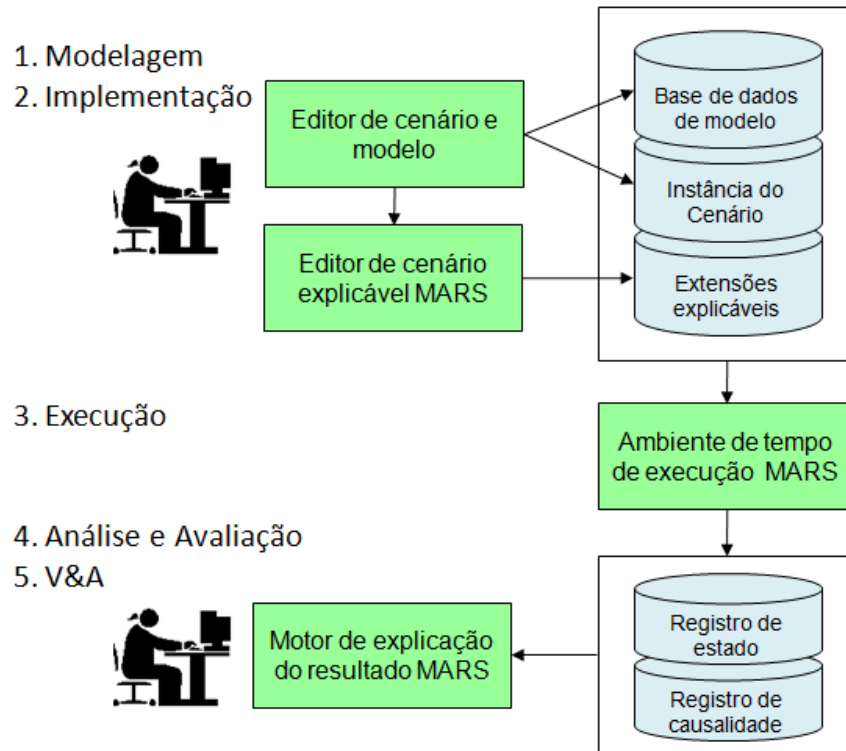


FIGURA 35. Passos do processo MARS (adotado de [Masakazu et al., 2005]).

1. **Modelagem**: Projetar visão geral do cenário, definir critérios de avaliação e derivar modelos conceituais;
2. **Implementação**: Implementar federação, FOM e instâncias do cenário baseando-se no modelo conceitual;
3. **Execução**: Realizar simulação e preparar as saídas;
4. **Análise e Avaliação**: Analisar e avaliar resultados utilizando ferramentas do MARS;
5. **V&A (Validação e aceitação)**: Validar a simulação utilizando os critérios da fase de modelagem e descrever os resultados da validação. Um comitê aceita a simulação baseando-se nos documentos preparados pelo usuário.

MARS é composto por três grupos de ferramentas, modelos e bibliotecas, que podem ser vistos na Figura 36.

1. **Fase de pré-simulação:** Contém modelo, cenário e editor de cenário;
2. **Fase de execução da simulação:** Contém motor de simulação, registrador de arquivos de conexão, interface para sistemas estrangeiros, motor de execução de regra e padrões de modelo base;
3. **Fase de pós-simulação:** Contém ferramentas de análise e documento guia que orienta os usuários na aplicação do processo e ambiente de software MARS.

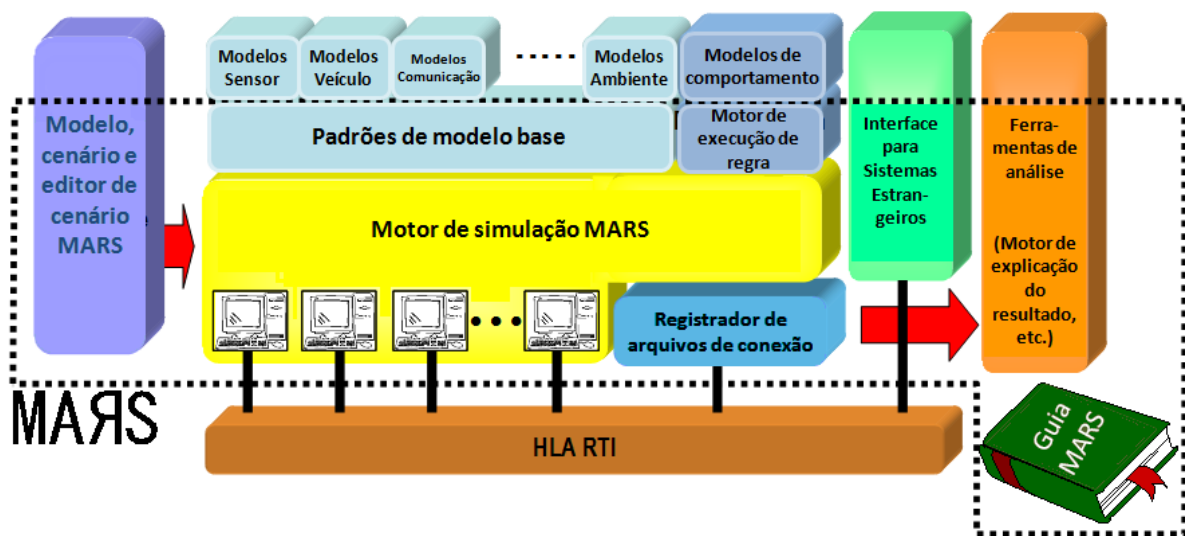


FIGURA 36. Ambiente de software MARS (adaptado de [Masakazu et al., 2005]).

6.2.4 Ambiente virtual de treinamento de comando de bombeiros

O ambiente virtual de treinamento de comando de bombeiros (*Firefighter Command Training Virtual Environment*) foi desenvolvido para auxiliar bombeiros em seus treinamentos (Julien; Shaw, 2003). Os bombeiros podem colaborar entre si e interagir com os objetos do ambiente de diversas formas. Eles podem utilizar ferramentas como pás, machadinhas e serras e podem carregar e usar escadas para subir em telhados. Eles também podem visualizar o comportamento realístico de fogo e fumaça, conforme pode ser visto na Figura 37.

O sistema do ambiente virtual de treinamento do comando de bombeiros consiste de três principais componentes: o ambiente virtual, a interface de comando gráfica e o simulador dinâmico de fogo (Julien; Shaw, 2003). O

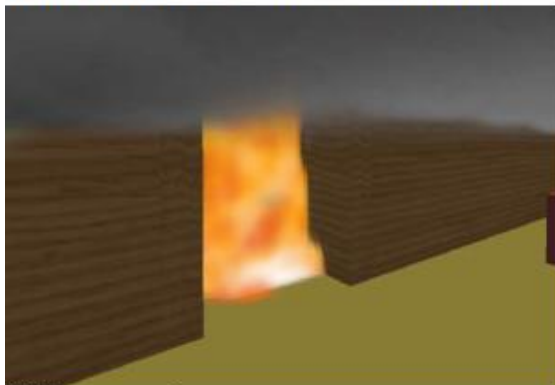
ambiente foi desenvolvido usando uma biblioteca de ambiente virtual simples (*Simple Virtual Environment - SVE*) que é um framework extensível para construir aplicações de ambiente virtual (Kessler; Bowman; Hodges, 2000). A casa e seus objetos, o caminhão de combate a incêndio, o hidrante, a mangueira, os bombeiros e seus objetos foram todos modelados no software *Autodesk 3ds Max*⁴, que é um software profissional de modelagem, animação e renderização de conteúdo 3D. A interface da simulação reduz o erro de comandos de entrada no sistema, fornece meios que agiliza e facilita acionar os comandos e permite o operador monitorar o estado da equipe no ambiente virtual (Julien; Shaw, 2003). A simulação de fogo e fumaça foi realizada pelo simulador dinâmico de fogo (*Fire Dynamic Simulation - FDS*⁵), desenvolvido pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*), que é um modelador de incêndio com base em dinâmica computacional de fluidos. O ponto fraco desse sistema é que ele tem apenas um cenário para treinamento.



(a) Personagens com serra e machadinha



(c) Personagens carregando a escada



(b) Fumaça e fogo



(d) Personagem tirando o telhado

FIGURA 37. Cenas do ambiente virtual de treinamento do comando de bombeiros (adaptado de [Julien; Shaw, 2003]).

⁴ <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=5659451>

⁵ <http://www.fire.nist.gov/fds/>

6.3 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas as características de algumas ferramentas e arquiteturas de software para modelagem de simulação de treinamento em preparação e resposta a emergências. Foi apresentado também um estudo de como é realizado o exercício simulado para treinamento do pessoal da área de emergência. Esse estudo serviu de base para a construção da arquitetura proposta neste trabalho, que está descrito nos dois capítulos seguintes. No capítulo 7 estão descritas as ontologias de emergência, desenvolvidas como parte deste e de outro trabalho de mestrado. No capítulo 8 estão descritos: a ontologia de simulação, a arquitetura de suporte a criação de simulação e o ambiente de criação de AVCs, que foram desenvolvidos como parte deste trabalho e implementados pela autora deste mesmo. No capítulo 8 está descrito também o caso de uso que foi elaborado com a ajuda de especialistas no domínio de preparação e resposta a emergências, baseado nas informações requeridas na realização de exercícios simulados.

7 CRIAÇÃO DE ONTOLOGIAS DE EMERGÊNCIA PARA MODELAGEM DE SIMULAÇÕES E INTERPRETAÇÃO DE CONTEXTO

Neste capítulo são apresentadas as ontologias relacionadas à situação de emergências que foram criadas com participação significativa da autora deste trabalho. As ontologias são utilizadas na modelagem de simulações e na interpretação de contexto. O serviço de interpretação de contexto integra lógica *fuzzy* e ontologias para apoio à tomada de decisão de equipes de preparação e resposta a emergências e foi implementado por Campos (2009).

Como parte deste trabalho foi criada uma base de conhecimento, com o apoio do Corpo de Bombeiros de São Carlos e de Campos (2009), para facilitar a criação de AVCs para treinamento. Essa base de conhecimento é formada pelas ontologias e por um banco de dados de contextos que contém informações capturadas do monitoramento de ambientes físicos reais.

As ontologias identificadas para situações de emergência são seis: infra-estrutura, pessoa, equipamento, veículo, emergência e tática, conforme pode ser visto na Figura 38. As ontologias foram implementadas utilizando o editor Protégé e a linguagem de descrição de ontologias OWL-DL.

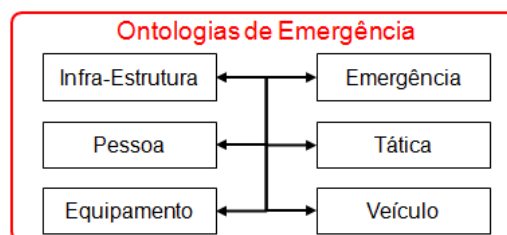


FIGURA 38. Ontologias de emergência.

O capítulo é organizado da seguinte forma: na seção 7.1 é descrita a ontologia infra-estrutura seguida da seção 7.2 na qual é descrita a ontologia pessoa. Na seção 7.3 é descrita a ontologia equipamento seguida da seção 7.4 na qual é descrita a ontologia veículo. Na seção 7.5 é descrita a ontologia emergência seguida da seção 7.6 na qual é descrita a ontologia tática. A seção 7.7 contém as considerações finais.

7.1 Ontologia infra-estrutura

A ontologia infra-estrutura suporta a representação de conhecimento de lugares físicos e dos equipamentos contra incêndio contidos neles, instalados de acordo com Decreto Estadual nº 46.076/01 que dispõe sobre as medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco (São Paulo, 2005a). A ontologia infra-estrutura também contém a descrição de equipamentos valiosos pertencentes ao patrimônio.

Na Figura 39 é apresentada a visão geral da ontologia de infra-estrutura. O conceito *Equipamento Patrimonial* é um conceito dessa ontologia, assim como *Lugar* e *Equipamento Contra Incêndio*. Cada retângulo é um conceito que representa uma classe em OWL. Os retângulos preenchidos em cinza são conceitos que contêm outros subconceitos. As setas tracejadas representam os relacionamentos entre os conceitos.

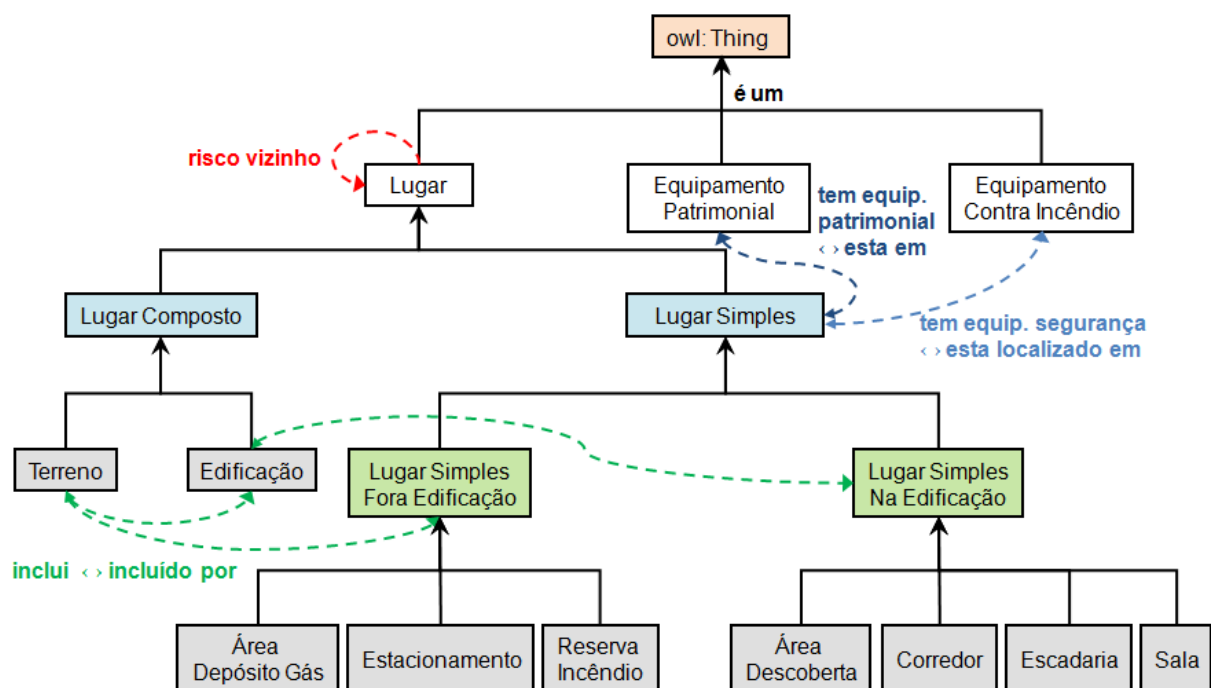


FIGURA 39. Visão geral da ontologia infra-estrutura.

Os lugares físicos são simples ou compostos. O lugar composto inclui outros lugares (por exemplo, um terreno pode incluir uma edificação e um estacionamento). Os lugares simples são incluídos por algum lugar composto (por exemplo, um estacionamento é incluído por um terreno e uma sala é incluída por

uma edificação). Na Figura 40 é mostrada a descrição do conceito *Sala*. Algumas das propriedades que os lugares físicos têm e que são importantes para as equipes de resgate incluem: quantidade de pessoas, carga incêndio e riscos vizinhos (lugares físicos que são vizinhos ao lugar descrito, eles podem ser ou não um risco potencial a alguma emergência).

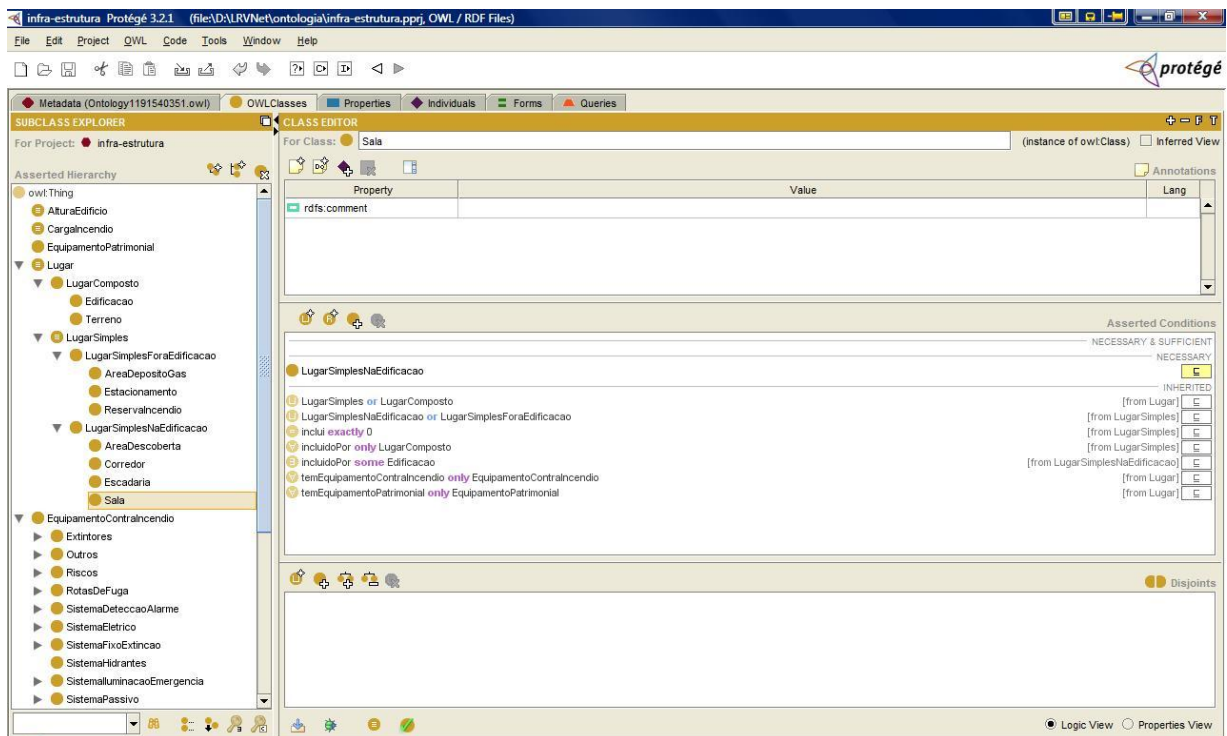


FIGURA 40. Descrição do conceito *Sala* utilizando o editor Protégé.

Com a ontologia infra-estrutura é possível pesquisar ambientes próximos ao local sinistrado (por exemplo, incêndio). É possível também, prevenir desastres devido à possibilidade de locais vizinhos apresentarem riscos relevantes (por exemplo, área de depósito de gás próxima a incêndio apresenta risco de explosão). Na Figura 41 pode ser vista a consulta dos riscos vizinhos da produção de uma indústria, usando o editor Protégé.

Os equipamentos contra incêndio incluem sistemas de hidrantes, elétrico, fixo de extinção, de detecção de alarme, passivo, de iluminação de emergência e também extintores, rotas de fuga, sinalizações para áreas de riscos, vasos e tanques entre outros equipamentos não classificados, conforme é mostrado pela Figura 42 (São Paulo, 2005a). Cada um desses conceitos, que são classes na ontologia de infra-estrutura, contém subclasses que as especificam.

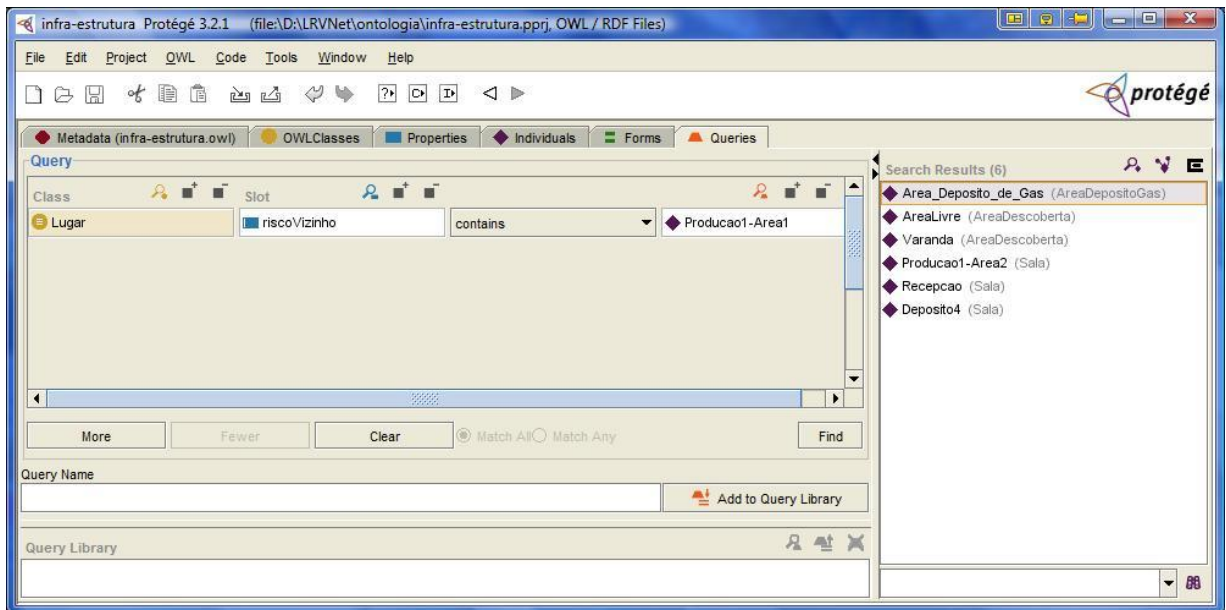


FIGURA 41. Consulta de risco vizinho no Protégé.

