

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

**METODOLOGIA ITERATIVA E MODELOS
INTEGRADORES PARA DESENVOLVIMENTO DE
JOGOS SÉRIOS DE TREINAMENTO E AVALIAÇÃO
DE DESEMPENHO HUMANO**

RAFAELA VILELA DA ROCHA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. REGINA BORGES DE ARAUJO

SÃO CARLOS - SP

2014

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

**METODOLOGIA ITERATIVA E MODELOS
INTEGRADORES PARA DESENVOLVIMENTO DE
JOGOS SÉRIOS DE TREINAMENTO E AVALIAÇÃO
DE DESEMPENHO HUMANO**

RAFAELA VILELA DA ROCHA

Tese 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 Doutor em Ciência da
Computação, área de concentração: Processamento
de Imagens e Sinais
Orientadora: Dra. Regina Borges de Araujo

SÃO CARLOS - SP

2014

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R672mi Rocha, Rafaela Vilela da
Metodologia iterativa e modelos integradores para desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação de desempenho humano / Rafaela Vilela da Rocha. -- São Carlos : UFSCar, 2016.
237 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Jogos sérios. 2. Modelagem e simulação. 3. Avaliação de desempenho humano. 4. Processos de treinamento. 5. Metodologia de desenvolvimento. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de tese de Doutora em Ciência da Computação da candidata Rafaela Vilela da Rocha, realizada em 25/11/2014:

Profa. Dra. Regina Borges de Araujo
UFSCar

Profa. Dra. Vânia Paula de Almeida Neris
UFSCar

Prof. Dr. José Hiroki Saito
UFSCar

Prof. Dr. Celso Massaki Hirata
ITA

Profa. Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques
USP

*Aos meus pais Alcides Vilela
e Aparecida Moreira e à minha família.*

AGRADECIMENTO

A realização desta tese só foi possível devido a parcerias e colaborações de diversas pessoas, meus sinceros agradecimentos e estima.

À minha orientadora, Regina Borges de Araujo, um agradecimento especial pelo constante empenho e dedicação, além de sua sempre amizade e confiança. Sua parceria e orientações possibilitaram a realização de muitas atividades que permitiram a conclusão desta tese. Muito obrigada.

Aos meus co-orientadores da Universidade de *Linköping*, professores Henrik Eriksson e Rita Kovordanyi, pela parceria, orientações e todo apoio fornecido durante o estágio de doutorado na Suécia. Agradeço também aos professores Roger Woltjer, da Agência Sueca de Pesquisa na área de Defesa FOI, e Eva Blomqvist, da Universidade de *Linköping*, pela oportunidade de participação em suas disciplinas.

Aos professores Arthur José Vieira Porto, Celso Massaki Hirata e José Hiroki Saito pelas participações e valiosas contribuições na banca de qualificação deste doutorado. Agradeço também a disponibilidade e colaborações dos professores Edson Walmir Cazarini, Daniel Lucrédio, Delano Medeiros Beder e Vânia Paula de Almeida Neris, que contribuíram com suas experiências e valiosas sugestões para a melhoria dos trabalhos realizados ao longo deste doutorado.

Ao Corpo de Bombeiros das cidades de São Carlos e São Paulo por todo apoio, em especial gostaria de agradecer:

- ao Capitão Marcio, pela contribuição com sua experiência profissional ao longo deste projeto de pesquisa e por sua dedicação que possibilitou a modelagem de diversos protocolos dos bombeiros;
- ao Tenente Coronel Simões, por sua participação e contribuição aos projetos realizados durante a disciplina “Simulação Interativa Distribuída”;
- ao Capitão Miguel Jodas, por sua dedicação e participação na etapa final deste projeto, também avaliando e validando o jogo sério criado e o planejamento da execução dos treinamentos; e por todo apoio e empenho em realizar os treinamentos com os bombeiros;
- aos bombeiros que participaram dos treinamentos e contribuíram com suas experiências para avaliar o jogo sério desenvolvido.

Aos amigos de projeto de pesquisa e laboratório do WINDIS, em especial Marcio, Rodrigo, Allan, Renan, Cláudia, Fernando, Marcelo, Felipe, Leandro, Gislaine, Leonardo e Guilherme, pelas discussões, presenciais e virtuais, pelos auxílios prestados, pelas dedicações e contribuições aos artigos, pesquisas e desenvolvimentos realizados ao longo deste trabalho de doutorado. Agradeço também a todos os outros amigos que participaram de projetos no WINDIS, durante o período de mestrado e deste doutorado, e que contribuíram com discussões e reflexões durante os workshops realizados.

Aos doutorandos que contribuíram para a realização das simulações na disciplina “Simulação Interativa Distribuída” e alunos de graduação que participaram e se empenharam em modelar e criar protótipos de simulações interativas de diversos protocolos; e Maximiliano e Maíra, que colaboraram para a melhoria do jogo sério criado com suas experiências profissionais em desenvolvimento de jogos.

Aos institutos que financiaram este projeto de pesquisa e outros correlatos: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC), e Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos (PPG-CC-UFSCar).

Aos professores das disciplinas de pós-graduação, aos colegas de curso, e aos funcionários do Departamento da Computação da UFSCar que disponibilizam a infraestrutura necessária e viabilizam a realização deste trabalho de doutorado.

Agradeço carinhosamente à minha família e meu marido pela paciência, incentivo e apoio durante toda esta caminhada.

A todos que contribuíram de algum modo para minha formação e para o desenvolvimento deste trabalho.

À Deus pela inspiração e força.

“Conte-me e eu esquecerei. Mostre-me e eu apenas me lembrarei. Envolve-me e eu compreenderei”.