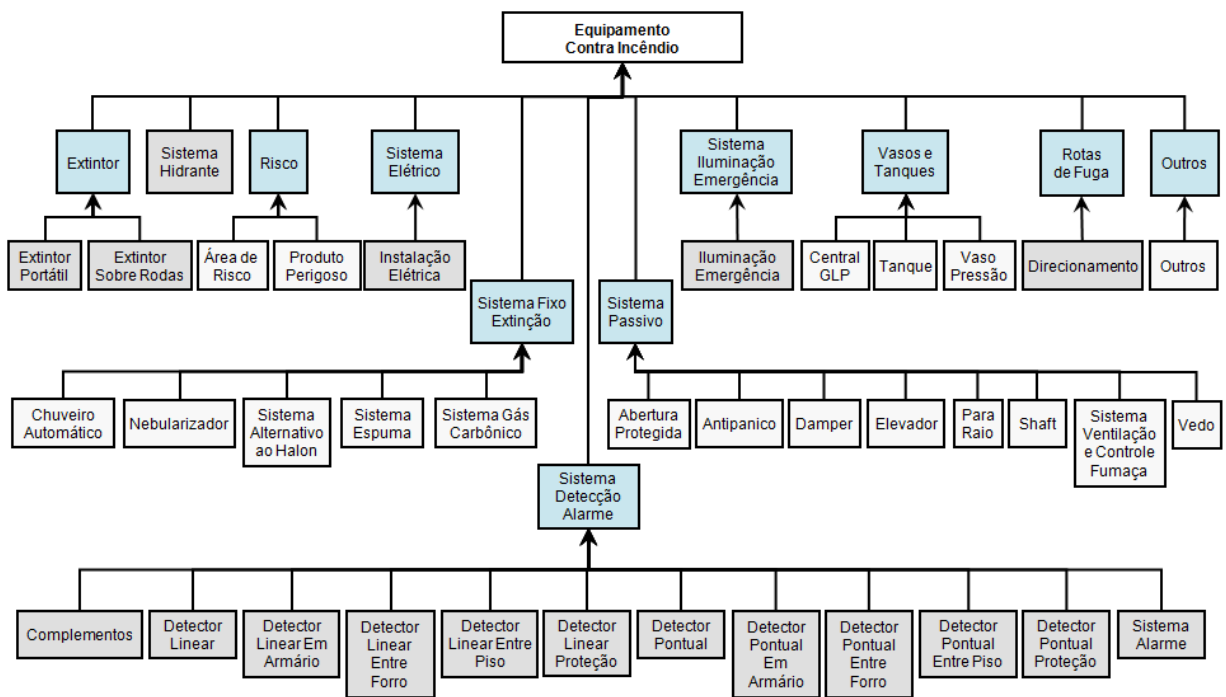


FIGURA 42. Visão geral das medidas de segurança contra incêndio que fazem parte da ontologia infra-estrutura.

Alguns conceitos e propriedades são apresentados na Tabela 6 para exemplificar a ontologia infra-estrutura. Os conceitos que estão indentados são sub-conceitos do conceito acima indentado, por exemplo, *LugarComposto* e *LugarSimple* são subconceitos de *Lugar*. O símbolo ▼ na frente de um conceito representa que ele é dividido em sub-conceitos.

TABELA 6. Alguns conceitos e propriedades da ontologia infra-estrutura.

CONCEITOS	PROPRIEDADES
▼ Lugar	
▼ Lugar Composto	
Edificação	classificação carga incêndio quantidade pessoas
Terreno	área total risco número pavimentos altura endereço
▼ Lugar Simples	
▼ Lugar Simples Fora Edificação	tem equipamento patrimonial (Equipamento Patrimonial) tem equipamento segurança (Equipamento Contra Incêndio) risco vizinho (Lugar) incluído por (Lugar) inclui (Lugar)
▼ Lugar Simples Na Edificação	tem equipamento patrimonial (Equipamento Patrimonial) tem equipamento segurança (Equipamento Contra Incêndio) risco vizinho (Lugar) incluído por (Lugar) inclui (Lugar)
▼ Equipamento Contra Incêndio	está localizado em (Lugar)
▼ Equipamento Patrimonial	está em (Lugar)

7.2 Ontologia pessoa

A ontologia pessoa expressa os conceitos de pessoas. As pessoas são classificadas em participantes (por exemplo, uma vítima) ou especialistas, que são as que estão envolvidas em alguma atividade de resgate a emergência (por exemplo, um bombeiro).

Essa ontologia contém propriedades de pessoa, tais como idade, sexo, postura (em pé, sentado ou deitado), estado da pessoa (em movimento ou parado), se está consciente (sim ou não) e qual a localização da pessoa na infra-estrutura. Cada especialista tem uma especialização, que é bombeiro (por exemplo, oficial, sargento, cabo e soldado), policial, paramédico, engenheiro de segurança, defensor civil ou brigadista de incêndio. Os especialistas seguem um protocolo de treinamento definido na ontologia tática. Na Figura 43 é apresentada uma visão geral da ontologia pessoa.

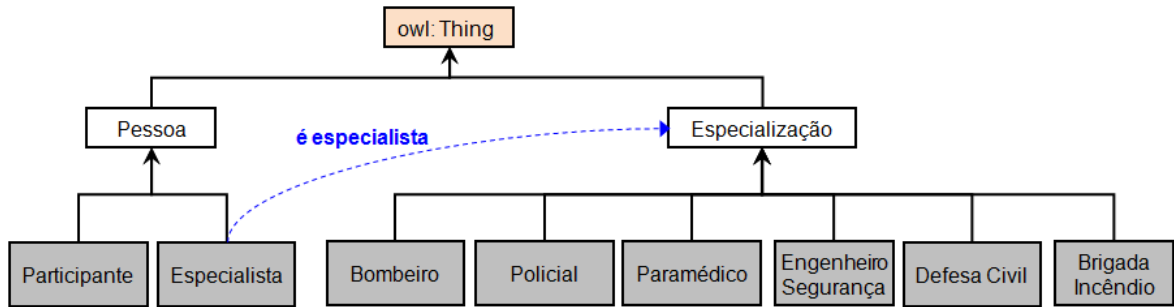


FIGURA 43. Visão geral da ontologia pessoa.

Alguns conceitos e propriedades são apresentados na Tabela 7 para exemplificar a ontologia pessoa.

TABELA 7. Alguns conceitos e propriedades da ontologia pessoa.

CONCEITOS	PROPRIEDADES
▼ Pessoa	
Participante	idade sexo (feminino, masculino) postura (em pé, sentado, deitado) estado (em movimento, parado) consciente (sim, não) está em (Lugar)
Especialista	especialização (Especialização) postura (em pé, sentado, deitado) estado (em movimento, parado) consciente (sim, não) está em (Lugar)
▼ Especialização	

7.3 Ontologia equipamento

A ontologia equipamento define um conjunto de conceitos e propriedades para a representação de objetos relacionados à preparação e resposta a emergências. Esses objetos são utilizados pelos especialistas.

O conceito *Proteção Individual* inclui equipamentos de proteção individual, tal como: bota, capacete, balaclava, capa, calça, luva, lanterna e machadinha. O conceito *Proteção Respiratória* inclui equipamentos de proteção respiratória: cilindro de oxigênio e máscara. Essa ontologia também pode conter outros materiais de salvamento em geral. Na Figura 44 é apresentada uma visão geral da ontologia equipamento.

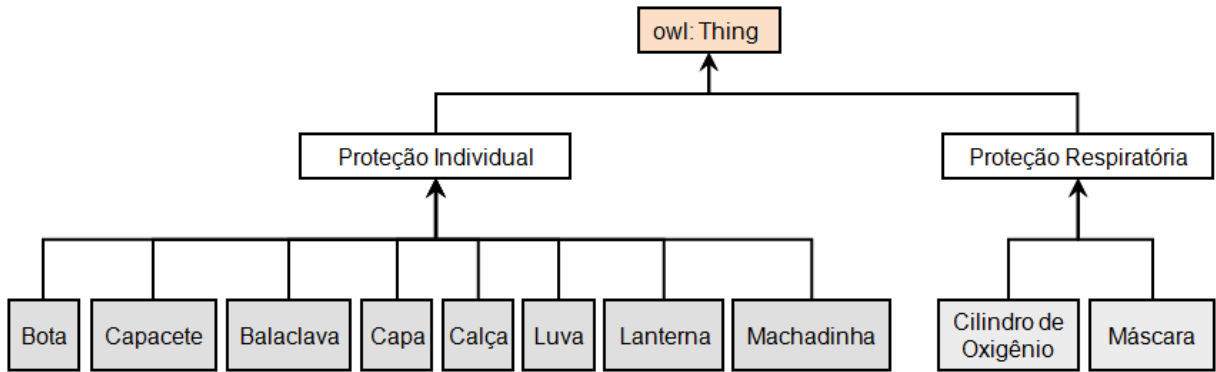


FIGURA 44. Visão geral da ontologia equipamento.

7.4 Ontologia veículo

A ontologia veículo define conceitos e propriedades para representar viaturas do corpo de bombeiro, tais como viaturas de resgate, de combate a incêndio, de apoio, entre outras. Alguns conceitos e propriedades são apresentados na Tabela 8 para exemplificar a ontologia veículo.

TABELA 8. Alguns conceitos e propriedades da ontologia veículo.

CONCEITOS	PROPRIEDADES
Auto Bomba	água radiador reserva água óleo está em (Lugar)
Auto Bomba Plataforma	água radiador reserva água óleo está em (Lugar)
Unidade Resgate	está em (Lugar)
Utilitário	está em (Lugar)
Veículo Orgânico ⁶	está em (Lugar)

Na Figura 45 é apresentada a visão geral da ontologia veículo. O código completo da ontologia veículo encontra-se no Apêndice A.

⁶ **Veículo Orgânico:** Viatura administrativa utilizada pelos comandantes da operação.

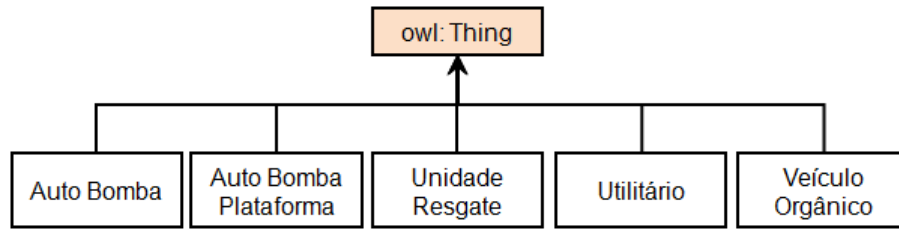


FIGURA 45. Visão geral da ontologia veículo.

7.5 Ontologia emergência

A ontologia emergência define um conjunto de conceitos e propriedades referentes a situações de emergência para suportar a representação de conhecimento e inferências sobre incidentes e acidentes. Para definir acidente, foram definidas falhas que ocorrem devido a três aspectos: imperícia (por exemplo, a pessoa não sabe pilotar avião), imprudência (por exemplo, a pessoa sabe pilotar avião, porém não teve devido cuidado no vôo) ou negligência (por exemplo, a pessoa não sabe pilotar avião nem toma os devidos cuidados). Quando há imperícia, imprudência ou negligência podem ocorrer incidentes. A somatória de incidentes pode gerar um acidente (por exemplo, mangueira do avião com vazamento levará à falta de combustível).

Neste primeiro momento foi desenvolvida a descrição de incêndio e explosão para a ontologia de emergência, conforme é mostrado na Figura 46.

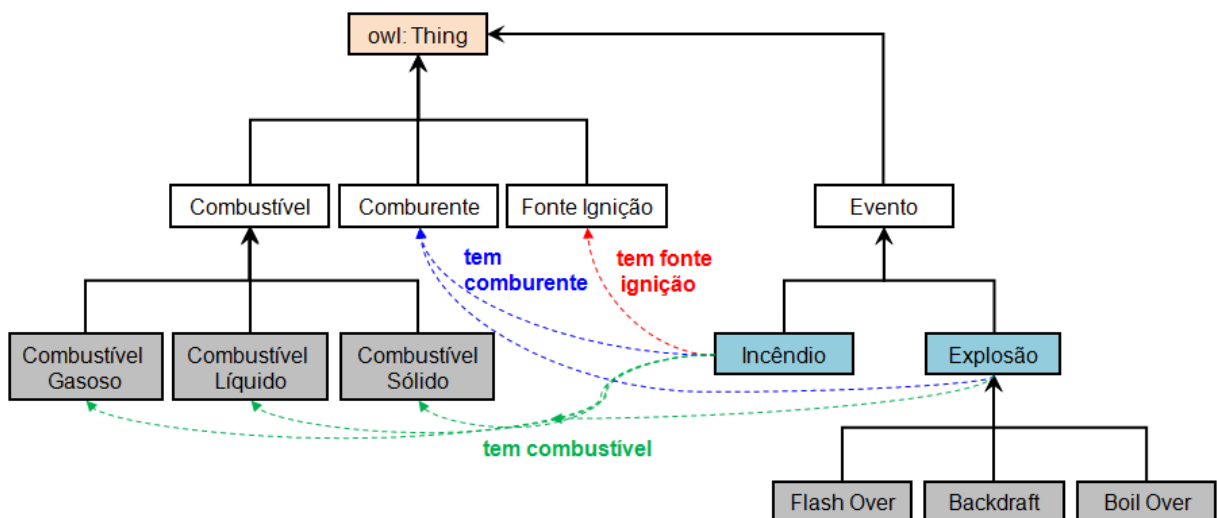


FIGURA 46. Visão geral da ontologia emergência.

A ontologia foi criada com os conceitos *Incêndio*, *Explosão*, *Combustível*, *Comburente* e *Fonte Ignição*.

Explosão é um fenômeno acompanhado de rápida expansão de um sistema de gases, seguida de uma rápida elevação na pressão; o principal efeito é o desenvolvimento de uma onda de choque com ruído (São Paulo, 2006a). Os três principais tipos de explosão, que foram descritos em nossa ontologia, são: *flash over*⁷, *backdraft*⁸ e *boil over*⁹.

O conceito *Combustível* contém os subconceitos *Combustível Gasoso*, *Combustível Líquido* e *Combustível Sólido*, que são os três tipos de combustíveis. As propriedades do conceito *Combustível* são ponto de fulgor¹⁰ e ponto de ignição¹¹.

Alguns conceitos e propriedades são apresentados na Tabela 9 para exemplificar a implementação da ocorrência de incêndio na ontologia emergência.

TABELA 9. Alguns conceitos e propriedades da ocorrência de incêndio e explosão da ontologia emergência.

CONCEITOS	PROPRIEDADES
▼ Comburente	
▼ Combustível	
Combustível Gasoso	ponto ignição ponto fulgor limite inferior inflamabilidade limite superior inflamabilidade
Combustível Líquido	ponto ignição ponto fulgor miscível água (sim, não)
Combustível Sólido	ponto ignição ponto fulgor
▼ Fonte Ignição	
▼ Evento	
▼ Incêndio	classificação incêndio (A- Sólidos Inflamáveis, B - Líquidos Inflamáveis, C - Equipamentos Energizados, D - Metais Pirofóricos) propagação do calor (condução, convecção, irradiação) fase incêndio(Fase Inicial, Queima Lenta, Queima Livre)

⁷ **Flash over:** Havendo uma oxigenação adequada com semelhante elevação da temperatura, o incêndio poderá progredir para uma ignição súbita generalizada.

⁸ **Backdraft:** Se a oxigenação é inadequada (incêndio controlado pela falta de ventilação) e a temperatura permanece em elevação então se ocorrer uma entrada brusca de oxigênio, haverá uma ignição explosiva.

⁹ **Boil over:** Ocorre quando há um arremesso de água para dentro de um tanque em chamas, com petróleo ou outro líquido combustível não miscível com a água.

¹⁰ **Ponto de fulgor:** Elevação de temperatura devido ao aquecimento que acarreta liberação de vapores do material, os quais se incendiam se houver uma fonte externa de calor. Nesse ponto, as chamas não se mantêm devido à pequena quantidade de vapores.

¹¹ **Ponto de ignição:** Temperatura na qual devido à continuidade no aquecimento do ponto de fulgor, atinge-se um ponto no qual o combustível, exposto ao ar, entra em combustão sem que haja fonte externa de calor.

	tem combustível (Combustível) tem comburente (Comburente) tem fonte ignição (Fonte Ignição) está acontecendo em (Lugar)
▼ Explosão	
Flash Over	temperatura igual ponto ignição combustível (sim, não) tem combustível (Combustível) tem comburente (Comburente)
Backdraft	tem oxigênio baixo (sim, não) houve abertura brusca no local (sim, não)
Backdraft	tem combustível (Combustível) tem comburente (Comburente)
Boil Over	tem água (sim, não) tem combustível (Combustível) tem comburente (Comburente)

7.6 Ontologia tática

A ontologia tática define um conjunto de conceitos e propriedades referentes a regras que a equipe de resgate tem que seguir. Um exemplo disso é o protocolo de operações de incêndio SICER, que são iniciais dos termos: salvamento¹², isolamento¹³, confinamento¹⁴, extinção¹⁵ e rescaldo¹⁶ (São Paulo, 2006b).

As técnicas de combate a incêndio são ventilação¹⁷ (realizada em qualquer etapa do protocolo) e ataques para extinção de incêndio (técnicas realizadas durante a etapa de extinção do protocolo SICER).

Na Figura 47 é apresentada a visão geral da ontologia tática. Alguns conceitos e instâncias são apresentados na Tabela 10 para exemplificar a ontologia tática.

¹² **Salvamento:** Antes do início dos trabalhos é importante rastrear a área sinistrada para detectar a presença de vítimas.

¹³ **Isolamento:** Após salvamento das vítimas, as áreas próximas ao foco de risco são isoladas para evitar propagação do incêndio.

¹⁴ **Confinamento:** Compreende o combate ao foco de incêndio propriamente dito.

¹⁵ **Extinção:** Com o decorrer das operações de combate, chega-se à extinção do foco de incêndio.

¹⁶ **Rescaldo:** Consiste na pesquisa de novos focos de incêndios que possam entrar em ignição (fagulhas).

¹⁷ **Ventilação:** São manobras para liberar a fumaça proveniente do incêndio.

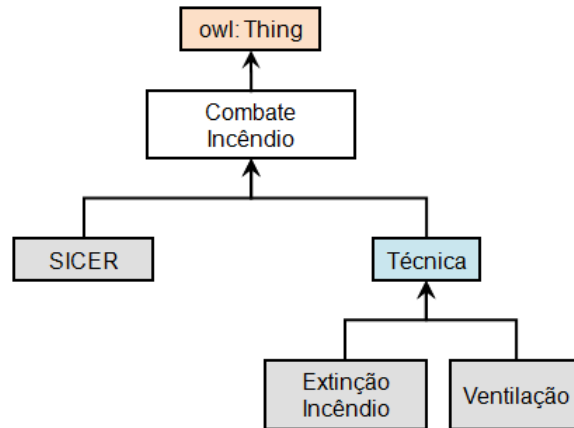


FIGURA 47. Visão geral da ontologia tática.

TABELA 10. Alguns conceitos e instâncias da ontologia tática.

CONCEITOS	INSTÂNCIAS
▼ Combate Incêndio	
SICER	[Salvamento, Confinamento, Isolamento, Extinção, Rescaldo]
▼ Técnica	
Extinção Incêndio	[Ataque Combinado, Ataque Direto, Ataque Indireto]
Ventilação	[Ventilação Horizontal, Ventilação Vertical]

7.7 Considerações Finais

Neste capítulo foram descritas as ontologias criadas no domínio de preparação e resposta a emergências. Cinco das ontologias criadas (infra-estrutura, pessoa, equipamento, emergência e tática) foram implementadas com auxílio de Campos (2009) e estão descritas em sua dissertação. A ontologia veículo, criada somente pela autora deste trabalho, está descrita no Anexo A. Essas seis ontologias são usadas na modelagem de simulação e também na interpretação de contexto. Os resultados obtidos na interpretação do que está acontecendo no ambiente físico real sendo monitorado são guardados em um banco de dados de contexto e ficam disponíveis para serem consultados. Os eventos consultados poderão ser utilizados em cenários de treinamento, o que facilitará a construção de uma simulação.

Uma arquitetura de suporte a modelagem e execução de simulações se faz necessária para facilitar a criação de diversos ambientes virtuais, que é o objetivo principal deste trabalho. Nessa arquitetura, que está descrita no próximo capítulo, é abordada a criação de AVCs utilizando as ontologias para descrever a história interativa e não linear da simulação ou os eventos reais de uma emergência.

8 PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA ARQUITETURA DE SUPORTE A MODELAGEM DE SIMULAÇÕES BASEADAS EM HLA PARA TREINAMENTO

A simulação de ambientes virtuais de treinamento introduz um ambiente seguro para investigar o comportamento e a resposta de humanos a situações de perigo, reduzindo os riscos reais de perdas de vida e patrimônio. Atualmente, os AVCs existentes são focados em aplicações específicas e têm uma arquitetura de suporte estreitamente ligada à aplicação. Assim, alterações na aplicação implicam em alterações na arquitetura, tornando difícil e custoso desenvolver ou estender estes AVCs existentes (Oliveira; Crowcroft; Slater, 2000). Mais ainda, a extensão ou alteração desses ambientes depende da atuação de especialistas em computação. Assim, é primordial que sistemas que facilitem a construção dessas simulações sejam construídos.