Confúcio

RESUMO

Um treinamento visa aprimorar as competências dos profissionais no âmbito do conhecimento, habilidades e reforço de boas atitudes e é essencial particularmente em atividades que envolvem risco à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente. Devido ao risco e custo de treinamentos práticos tradicionais, jogos sérios de treinamento que reproduzem sistemas, processos e objetos do mundo real em um ambiente virtual seguro vêm sendo usados como instrumento efetivo de aprendizagem e treinamento ou motivação ao aprendizado, além de apoio para avaliações durante e pós-ação. Por outro lado, o desenvolvimento de jogos sérios é um processo complexo, com alto custo de desenvolvimento (recursos humanos, materiais, financeiros, espaço e tempo), que requer profissionais qualificados, que detêm conhecimentos de aprendizagem, avaliação, simulação e de jogos em si. Diferentes metodologias emergiram para o desenvolvimento de jogos sérios que, de maneira geral, não contemplam as suas diferentes dimensões, necessitando serem combinadas e equilibradas com outras metodologias para atingirem os objetivos de treinamento e avaliação. Este trabalho apresenta uma metodologia iterativa e integradora (*DevJSTA*) para o desenvolvimento de Jogos Sérios para Treinamento e Avaliação do desempenho humano (JSTA), que integra equipes multidisciplinares, provendo desde orientações e artefatos até elementos de jogos e modelos de simulação (com modelos formais de eventos discretos, autômatos e lógica *Fuzzy*), para integrar e inserir conceitos de aprendizagem efetiva e experiencial aos jogos sérios, além de avaliação do desempenho humano durante e pós-ação. Na metodologia *DevJSTA* são descritos os papéis dos profissionais envolvidos, cada processo do ciclo de vida de desenvolvimento, os produtos gerados e as tecnologias e ferramentas que podem ser usadas para criar estes produtos, além de uma arquitetura de suporte e componentes genéricos. O principal diferencial desta metodologia é sua abordagem holística que integra princípios pedagógicos de aprendizagem e avaliação no desenvolvimento da simulação. A metodologia foi submetida à avaliação, por meio de entrevistas com especialistas das áreas de engenharia de software, desenvolvimento de jogos e domínio de aplicação. Os resultados positivos corroboram com a necessidade desta nova metodologia que é integradora. Para validar a metodologia, foi criado um JSTA para treinar bombeiros no controle de vazamento de gás de cozinha, e avaliar a percepção e o desempenho de cada aprendiz. O JSTA foi também validado quanto a sua fidelidade e efetividade. Além dos resultados positivos, a criação do JSTA, com a aplicação da metodologia *DevJSTA*, permitiu avaliar uma oportunidade de melhoria no protocolo atual que é utilizado no Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

Palavras-chave: jogos sérios, modelagem e simulação, avaliação de desempenho humano, medição e *feedback*, teorias de aprendizagem e instrucional, processos de treinamento e *design* instrucional.

ABSTRACT

Training aims to improve the professional competences (knowledge, skills and attitudes) and it is essential particularly in risk activities to the life, property and environment. Due to the risk and cost of traditional practical training, serious games, which reproduce systems, processes and real-world objects in a safe virtual environment has been used as an effective tool for learning and training or motivation to learning, and support for assessment during and post-action. On the other hand, the development of serious games is a complex process, has development high cost (time, money, resources), need highly qualified professionals, who hold requirements of learning, assessment, simulation and game itself. Different methodologies have emerged for developing serious games, however, in general, they do not include the different dimensions and need to be combined and balanced with other methodologies to achieve the training and assessment objectives. This thesis presents a novel iterative methodology (named DevJSTA) for the development of serious games for training and human performance assessment (named JSTA), which integrates multidisciplinary teams by providing guidelines, artifacts, game elements and simulation models (formalisms of discrete events, automata and Fuzzy logic) to integrate and include concepts such as effective and experiential learning in serious games, besides providing feedback during the simulation and at the end. This methodology DevJSTA describes the professional roles, the development life cycle, the generated products and the technologies and tools that can be used to create these products, as well as a support architecture and generic components. The main differential of this methodology is its holistic approach that integrates pedagogical principles of learning and assessment in the development of simulation. The methodology was evaluated through interviews with software engineering experts, serious games developers and domain experts. The results were positive and confirmed the need of these new methodology that is integrative. To validate the methodology, one JSTA was created to train firefighters to control the cooking gas leak, and to evaluate the trainee's perception and performance. Serious game fidelity and effectiveness were also validated. Moreover, the serious game development, with the use of the methodology DevJSTA, allowed to evaluate an opportunity for improvement in the current protocol that is used in the Fire Department.

Keywords: serious games, modeling and simulation, human performance evaluation, assessment and feedback, learning and instructional theories, training and instructional process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Inter-relações de aprendizagem/treinamento, simulação e jogos (adaptado de Maciuszek, Weicht e Martens, 2012).	12
Figura 2.2 – Composição de pesquisas em áreas interdisciplinares: treinamento, jogos sérios e domínio de aplicação (adaptado de Rocha e Araujo, 2013a e De Glória, 2014).	14
Figura 2.3 – Visão geral do cenário de desenvolvimento e execução de um JSTA.	15
Figura 2.4 – Visão geral de uma federação HLA e dos componentes do RTI (adaptado de Kuhl, Weatherly e Dahmann, 1999).	23
Figura 2.5 – Visão geral das dimensões (conhecimento, habilidade e atitude) e dos fatores (saber, querer e poder fazer) que afetam as competências.	27
Figura 2.6 – Visão geral da hierarquia das formas de indução à aprendizagem: informação, instrução, treinamento, desenvolvimento e educação (adotado de Vargas e Abbad, 2006).	28
Figura 2.7 – Visão geral dos resultados do treinamento: aprendizagem, transferência (efeito direto) e impacto (efeito indireto) (adaptado de Zerbini et al. (2012) e Taylor e O’Driscoll (1998).	29
Figura 2.8 – Visão geral do ciclo de aprendizado experiencial sobreposto pelo ciclo de simulação (criado a partir de Kolb (1984) e Hall (2011)).	32
Figura 2.9 – Visão geral dos níveis do modelo de avaliação da eficácia do programa de treinamento (adaptado de Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006).	37
Figura 3.1 – Visão geral das metodologias existentes nas áreas relacionadas a jogos sérios.	45
Figura 4.1 – Visão geral dos conceitos integrados por área.	74
Figura 4.2 – Visão geral da metodologia iterativa, modelos integradores, arquitetura de suporte e processos de avaliação e validação.	76
Figura 4.3 – Elementos de um processo (adaptado de Acuña e Ferré, 2001).	77
Figura 4.4 – Atores envolvidos no desenvolvimento de um JSTA.	78
Figura 4.5 – <i>DevJSTA</i> : metodologia Iterativa integradora de desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação (adaptado de Rocha e Araujo, 2013).	80
Figura 4.6 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (1) Planejamento.	81
Figura 4.7 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (2) Análise.	83
Figura 4.8 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (3) Projeto.	88
Figura 4.9 – Ontologias integradas para descrição do cenário (adotado de Rocha et al., 2010).	88

Figura 4.10 – Diagrama integrador objeto jogo- simulação: representação estruturada das características de arte, áudio, programação e interface do objeto simulado.....	90
Figura 4.11 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (4) Implementação.	92
Figura 4.12 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (5) Integração e Teste.....	92
Figura 4.13 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (6) Execução.	93
Figura 4.14 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (7) Avaliação.....	94
Figura 4.15 – <i>DevJSTA</i> : visão geral do processo (8) Verificação e Validação.	95
Figura 4.16 – Diagrama dos processos de validações e avaliações durante o desenvolvimento e treinamento usando JSTA.	96
Figura 4.17 – Legenda do diagrama dos processos de validações e avaliações.	97
Figura 4.18 – Exemplo de variável linguística e conjuntos <i>Fuzzy</i>	100
Figura 4.19 – Visão geral de um sistema de inferência <i>Fuzzy</i>	101
Figura 4.20 – Modelo integrador de avaliação- programa de treinamento.....	104
Figura 4.21 – Visão geral da federação baseada na HLA e de um federado em camadas.	106
Figura 4.22 – <i>FireTruckSim</i> : modelo 2D/3D de interface de <i>smartphone</i> (adotado de Lima e Araujo, 2011).....	107
Figura 4.23 – <i>STARTSim</i> : modelo 2D/3D de interface de <i>smartphone</i> (adotado de Lima e Araujo, 2011).....	108
Figura 4.24 – FIS: interface 2D implementada para interação com os componentes.....	109
Figura 4.25 – Visão geral da arquitetura de suporte criada.	111
Figura E.1 – <i>Design</i> de M&S: modelo formal e diagrama de transição de estados.	201
Figura E.2 – <i>Design</i> de modelo de simulação: modelagem estruturada de objetos.....	203
Figura E.3 – Design de interface e interação: <i>storyboard</i> das sequências feitas corretamente para controlar o vazamento de GLP.	204
Figura E.4 – <i>Design</i> de interface e interação: <i>storyboard</i> das sequências feitas incorretamente para controlar o vazamento de GLP.	205
Figura E.5 – Visão geral da arquitetura cliente-servidor.	208
Figura E.6 – Estrutura do banco de dados.	209
Figura E.7 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da tela inicial da fase 2.	210
Figura E.8 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da tela inicial da fase 4.	211
Figura E.9 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da tela inicial da fase 5.	211
Figura E.10 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da tela inicial da fase 6.	211
Figura E.11 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da execução durante a fase 1.	212
Figura E.12 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da execução durante a fase 2.	212

Figura E.13 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da tela de “ <i>game over</i> ” durante a fase 3.	213
Figura E.14 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da tela de resultado da fase 3.	213
Figura E.15 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : visão da tela de resultado da fase 6 (erros ficam em vermelho e acerto em verde).	213

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Principais procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa.	7
Quadro 2.1 – Taxonomia de Bloom do domínio cognitivo e simulações (adaptado de Hall, 2011).	31
Quadro 3.1 – Comparação das metodologias para desenvolvimento de jogos adaptadas dos modelos de processos de engenharia de software.	48
Quadro 3.2 – Comparação das metodologias usadas na indústria de jogos.	50
Quadro 3.3 – Comparação das metodologia de desenvolvimento de simulações.	53
Quadro 3.4 – Comparação das metodologia de desenvolvimento de federações.	56
Quadro 3.5 – Comparação das metodologias de desenvolvimento de instrução e treinamento.	60
Quadro 3.6 – Comparação dos modelos de desenvolvimento de jogos instrucionais.	64
Quadro 3.7 – Comparação dos modelos de desenvolvimento de jogos sérios.	69
Quadro 4.1 – Modelo de planejamento inicial.	82
Quadro 4.2 – Modelo de documento de especificação do domínio e requisitos.	85
Quadro 4.3 – Critérios para a criação de fases no modelo integrador avaliações - programa de treinamento.	103
Quadro 5.1 – Visão geral do planejamento para validar o modelo de simulação.	114
Quadro 5.2 – Visão geral do planejamento para validar o JSTA do ponto de vista educacional.	115
Quadro 5.3 – Perfis dos bombeiros com mais de 10 anos de experiência.	123
Quadro 6.1 – Visão geral do planejamento para avaliar a metodologia DevJSTA e arquitetura.	125
Quadro 6.2 – Perfis dos pesquisadores entrevistados.	127
Quadro 6.3 – Perfis dos desenvolvedores entrevistados.	127
Quadro 6.4 – Perguntas e respostas das entrevistas com os pesquisadores.	129
Quadro 6.5 – Perguntas e respostas das entrevistas com os desenvolvedores.	132
Quadro 6.6 – Avaliação da metodologia DevJSTA em relação ao estado da arte.	138
Quadro E.1 – <i>GLPSobControle</i> : documento de planejamento inicial do JSTA.	193
Quadro E.2 – <i>GLPSobControle</i> : documento de especificação do domínio e requisitos (parte: treinamento e avaliação).	195

Quadro E.3 – <i>GLPSobControle</i> : documento de especificação do domínio e requisitos (parte: jogo).....	196
Quadro E.4 – <i>GLPSobControle</i> : documento de especificação do domínio e requisitos (parte: simulação).....	197
Quadro E.5 – <i>GLPSobControle</i> : documento de especificação do domínio e requisitos (parte: arquitetura).....	199
Quadro E.6 – Design de M&S: legenda de estados.....	201
Quadro E.7 – JSTA <i>GLPSobControle</i> : programa de treinamento.....	206
Quadro F.1 – Perfis dos oficiais bombeiros e métodos de entrevistas.....	215
Quadro G.1 – Perfis dos bombeiros divididos em quatro grupos.....	218
Quadro G.2 – Resultados das fases por bombeiro.....	221
Quadro G.3 – Pontuações obtidas nas atividades por cada bombeiro.....	222

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico G.1– Resultados das fases por bombeiro.....	221
Gráfico G.2 – Erros por atividades e bombeiros.....	223
Gráfico G.3 – Descrição e total de erros e consequências.....	227
Gráfico G.4 – Erros e acertos dos bombeiros por fases.....	227
Gráfico G.5 – Reação dos bombeiros à simulação.....	229
Gráfico G.6 – Reação dos bombeiros à aprendizagem com o jogo.....	230
Gráfico G.7 – Reação dos bombeiros ao jogo.....	231
Gráfico G.8 – Reação dos bombeiros à aprendizagem durante as fases.....	232
Gráfico G.9 – Pontuação das fases.....	232

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
AAR	<i>After Action Review</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADDIE	<i>Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
BARS	<i>Behaviorally Anchored Rating Scales</i>
BOS	<i>Behavioral Observation Scales</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CB	Corpo de Bombeiros
CCB	Comando do Corpo de Bombeiros
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CHA	Conhecimento, Habilidade e Atitude
CRISIS	<i>Critical Incident Management System Using an Interactive Simulated Environment</i>
DevJSTA	Metodologia iterativa e integradora de jogo, simulação, treinamento e avaliação para o desenvolvimento de JSTAs
DFA	<i>Deterministic Finite Automaton</i>
DGBL-ID	<i>Digital Game Based Learning-Instructional Design Model</i>
DIS	<i>Distributed Interactive Simulation</i>
DEVS	<i>Discrete Event System Specification</i>
DoD	<i>United States Department of Defense</i>
DSEEP	<i>Distributed Simulation Engineering and Execution Process</i>
EAP	Estágio de Aperfeiçoamento Profissional
EMS	<i>Essentials of Modeling & Simulation</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPR	Equipamento de Proteção Respiratória
FAPESP	Fundação e Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEDEP	<i>Federation Development and Execution Process</i>
FedExec	<i>Federation Executive</i>
FIDGE	<i>Fuzzified Instructional Design Development of Game-like Environments</i>
FIS	<i>Fuzzy Inference System</i>
FireTruckSim	Simulação de treinamento de operação de painel de controle da bomba de água de uma viatura de bombeiros