O objetivo deste trabalho é especificar uma arquitetura para suportar a construção, execução, gerenciamento e controle de simulações complexas voltadas à área de treinamento na preparação e resposta a emergências. Nessa arquitetura, existe um ambiente para a criação de AVCs que permite pessoas não necessariamente especialistas em programação de computadores instanciarem diversos cenários de treinamento. Para isso, são utilizadas múltiplas ontologias para a modelagem da história da simulação (cenário, personagens, objetos e eventos) em conformidade com o padrão HLA. Foi criado um processo de modelagem e execução de simulação baseado no padrão FEDEP/HLA e nos roteiros utilizados para a realização de exercícios simulados usados pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

Este capítulo é organizado da seguinte forma: na seção 8.1 são descritas as ontologias de simulação. Na seção 8.2 é descrita a arquitetura de suporte a criação de simulações. Na seção 8.3 são descritas as atividades realizadas por programador e treinador. Na seção 8.4 são introduzidos o processo de modelagem e execução da simulação e os módulos da arquitetura envolvidos neste trabalho. As etapas do processo de modelagem e execução de simulação

deste trabalho são descritas na seção 8.5. O ambiente de criação de AVCs é apresentado na seção 8.6. Na seção 8.7 é descrito um caso de uso para simulação de treinamento. A seção 8.8 contém as considerações finais.

8.1 Descrição das Ontologias de Simulação

As ontologias de simulação são formadas pelas seis ontologias de emergência (infra-estrutura, pessoa, equipamento, veículo, emergência e tática) mais a ontologia simulação, conforme pode ser visto na Figura 48. A ontologia de simulação pertence somente ao domínio para se criar um modelo de simulação e não ao domínio de preparação e resposta a emergência. As ontologias de emergências estão descritas no capítulo 7.

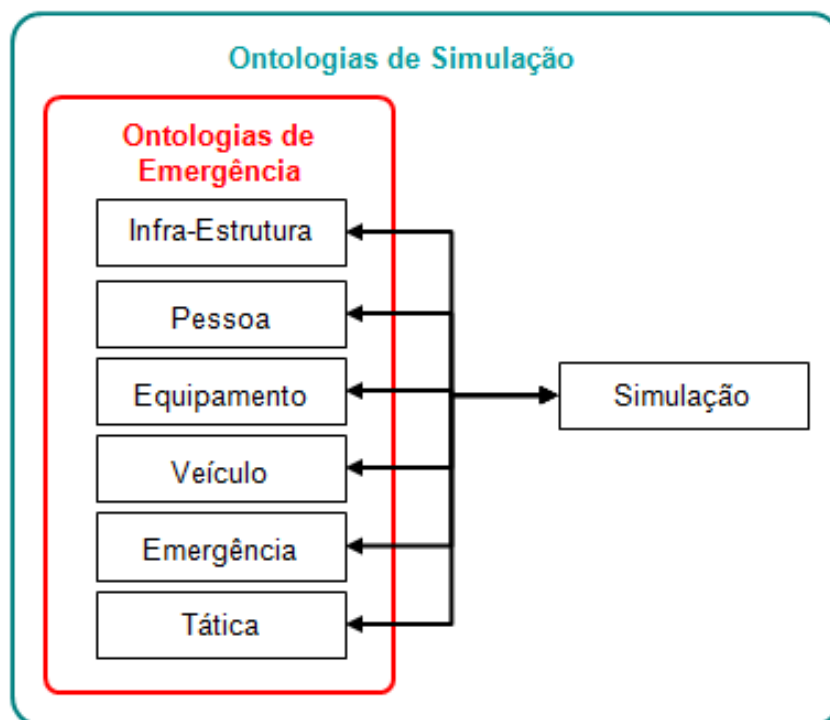


FIGURA 48. Integração ontologias de simulação.

A ontologia simulação integra conceitos para descrever cenários, personagens, objetos, estratégias e eventos do modelo de simulação, conforme pode ser visto na Figura 49. Cenário é composto por uma infra-estrutura onde podem ocorrer casos de emergências. Os personagens e objetos presentes em

algum local da infra-estrutura são compostos de pessoas (por exemplo, vítimas e bombeiros), veículos (por exemplo, viaturas de combate a incêndio) e equipamentos (por exemplo, equipamentos de proteção individual e respiratória). As estratégias para combater a emergência envolvem infra-estrutura do local, táticas empregadas, pessoas envolvidas, equipamentos e veículos utilizados. Eventos podem ser pré-agendados em uma lista para acontecerem durante a simulação. Eles podem envolver emergências, pessoas e infra-estrutura.

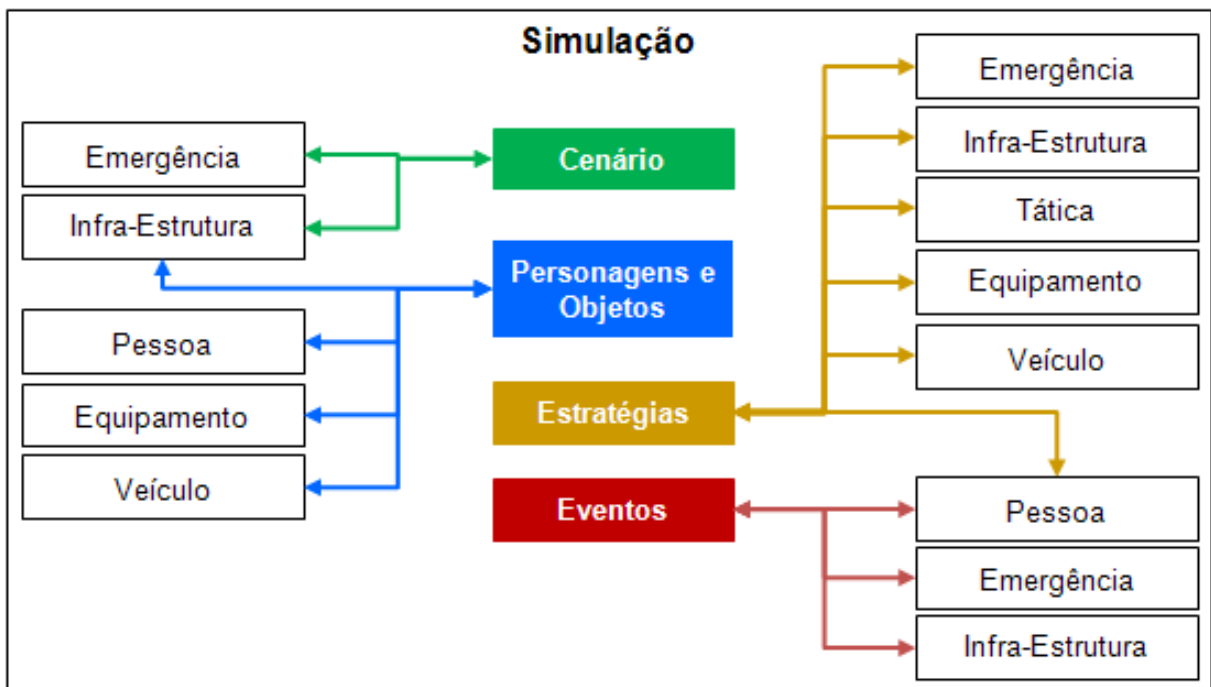


FIGURA 49. Integração das ontologias para criação da simulação.

A ontologia simulação desenvolvida como parte deste trabalho está de acordo com a definição de história dada por Chatman (1978), que está descrita na seção 4.2 do capítulo 4. Essa ontologia envolve a criação de uma história com universo (cenário e personagens) e eventos. Foi adicionada a criação de estratégias que permitirão a verificação das ações executadas pelos *trainees*, isto é, se estão corretas ou não. O diagrama da divisão da história (Chatman, 1978) adaptado para este trabalho, pode ser visto na Figura 50. Neste primeiro momento não foram descritos conceitos para representar as ações dos usuários, mas poderão ser feitos em trabalhos futuros. O código completo da ontologia simulação encontra-se no Apêndice B.



FIGURA 50. Diagrama da divisão da história (adaptado de [Chatman, 1978]).

8.2 Arquitetura de Suporte a Criação de Simulações

Para que simulações de treinamento baseadas no padrão HLA possam ser geradas, foi criada, como parte deste trabalho de mestrado, uma arquitetura de suporte, mostrada na Figura 51, cujos módulos são descritos a seguir.

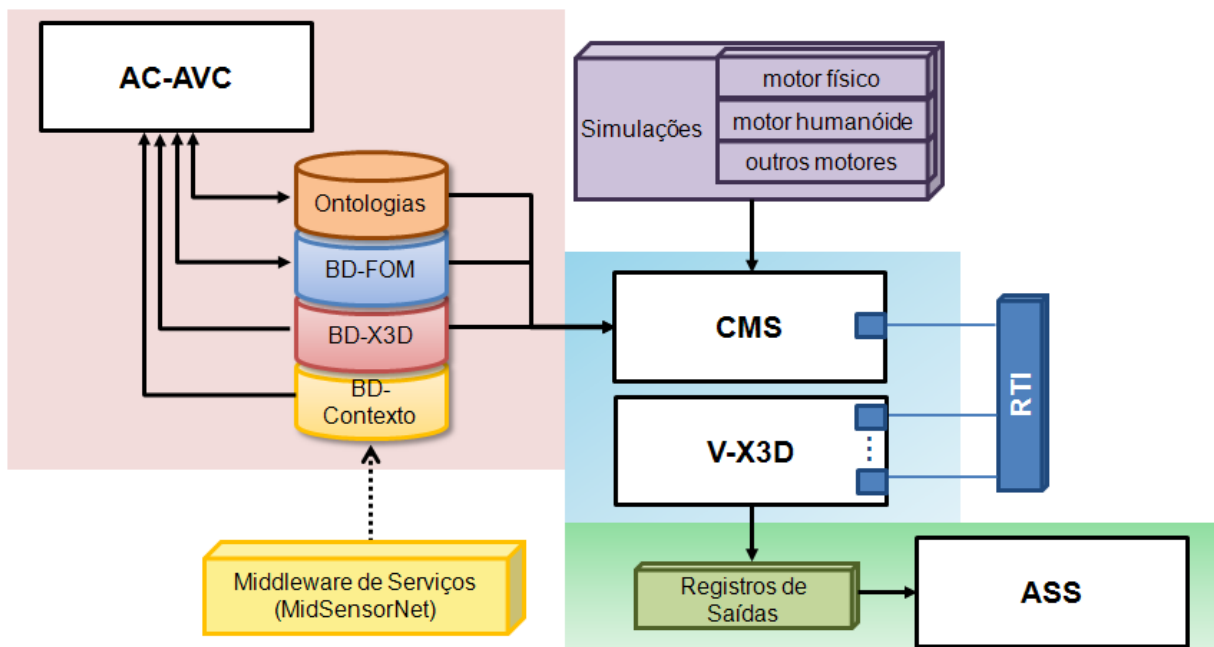


FIGURA 51. Visão geral da arquitetura de suporte a simulações.

- O Ambiente de Criação de AVCs (**AC-AVC**) utiliza o conceito de histórias interativas não lineares para facilitar a criação de AVCs por profissionais da área de preparação e resposta a emergências. Nesse ambiente, o treinador pode modelar uma simulação de treinamento instanciando as ontologias. Esse ambiente

gera os modelos de objetos (FOM) necessários para que uma federação HLA possa ser criada;

- As **Simulações** contêm múltiplas simulações que são integradas a diversos motores responsáveis pela simulação física, de humanos, entre outras, para tornar o ambiente virtual mais realístico;

- As **Ontologias**, que foram construídas para o domínio de gerenciamento de emergências em plantas industriais e para o domínio de simulação, são usadas para estruturar a história da simulação;

- O banco de dados de arquivos FOM (**BD-FOM**) armazena todos os FOMs dos modelos de objetos das simulações criadas;

- O banco de dados de modelos geométricos X3D (**BD-X3D**) contém modelos X3D de ambientes físicos no domínio da aplicação (gerenciamento da emergência em plantas industriais);

- O banco de dados de contextos (**BD-Contexto**) contém dados de contexto gravados em dois níveis. O primeiro, nível de fusão em que os dados, capturados por sensores no ambiente físico sob monitoramento em tempo-real, são agregados. O segundo, nível de interpretação de contexto em que os dados são interpretados pela inferência a base de conhecimento (ontologias e regras fuzzy). Esse banco de dados é gerado por um middleware de serviços (MidSensorNet) que monitora ambientes físicos em tempo real (projeto sendo desenvolvido pelo LRVNet). Existem duas vantagens para os treinadores em consultar eventos no BD-Contexto: a criação de um AVC de modo fácil e a modelagem de uma simulação a partir de informações de situações reais;

- O Controlador / Monitor de Simulação (**CMS**) é responsável por criar a federação (conjunto de federados em uma simulação baseada em HLA) utilizando as ontologias e o arquivo FOM do BD-FOM. No CMS, o treinador escolhe o modelo de simulação que quer utilizar no treinamento, inicia a federação e tem um federado de visualização para controlar e monitorar a simulação;

- Os Visualizadores X3D (**V-X3D**) são gerados por um framework que cria federados de visualização (simulações que têm conformidade com o padrão HLA). Como esse visualizador é baseado no padrão X3D para a Web, não apenas 3D pode ser visualizado, mas também permite a integração com diferentes tipos de mídia. A descrição desse framework é dada em Iwasaki (2008). Em cada

visualizador X3D, um *trainee* pode controlar seu avatar, e tomar decisões por ele. Toda ação feita no visualizador é registrada para análise posterior dos resultados obtidos com o treinamento. Os federados de uma mesma federação comunicam entre si por meio do RTI;

- O **Repositório de Saídas** da simulação contém o registro de toda ação realizada pelos *trainees*. O AC-AVC suporta a criação de estratégias para combater a emergência, o que possibilita a verificação e validação das atividades realizadas pelos *trainees*, podendo ser geradas saídas desses resultados para avaliações futuras;
- O Analisador de Saídas de Simulação (**ASS**) é uma ferramenta para ler as saídas da simulação e gerar relatórios para o comandante de treinamento.

8.3 Atividades realizadas por programador e treinador

A arquitetura proposta neste trabalho visa facilitar a criação de diversos modelos de simulação, por um treinador especializado em preparação e resposta a emergência. Para isso, algumas atividades devem ser realizadas anteriormente por um programador. O programador é responsável por: criar e integrar novas ontologias; modelar os objetos em X3D; descrever o arquivo FOM de cada objeto de uma simulação; e programar o código fonte das simulações utilizando os motores de simulações disponíveis. O treinador (autor da história) é responsável por criar o modelo de simulação utilizando o AC-AVC, conforme pode ser visualizado na Figura 52.

8.4 Processo de Modelagem e Execução da Simulação e Módulos da Arquitetura Envolvidos

O processo de modelagem e execução de simulação, desenvolvido para a arquitetura proposta por este trabalho, consiste de três etapas: desenvolver modelo de simulação, executar modelo de simulação e analisar as saídas. Cada

etapa contém módulos e ferramentas que permitem a realização das atividades envolvidas nela, conforme apresentado na Figura 53. As atividades e os módulos de cada etapa são descritos a seguir.

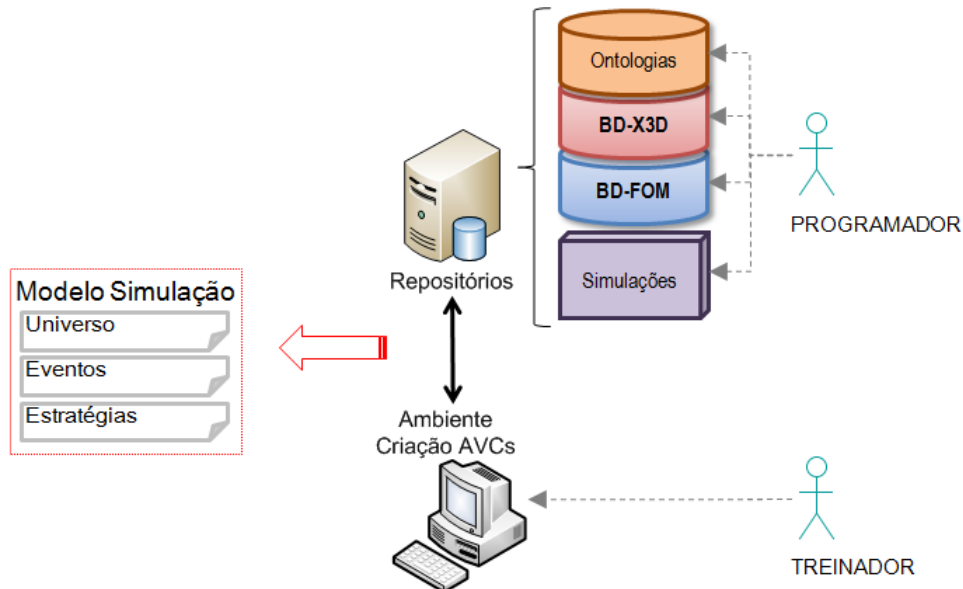


FIGURA 52. Diagrama de pessoal envolvido.

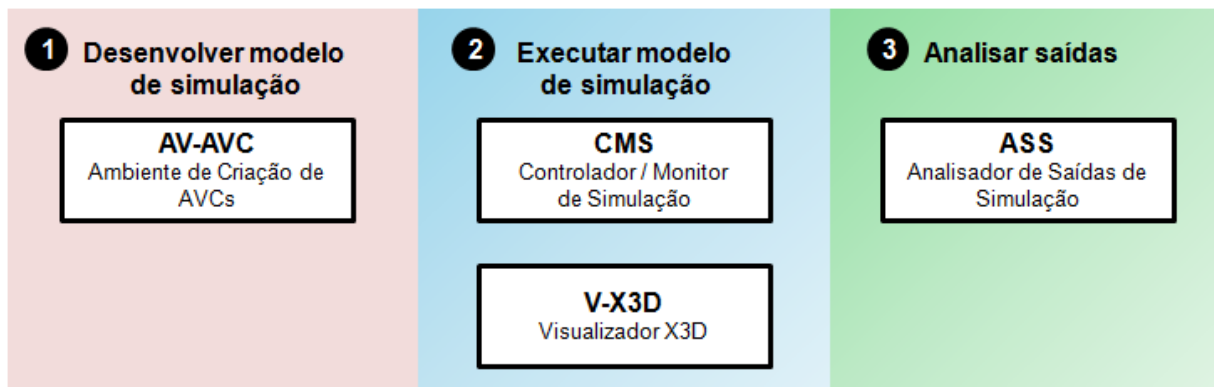


FIGURA 53. Etapas do processo e módulos da arquitetura envolvidos.

Na primeira etapa, o treinador pode integrar e instanciar as ontologias utilizando o AC-AVC. Assim, a simulação é modelada e ele pode testar o modelo de simulação criado. O AC-AVC gera automaticamente o arquivo FOM. Na segunda etapa, o treinador pode criar a federação por meio do modelo de simulação gerado na etapa anterior, utilizando o módulo CMS. Os *trainees* podem testar suas habilidades utilizando o módulo V-X3D. Na terceira etapa, o treinador pode visualizar e gerar relatórios de desempenho de cada *trainee* utilizando a ferramenta ASS. As atividades envolvidas em cada etapa são detalhadas na próxima seção.

8.5 Etapas do Processo de Modelagem e Execução de Simulação

Para que modelos de simulações de treinamento baseadas no padrão HLA possam ser criados, foi desenvolvido, como parte deste trabalho de mestrado, um processo de modelagem e execução de simulação, mostrado na Figura 54.

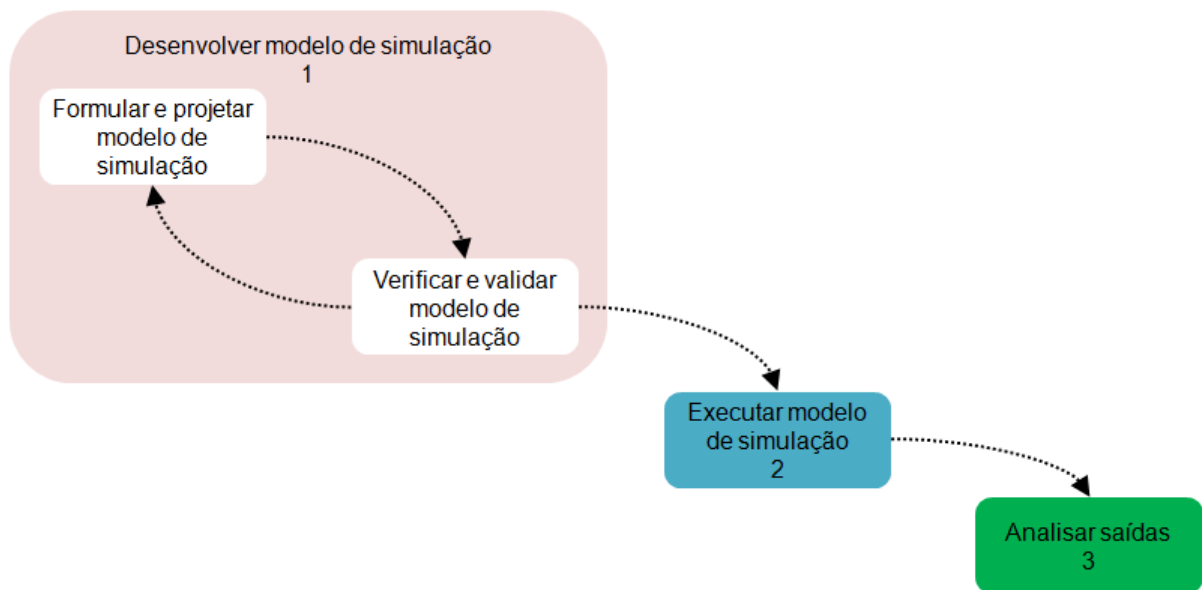


FIGURA 54. Visão geral do processo de modelagem e execução de simulação, criado neste trabalho.

Cada etapa do processo contém um conjunto de atividades. Essas etapas e atividades foram criadas de acordo com o padrão FEDEP/HLA (descrito na seção 3.5 do capítulo 3) e os roteiros para realização de exercícios simulados usados pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (descrito na seção 6.1 do capítulo 6). A etapa de desenvolvimento do modelo da simulação é dividida em duas fases. A primeira fase inclui atividades para formular e projetar o modelo de simulação. A segunda inclui atividades para verificar e validar o modelo de simulação. A etapa de execução do modelo de simulação contém atividades para criar e excluir federação e federados, bem como todas as envolvidas na atualização da federação (cada *trainee* visualiza a simulação em um federado). A etapa de análise de saídas contém atividades para verificar o desempenho de cada *trainee*. Cada etapa é detalhada a seguir.

8.5.1 Etapa 1 - Desenvolver modelo de simulação

A primeira etapa, desenvolver modelo de simulação, envolve atividades da modelagem de simulação. Ela é dividida em duas fases: formular e projetar o modelo de simulação e verificar e validar o modelo de simulação, conforme pode ser visto na Figura 55. Cada fase é detalhada a seguir.

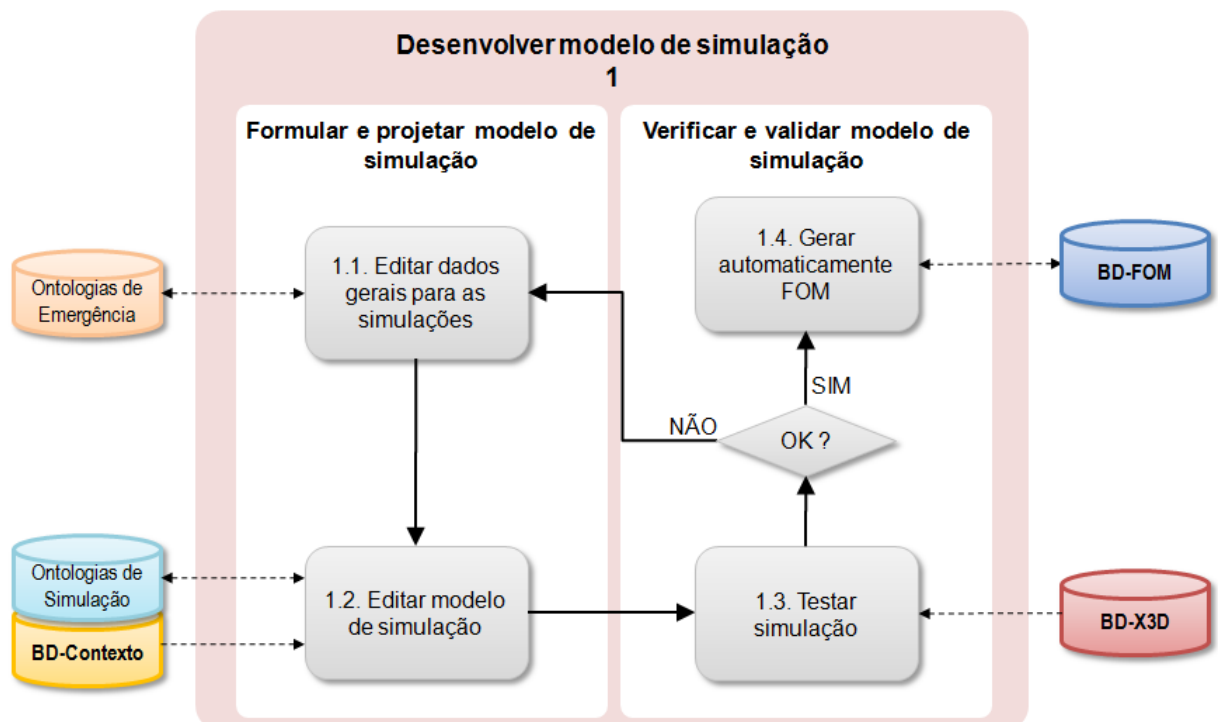


FIGURA 55. Visão geral das atividades da etapa de desenvolvimento do modelo de simulação.

8.5.1.1 Etapa 1 / Fase 1 - Formular e projetar modelo de simulação

Para formular e projetar o modelo de simulação são realizadas duas atividades:

- **Atividade 1.1:** Editar dados gerais para as simulações. O treinador deve instanciar as ontologias de emergência utilizando o AC-AVC que está descrito na seção 8.5 deste capítulo. As informações instanciadas nessa atividade podem ser vista na Figura 56;

- **Atividade 1.2:** Editar modelo de simulação. O treinador deve instanciar as ontologias de simulação utilizando o AC-AVC. As informações instanciadas nessa atividade podem ser vista na Figura 57.

1.1. Editar dados gerais para as simulações (ontologias de emergência)	
Instanciar ontologia infra-estrutura	
	Instanciar lugares
	Instanciar equipamentos contra incêndio
	Instanciar equipamentos patrimoniais
Instanciar ontologia pessoa	
	Instanciar especialistas
	Instanciar participantes
Instanciar ontologia equipamento	
	Instanciar equipamento de proteção individual
	Instanciar equipamento de proteção respiratória
Instanciar ontologia veículo	
	Instanciar auto-bomba
	Instanciar auto-bomba plataforma
	Instanciar unidade de resgate
	Instanciar veículo utilitário
	Instanciar veículo orgânico
Instanciar ontologia emergência	
	Instanciar dados da emergência
Instanciar ontologia tática	
	Instanciar táticas de resposta à emergência

FIGURA 56. Informações instanciadas na atividade de edição de dados para as simulações.

8.5.1.2 Etapa 1 / Fase 2 - Verificar e validar modelo de simulação

Na fase validar e verificar o modelo de simulação duas atividades são realizadas:

- **Atividade 1.3:** Testar simulação. O treinador pode testar a simulação e caso seja necessário ele pode retornar a fase de formulação do modelo de simulação.
- **Atividade 1.4:** Gerar automaticamente FOM. O AC-AVC gera o arquivo FOM.

1.2. Editar modelo de simulação (ontologias de simulação)		
Instanciar ontologia simulação		
Definir cenário	Evento	
	Quando	
	Onde	
	Situação	
	Avaliação preliminar	
	Objetivos	
	Direção do vento	
Definir personagens e objetos	Bombeiros	Oficial Sargento Cabo Soldado
	Brigada de incêndio	Comandante brigada Brigadista
	Outros Especialistas	
	Vítimas	Homem Mulher Criança
	Veículos	AB - Auto-Bomba ABP- Auto-Bomba Plataforma UR - Unidade de Resgate UT - Utilitário VO - Veículo Orgânico
Definir estratégias	Posicionamento viaturas	
	Linhas de ataque	
Definir lista de eventos e suas pré-condições	Descrição	
	Evento	
	Tempo da simulação em que ocorre o evento ou Pré-condições	

FIGURA 57. Informações instanciadas na atividade de edição do modelo de simulação.

8.5.2 Etapa 2 - Executar modelo de simulação

A segunda etapa, executar modelo de simulação, envolve o treinamento de pessoas. Nessa etapa são utilizados os visualizadores: Controlador / Monitor da Simulação (CMS) e Visualizador X3D (VX3D). Eles formam o conjunto de

federados, comunicando-se por meio do RTI, em uma federação para treinamento, conforme pode ser visto na Figura 58.

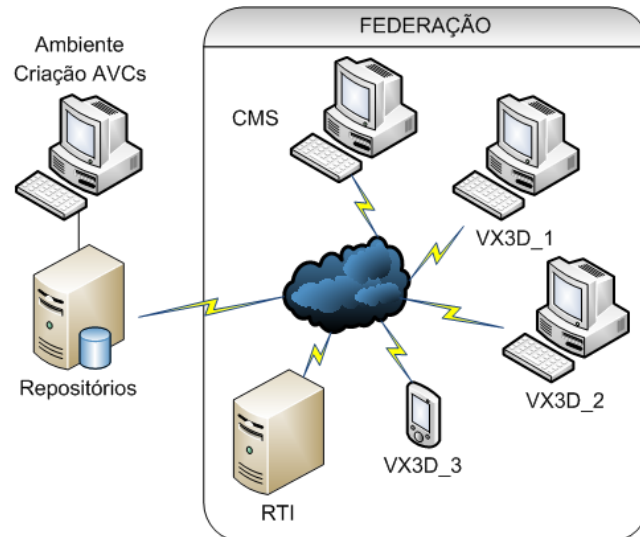


FIGURA 58. Visão geral da federação especificada neste trabalho.

Na fase executar o modelo de simulação seis atividades são realizadas conforme pode ser visto na Figura 59. Cada atividade é detalhada a seguir.



FIGURA 59. Visão geral das atividades da etapa de execução do modelo de simulação.

- Atividade 2.1:** Escolher o modelo de simulação. O treinador pode escolher um modelo de simulação, criado na etapa anterior e armazenado na ontologia de simulação, utilizando o CMS;

- **Atividade 2.2:** Criar a federação. O CMS cria a federação a partir do modelo de objetos da federação (FOM) armazenado no BD-FOM;
- **Atividade 2.3:** Entrar na federação. O CMS solicita a entrada na federação criada ao RTI. Cada *trainee* deve possuir um visualizador V-X3D e solicitar a entrada na federação sendo executada. Cada participante se torna um federado e é responsável pelo controle de um avatar;
- **Atividade 2.4:** Estabelecer requerimentos de dados iniciais. O CMS e os V-X3D recebem todos os dados iniciais da simulação, isto inclui também os modelos X3D do ambiente virtual;
- **Atividade 2.5:** Controlar e monitorar federados e federação. O treinador pode monitorar a federação e cada *trainee* pode controlar um federado, que é um avatar na simulação. Nessa atividade, os principais eventos envolvidos são: requisitar/permitir avanço do tempo; registrar/descobrir instâncias de objetos; atualizar/refletir valores de atributos; enviar/receber interações e apagar/remover instâncias de objetos;
- **Atividade 2.6:** Excluir a federação. O treinador pode encerrar a simulação por meio da exclusão da federação utilizando o CMS.

8.5.3 Etapa 3 - Analisar saídas

A terceira etapa, analisar saídas, envolve a análise do desempenho de cada *trainee*. Nessa etapa, o treinador pode gerar relatórios de cada treinamento e verificar qual a necessidade de aprendizado de cada um. São realizadas três atividades, conforme pode ser visto na Figura 60:

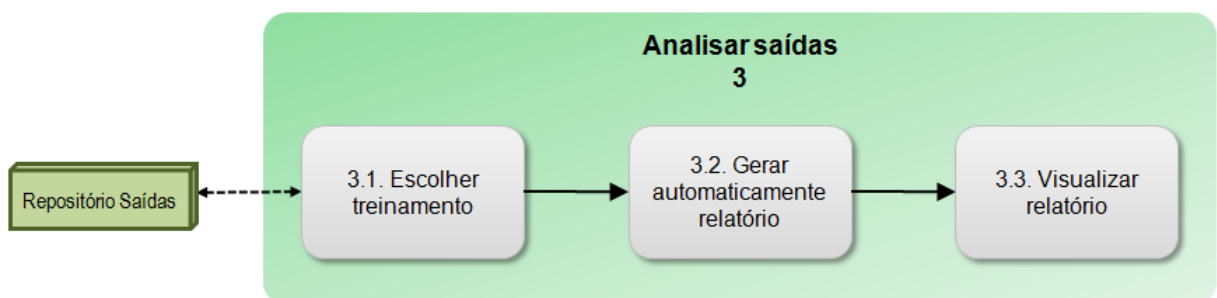


FIGURA 60. Visão geral das atividades da etapa de análise de saídas.

- **Atividade 3.1:** Escolher treinamento. O treinador escolhe o treinamento realizado, utilizando a ferramenta ASS.
- **Atividade 3.2:** Gerar automaticamente relatório. O ASS lê as informações do repositório de saídas e gera o relatório geral do treinamento.
- **Atividade 3.3:** Visualizar relatório. O treinador pode visualizar o relatório do treinamento que ele escolheu.

8.6 Ambiente de Criação de AVCs

O ambiente de criação de AVCs é a ferramenta para o desenvolvimento do modelo de simulação (etapa 1 do processo de desenvolvimento e execução da simulação). Neste trabalho parte desse ambiente foi implementado, o que corresponde à fase 1 dessa etapa (formular e projetar modelo de simulação). A fase 2 (verificar e validar modelo de simulação) deverá ser implementada em um trabalho futuro. Na Figura 61 é apresentada a tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais para as simulações, nessa tela é possível alternar a edição das seis ontologias: infra-estrutura, pessoa, equipamento, veículo, emergência e tática.

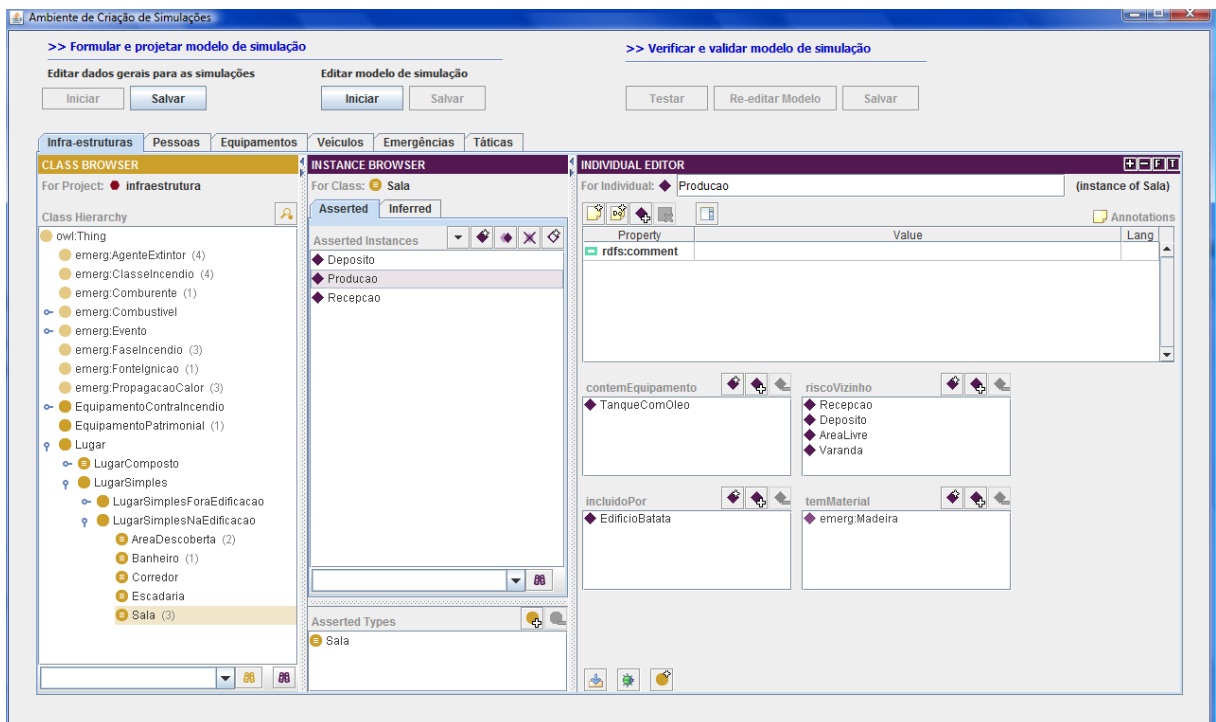


FIGURA 61. Tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais (infra-estruturas) para as simulações.

Na Figura 62 é apresentada a tela do AC-AVC na qual é possível editar o modelo de simulação específico combinando dados de todas as ontologias.

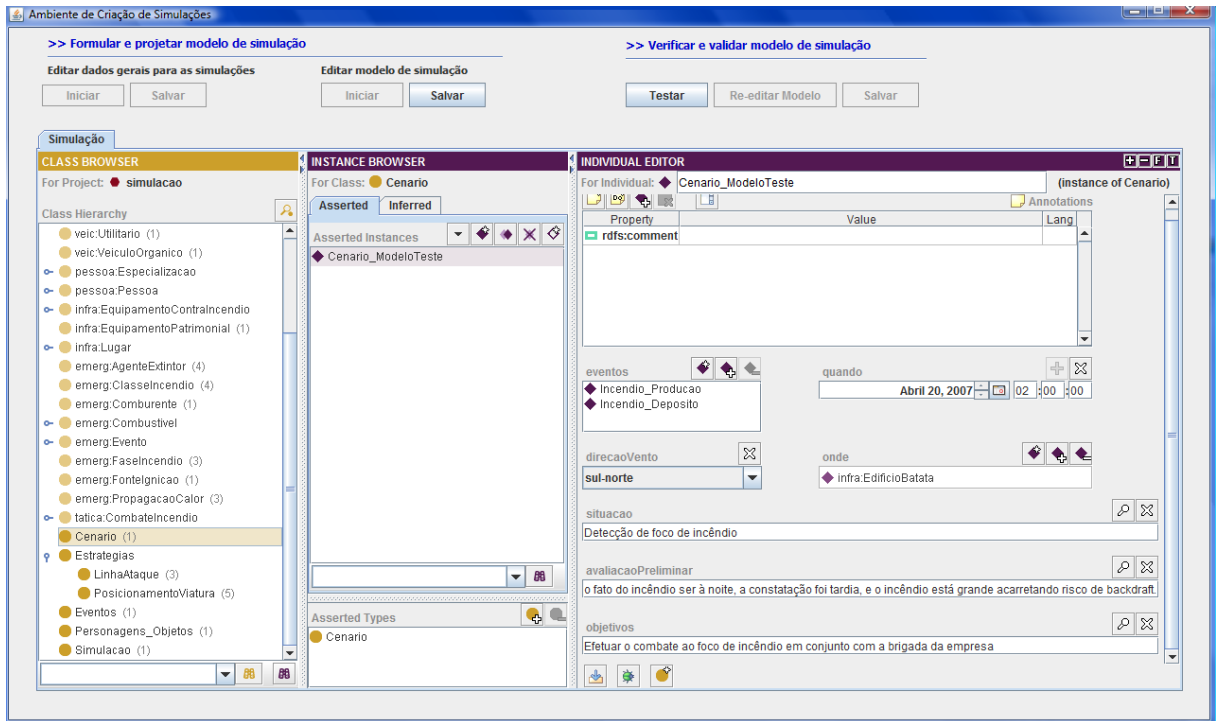


FIGURA 62. Tela do AC-AVC na qual é possível editar o modelo de simulação.

O AC-AVC foi implementado utilizando a linguagem Java. A instanciação da simulação dentro do AC-AVC foi implementada utilizando a API Protégé-OWL, biblioteca Java *open-source* que fornece classes e métodos para ler e salvar arquivos OWL, e também implementa uma interface gráfica do usuário (Knublauch, 2006). Todas as telas do AC-AVC são apresentadas no Apêndice C.

8.7 Caso de Uso: Instanciando as Ontologias para Simulações de Treinamento

Para a realização de um caso de uso, foi utilizada uma planta industrial com grandes riscos de acidentes de incêndio: indústria de batatas fritas. O caso de uso foi desenvolvido com o apoio do Corpo de Bombeiros de São Carlos. Na Tabela 11 é apresentado o resumo das informações para a definição do cenário do caso de uso e na Tabela 12 o resumo das informações para a definição dos personagens e objetos.

TABELA 11. Resumo das informações para a definição do cenário do caso de uso.

INFORMAÇÃO	INSTÂNCIA
Evento	Incêndio em depósito e em produção de batatas frita
Quando	20/04/2008 - 02:00 h
Onde	Indústria de batatas frita
Situação	Detecção de foco de incêndio.
Avaliação preliminar	Risco de queimaduras e exposição a gases tóxicos. Pelo fato do incêndio ser à noite, a constatação foi tardia, e o incêndio está grande acarretando risco de backdraft.
Objetivos	Efetuar o combate ao foco de incêndio em conjunto com a brigada da empresa.
Direção do vento	Sul – Norte.

TABELA 12. Resumo das informações para a definição dos personagens e objetos do caso de uso.

INFORMAÇÃO	QUANTIDADE
Bombeiros	Oficial: 01 Sargento: 03 Cabo: 06 Soldado: 05
Brigada de incêndio	Comandante brigada: 01 Brigadista: 05
Vítimas	Homem: - Mulher: - Criança: -
Veículos	AB - Auto-Bomba: 01 ABP- Auto-Bomba Plataforma: 01 UR - Unidade de Resgate: 01 UT - Utilitário: 01 VO - Veículo Orgânico: 01

O modelo 3D da infra-estrutura foi criado para a simulação. Modelos 3D de bombeiros e veículos de combate a incêndio foram baixados do armazém do ©Google SketchUp 3D¹⁸ e convertidos para arquivos X3D. Todos os modelos geométricos são mantidos em um banco de dados de modelos X3D (BD-X3D). Na Figura 63 pode ser vista a planta industrial em 3D do caso de uso.

Todas as informações para a simulação de treinamento são adicionadas (instanciadas) e/ ou selecionadas no AC-AVC. Inicialmente, a ontologia de infra-estrutura foi instanciada com as informações da planta industrial. Logo após, foi instanciado a ontologia de pessoa com todo o efetivo do Corpo de Bombeiros que participará do treinamento, juntamente com a instanciação dos equipamentos que eles possuem e das viaturas de combate a incêndio que podem ser utilizadas.

Na ontologia de emergência, foram instanciadas as condições iniciais requeridas para que um incêndio ocorra (combustível específico, fonte de ignição e comburente). No caso de uso, a situação de emergência é um incêndio, tendo como

¹⁸ <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>

origem a área da produção (área #1). O incêndio é gerado pela combinação de combustível (sólido inflamável - caixas de papelão na produção), comburente (oxigênio) e fonte de ignição (curto-circuito). As áreas de riscos vizinhos são adicionadas a esse caso de uso: próximo da área #1 há um depósito fechado (área #2), também com um incêndio; próximo as áreas #1 e #2 têm recepção (área #3), varanda (área #4) e área livre (área #5); conforme pode ser visto na Figura 64. Na área #2, por ser um local fechado, se houver uma abertura brutal na porta ocorrerá uma explosão por *backdraft*. A incidência de *backdraft* pode causar graves lesões na equipe de salvamento. Nesse caso, o mapeamento dos riscos vizinhos (área #2), é mais importante do que o risco principal (área #1). Os outros riscos vizinhos (área #3, #4 e #5) são menos importantes. Na ontologia tática, as técnicas e táticas de combate, utilizadas nesse caso de uso, foram instanciadas.