FP7	<i>European Union Seventh Framework Programme</i>
FOI	Agência Sueca de Pesquisa
FOM	<i>Federation Object Model</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
<i>GLPSobControle</i>	Jogo sério de controle de vazamento de GLP
GQM	<i>Goal-Question-Metrics</i>
GUP	<i>Game Unified Process</i>
GWP	<i>Game Waterfall Process</i>
HLA	<i>High Level Architecture</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IEEE STD	<i>IEEE Standard</i>
ISD	<i>Instructional Systems Design</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
INCT-SEC	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos
Jena	<i>Semantic Web Framework</i>
JSTA	Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação
LAN	<i>Local Area Network</i>
libRTI	<i>RTI Library</i>
LiU	<i>Linköping University</i>
LVC	<i>Live, Virtual and Constructive</i>
M&S	Modelagem e Simulação
MARS	<i>Mitsubishi Architecture Framework Required for Modeling and Simulation Systems</i>
MI	Modelos Integradores
NBR	<i>Norma da ABNT</i>
NPC	<i>Non-Player Character</i>
OWL	<i>Ontology Web Language</i>
OWL-DL	<i>OWL Description Logic</i>
POP	Procedimento Operacional Padrão
PPG-CC	Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
QA	<i>Quality Assurance</i>
R-C	Representacional e Comportamental
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
RTI	<i>Runtime Infrastructure</i>
<i>RtiExec</i>	<i>RTI Executive</i>
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SISO	<i>Simulation Interoperability Standards Organization</i>

SEDEP	<i>Synthetic Environments Development & Exploitation Process</i>
SG-ISD	<i>Simulation- Games Instructional Systems Design</i>
SMARTER	<i>Simulation Module for Assessment of Resident's Targeted Event Responses</i>
SOA	<i>Service-Oriented Architecture</i>
SPARQL	<i>Protocol And RDF Query Language</i>
START	<i>Simple Triage and Rapid Treatment</i>
STARTSim	Simulação de treinamento de triagem de múltiplas vítimas com o protocolo START
T&A	Treinamento e Avaliação
TARGETs	<i>Targeted Acceptable Responses to Generated Events</i>
TD&E	Treinamento, Desenvolvimento e Educação
TENA	<i>Test and Training Enabling Architecture</i>
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
V&V	Validação e Verificação
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WINDIS	<i>Wireless Networking and Distributed Interactive Simulation</i>
XGD	<i>Extreme Game Development</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
XP	<i>eXtreme Programming</i>

SUMÁRIO

<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 Contexto, Motivações e Desafios	1
1.2 Questões de Pesquisa	3
1.3 Objetivos	5
1.4 Metodologia de Pesquisa	6
1.5 Organização do Trabalho	9
<u>CAPÍTULO 2 - ASPECTOS CONCEITUAIS</u>	11
2.1 Considerações Iniciais	11
2.2 Desafios na Integração das Áreas de Desenvolvimento de JSTA	14
2.3 Modelagem e Simulação	18
2.3.1 Tipos de modelos e simulações.....	19
2.3.2 Fidelidade da simulação	21
2.3.3 Simulações distribuídas e protocolos de interoperabilidade	21
2.4 Jogos para Educação e Treinamento	24
2.4.1 Elementos e conteúdos dos jogos.....	24
2.4.2 Princípios de aprendizagem efetiva em jogos	25
2.4.3 Motivação e experiência nos jogos	25
2.5 Treinamento e Aprendizagem	27
2.5.1 Teorias de desempenho humano	30
2.5.2 Taxonomia de Bloom.....	31
2.5.3 Teorias de aprendizagem experiencial e estilos de aprendizagem.....	32
2.6 Medição de Desempenho, Avaliação e <i>Feedback</i>	33
2.6.1 Medição de desempenho humano	33
2.6.2 Avaliações	35
2.6.3 <i>Feedback</i>	38
2.7 Verificações e Validações	39
2.7.1 Validação representacional e comportamental	40
2.7.2 Validação educacional	41
2.8 Considerações Finais	41
<u>CAPÍTULO 3 - ESTADO DA ARTE EM METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS E SUAS ÁREAS RELACIONADAS</u>	43
3.1 Considerações Iniciais	43

3.2 Metodologias para Desenvolvimento de Jogos de Entretenimento.....	46
3.2.1 Metodologias para desenvolvimento de jogos	46
3.2.2 Metodologias para <i>design</i> e produção usadas na indústria de jogos	49
3.2.3 Limitações das metodologias de desenvolvimento de jogos de entretenimento para atender os requisitos de jogos sérios	50
3.3 Modelagem e Simulação	51
3.3.1 Metodologia de desenvolvimento de simulações.....	51
3.3.2 Metodologias de desenvolvimento de federações.....	54
3.3.3 Limitações e novos requisitos para as metodologias de M&S.....	56
3.4 Modelos de Criação de Instrução e Treinamento.....	57
3.4.1 Modelos de <i>design</i> de sistema instrucional.....	57
3.4.2 Modelo de desenvolvimento de treinamento	59
3.4.3 Discussão sobre as limitações das metodologias de desenvolvimento de instrução e treinamento.....	60
3.5 Metodologias de Desenvolvimento de Jogos Instrucionais.....	61
3.5.1 Processo de desenvolvimento de jogos e simulações instrucionais.....	62
3.5.2 Modelos de desenvolvimento de jogos instrucionais.....	62
3.5.3 Limitações das metodologias de desenvolvimento de jogos instrucionais	63
3.6 Processos e Modelos para Desenvolvimento de Jogos Sérios	65
3.6.1 Modelos de criação de jogos e simulações	65
3.6.2 Processos de desenvolvimento de jogos sérios	66
3.6.3 Limitações das metodologias de desenvolvimento de jogos sérios e requisitos de integração jogabilidade-aprendizado-simulação	67
3.7 Processos de Produção de Artefatos referentes às Áreas de Desenvolvimento de Jogos Sérios	68
3.7.1 Desenvolvimento de <i>storyboards</i>	70
3.7.2 Modelagem conceitual	70
3.7.3 Construção de ontologias	71
3.8 Considerações Finais.....	71
<u>CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA ITERATIVA <i>DevJSTA</i> E MODELOS INTEGRADORES.....</u>	<u>73</u>
4.1 Considerações Iniciais	73
4.2 Processos e Atores do Desenvolvimento de um JSTA.....	77
4.3 Metodologia <i>DevJSTA</i>	79
4.3.1 Planejamento: identificação das necessidades de treinamentos.....	81
4.3.2 Análise: do planejamento inicial à especificação do domínio e requisitos de jogo, simulação, arquitetura, treinamento e avaliação	83