FIGURA 63. Planta 3D da indústria de batatas fritas.

Por fim, a ontologia de simulação é instanciada, ela integra as outras seis ontologias para um modelo específico de simulação. O objetivo do treinamento, o cenário (infra-estrutura que é utilizada e emergências que ocorrem), os personagens (equipe de salvamento), as estratégias de combate (as táticas que devem ser empregadas nos eventos de emergência que podem ocorrer e também o mapeamento das linhas de ataque e a posição das viaturas no cenário) e outros eventos que podem ser agendados para iniciarem durante a simulação dado uma precondição, são instanciados na ontologia de simulação.

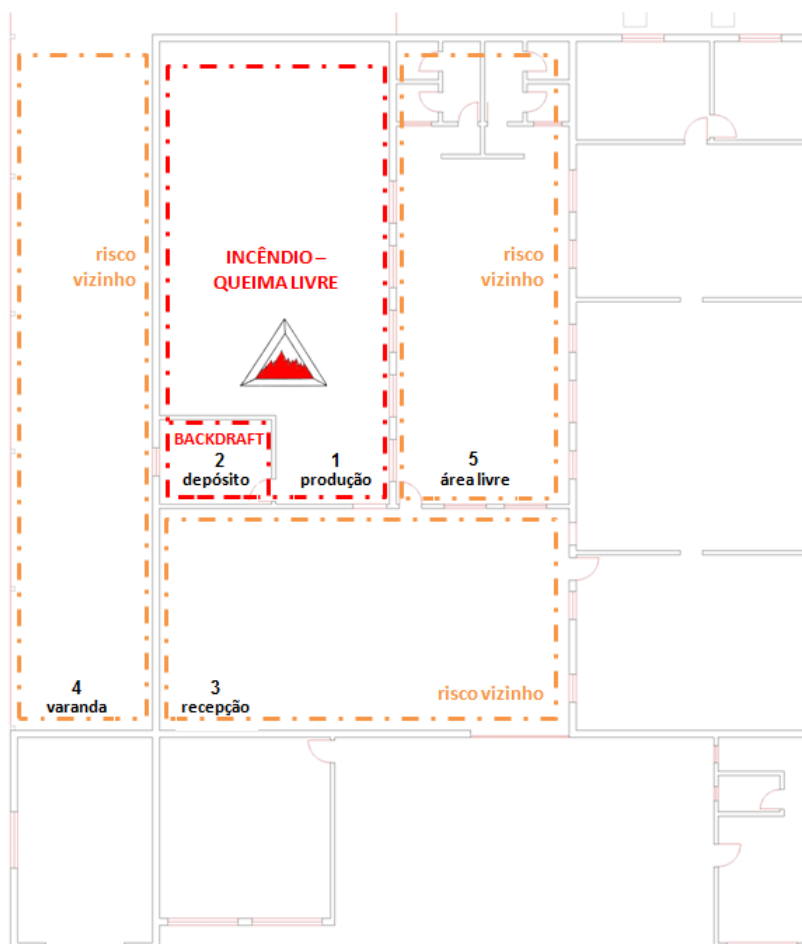


FIGURA 64. Planta 2D da indústria de batatas fritas.

As estratégias para combater o incêndio foram definidas conforme pode ser visualizada na Figura 65. As estratégias envolvem a definição das linhas de ataque, as técnicas que devem ser realizadas e o pessoal que as realizará. Neste caso de uso o pessoal da linha #1 realizará uma ventilação natural vertical¹⁹ seguida de uma nebulização²⁰, o pessoal da linha #2 realizará um ataque indireto²¹ e o da linha #3 um ataque direto²².

¹⁹ **Ventilação natural vertical:** Técnica de ventilação baseada no princípio da convecção. Primeiramente, deve ser feita abertura no teto, para permitir que os produtos da combustão sigam seu caminho natural, subindo perpendicularmente ao foco de incêndio. Outra abertura deve ser feita para permitir a entrada do ar fresco no ambiente, como por exemplo, a abertura parcial de uma porta.

²⁰ **Nebulização:** Técnica de extinção do incêndio por abafamento, na qual a água é aplicada como neblina, de forma a ocupar o lugar do oxigênio, que está suprindo a combustão nos líquidos.

²¹ **Ataque indireto:** Técnica de uso do jato de água para combate ao incêndio em estruturas próximas ao fogo com o objetivo de resfriá-las. Também em direção à fumaça produzida ou teto do ambiente com o objetivo de reduzir a temperatura ambiente e prevenir a queima livre, ou seja, impedir que os objetos ainda não incendiados do ambiente atinjam seu ponto de ignição. Uma consequência secundária é o aumento da visibilidade que ocorre na maioria das vezes, quando esta técnica é utilizada. Este ataque não deve ser feito enquanto não houver certeza da retirada das vítimas do local, porque a grande geração de vapor poderia matá-las.

²² **Ataque direto:** Técnica de uso do jato de água para combate ao incêndio, diretamente sobre o objeto incendiado.

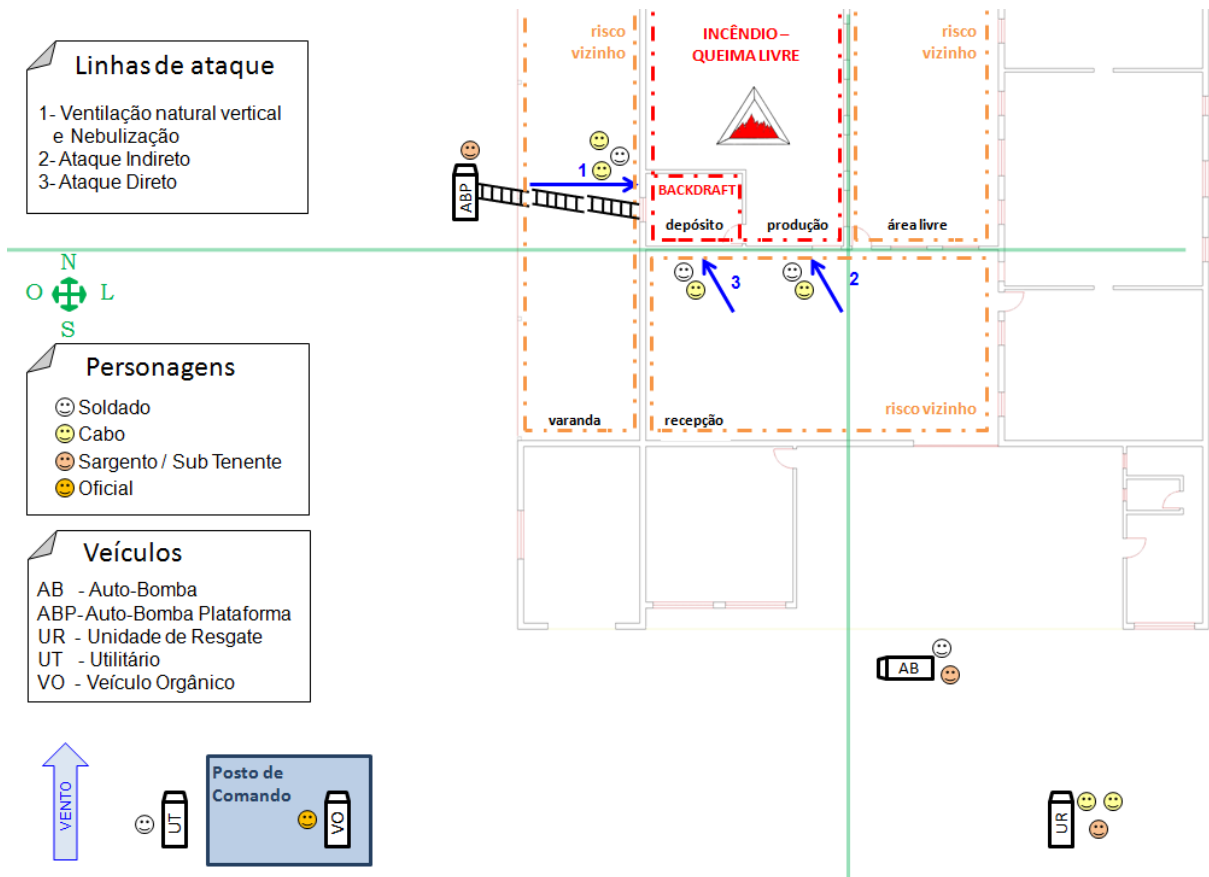


FIGURA 65. Informações para a definição de estratégias do caso de uso.

Na Tabela 13 são apresentadas as informações para a ocorrência de um evento pré-agendado.

TABELA 13. Informações para a ocorrência de um evento no caso de uso.

INFORMAÇÃO	INSTÂNCIA
Descrição	Soldado perde a consciência devido à grande quantidade de fumaça no local
Evento	Desmaio
Tempo da simulação em que ocorre o evento	-
Ou precondições	Fase incêndio = Queima livre

Todas as instanciações mencionadas foram realizadas com sucesso usando o conjunto de ontologias.

Os arquivos PLD, PPI, plano de segurança e relatório final (planilhas necessárias para a realização de um exercício simulado) preenchidos pelo Corpo de Bombeiros de São Carlos para o caso de uso descrito nesta seção estão no anexo A, B, C e D respectivamente.

8.8 Considerações Finais

Neste capítulo a arquitetura de suporte a criação de simulações foi apresentada. As etapas do processo de modelagem e execução de simulações criadas para esta arquitetura foram também aqui especificadas. Parte do ambiente de criação de simulações foi implementado, e todos os módulos foram detalhados, bem como o caso de uso que foi projetado para a instanciação de um modelo de simulação.

9 CONCLUSÕES

Neste trabalho uma arquitetura de suporte a construção de simulações baseadas na arquitetura HLA foi projetada. Foram também elaboradas as etapas da modelagem de simulações e implementada parte de uma ferramenta de apoio a construção de AVCs para os profissionais de gerenciamento da emergência. Essa ferramenta integra sete ontologias que foram desenvolvidas de acordo com as normas de proteção contra incêndios vigentes no Estado de São Paulo, além de diretrizes para se realizar um exercício simulado de treinamentos em emergências, e também de informações fornecidas por profissionais especialistas em emergências. Um caso de uso (ocorrências de incêndio e *backdraft*) foi elaborado para utilização como situação de treinamento.

Na seção 9.1 estão descritas as contribuições geradas por este trabalho. Na seção 9.2 estão relacionados todos os artigos publicados. Os trabalhos futuros, que devem ser realizados pela autora desta dissertação em seu doutorado, estão descritos na seção 9.3. A seção 9.4 contém as considerações finais.

9.1 Contribuições Geradas

Este trabalho traz as seguintes contribuições:

1. Especificação dos módulos da arquitetura de suporte a modelagem, execução, gerenciamento, controle e análise de AVCs em conformidade com o padrão HLA;
2. Especificação do ambiente (AC-AVC) que integra ontologias com história interativa e não linear na criação de modelos de simulações;
3. Criação de sete ontologias no domínio de emergência e de simulação (infra-estrutura, pessoa, equipamento, veículo, emergência, tática e simulação), cinco delas em parceria com Campos (2009) (infra-estrutura, pessoa, equipamento, emergência e tática);

4. Implementação em Java do ambiente no qual é possível visualizar e instanciar as ontologias, utilizando as APIs do Protégé (parte do AC-AVC);
5. Implementação em Java de classes para acesso e consulta às ontologias, utilizando o framework Jena (parte importante para a geração dos arquivos FOM pelo AC-AVC, que ainda não foi desenvolvido);
6. Especificação do caso de uso para treinamento em incêndio e explosão por *backdraft*;
7. Instanciação das ontologias no AC-AVC, de acordo com o caso de uso;
8. Modelagem geométrica de um ambiente simples (em X3D) para simulação de treinamento (personagens, veículos e planta industrial).

9.2 Artigos Publicados

ARAUJO, R. B.; BOUKERCHE, A.; ROCHA, R. V.; CAMPOS, M. R. **Solução baseada em Ontologias para o monitoramento e simulação de situações de emergência.** In: the 6th International Information and Telecommunication Technologies Symposium, 2007, Brasília. The 6th International Information and Telecommunication Technologies Symposium (I2TS), 2007.

ARAUJO, R. B.; ROCHA, R. V.; CAMPOS, M. R.; BOUKERCHE, A. **Creating Emergency Management Training Simulations through Ontologies Integration.** In: The 2008 Workshop on Advanced Computing for Critical Systems and Emergency Preparedness and Response - Co-located with IEEE 11th International Conference on Computational Science and Engineering, 2008, São Paulo. Proceedings of the IEEE 11th International Conference on Computational Engineering (CSE-2008), 2008.

ARAUJO, R. B.; ROCHA, R. V.; CAMPOS, M. R.; BOUKERCHE, A. **Um Serviço de Interpretação de Contexto para Redes de Sensores Sem Fio no Domínio do Gerenciamento da Emergência.** In: II Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing - WPUC (Evento paralelo ao SBAC-PAD), 2008, Campo Grande. Anais do II Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing (WPUC), 2008.

BOUKERCHE, A.; ROCHA, R. V.; CAMPOS, M. R.; ARAÚJO, R. B. **HLA Compliant Training Simulations Creation Tool.** In: The 13-th IEEE/ACM International

Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT 2009), Singapore, 2009.

ROCHA, R. V.; ARAÚJO, R. B. **Uma arquitetura de suporte a modelagem de simulações baseadas em HLA para treinamento de emergências**. In: XXXV Conferência Latino-Americana de Informática (CLEI 2009), Brasil, 2009.

9.3 Trabalhos Futuros

Neste trabalho foi especificada uma arquitetura de suporte a modelagem, execução e análise de simulações. Foram criadas as ontologias e implementada parte do AC-AVC. A parte não implementada ainda, relacionada à integração com os outros módulos da arquitetura, é prevista como trabalho futuro.

Como continuidade ao trabalho aqui iniciado, as seguintes atividades ainda deverão ser realizadas (como trabalho de doutorado da autora desta dissertação):

- Implementar e integrar a parte do AC-AVC que ainda falta:
 - a consulta de eventos no BD-Contexto;
 - a visualização do modelo de simulação;
 - a geração automática do arquivo FOM;
- Implementar o Controlador / Monitor de Simulação;
- Integrar o Visualizador X3D com as ontologias;
- Implementar o registro de saídas da simulação por cada Visualizador X3D;
- Integrar e implementar o Analisador de Saídas de Simulação ao registro de saídas.

Como projeto de doutorado da autora desta dissertação está previsto também atividades para:

- Ampliar as ontologias envolvidas na modelagem funcional e comportamental das simulações, para que o treinador possa representar as ações dos usuários no AC-AVC;
- Criar uma linguagem que integra modelos de descrição de comportamento de objetos (utilizando os motores de simulação para calcular os

resultados de comportamentos físicos, de humanóides, ente outros) ao AC-AVC baseando-se no conceito de histórias interativas e não lineares;

- Instanciar um cenário de simulação complexo utilizando o AC-AVC com todos os módulos da arquitetura;
- Fazer uma avaliação funcional dos módulos da arquitetura.

9.4 Conclusões Finais

Sistemas que potencializam o treinamento de equipes de preparação e resposta a emergências não evitarão a incidência de futuros acidentes, mas podem fornecer qualidade ao trabalho das equipes de salvamento e diminuir a ocorrência de acidentes durante um incidente real.

O projeto de um ambiente de criação de simulações de treinamento é complexo e apresenta vários desafios que exigem soluções inovadoras quando o homem é considerado na interação (*human-in-the-loop*).

Este trabalho apresenta a construção de uma arquitetura inovadora que suporta a criação de simulações distribuídas complexas e que tem por objetivo aprimorar a formação de profissionais da área de gerenciamento da emergência para que vidas e patrimônio possam ser resguardados.

10 REFERÊNCIAS

ADAMS, E.; ROLLINGS, A. **Game Design and Development: fundamentals of game design**. Person Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2007.

ARAÚJO, R.B. et al. A Framework for 3D Web-Based Visualization of HLA-Compliant Simulations. In: 3D Technologies for the World Wide Web, Web3D'08, August 09-10, 2008, Los Angeles, California. **Proceedings of the 13th International Symposium on 3D Web Technology**, New York: ACM, 2008. p. 83-90.

BANKS, J. **Simulation Fundamentals: simulation fundamentals**. In: Winter Simulation Conference, WSC'00, December 10-13, 2000, Orlando, Florida. **Proceedings of the 32nd Conference on Winter Simulation**, San Diego: Society for Computer Simulation International, 2000. p. 9-16.

BECHHOFER, S. et al. **OWL Web Ontology Language Reference**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-ref-20040210/>>. Acesso em: fev. 2008.

BENFORD, J. B. et al. Supporting Cooperative Work in Virtual Environments. **The Computer Journal**, v. 37, n. 8, p. 653-668, 1994.

BENJAMIN P.; PATKI, M.; MAYER, R. Using Ontologies for Simulation Modeling. In: Winter Simulation Conference, WSC'06, December 03-06, 2006, Monterey, California. **Proceedings of the 38th Conference on Winter Simulation**. Monterey: Winter Simulation Conference, 2006. p. 1151-1159.

BILLE, W. et al. **Using Ontologies to Build Virtual Worlds for the Web**. In: IADIS International WWW/Internet 2004 Conference, October 06-09, 2004, Madrid, Spain. **Proceedings of the International Conference on WWW/Internet 2004**, Madrid: International Association for Development of the Information Society, 2004. p. 683-690.

BRYSON, S. Virtual Reality in Scientific Visualization. **Communications of the ACM**, v. 39, n. 5, p. 62-71, 1996.

CAMPOS, M. R. **Projeto e Implementação de um Serviço de Interpretação de Contexto em apoio à Preparação e Resposta a Emergências**. 2009. 142 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP, 2009.

CAPPS, M. et al. NPSNET-V: a new beginning for dynamically extensible virtual environments. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 20, n. 5, p. 12-15, 2000.

CARDOSO, J. The Semantic Web Vision: where are we? **IEEE Intelligent Systems**, v. 22, n. 5, p. 84-88, 2007.

CARLSSON, C., HAGSAND, O. **DIVE: a multi-user virtual reality system**. In: Virtual Reality Annual International Symposium, VRAIS'93, September 18-22, 1993, Seattle, Washington. **Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium**, Seattle: IEEE, 2003. p. 394-400.

CARSON, J. S. **Introduction to Modeling and Simulation**. In: Winter Simulation Conference, WSC'05, December 04-07, 2005, Orlando, Florida. **Proceedings of the 37th Conference on Winter Simulation**. Orlando: Winter Simulation Conference, 2005. p. 16-23.

_____. **Modeling and Simulation Worldviews**. In: Winter Simulation Conference, WSC'93, December 12-15, 1993, Los Angeles, California. **Proceedings of the 25th Conference on Winter Simulation**. New York: ACM, 1993. p. 18-23.

CHANDY, K.M.; MISRA, J. Distributed Simulation: a case study in design and verification of distributed programs. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v. 6, n. 5, p. 440-452, 1979.

CHATMAN, S. **Story and Discourse: narrative structure in fiction and film**. New York: Cornell University Press, 1978.

CHUNG, C. A. **Simulation Modeling Handbook: a practical approach**. CRC Press, 2004.

COMMANDSIM. **Command Sim Fire**. Disponível em: <<http://www.commandsim.com/>>. Acesso em: mai. 2009.

DANTAS, A R. **Jogos de Simulação no Treinamento de Gerentes de Projeto de Software**. 2003. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro -RJ, 2003.

DEY, A. K.; ABOWD, G. D. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In: *Handheld and Ubiquitous Computing, HUC'99*, September 27-29, 1999, Karlsruhe, Germany. **Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing**, Berlin: Springer, 1999. p. 304-307.

DÖRNER, R.; GRIMM, P.; ABAWI, D. F. Synergies between Interactive Training Simulations and Digital Storytelling: a component-based framework. **Computer & Graphics**, v. 26, n. 1, p. 45-55, 2002.

DUBIELA, R. P.; BATTAIOLA, A. L. A Importância das Narrativas em Jogos de Computador. In: *VI Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment, SBGames2007*, November, 07-09, 2007, São Leopoldo, Rio Grande do Sul. **Anais of Art & Design Track**. São Leopoldo: SBC, 2007.

FENSEL, D. **Ontologies**: Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce. Springer Verlag, Berlin, 2001.

FRECON, E. DIVE: communication architecture and programming model. **IEEE Communications Magazine**, v. 42, n. 4, p. 34-40, 2004.

FUJIMOTO, R. M. Parallel and Discrete Event Simulation. In: *Winter Simulation Conference, WSC'89*, December 04-06, 1989, Washington, DC. **Proceedings of the 21st Conference on Winter Simulation**. New York: ACM, 1989. p. 19-28.

_____. Parallel Simulation: parallel and distributed simulation systems. In: *Winter Simulation Conference, WSC'01*, December 09-12, 2001, Arlington, Virginia. **Proceedings of the 33rd Conference on Winter Simulation**. Washington: IEEE Computer Society, 2001. p. 147-157.

FULLFORD, D. A. Distributed Interactive Simulation: its past, present, and future. In: *Winter Simulation Conference, WSC'96*, December 08-11, 1996, Coronado, California. **Proceedings of the 28th Conference on Winter Simulation**. Washington: IEEE Computer Society, 1996. p. 179-185.

GOLDSMAN, D. Introduction to Simulation. In: *Winter Simulation Conference, WSC'07*, December 09-12, 2007, Washington, DC. **Proceedings of the 39th Conference on Winter Simulation**. Piscataway: IEEE Press, 2007. p. 26-37.

GÓMES-PÉREZ, A. Ontological Engineering: a state of the art. **Expert Update. British Computer Society**, v. 2, n. 3, p. 33-43, 1999.

GREEN III, W. G. **Exercise Alternatives for Training Emergency Management Command Center Staffs**. Universal Publishers, 2000.

GREENHALGH, C.; BENFORD, S. MASSIVE: a distributed virtual reality system incorporating spatial trading. In: Distributed Computing System, May 30-June 02, Vancouver, BC. **Proceedings of the 15th International Conference on Distributed Computing Systems**, Vancouver: IEEE, 1995. p. 27-34.

GREENHALGH, C.; PURBRICK, J.; SNOWDON, D. Inside MASSIVE-3: flexible support for data consistency and world structuring. In: Collaborative Virtual Environments, CVE'00, September, 2000, San Francisco, California. **Proceedings of the Third International Conference on Collaborative Virtual Environments**, New York: ACM, 2000. p. 119-127.

GRUBER, T. R. **A Translation Approach to Portable Ontology Specifications**. In: Knowledge Acquisition, v. 5, p. 199-200, 1993.

GUARINO, N. Formal Ontology and Information System. In: Formal Ontology in Information Systems, FOIS'98, June 06-08, 1998, Trento, Italy. **Proceedings of the 1st International Conference**. Amsterdam: IOS Press, 1998. p. 3-15.

GUARINO, N.; WELTY, C. **Conceptual Modeling and Ontological Analysis**. Padova: LADSEB-CNR, 1998.

GUIMARÃES, F. J. Z. **Utilização de Ontologias no Domínio B2C**. 2002. 195 p. Dissertação (Mestrado em Informática) - Departamento ou Centro, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro -RJ, 2002.

GUZMÁN, A.V.; NEVES, J.T.C. **Manual de Planejamento de Emergências**: como desenvolver e redigir um plano de emergências. Rio Grande da Serra, SP: CN Editorial e Serviços, 2000.

HAGSAND, O. Interactive Multi-user VEs in the DIVE System. **IEEE Multimedia**, v. 3, n. 1, p. 30-39, 1996.

HARRELL, C. Process Simulation vs. System Simulation. In: IEEE Information Technology Conference, September 01-03, 1998, Syracuse, NY. **Proceedings of the IEEE Information Technology Conference**, Syracuse: IEEE, 1998. p. 41-44.

HEWLETT-PACKARD LABS SEMANTIC WEB RESEARCH. **A Semantic Web Framework for Java**. Disponível em: <<http://jena.sourceforge.net/>>. Acesso em: mar. 2008.

HOFER, R. C.; LOPER, M. L. DIS Today: distributed interactive simulation. **Proceedings of the IEEE**, v. 83, n. 8, p. 1124-1137, 1995.

IEEE Std 1516-2000. **IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)**: framework and rules. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2000.

IEEE Std 1516.1-2000. **IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)**: federate interface specification. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2000.

IEEE Std 1516.2-2000. **IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)**: object model template (OMT) specification. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2000.

IEEE Std 1516.3-2003. **IEEE Recommended Practice for High Level Architecture (HLA)**: federation development and execution process (FEDEP). New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2003.

INSCAPE CONSORTIUM. **Inscape storytelling**. Disponível em: <<http://www.inscapers.com/>>. Acesso em: mai. 2009.

IWASAKI, F. M. **Projeto de um Framework para Visualização e Controle de Simulações Distribuídas em Diferentes Plataformas de Software e Hardware**. 2008. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP, 2008.

JULIEN, T.U.St.; SHAW, C.D. Firefighter Command Training Virtual Environment. In: Richard Tapia Celebration Of Diversity In Computing. October 15-18, 2003, Atlanta, Georgia. **Proceedings of the 2003 Conference on Diversity in Computing**, New York: ACM, 2003. p. 30-33.

KNUBLAUCH, H. **Protégé-OWL API Programmer's guide**. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/plugins/owl/api/guide.html/>>. Acesso em: mar. 2009.

LAAKSOLAHTI J., BOMAN, M. **Anticipatory Guidance of Plot**. In: *Anticipatory Behavior in Adaptive Learning Systems (ABiALS)*, p. 243-261, 2003.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Analysis**. McGraw-Hill Higher Education, 3 ed., 2000.

MAGERKO, B. A Proposal for an Interactive Drama Architecture. In: **Proceedings in AAAI Spring Symposium**: AAAI Press, 2002. p. 76-81.

MAGERKO, B.; LAIRD, J.E. Building an Interactive Drama Architecture. In: *Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment, TIDSE'03*, March 24-26, 2003, Darmstadt, Germany. **Proceedings of the 1st International Conference on Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment**, Berlin: Springer, 2003. p. 226-237.

MASAKAZU, F. et al. MARS: A M&S Framework for Large Scale Simulations Based on the HLA. In: **Fall Simulation Interoperability Workshops**, Fall SIW'05, September 18-23, 2005, Orlando, Florida. 05F-SIW-033. 2005. p.1-7.

MATIJASEVIC, M. et al. A Framework for Multiuser Distributed Virtual Environments. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part B: Cybernetics**, v. 32, n. 4, p. 416-419, 2002.

MILLER, D. C.; THORPE, J. A. SIMNET: the advent of simulator network. **Proceedings of the IEEE**, v. 83, n. 8, p. 1114-1123, 1995.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101**: a guide to creating your first ontology. In Stanford University, Stanford, 2004.

OLIVEIRA, M.; CROWCROFT, J.; SLATER, M. An Innovative Design Approach to Build Virtual Environments Systems, In: *Workshop on Virtual Environments, EGVE'03*, May 22-23, 2003, Zurich, Switzerland. **Proceedings of the Workshop on Virtual Environments**, New York: ACM, 2003. p. 143-151.

_____. **Component Framework Infrastructure for Virtual Environments**. ACM on Collaborative VEs, p. 139-146, 2000.

PAIVA, D. C. **Modelagem e Simulação de Multidões Humanas em Situações da Vida Cotidiana usando Ontologias**. 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em

Computação Aplicada), Universidade do Vale do Rio Sinos, São Leopoldo -RS, 2006.

PRUD'HOMMEAUX, E.; SEABORNE, A. **SPARQL Query Language Guide for RDF**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2008/REC-rdf-sparql-query-20080115/>>. Acesso em: mar. 2008.

RINALDI, L. C. A. et al. Ambientes Virtuais Distribuídos e Compartilhados. In: Symposium on Virtual Reality. Maio, 02, 2006, Belém, PA. **Livro do Pré-Simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality**. Porto Alegre: SBC, 2006. p. 60-78.

RUSCHE, D. H. **A Comparative Study of Various Digital Storytelling Programs**. Disponível em: <<http://www.emporia.edu/idt/seguin/graduateprojectstemporarypage.htm/>>. Acesso em: mar. 2008.

SÃO PAULO (Estado). Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **Decreto Estadual 46.076/01 – Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco**: conjunto de normas utilizadas no Estado de São Paulo sobre regularização de edificações. São Paulo, 2005a.

_____. **Diretriz Nº CCB–001/213/03. PPI- Plano Particular de Intervenção**. São Paulo, 20 jan. 2003.

_____. **Instrução Técnica Nº 03/2004 – Terminologia de Segurança contra Incêndio**: conjunto de normas utilizadas no Estado de São Paulo sobre regularização de edificações. São Paulo, 2004a.

_____. **Instrução Técnica Nº 17/2004 – Brigada de Incêndio**: conjunto de normas utilizadas no Estado de São Paulo sobre regularização de edificações. São Paulo, 2004b.

_____. **Manual de Estratégia e Tática de Combate a Incêndio**: coletânea de manuais técnicos de bombeiros, v. 32. São Paulo, 2006b.

_____. **Manual de Fundamentos do Corpo de Bombeiros**: coletânea de manuais técnicos de bombeiros, 2ª Ed., v. 00. São Paulo, 2006a.

_____. **Manual de Treinamento Prático de Brigada de Incêndio**: coletânea de manuais técnicos de bombeiros, v. 44. São Paulo, 2005b.

SCHNEIDER, O. Storyworld Creation: authoring for interactive storytelling. In: Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, WSCG'2002, February 04-08, 2002, Plzen - Bory, Czech Republic. **Proceedings of the 10th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision**, 2002. p. 405-412.

SCHNEIDER, O., BRAUN, N., HABINGER, G. Storylining Suspense: an authoring environment for structuring non-linear interactive narratives. **Journal of the WSCG**, Plzen, República Tcheca, v. 11, n. 3, p. 411-417, 2003.

SEITO, A.I. et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SHAW, C. et al. The Decoupled Simulation Model for Virtual Reality Systems. In: Conference on Human Factors in Computing Systems, SIGCHI'92, May 03-07, 1992, Monterey, California. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computer Systems**, New York: ACM, 1992. p. 321-328.

SHEN, X.; HAGE, R.; GEORGANAS, N. Agent-Aided Collaborative Virtual Environments over HLA/RTI. In: Distributed Interactive Simulation and Real-Time Applications, DIS-RT'99, March 23-24, 1999, Greenbelt, Maryland. **Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Interactive Simulation and Real-Time Applications**, Washington: IEEE Computer Society, 1999. p. 128-136.

SINGHAL, S.; ZYDA, M. **Networked Virtual Environments: design and implementation**. Siggraph Series, ACM Press, New York, 1999.

SMITH, M. K.; WELTY, C.; MCGUINNESS, D. L. **OWL Web Ontology Language Guide**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>>. Acesso em: fev. 2008.

SMITH, R. D. **Simulation: the engine behind the virtual world**. Simulation 2000 Series, v.1, p. 1-24, 1999.

STANFORD CENTER FOR BIOMEDICAL INFORMATICS RESEARCH. **What is Protégé?** Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/overview/>>. Acesso em: mar. 2008.

SWARTOUT, B. et al. Toward distributed use of large-scale ontologies. In: **Proceedings of AAAI97 Spring Symposium Series Workshop on Ontological Engineering**: AAAI Press, 1997. p. 138-148.

SZILAS, N. ID-tension: a narrative engine for interactive drama. In: Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment, TIDSE'03, March 24-26, 2003, Darmstadt, Allemagne. **Proceedings of the Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment**, Verlag: Fraunhofer IRB, 2003. p. 187-203.

SZILAS, N.; MARTY, O.; RÉTY, J. Authoring Highly Generative Interactive Drama. In: Virtual Storytelling, ICVS'03, November 20-21, 2003, Toulouse, France. **Proceedings in the 2nd International Conference on Virtual Storytelling**, Berlin: Springer, 2003. p. 37-46

TRUONG, K. N.; ABOWD, G. D.; BROTHERTON, J. A. Who, What, When, Where, How: design issues of capture & access applications. In: Ubiquitous Computing, UbiComp 2001, September 30-October 02, 2001, Atlanta, Georgia. **Proceedings of the International Conference in Ubiquitous Computing**, Berlin: Springer, 2001. p. 209-224.

USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. **Knowledge Engineering Review**, v. 11, n. 2, p. 93-155, 1996.

VIEIRA, R. et al. **Web Semântica**: ontologias, lógica de descrição e inferência. In: Cesar Teixeira; Eduardo Barrere; Iran Abraão. (Org.). Web e Multimidia: Desafios e Soluções (WebMedia 2005 - Minicursos). Porto Alegre: SBC, v.1, p. 127-167, 2005.

WATSEN, K.; ZYDA, M., Bamboo: a portable system for dynamically extensible. real-time, networked, virtual environments. In: Virtual Reality Annual International Symposium, VRAIS'98, March 14-18, 1998, Atlanta, Georgia. **Proceedings for the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium**, Washington: IEEE Computer Society, 1998. p. 252-259.

WEB3D CONSORTIUM, Inc. **Extensible 3D (X3D). ISO/IEC 19775:2004**. Disponível em: <http://www.web3d.org/x3d/specifications/ISO-IEC-19775-X3DAbstractSpecification/>>. Acesso em: mai. 2008.

ZYDA, M.J., Networking Large-Scale Virtual Environments. In: Computer Animation, CA'96, June 03-04, 1996, Geneva, Switzerland. **Proceedings of the Computer Animation**. Washington: IEEE Computer Society, 1996. p. 1-4

APÊNDICE A - Ontologia Equipamento

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xml:base="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <owl:Class rdf:ID="UnidadeResgate"/>
  <owl:Class rdf:ID="AutoBomba"/>
  <owl:Class rdf:ID="VeiculoOrganico"/>
  <owl:Class rdf:ID="AutoBombaPlataforma"/>
  <owl:Class rdf:ID="Utilitario"/>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="aguaRadiador">
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <owl:Class rdf:about="#AutoBomba"/>
  <owl:Class rdf:about="#AutoBombaPlataforma"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="reservaAgua">
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <owl:Class rdf:about="#AutoBomba"/>
  <owl:Class rdf:about="#AutoBombaPlataforma"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="oleo">
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <owl:Class rdf:about="#AutoBomba"/>
  <owl:Class rdf:about="#AutoBombaPlataforma"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"></rdfs:comment>
  </owl:FunctionalProperty>
  <UnidadeResgate rdf:ID="UR-02"/>
  <Utilitario rdf:ID="UT-238"/>
  <AutoBombaPlataforma rdf:ID="ABP-27">
  <aguaRadiador rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.0</aguaRadiador>
  <reservaAgua rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">200.0</reservaAgua>
  <oleo rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">15.0</oleo>
  </AutoBombaPlataforma>
  <VeiculoOrganico rdf:ID="VO-381"/>

```

```
<AutoBomba rdf:ID="AB-361">  
  <reservaAgua rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">100.0</reservaAgua>  
  <aguaRadiador rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">50.0</aguaRadiador>  
  <oleo rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">20.0</oleo>  
</AutoBomba>  
</rdf:RDF>
```

```
<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 3.2.1, Build 365) http://protege.stanford.edu -->
```

APÊNDICE B – Ontologia Simulação

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:veic="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#"
  xmlns:tatica="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#"
  xmlns:equip="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/equipamento.owl#"
  xmlns:infra="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#"
  xmlns:emerg="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:pessoa="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#"
  xmlns="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/simulacao.owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xml:base="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/simulacao.owl">
  <owl:Ontology rdf:about="">
    <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/equipamento.owl"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl"/>
  </owl:Ontology>
  <owl:Class rdf:ID="Cenario"/>
  <owl:Class rdf:ID="LinhaAtaque">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Estrategias"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Eventos"/>
  <owl:Class rdf:ID="Simulacao"/>
  <owl:Class rdf:ID="PosicionamentoViatura">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Estrategias"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Personagens_Objeto"/>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="temEstrategias">
    <rdfs:range>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Class rdf:about="#LinhaAtaque"/>
          <owl:Class rdf:about="#PosicionamentoViatura"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:range>
    <rdfs:domain rdf:resource="#Simulacao"/>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="temTecnica3">
    <rdfs:domain rdf:resource="#LinhaAtaque"/>
    <rdfs:range>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#ExtincaoIncendio"/>
          <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Ventilacao"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:range>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="temTecnica2">
    <rdfs:range>

```

```

<owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
    <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#ExtincaoIncendio"/>
    <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Ventilacao"/>
  </owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:range>
<rdfs:domain rdf:resource="#LinhaAtaque"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="temTecnica1">
  <rdfs:domain rdf:resource="#LinhaAtaque"/>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#ExtincaoIncendio"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Ventilacao"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="veiculos">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Personagens_Objeto"/>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AutoBombaPlataforma"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#Utilitario"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AutoBomba"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VeiculoOrganico"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UnidadeResgate"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="eventos">
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Incendio"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#FlashOver"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Backdraft"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#BoilOver"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Vazamento"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Desmaio">
          <rdfs:subClassOf>
            <owl:Restriction>
              <owl:onProperty>
                <owl:DatatypeProperty rdf:ID="postura"/>
              </owl:onProperty>
              <owl:hasValue rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
                >deitado</owl:hasValue>
            </owl:Restriction>
          </rdfs:subClassOf>
          <rdfs:subClassOf>
            <owl:Restriction>
              <owl:hasValue rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
                >parado</owl:hasValue>
              <owl:onProperty>
                <owl:DatatypeProperty rdf:ID="estado"/>
              </owl:onProperty>
            </owl:Restriction>
          </rdfs:subClassOf>
          <rdfs:subClassOf>
            <owl:Restriction>
              <owl:hasValue rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
                >nao</owl:hasValue>
              <owl:onProperty>
                <owl:DatatypeProperty rdf:ID="consciente"/>
              </owl:onProperty>
            </owl:Restriction>
          </rdfs:subClassOf>
        </rdf:Description>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
</owl:ObjectProperty>

```



```

    </rdf:Description>
    <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Resgate"/>
  </owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:range>
<rdfs:domain>
  <owl:Class>
    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <owl:Class rdf:about="#Cenario"/>
      <owl:Class rdf:about="#Eventos"/>
    </owl:unionOf>
  </owl:Class>
</rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="especialista">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Personagens_Objeto"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Especialista"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="preCondicoes">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Eventos"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#FaseIncendio"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="temEventos">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Simulacao"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Eventos"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="estaEm">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Incendio"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#BoilOver"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Backdraft"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#FlashOver"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#ReservaIncendio"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Estacionamento"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDepositoGas"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Sala"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDescoberta"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Corredor"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Escadaria"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Banheiro"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="temTaticas">
  <rdfs:domain rdf:resource="#LinhaAtaque"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#SICER"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="temEspecialistas">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Especialista"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#LinhaAtaque"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="vitas">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Participante"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Personagens_Objeto"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="especialistaTemEquipamentos">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Especialista"/>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/equipamento.owl#Resgate"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/equipamento.owl#Individual"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>

```

```

    <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/equipamento.owl#Mascara"/>
    <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/equipamento.owl#CilindroOxigenio"/>
  </owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:range>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="proximoA">
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Banheiro"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Escadaria"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Corredor"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDescoberta"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Sala"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdfs:domain rdf:resource="#PosicionamentoViatura"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="emLugares">
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#ReservaIncendio"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Estacionamento"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDepositoGas"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Escadaria"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Banheiro"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDescoberta"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Corredor"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Sala"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdfs:domain rdf:resource="#LinhaAtaque"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="pessoaDesmaiada">
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Especialista"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Participante"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Desmaio"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="tempoSimulacao">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Eventos"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#estado">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Desmaio"/>
  <rdfs:range>
    <owl:DataRange>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
        <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
          <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
            >parado</rdf:first>
          <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil"/>
        </rdf:rest>
        <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
          >em_movimento</rdf:first>
      </owl:oneOf>
    </owl:DataRange>
  </rdfs:range>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="coordenada">
  <rdfs:domain rdf:resource="#PosicionamentoViatura"/>
  <rdfs:range>

```

```

<owl:DataRange>
  <owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
    <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
      <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >sul</rdf:first>
      <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
        <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
        >leste</rdf:first>
        <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
          <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil"/>
          <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
          >oeste</rdf:first>
        </rdf:rest>
      </rdf:rest>
    </rdf:rest>
    <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >norte</rdf:first>
  </owl:oneOf>
</owl:DataRange>
</rdfs:range>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#postura">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Desmaio"/>
  <rdfs:range>
    <owl:DataRange>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
        <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
        >em_pe</rdf:first>
        <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
          <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
            <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil"/>
            <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
            >deitado</rdf:first>
          </rdf:rest>
          <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
          >sentado</rdf:first>
        </rdf:rest>
      </owl:oneOf>
    </owl:DataRange>
  </rdfs:range>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#consciente">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Desmaio"/>
  <rdfs:range>
    <owl:DataRange>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
        <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
          <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil"/>
          <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
          >nao</rdf:first>
        </rdf:rest>
        <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
        >sim</rdf:first>
      </owl:oneOf>
    </owl:DataRange>
  </rdfs:range>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="descricao">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Eventos"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="temPersonagens">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Simulacao"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Personagens_Objeto"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="quando">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Cenario"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime"/>

```

```

</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="situacao">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Cenario"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="onde">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Cenario"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Edificacao"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="temViatura">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#LinhaAtaque"/>
        <owl:Class rdf:about="#PosicionamentoViatura"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UnidadeResgate"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AutoBomba"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VeiculoOrganico"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AutoBombaPlataforma"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#Utilitario"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="vitimaEstaEm">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDepositoGas"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Estacionamento"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#ReservacaoIncendio"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Sala"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDescoberta"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Corredor"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Escadaria"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Banheiro"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Participante"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="avaliacaoPreliminar">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Cenario"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="temCenario">
  <rdfs:range rdf:resource="#Cenario"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Simulacao"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="nomeFederacao">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Simulacao"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="direcaoVento">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Cenario"/>
  <rdfs:range>
    <owl:DataRange>