4.3.3 Projeto: transformando requisitos em projeto (modelos, diagramas, arquitetura de suporte e programa de treinamento).....	87
4.3.4 Implementação: modelando e desenvolvendo os artefatos do JSTA.....	91
4.3.5 Integração e Teste: dos artefatos ao JSTA completo e testado.....	92
4.3.6 Execução: treinamento e medição de desempenho com o JSTA.....	93
4.3.7 Avaliação: de desempenho e do treinamento.....	94
4.3.8 Verificação e Validação.....	94
4.4 Modelos Integradores Avaliações- Simulações de Treinamento.....	97
4.4.1 Autômato finito determinístico.....	98
4.4.2 Sistema de evento discreto.....	99
4.4.3 Sistema de inferência <i>Fuzzy</i>	100
4.5 Modelo Integrador Avaliações-Programa de Treinamento.....	102
4.6 Arquitetura Modular e Reusável de Suporte para os JSTAs.....	106
4.6.1 Camada de apresentação.....	107
4.6.2 Camada de comportamento.....	108
4.6.3 Camada de comunicação.....	110
4.7 Considerações Finais.....	110
<u>CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO JSTA GLPSOBCONTROLE.....</u>	<u>113</u>
5.1 Considerações Iniciais.....	113
5.2 Definição dos Objetivos.....	115
5.3 Planejamento, Coleta de Dados e Resultados do Uso do JSTA.....	116
5.3.1 Seleção do contexto e dos aprendizes.....	117
5.3.2 Instrumentos de coleta.....	117
5.3.3 Procedimento de execução do treinamento de coleta de dados.....	118
5.3.4 Resultados das validações com os oficiais bombeiros.....	119
5.3.5 Resultados das validações com os bombeiros aprendizes.....	119
5.4 Discussões e Trabalhos Futuros.....	119
5.4.1 Discussão sobre a validação do modelo de simulação.....	120
5.4.2 Discussão sobre a validação do JSTA <i>GLPSobControle</i>	121
5.4.3 Discussões sobre a próxima versão do JSTA e os trabalhos futuros.....	123
5.5 Considerações Finais.....	124
<u>CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA.....</u>	<u>125</u>
6.1 Considerações Iniciais.....	125
6.2 Definição do Objetivo.....	126
6.3 Planejamento das Entrevistas.....	126
6.4 Resultados.....	128

6.4.1 Resultados das entrevistas com pesquisadores	129
6.4.2 Resultados das entrevistas com desenvolvedores	131
6.5 Discussões sobre as Entrevistas com Pesquisadores e Desenvolvedores e Trabalhos Futuros.....	132
6.6 Avaliação e Discussão da Metodologia, Arquitetura de Suporte e Elementos Criados.....	136
6.7 Discussões sobre as Avaliações do JSTA e da Metodologia.....	141
6.8 Considerações Finais	142
<u>CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>143</u>
7.1 Conclusões	143
7.2 Contribuições Geradas.....	146
7.3 Limitações e Trabalhos Futuros	147
7.4 Parcerias e Colaborações Futuras	149
7.5 Principais Publicações e Trabalhos Correlatos	150
<u>REFERÊNCIAS</u>	<u>152</u>
<u>Apêndice A - PROCESSOS DA METODOLOGIA DEVJSTA.....</u>	<u>167</u>
A.1 – Elementos do processo (1) Planejamento	167
A.2 – Elementos do processo (2) Análise	168
A.3 – Elementos do processo (3) Projeto	169
A.4 – Elementos do processo (4) Implementação	171
A.5 – Elementos do processo (5) Integração e Teste.....	172
A.6 – Elementos do processo (6) Execução.....	172
A.7 – Elementos do processo (7) Avaliação	173
A.8 – Elementos do processo (8) Verificação e Validação	173
<u>Apêndice - CRITÉRIOS PARA CONSTRUÇÃO DE JSTAS.....</u>	<u>175</u>
B.1 – Critérios para construção de cenários e fases do JSTA	175
B.2 – Critérios para a descrição de objetivos e instruções no JSTA.....	176
B.3 – Critérios para a definição da interface e controle do JSTA e exploração da participação e independência do aprendiz.....	176
B.4 – Critérios para a elaboração de avaliações e <i>feedback</i>	177
B.5 - Referências dos critérios para criação dos JSTAs.....	178
<u>Apêndice C - TERMOS UTILIZADOS PARA AUTORIZAÇÃO DA EXECUÇÃO DO TREINAMENTO E COLETA DE DADOS</u>	<u>179</u>
C.1 – Termo de Autorização Institucional	179
C.2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	182

Apêndice D - QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NO TREINAMENTO USANDO O JSTA.....	184
D.1 Questionário de perfil participante.....	184
D.2 Questionário de avaliação do JSTA	187
Apêndice E - DESENVOLVENDO O JSTA <i>GLPSobControle</i>.....	192
E.1 Considerações iniciais.....	192
E.2 Atores do Desenvolvimento.....	192
E.3 Planejamento Inicial do JSTA <i>GLPSobControle</i>	193
E.4 Análise de Domínio e Requisitos do JSTA <i>GLPSobControle</i>	194
E.5 Projeto do JSTA <i>GLPSobControle</i>	200
E.6 Implementação dos Artefatos do JSTA <i>GLPSobControle</i>	209
E.7 Integração e Teste do JSTA <i>GLPSobControle</i>	210
E.8 Execução do JSTA <i>GLPSobControle</i>	212
E.9 Avaliações do Desempenho dos Participantes e dos Treinamentos	214
E.10 Verificações e Validações do JSTA <i>GLPSobControle</i>	214
Apêndice F - RESULTADOS DAS VALIDAÇÕES DO JSTA COM OFICIAIS BOMBEIROS	215
F.1 Dados sobre os oficiais bombeiros	215
F.2 Resultados da validação do modelo de simulação.....	215
F.3 Resultados da validação do JSTA <i>GLPSobControle</i>	216
Apêndice G - RESULTADOS DAS VALIDAÇÕES DO JSTA COM APRENDIZES	218
G.1 Dados sobre os bombeiros	218
G.2 Resultados da observação desta pesquisadora	219
G.3 Resultados dos desempenhos dos bombeiros por grupo.....	220
G.4 Resultados dos desempenhos dos bombeiros por fases.....	226
G.5 Resultados do questionário da reação dos bombeiros	228
Apêndice H - PUBLICAÇÕES E TRABALHOS CORRELATOS	233
H.1 Publicações de artigos curtos, resumos e relatórios	233
H.2 Relatórios produzidos em estágio de doutorado no exterior.....	234
H.3 Dissertações de mestrado relacionadas ao projeto da tese	234
H.4 Trabalhos de iniciação científica vinculados ao projeto da tese	235
H.5 Projetos da disciplina de Simulação Interativa Distribuída – 1/2012	235
H.6 Projetos da disciplina de Simulação Interativa Distribuída – 1/2013	236

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o contexto, as motivações e os desafios de pesquisa na área de desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação do desempenho do aprendiz. A partir das motivações e desafios, as questões de pesquisa são apresentadas, seguidas pelos objetivos desta tese e a organização deste texto.

1.1 Contexto, Motivações e Desafios

Um treinamento visa aprimorar competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) (Abbad et al., 2012). Ele é essencial principalmente em atividades que envolvem risco à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente (Green III, 2000; Phelan, 2008). Os conhecimentos podem ser adquiridos por meio de estudo (aulas expositivas, leituras, tutoriais *on-line*, etc.). As habilidades são aprimoradas por meio de exercícios práticos (tarefas reais, *workshops*, simulações, etc.). As atitudes são decisões pessoais que se formam como resultado de experiências a partir de *feedback* de reforço ou correção (Abbad et al., 2012; Boog, 2001).

A realização de treinamentos práticos tradicionais tem custo elevado, muitas vezes envolve riscos reais de acidentes, tem baixa frequência, além de não possuir avaliação sistemática e padronizada do desempenho dos aprendizes (Green III, 2000; Salas e Rosen, 2007). Por outro lado, o treinamento usando jogos sérios é oportuno para superar estas dificuldades, pois eles reproduzem sistemas, processos e objetos da realidade em um ambiente virtual seguro, podem ser jogados várias vezes, por diferentes pessoas e equipes, e possibilitam um aprendizado experiencial, sistemático e estruturado (Mattar, 2010; Salas et al., 2009).

Jogos sérios são jogos utilizados com propósito de ensino-aprendizagem ou

treinamento e não apenas de entretenimento (Aldrich, 2005; BNDES, 2014a). Eles envolvem o uso de tecnologias e metodologias de jogos eletrônicos com o propósito de simular problemas do mundo real. Suas aplicações nas áreas de saúde, defesa, gerenciamento de emergência, negócios, turismo e herança cultural, entre outras, têm sido exitosas para fins de educação e treinamento (Aldrich, 2005; De Gloria, 2014; Mattar, 2010; Novak, 2010). Além disso, os jogos sérios estão sendo utilizados com sucesso nas organizações para atrair (recrutar), integrar (engajar e motivar) e treinar (influenciar atitudes e comportamentos) os funcionários em suas funções (Donovan, 2012).

Jogos sérios podem ser um instrumento efetivo de aprendizagem e treinamento ou motivação ao aprendizado (Bellotti et al., 2013; Connolly et al., 2012; Donovan, 2012), além de fornecerem apoio para a avaliação realizada pelos instrutores (Rankin et al., 2011). Entretanto, para que o aprendizado seja efetivo, ele tem que ser ativo, experiencial, contextualizado, baseado em problemas e fornecer *feedback* imediato (princípios de aprendizagem efetiva) (ABNT, 2001; Boyle, Connolly, Hainey, 2011; Ratwani, 2010).

Para um treinamento efetivo, é necessário identificar as competências a serem treinadas no domínio de aplicação (ABNT, 2001; Gentile e Gentile, 2008; Phelan, 2008). Estas competências podem envolver habilidades técnicas e não técnicas para funções em um determinado nível dentro de uma organização (operacional, técnico ou estratégico). Elas devem ser traduzidas em objetivos bem definidos com os resultados e impactos a serem alcançados com o uso destes jogos. Neste caso, avaliações devem ser feitas para mensurar tanto o desempenho humano quanto a sua transferência para a organização (ABNT, 2001; Queiroga et al., 2012; Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006). As medições e avaliações são importantes também para fornecer *feedback* e podem ser beneficiadas por estudos que apresentam quais são os modos de erros humanos de forma a contemplá-los e capturá-los (Hollnagel, 2012; Hollnagel et al., 2011; Salas et al., 2009).

Além destes requisitos, há os requisitos de simulação, tais como, a fidelidade do modelo ao mundo real (física, comportamental e psicológica) (Feinstein e Cannon, 2002), sua modelagem e execução (que podem ser de diferentes formas) (Balci, 2012; EMS, 2006); e também os do jogo em si, tais como, a narrativa não-linear e sua jogabilidade (Costikyan, 2002). Neste caso, é necessário balancear jogabilidade e simulação com o conteúdo de aprendizagem (Engström et al., 2011).

Devido a complexidade e multiplicidade de requisitos, o desenvolvimento de um jogo sério com o propósito de treinamento e avaliação requer uma metodologia própria. Na literatura, há diversos trabalhos que descrevem metodologias para criação de jogos (Chandler,

2012; Demachy, 2003; Flood, 2003; Godoy, 2010; Laubisch e Clua, 2010; Novak, 2010; Schuytema, 2008), simulações (Balci, 2012; Banks et al., 2001; IEEE, 2003 e 2010; Ford, 2004; Masakazu, 2005; Smith, 1999) e de jogos sérios (Becker e Parker, 2012; Freitas e Jarvis, 2006; Kirkley, Tomblin e Kirkley, 2005; Rodrigues, Machado e Valença, 2010; Van Der Zee, Holkenborgb e Robinson, 2012), ou ainda processos e artefatos que fazem parte do ciclo de vida de criação de jogos, tais como modelo conceitual, *storyboards*, e especificação de eventos discretos (Pace, 2000; Rankin et al., 2011; Robinson, 2007; Van Der Zee, Holkenborgb e Robinson, 2012). Entretanto, estas metodologias não descrevem o ciclo de vida completo compreendendo os múltiplos requisitos do jogos sérios para treinamento e avaliação. Mais ainda, muitas dessas metodologias são focadas em áreas específicas (ABNT, 2001; Banks et al., 2001; Smith, 1999; Masakazu, 2005; Rodrigues, Machado e Valença, 2010) ou integram apenas parte dessas áreas (Becker e Parker, 2012; Freitas e Jarvis, 2006; Kirkley, Tomblin e Kirkley, 2005; Van Der Zee, Holkenborgb e Robinson, 2012), criando uma lacuna entre elas.

A partir destas motivações, desafios e lacuna existente, a seguir são apresentadas as questões de pesquisa.

1.2 Questões de Pesquisa

Dadas as motivações e os desafios descritos na seção anterior, sete principais questões de pesquisa, tratadas nesta tese, são organizadas e apresentadas a seguir.