```

```

<owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
  <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
    <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
      <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
        <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
          >oeste-leste</rdf:first>
        <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil"/>
      </rdf:rest>
    <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >leste-oeste</rdf:first>
    </rdf:rest>
  <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >sul-norte</rdf:first>
  </rdf:rest>
<rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >norte-sul</rdf:first>
</owl:oneOf>
</owl:DataRange>
</rdfs:range>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="especialistaEstaEm">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Especialista"/>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDepositoGas"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Estacionamento"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#ReservIncendio"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Sala"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#AreaDescoberta"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Corredor"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Escadaria"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Banheiro"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AutoBombaPlataforma"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#Utilitario"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AutoBomba"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VeiculoOrganico"/>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UnidadeResgate"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="objetivos">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Cenario"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:FunctionalProperty>
<PosicionamentoViatura rdf:ID="PosicionamentoViatura_AB-361">
  <temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
  <coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >sul</coordenada>
  <proximoA rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Deposito"/>
  <proximoA rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Producao"/>
</PosicionamentoViatura>
<rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Jose">
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
</rdf:Description>
<Cenario rdf:ID="Cenario_ModeloTeste">
  <direcaoVento rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >sul-norte</direcaoVento>
  <eventos>
    <emerg:Incendio rdf:ID="Incendio_Producao">
      <emerg:temComburente rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Oxigenio"/>
      <emerg:temFormaPropagacaoCalor rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Conducao"/>
      <emerg:temClassificacaoIncendio
        rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Classe_A_Solido_Inflamaveis"/>
      <emerg:temCombustivel rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Madeira"/>
      <emerg:temFontelgnicao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Curto_Circuito"/>
      <emerg:temFaseIncendio rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Fase_Inicial"/>
      <estaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Producao"/>
    </emerg:Incendio>
  </eventos>

```

```

</emerg:Incendio>
</eventos>
<eventos>
<emerg:Incendio rdf:ID="Incendio_Deposito">
  <estaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Deposito"/>
  <emerg:temFaseIncendio rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Queima_lenta"/>
  <emerg:temFontelnicao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Curto_Circuito"/>
  <emerg:temCombustivel rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Madeira"/>
  <emerg:temFormaPropagacaoCalor rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Conducao"/>
  <emerg:temFormaPropagacaoCalor rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Conveccao"/>
  <emerg:temComburente rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Oxigenio"/>
  <emerg:temClassificacaoIncendio
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Classe_A_Solido_Inflamaveis"/>
</emerg:Incendio>
</eventos>
<onde rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#EdificioBatata"/>
<quando rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime"
>2007-04-20T02:00:00</quando>
<situacao rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>Detecção de foco de incêndio</situacao>
<avaliacaoPreliminar rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>Risco de queimaduras e exposição a gases tóxicos. Pelo fato do incêndio ser à noite, a constatação foi tardia, e o incêndio está grande
acarretando risco de backdraft.</avaliacaoPreliminar>
<objetivos rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>Efetuar o combate ao foco de incêndio em conjunto com a brigada da empresa</objetivos>
</Cenario>
<Simulacao rdf:ID="Federacao_ModeloTeste">
<temEstrategias>
<LinhaAtaque rdf:ID="LinhaAtaque_3">
<temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Confinamento"/>
<temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Extincao"/>
<temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
<temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Jose"/>
<emLugares rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Producao"/>
<temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Rescaldo"/>
<temTecnica1 rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Ataque_indireto"/>
<temEspecialistas>
<rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Rodrigues">
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
</rdf:Description>
</temEspecialistas>
<temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sgt-Silvio"/>
</LinhaAtaque>
</temEstrategias>
<temEstrategias>
<PosicionamentoViatura rdf:ID="PosicionamentoViatura_ABP-27">
<proximoA rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Deposito"/>
<coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>leste</coordenada>
<temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#ABP-27"/>
</PosicionamentoViatura>
</temEstrategias>
<temPersonagens>
<Personagens_Objeto rdf:ID="Personagens_ModeloTeste">
<especialista>
< Pessoa: Especialista rdf:ID="DC-Chefe">
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VO-381"/>
  < Pessoa: especializacao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#ChefeDefesaCivil"/>
</ Pessoa: Especialista>
</especialista>
<veiculos rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#ABP-27"/>
<especialista rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sgt-Gomes"/>
<especialista>
<rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Santos">
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
</rdf:Description>
</especialista>
<especialista>
< Pessoa: Especialista rdf:ID="Brig-CoorEmerg">
  < Pessoa: especializacao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#CoordEmergencia"/>
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VO-381"/>

```

```

</pessoa:Especialista>
</especialista>
<veiculos rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Lopes">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#ABP-27"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<especialista rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Rodrigues"/>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Martins">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Ten-Joaquim">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VO-381"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Andre">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#ABP-27"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<veiculos rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
<especialista>
  <pessoa:Especialista rdf:ID="PS-Chefe">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VO-381"/>
    <pessoa:especializacao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#ChefeProntoSocorro"/>
  </pessoa:Especialista>
</especialista>
<veiculos rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UT-238"/>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Paulo">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<especialista rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sgt-Silvio"/>
<especialista rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Jose"/>
<especialista>
  <pessoa:Especialista rdf:ID="Brig-03">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
    <pessoa:especializacao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Brigadista"/>
  </pessoa:Especialista>
</especialista>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Joao">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Rogério">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<especialista>
  <pessoa:Especialista rdf:ID="Brig-02">
    <pessoa:especializacao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Brigadista"/>
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
  </pessoa:Especialista>
</especialista>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Antonio">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#ABP-27"/>
  </rdf:Description>
</especialista>
<especialista rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sgt-Tiago"/>
<veiculos rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VO-381"/>
<especialista>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Souza">
    <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UT-238"/>
  </rdf:Description>

```

```

</rdf:Description>
</especialista>
<especialista>
  < Pessoa: Especialista rdf:ID="Brig-01">
    < Pessoa: especializacao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Brigadista"/>
    < especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
  </ Pessoa: Especialista>
</especialista>
<especialista>
  < Pessoa: Especialista rdf:ID="Brig-Enfermeiro">
    < Pessoa: especializacao rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Enfermeiro"/>
    < especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
  </ Pessoa: Especialista>
</especialista>
</Personagens_Objeto>
</temPersonagens>
<nomeFederacao rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">modelo_teste</nomeFederacao>
<temEstrategias>
  < LinhaAtaque rdf:ID="LinhaAtaque_1">
    < temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sgt-Gomes"/>
    < temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Confinamento"/>
    < temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Extincao"/>
    < temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Rescaldo"/>
    < temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Andre"/>
    < emLugares rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Deposito"/>
    < temTecnica1 rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Ventilacao_vertical"/>
    < temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#ABP-27"/>
    < temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Antonio"/>
  </LinhaAtaque>
</temEstrategias>
<temEstrategias rdf:resource="#PosicionamentoViatura_AB-361"/>
<temCenario rdf:resource="#Cenario_ModeloTeste"/>
<temEventos>
  < Eventos rdf:ID="Evento-1">
    < eventos>
      < emerg:Desmaio rdf:ID="Desmaio_Sd-Santos">
        < Pessoa:Desmaiada rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Santos"/>
      </emerg:Desmaio>
    </eventos>
    < tempoSimulacao rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">
      >0.0</tempoSimulacao>
    < descricao rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
      >Soldado perde a consciência devido a grande quantidade de fumaça no local.</descricao>
    < preCondicoes rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/emergencia.owl#Queima_livre"/>
  </Eventos>
</temEventos>
<temEstrategias>
  < PosicionamentoViatura rdf:ID="PosicionamentoViatura_UR-02">
    < temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
    < coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">sul</coordenada>
    < coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">leste</coordenada>
  </PosicionamentoViatura>
</temEstrategias>
<temEstrategias>
  < PosicionamentoViatura rdf:ID="PosicionamentoViatura_UT-238">
    < temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UT-238"/>
    < coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">sul</coordenada>
    < coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">oeste</coordenada>
  </PosicionamentoViatura>
</temEstrategias>
<temEstrategias>
  < PosicionamentoViatura rdf:ID="PosicionamentoViatura_VO-381">
    < temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#VO-381"/>
    < coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">sul</coordenada>
    < coordenada rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">oeste</coordenada>
  </PosicionamentoViatura>
</temEstrategias>
<temEstrategias>
  < LinhaAtaque rdf:ID="LinhaAtaque_2">
    < emLugares rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/infraestrutura.owl#Deposito"/>
    < temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Extincao"/>