Jogos sérios de treinamento possuem características e requisitos próprios (como produto) que devem ser planejados e desenvolvidos durante a sua criação. Entre os requisitos, há a necessidade de: (1) atender aos princípios de aprendizagem efetiva (Trybus, 2014): níveis, aprendizagem ativa, *feedback* imediato, prática das competências, motivação extrínseca (por exemplo, *feedback* positivo) e intrínseca (por exemplo, níveis mais complexos), objetivos e pré-requisitos claros, vários cenários ou problemas; (2) balancear jogabilidade (experiência do aprendiz, desafios, estratégias, interatividade) com o conteúdo e objetivos de aprendizagem (Engström et al., 2011); (3) medir, avaliar os resultados e fornecer *feedback* para os aprendizes (ABNT, 2001; Maciuszek, Weicht e Martens, 2012; Mattar, 2010; Salas e Cannon-Bowers, 2001; Salas e Rosen, 2007; Salas et al., 2009); (4) alcançar os níveis de fidelidade desejados (que podem ser físico, comportamental e psicológico (Feinstein

e Cannon, 2002), bem como todos os outros requisitos de simulação que variam conforme a área de aplicação (Balci, 2012; EMS, 2006). Assim, a primeira questão é: **“Q1: como desenvolver jogos sérios como produtos para avaliações e treinamentos efetivos que requerem o balanceamento de simulação, jogabilidade e conteúdo?”**.

Balancear estes conceitos implica na integração das áreas envolvidas, isto é, na integração de conhecimentos e procedimentos desenvolvidos por diferentes profissionais: desde especialistas no domínio (operacional, tático, estratégico, treinadores, instrutores e aprendizes), e desenvolvedores (especialista em modelagem e simulação, analistas, *designers*, programadores, modeladores 3D, etc.), até pedagogos, psicólogos e gerentes de projeto (Balci, 2012; Chandler, 2012; Marfisi-Schottman et al., 2010; Kelly et al., 2007; Pace, 2004; Rankin et al., 2011). Portanto, a segunda questão é: **“Q2: como integrar as atividades dessas diferentes pessoas/atores (que possuem diferentes visões, missões e responsabilidades) durante o processo de desenvolvimento?”**.

Estes processos de desenvolvimento necessitam ser planejados, padronizados e gerenciados para garantir a qualidade do processo e produto criado. Segundo Balci (2012), esta qualidade é influenciada pelas pessoas, produtos desenvolvidos, projetos e processos de desenvolvimento. Assim, a terceira questão é: **“Q3: como devem ser sistematizados e padronizados os processos, modelos, produtos e projetos de criação de jogos sérios com os propósitos de treinamento e avaliação?”**.

As simulações existentes são para fins específicos e estreitamente ligadas às aplicações e alterá-las implica na alteração da arquitetura de suporte, o que torna difícil e custoso desenvolver ou estender novas aplicações (Oliveira, Crowcroft e Slater, 2000; 2003). Assim, a quarta questão é: **“Q4: como desenvolver artefatos e jogos sérios que possam ser reusáveis, interoperáveis e extensíveis?”**.

Avaliação é um conceito comum nas áreas de jogos sérios (jogo, simulação, treinamento), porém tem diferentes propósitos em cada uma. De modo geral, ela é importante para fornecer *feedback* do desempenho do aprendiz, e assim possibilitar um treinamento efetivo (Salas et al., 2009; Salas e Rosen, 2007). Além disso, é importante também mensurar a efetividade do programa de treinamento para realizar correções no jogo sério, e por consequente melhorar o processo de treinamento e desempenho do aprendiz (Abbad et al., 2012; ABNT, 2001; Queiroga et al., 2012; Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006). Porém, muitas vezes estas avaliações são negligenciadas em sistemas de treinamento virtual (Salas et al., 2009). Assim, a quinta questão é: **“Q5: O que deve ser avaliado, como e em que momento?”**.

Essas avaliações possibilitam a validação educacional do método de treinamento

utilizado (jogo sério desenvolvido). Entretanto, antes é necessário realizar verificações e validações, durante todo o processo de desenvolvimento, para garantir que as simulações representem e se comportem conforme desejado para serem utilizadas como instrumento de treinamento (Balci, 2011; Feinstein e Cannon, 2002; Roza et al., 2010; Roza, Voogd e Sebalj, 2012; Sargent, 2010). A sexta questão é: **“Q6: Quais validações devem ser feitas para garantir que o jogo sério possa ser utilizado como instrumentos de treinamento e avaliação?”**.

Os treinamentos e avaliações, por meio do uso dos jogos sérios, são para desenvolver e reforçar conhecimentos, habilidades e atitudes. Estas competências são referentes a funções específicas, que podem ser do nível operacional, tático ou estratégico (Phelan, 2008, Rankin e Field, 2012). Para o desenvolvimento de um jogo sério é necessário definir quais competências serão praticadas na função determinada. Este trabalho utilizou os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) estabelecidos pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, domínio de preparação e resposta a emergências. Entretanto, é importante que a metodologia criada possa ser utilizada em treinamentos operacionais em outros domínios, sendo para isso necessário identificar as competências requeridas em cada domínio. Assim, a sétima questão é: **“Q7: Como criar jogos sérios para treinar as competências requeridas em funções operacionais?”**.

Os desafios de cada uma destas questões são detalhados na Seção 2.2.

A seguir são apresentados os objetivos deste trabalho.

1.3 Objetivos

O **objetivo geral** deste trabalho é apresentar e validar uma metodologia iterativa e integradora para analisar, projetar, implementar e avaliar jogos sérios (nomeados JSTAs que serão usados como método de aprendizagem experiencial e instrumento de avaliação de desempenho humano), baseados em procedimentos-padrão e competências operacionais que devem ser treinadas. Neste trabalho, são considerados os jogos sérios que podem reproduzir experiências, processos e objetos do mundo real, envolvendo interações dos aprendizes, em mundos virtuais. A metodologia criada (nomeada DevJSTA) visa preencher a lacuna, identificada neste trabalho, entre as áreas de *design* de jogos sérios, modelagem e simulação, aprendizagem-treinamento, domínio real de aplicação, avaliação e validação, e responder às

questões descritas na Seção 1.2. A metodologia é inovadora pois suas etapas de planejamento, desenvolvimento, avaliação e validação de jogos sérios são repensadas de forma holística e multidisciplinar, integrando as áreas citadas, para criar jogos sérios com fins de treinamento e avaliação do desempenho do aprendiz.