```



```

<temTecnica1 rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Ataque_direto"/>
<temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sd-Rogério"/>
<temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sgt-Silvio"/>
<temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Confinamento"/>
<temEspecialistas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Cb-Joao"/>
<temViatura rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
<temTaticas rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/tatica.owl#Rescaldo"/>
</LinhaAtaque>
</temEstrategias>
</Simulacao>
<rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sg-Silvio">
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#AB-361"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sg-Gomes">
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#ABP-27"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/pessoa.owl#Sg-Tiago">
  <especialistaEstaEm rdf:resource="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/3/veiculo.owl#UR-02"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 3.2.1, Build 365) http://protege.stanford.edu -->

APÊNDICE C - Telas do AC-AVC

Neste apêndice são apresentadas as telas do ambiente de criação de simulações (AC-AVC). Nesse ambiente é possível instanciar e salvar dados nas ontologias. As ontologias contêm personagens, objetos, cenários e eventos de simulações. A ontologia simulação reúne todas essas informações que modela uma simulação específica (história interativa e não linear).

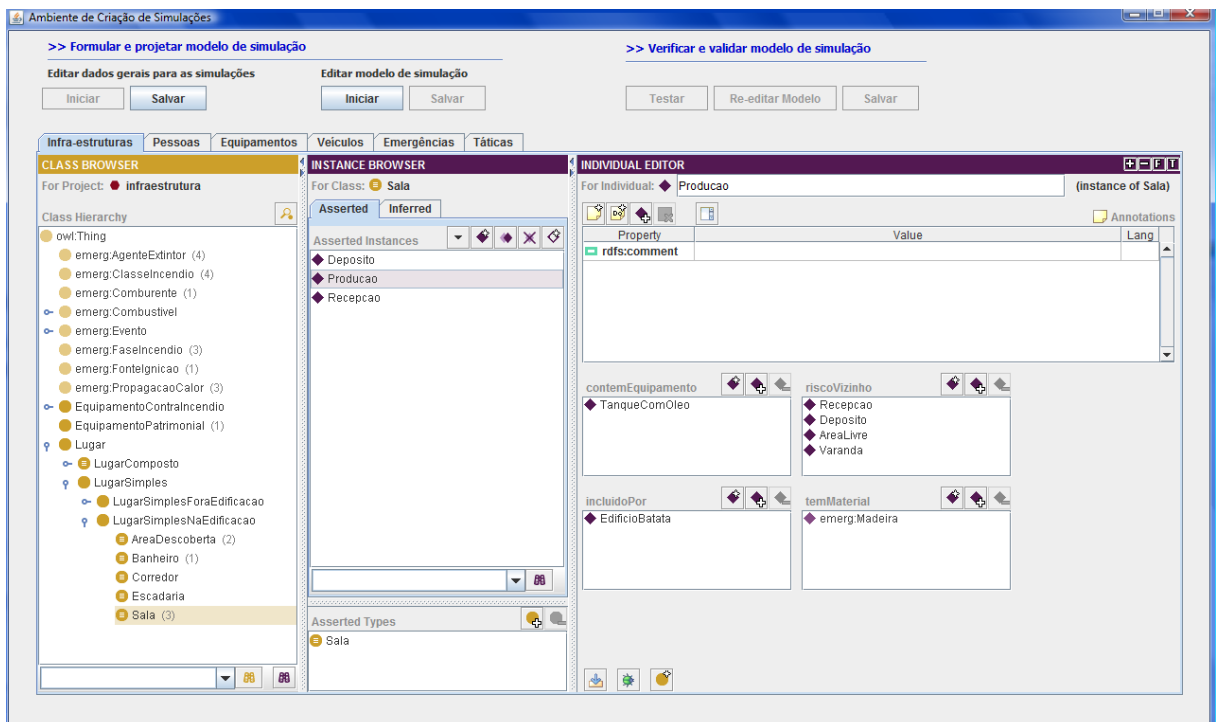


FIGURA 66. Tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais (infra-estruturas) para as simulações.

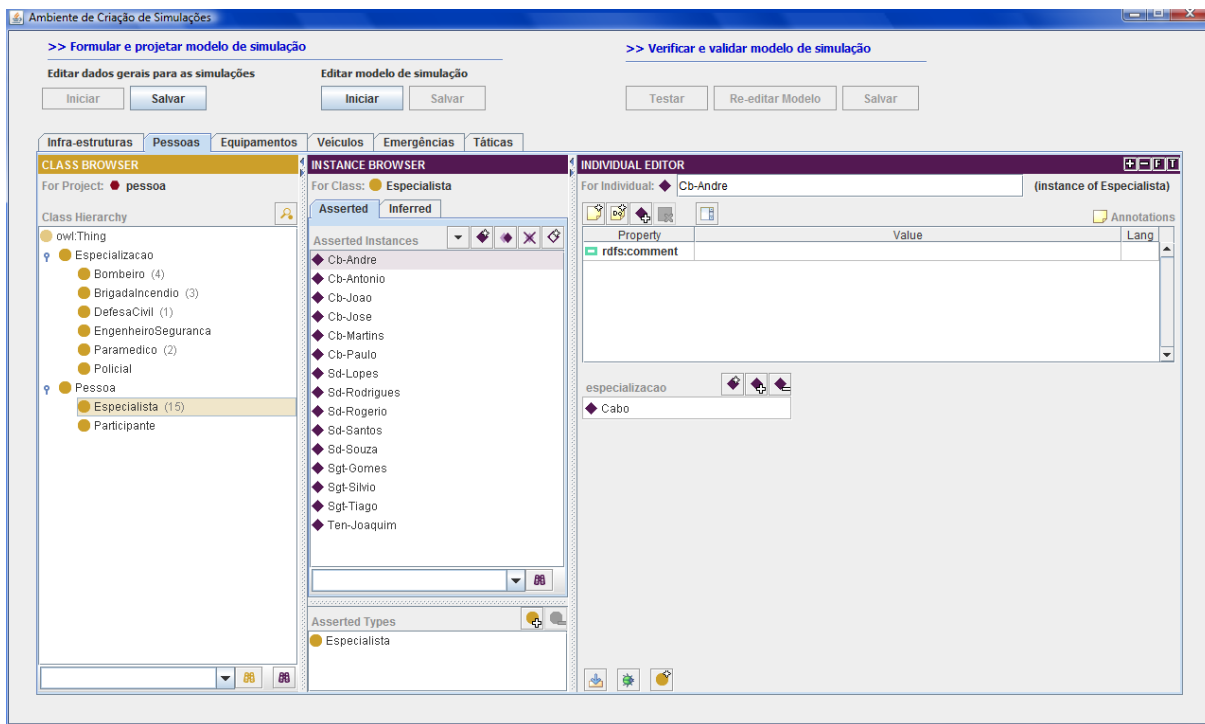


FIGURA 67. Tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais (pessoas) para as simulações.

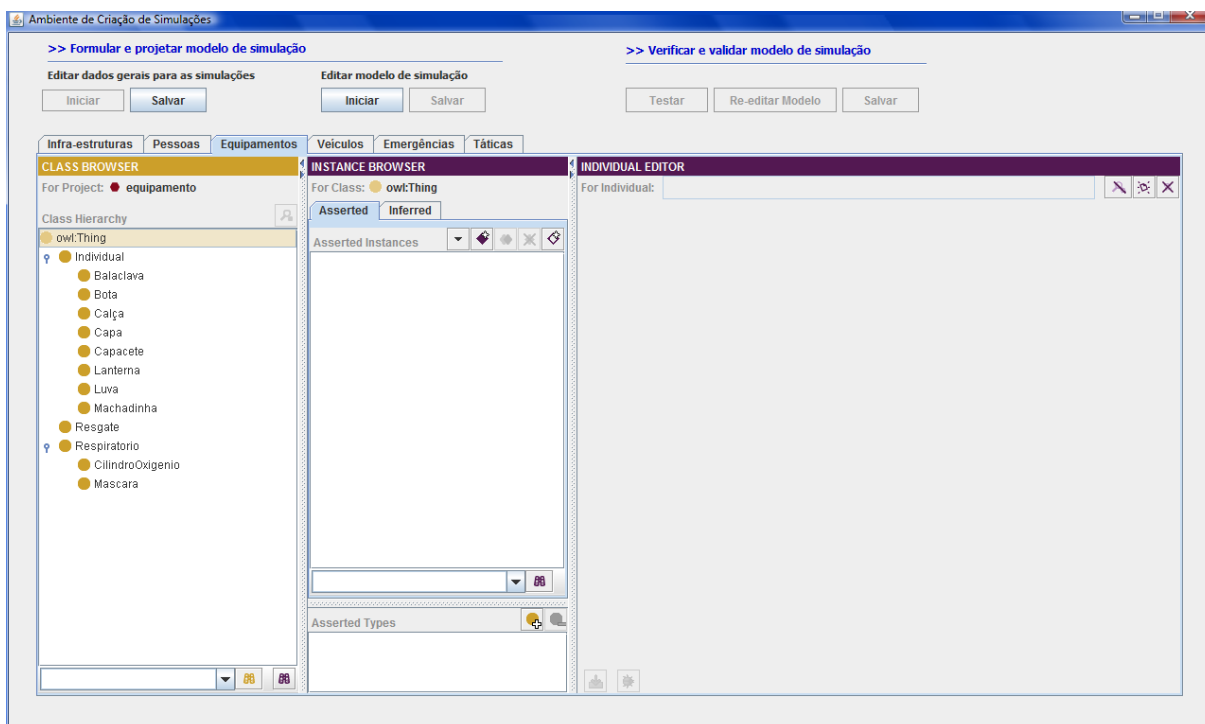


FIGURA 68. Tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais (equipamentos) para as simulações.

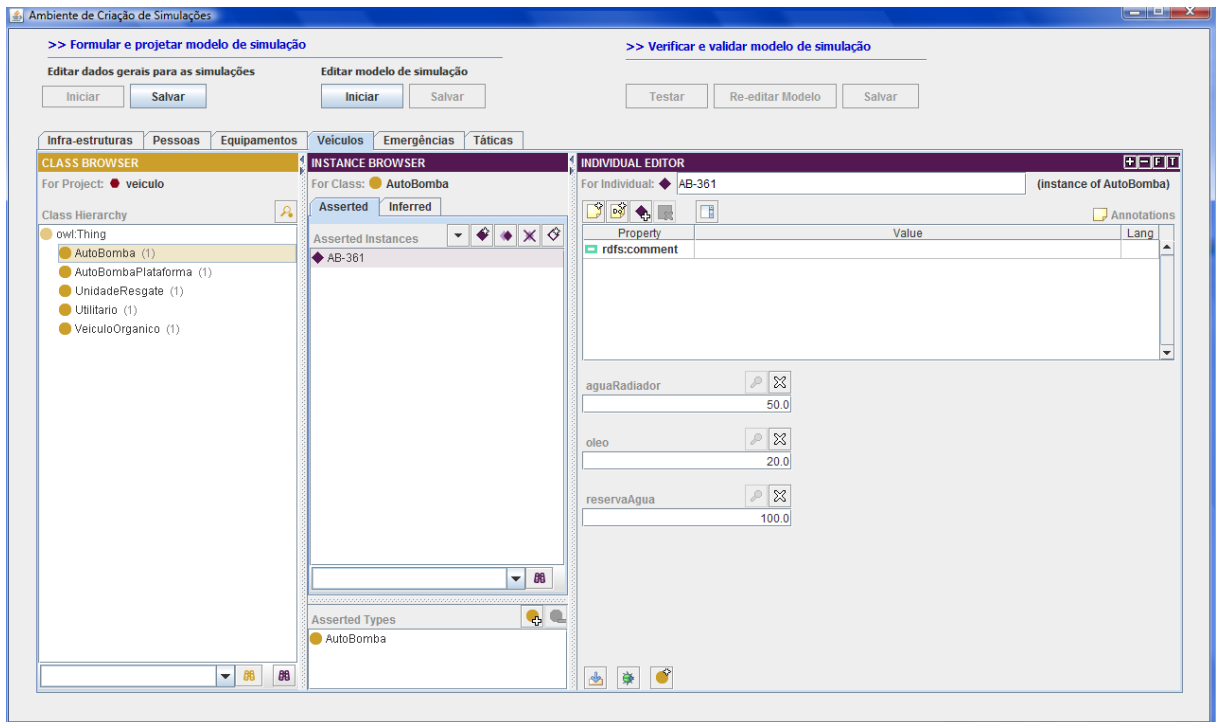


FIGURA 69. Tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais (veículos) para as simulações.

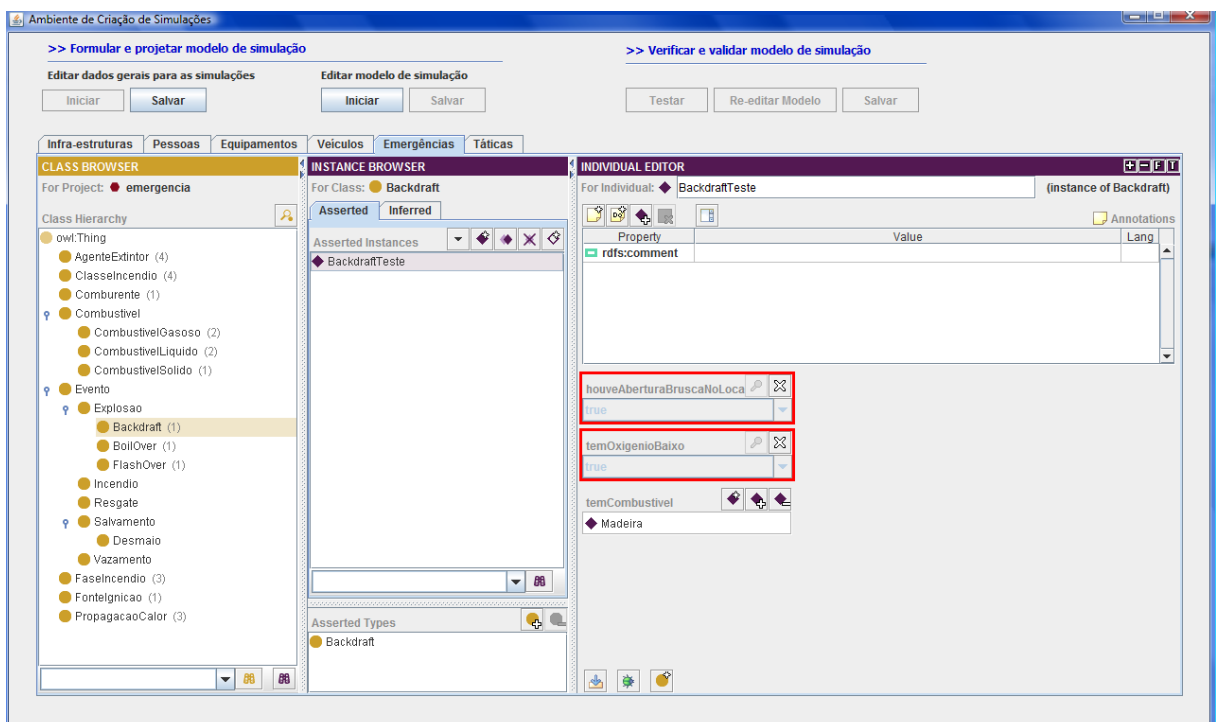


FIGURA 70. Tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais (emergências) para as simulações.

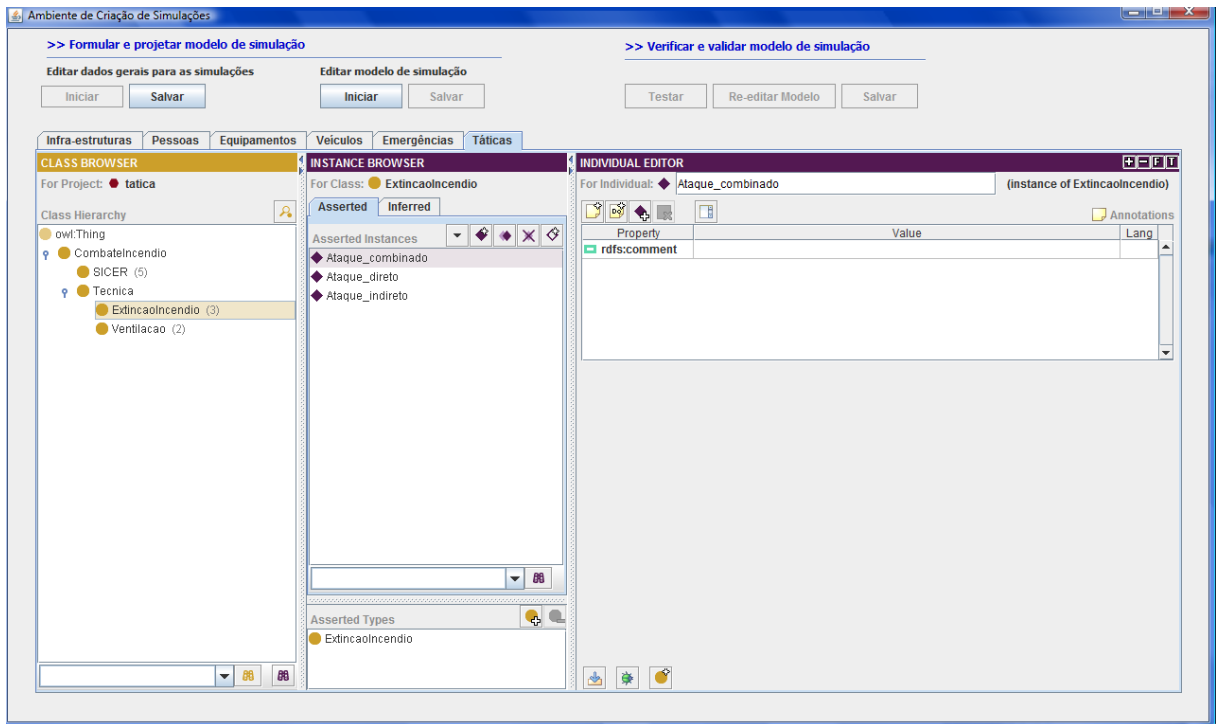


FIGURA 71. Tela do AC-AVC na qual é possível editar dados gerais (táticas) para as simulações.

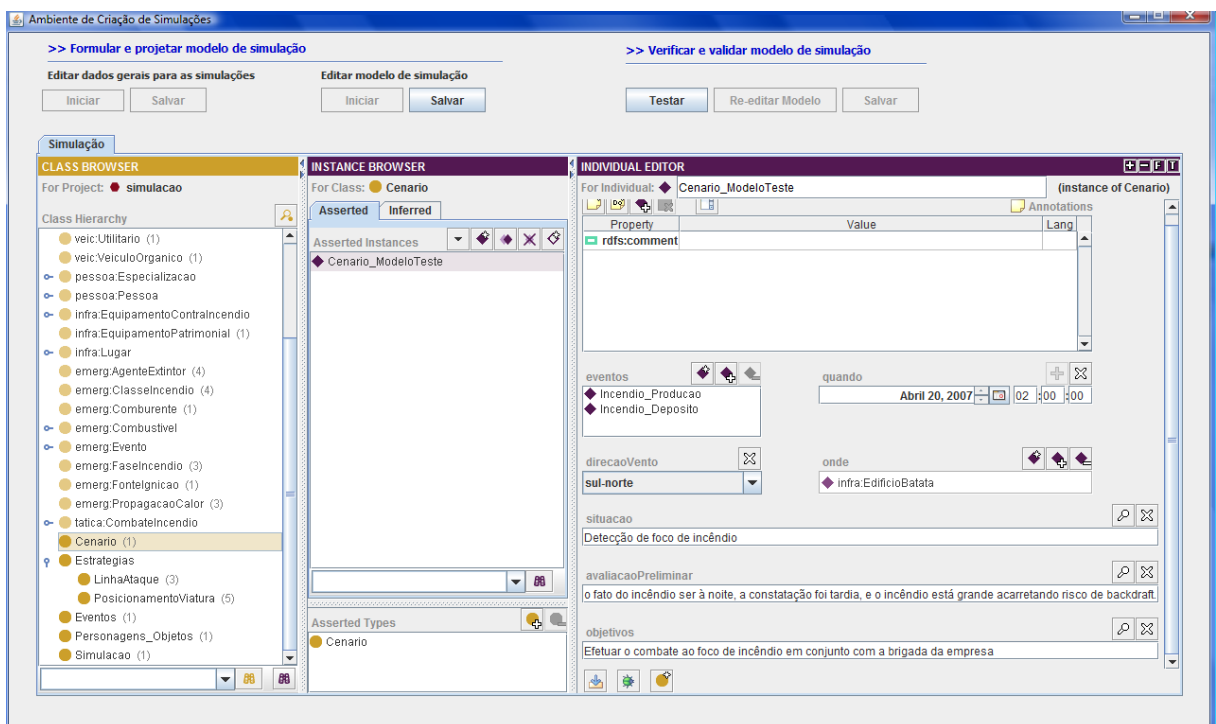


FIGURA 72. Tela do AC-AVC na qual é possível editar o modelo de simulação.

ANEXO A - Planilha de Levantamento de Dados



SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS - (PLD)

São Carlos, 20 de Abril de 2008 PLD nº 003/08

NOME DO LOCAL DE RISCO: **INDÚSTRIA DE BATATAS FRITAS.**

ENDEREÇO: **Rodovia Thales de Lorena Peixoto, 242**

BAIRRO: **Varjão - São Carlos-SP.**

PROPRIETÁRIO: **Nilton Hamaguchi**

NÚMEROS DE FUNCIONÁRIOS: **30**

HORÁRIO DE TRABALHO - do Setor Administrativo.: **08:00H – 18:00 h**

- do Setor Industrial.....: **07:00h – 15:30 h**

- Vias de acesso e pontos de referências:

Saída do Posto de Bombeiros São Gabriel, seguindo pela Rodovia Washington Luiz passando pela UFSCar, vira à direita sentido Ribeirão Preto, vire à direita no trevo do bairro Varjão, segue reto por 50 metros e vira a primeira à direita, seguindo reto até a indústria de Batatas Fritas.

- Anexar a Planta baixa do prédio e de sua localização na página do guia da Cidade.

- O prédio possibilita, junto ao leito carroçável ou no seu interior a armação de equipamentos e materiais de Bombeiros, de Viaturas (Jamantas, Escadas Magirus, Auto Bombas, etc)

Sim.

1. DADOS RELATIVOS A CONSTRUÇÃO DO IMÓVEL:

Área do Terreno: **6.119,52 m²**

Área Construída: **911,21 m²**

Estrutura: **Construção de galpões em alvenaria**

Nº de Pavimentos: **01**

Tipo de material das Paredes: **Tijolo**

Tipo de material dos Pisos: **Cimento**

Tipo de Cobertura: **Estrutura Metálica**

2. EQUIPAMENTOS E SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO :

Extintores e Hidrantes Simples.

2.1 Existe Atestado de Vistoria:

Corpo de Bombeiros: **SIM**

DATA: **05/03/2008**

Prefeitura.....: **SIM**

DATA: **10/10/2007**

2.2 Extintores Portáteis e/ou Carretas:

TIPO	QUANTIDADE	CAPACIDADE
- Espuma Mecânica... ()		
- Água Pressurizada... (X)	05	2-A
- PQS:..... (X)	07; 01; 01	20-B:C; 80-B:C; 20-A e 20-BC
- CO2:..... ()		

- 2.3 Hidrantes: 01

2.3.1 Internos ()	De Coluna..... ()	De parede..... ()
	Simples..... ()	Duplos..... ()
2.3.2 Externos..... (X)	De Coluna..... (X)	De parede..... ()
	Simples..... (X)	Duplos..... ()

- Tipo (s) de mangueira (s): **diamentro - 38mm - comprimento 60,00 m**

2.4 Instalações Automáticas:

- "Sprinkler":	SIM ()	NÃO (X)
- Gás Carbónico (CO2):.....	SIM ()	NÃO (X)
- Pó Químico :	SIM ()	NÃO (X)
- Sistema de detecção de incêndio e alarme:.....	SIM ()	NÃO (X)

2.5 Bombas de Recalque:

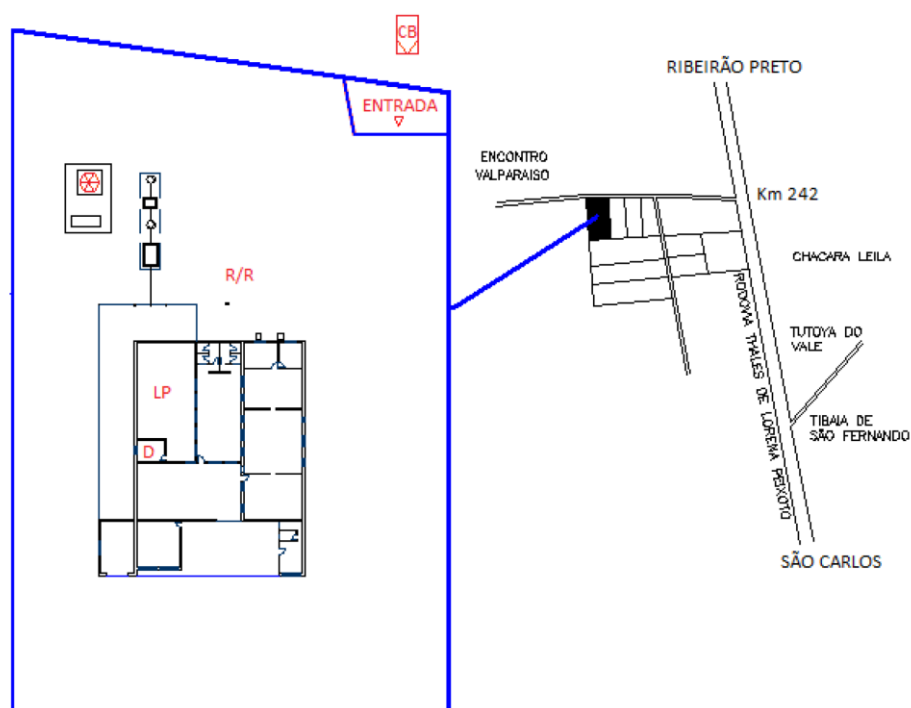
- Elétrica (X) Óleo () Gasolina () Vapor ()
- Há gerador para emergência .SIM () NÃO (X)
- Localização do **R/R: (assinalar na planta)**
- Existe (m) registro (s) ou hidrante (s) abastecido (s) pela Rede Pública (SABESP), nas proximidades?
Não.
Avenida/Ruas: -

2.6 Suprimento de Água: SIM

- Fonte de abastecimento: **1 reservatório nível do solo**
- DepósitoElevado() Capacidade..... m³
Subterrâneo.....() Capacidadem³
Nível de Solo.....(X) Capacidade **12 m³**
- Existe manancial natural ou artificial nas proximidades: **SIM**
- A que distância ? **5,90 m** Local: **Poço semi-artesiano no terreno da empresa**

2.7 Pessoal Treinado no manejo do aparelhamento de combate a incêndio

- Brigada: **SIM**
- A Empresa conta com Bombeiros Profissionais? **NÃO**
- No período diurno: **NÃO** No período noturno: **NÃO** Nos 3 turnos: **NÃO**
- Os socorros externos mais próximos situam-se: **05 KM**

ANEXO A – Croquis do local de riscos e do itinerário

CB - Corpo de Bombeiros

⬠ - Central de Gás

D - Depósito de embalagem plástica e papelão

LP - Linha de Produção

R/R - Registro de Recalque

ANEXO B - Planilha de Planejamento de Intervenção



SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO

FOLHA DE ROSTO

Número do PPI - 003		São Carlos, 20 de abril de 2008.	
GB – 16º GB	SGB – 3º SGB	PB – 4º, 5º e 6ª	Município – São Carlos
Nome do Local de Risco: INDÚSTRIA DE BATATAS FRITAS.			
Telefone: (16) 3378-7251		e-mail –	
Endereço: Rodovia Thales de Lorena Peixoto nº 242 Ponto de Referência: Trevo do Bairro Varjão.			
Itinerário: Saída do PB São Gabriel, seguindo pela Rodovia Washington Luiz passando pela UFSCar, vira à direita sentido Ribeirão Preto, vire à direita no trevo do bairro Varjão, segue reto por 50 metros e vira a primeira à direita, seguindo reto até a indústria de Batatas Fritas.			
Tempo resposta: 05 (cinco) minutos			
Pontos Sensíveis (críticos): Produção, tanques de óleo vegetal para fritura de batata e estoque de embalagens.			
Equipamentos contra incêndio disponíveis no local: Brigada de incêndio, iluminação de emergência, alarme, sinalização, extintores e hidrantes.			
TREM DE SOCORRO: Viaturas: AB-361, ABP-27, VO 381, UT-238, UR-02			
Contatos no local: Nilton Hamaguchi – Proprietário			

Quartel em São Carlos, 20 de abril de 2008.

MARCIO ROBERTO DE CAMPOS
1º Ten PM - Responsável

ANEXO C - Plano de Segurança



**SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

PLANO DE SEGURANÇA

01	Exercício	INCÊNDIO (SIMULADO)
02	Data	20/04/2008
03	Local	Indústria de Batatas Fritas - Rodovia Thales de Lorena Peixoto, 242 – Varjão - São Carlos-SP
04	Responsável	Ten PM Márcio Roberto de Campos
05	Saída	02:00 h
06	Regresso	04:30 h
07	Transporte	Viaturas operacionais, administrativas e veículos da empresa.
08	UOp / OPM Área	16º GB
09	Meios de comunicação	Telefone, Rádio HT, Rádios de Viaturas
10	Histórico da atividade a ser realizada	Princípio de incêndio no depósito de aparas da Indústria de Batatas Fritas com acionamento da Brigada de Incêndio por funcionário que detecta foco de incêndio. Após acionamento do CB, as guarnições deverão chegar ao local com tempo resposta adequado ao evento, efetuar o combate em conjunto com a brigada da empresa.
11	Riscos prováveis	- Queimaduras e exposição a gases tóxicos provenientes de queima dos produtos utilizados; - Pelo fato do incêndio ser à noite, a constatação foi tardia, e o incêndio está grande acarretando risco de backdraft.
12	Medidas de segurança	- Isolamento da área com fitas de isolamento e placas de sinalização; - Interdição de vias próximas ao simulado onde haveria o deslocamento de viaturas do Corpo de Bombeiros; - Informar Santa Casa, Pronto-Socorro Municipal, Casa de Saúde de São Carlos e Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Defesa Civil, Samu e Polícia Militar; - Informar órgãos competentes da Prefeitura Municipal e Defesa Civil.
13	Kit de segurança	Utilizado o existente nas viaturas (maleta de primeiros socorros).
14	VTR para socorro	AB-361, ABP-27, VO 381, UT-238, UR-02
15	Local para socorro	Rodovia Thales de Lorena Peixoto, 242 – Varjão - São Carlos-SP
16	Órgãos / OPM envolvidos	Pronto Socorro, Secretaria de Meio Ambiente, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil, Samu e Polícia Militar.
17	Documentos pertinentes	RACB Nº 2583/03
18	Materiais utilizados	- Viaturas de emergência; - Equipamentos de proteção respiratórios autônomos; - Capas de aproximação; - Equipamentos de Combate a Incêndio; - Equipamentos de Resgate.

Quartel em São Carlos, 20 de abril de 2008.

MARCIO ROBERTO DE CAMPOS
1º Ten PM - Responsável

ANEXO D - Relatório Final



SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA
POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO

**16º GRUPAMENTO DE BOMBEIROS
SIMULADO Nº 003 - 20/04/2008.**

ASSUNTO: Exercício Simulado de Incêndio

INTERESSADO: Departamento de Operações

PROCEDÊNCIA: 16º GB – 2º SGB – 4º, 5º e 6º PBs - Município – São Carlos/SP

Referencias: Diretriz nº CCB-001/213/03.

ANEXO(s): -

ENDEREÇO (Rua, Av. Praça, Rodovia): Rodovia Thales de Lorena Peixoto, 242 – Varjão.

MUNICÍPIO: São Carlos - SP.

TIPO DE OCORRÊNCIA: Incêndio.

TALÃO nº: 2583/08.

VIATURAS EMPREGADAS: ABP-27, AB-361, UT-238, VO-381, UR-02.

TIPOS DE VIATURAS: operacionais e administrativas.

EFETIVO EMPREGADO: Oficiais: 01, Sgt: 03, Cb: 06, Sd: 05, Total: 15

ÓRGÃOS CIVIS ENVOLVIDOS: Pronto Socorro Municipal, Secretaria de Meio Ambiente.

SINTESE DO SIMULADO PUBLICADO EM JORNAIS, CONSTAR:

Nome do Jornal, Data, Síntese e Autor: Foi enviada nota de imprensa para os meios de comunicação local, mas não houve publicação em jornais.

PARTE EXPOSITIVA: Após solicitação via telefone 193 para atendimento de ocorrência de incêndio em indústria de batatas fritas, as viaturas foram acionadas e se deslocaram para o local onde o incêndio já estava sendo combatido pela equipe de brigada de incêndio, houve união das equipes e o fogo foi debelado.

Horários das atividades:

- 02:00 h Príncipio de incêndio na linha de produção da Indústria de batata frita.
- 02:02 h Acionamento da Brigada de Incêndio por funcionário que detecta foco de incêndio.
- 02:03 h Deslocamento do Coordenador de emergência. Houve avaliação das condições emergenciais, direção e sentido do vento, definição das zonas de trabalho e local do posto de Comando onde a viatura de emergência deverá ser estacionada. As ambulâncias ficaram estacionadas na zona fria.
- 02:03 h A Brigada de Incêndio foi até o local e iniciou manobras para apagar o incêndio. O Chefe da Brigada de Incêndio acionou o Corpo de Bombeiros.
- 02:08 h O oficial comandante do Corpo de Bombeiros assumiu o posto de comando assessorado pelo Coordenador de Emergência. O Coordenador de Emergência relatou as ações já tomadas e, em conjunto efetuaram uma reavaliação da estratégia, tática e técnicas empregadas até o momento. Não havia vítimas no local.
- 02:10 h Devido ao fato de existir locais fechados com possibilidade da explosão por backdraft, optou-se por aberturas no teto para diminuir o risco deste tipo de explosão.

- 02:15 h Os sargentos coordenaram viaturas do Corpo de Bombeiros e um carro pipa da prefeitura para montar linhas de ataque para início da técnica de isolamento das áreas não afetadas pelo fogo.
- 02:18 h Combate ao foco principal de incêndio, com o devido cuidado em relação aos riscos vizinhos (depósito de embalagens e central de gás liquefeito de petróleo).
- 03:30 h O Incêndio foi apagado com apoio da Brigada de Incêndio da Empresa.
- 03:40 h Foi feito rescaldo e limpeza do local para evitar reignição do foco de incêndio.
- 04:30 h No local foi feita uma reunião com todos os participantes do exercício de simulação, onde houve discussão detalhada do cenário emergencial, do risco potencial desta emergência simulada, das ações adotadas e avaliação final dos pontos positivos e negativos do evento.

PARTE CONCLUSIVA: O Simulado foi realizado com a finalidade de aferir materiais e tempo resposta que os Postos de Bombeiros de São Carlos possam oferecer em caso de ocorrências. O caso em questão objetivou um acontecimento em uma indústria alimentícia (batatas fritas). De modo geral o simulado foi considerado satisfatório, **servindo como teste das mudanças do PB-São Carlos relativo à implementação do PAM.** O contato entre as guarnições e a brigada foi considerado altamente proveitoso, haja vista a ação conjunta das equipes.

Quartel em São Carlos, 20 de abril de 2008.

MARCIO ROBERTO DE CAMPOS
1º Ten PM – Cmt.