Como **objetivos específicos**, processos, critérios e outros artefatos integram as diferentes áreas e oferecem apoio para os desenvolvedores usarem a metodologia, conforme eles são descritos a seguir:

1. Criar, especificar e padronizar os processos da metodologia, compreendendo os atores (responsabilidades e papéis), as atividades, e os artefatos (modelos de documentação, modelos integradores, diagramas, etc.) que apoiem o desenvolvimento de JSTAs;
2. Identificar os requisitos e seus critérios de construção de JSTAs;
3. Criar uma arquitetura de suporte e seus componentes que atendam aos requisitos identificados e facilite o desenvolvimento de novos JSTAs, a partir do reuso, integração e interoperabilidade;
4. Desenvolver e validar um JSTA completo para fins de treinamento de conhecimentos e habilidades operacionais, baseados em procedimentos-padrão, e reforço de atitudes, e de avaliação. O uso da metodologia neste desenvolvimento deve ser útil também como referência e guia prático.

Na próxima seção é apresentada a metodologia de pesquisa.

1.4 Metodologia de Pesquisa

A classificação da pesquisa é dada quanto a sua natureza, quanto aos fins, quanto à forma de abordagem do problema, e quanto aos procedimentos e meios de investigação (Miguel, 2010). Os principais procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa são resumidos no Quadro 1.1.

Esta pesquisa é de **natureza aplicada** pois visou realizar descobertas que possam ser imediatamente praticadas na geração de novos produtos e processos. Ela tem fins **exploratórios** e **descritivos**. Ela é **exploratória** pois há pouco conhecimento sistematizado sobre a integração das áreas relacionadas e a pesquisa visou criar modelos e práticas que contribuem para o conhecimento existente. A pesquisa é **descritiva** pois observou, registrou e analisou as características e fatores da integração na criação de uma nova metodologia.

Quadro 1.1 – Principais procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa.

Item	Classificação
Natureza	Pesquisa aplicada
Finalidade	Pesquisa exploratória e descritiva
Abordagem	Qualitativa
Meio de investigação	Estudo de caso
Instrumento para coleta de dados	Entrevistas e questionários

A **abordagem** da pesquisa é **qualitativa** visto que não houve medição numérica para se testar hipóteses, e sim a exploração e o entendimento das opiniões e perspectivas dos usuários a partir da observação das variáveis. Uma ampla revisão da literatura foi realizada nas áreas de jogos e jogos sérios; simulações distribuídas e para treinamento; teorias pedagógicas sobre aprendizagem e treinamento; treinamento, desenvolvimento e educação em organizações; avaliações de desempenho e de programas de treinamento; verificação e validação de simulações e jogos sérios.

Como meio de investigação, foi utilizado **estudo de caso** com um jogo sério de treinamento e avaliação de bombeiros em uma área crítica de treinamento, apontada pela Corporação de Bombeiros do Estado de São Paulo, de combate a acidentes ocasionados por vazamento de gás de cozinha. O jogo sério criado foi avaliado e validado por dois oficiais do Corpo de Bombeiros e utilizado por oito bombeiros que têm os perfis dos potenciais usuários, por meio de **entrevistas e questionários**. Outras simulações de treinamento foram desenvolvidas como provas de conceito. Para validar a metodologia criada foram realizadas **entrevistas** com três pesquisadores e dois desenvolvedores de jogos sérios .

A metodologia e os jogos sérios criados foram desenvolvidos, aplicados e avaliados em quatro principais etapas. Na primeira etapa, a metodologia foi criada e especificada a partir das pesquisas exploratórias e bibliográficas e de experiências no desenvolvimento de jogos sérios, da doutoranda e outros pesquisadores envolvidos, em conjunto com especialistas no domínio de aplicação. Experiências de desenvolvimento ocorreram durante: (1) o período de criação de componentes genéricos (utilizados para processamento do comportamento da simulação e avaliação de protocolos de emergência); (2) dois semestres de uma disciplina de graduação na UFSCar (DIS- Simulação Interativa Distribuída - 1/2012 e 1/2013); e (3) o período de estágio na Universidade de *Linköping* na Suécia (com bolsa do Programa Ciência Sem Fronteiras/CNPq- INCT-SEC).

A criação dos componentes genéricos envolveu a análise e especificação de seis

diferentes simulações de treinamento. A partir deles foi identificada a necessidade de uso de três diferentes modelos formais: sistema de evento discreto, autômato determinístico finito e sistema de inferência *Fuzzy*. A criação de outras simulações na disciplina DIS ratificaram a necessidade destes três modelos.

O estágio no exterior possibilitou a participação ativa em segmentos da criação de uma simulação interativa para treinamento de emergência em aeroporto, como parte de projeto FP7 da União Europeia (*European Union Seventh Framework Programme* (FP7/2007-2013): *CRISIS - Critical Incident Management System Using an Interactive Simulated Environment*). Neste projeto, foi utilizada outra metodologia de desenvolvimento (baseada em *storyboards* e protótipos) e outras formas de avaliação do desempenho humano (*checklists* e processamento de eventos complexos).

A disciplina DIS serviu como um laboratório de observação, experimentação e aprimoramento da metodologia e foram criados 20 diferentes protótipos de treinamentos. No primeiro semestre, foram criadas 12 simulações interativas para resposta a emergências (de salvamentos a combates a incêndio). No segundo semestre, foram criadas mais oito: cinco para treinamento de resposta a emergência (três operacionais e dois de comando) e três para educação de crianças no trânsito. Os treinamentos foram diversificados para permitir que a metodologia contemplasse diferentes domínios.

Nesta primeira etapa foram bem mais exploradas e planejadas as fases de 1 a 4 da metodologia. Foram analisados também como os exercícios simulados reais e os treinamentos a distância são planejados e executados pelo Corpo de Bombeiros. Um estudo com um exercício simulado real foi realizado pelo Corpo de Bombeiros na cidade de São Carlos e detalhado em Rocha (2009). Este exercício incluiu: (1) o preenchimento dos roteiros de descrição do exercício pelo bombeiro oficial responsável; (2) a realização do exercício simulado pelos bombeiros e profissionais da Defesa Civil e do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), com a observação da pesquisadora; (3) o preenchimento do relatório final pelo bombeiro oficial responsável. Além disso, uma entrevista não estruturada foi realizada na Secretaria de Educação do Corpo de Bombeiros na cidade de São Paulo para capturar como são desenvolvidos os cursos a distância de Estágio de Aperfeiçoamento Profissional que contém animações e jogos 2D para treinamento.

Na segunda etapa, o treinamento de controle de vazamento de gás de cozinha foi selecionado como estudo de caso. A metodologia foi utilizada para criar um jogo completo deste treinamento. Nesta etapa as fases iniciais da metodologia foram refinadas e as fases de 5 a 7 foram aprimoradas (referente a 5 Integração e teste, 6 Execução e 7 Avaliação). Um

especialista no domínio participou ao longo desta etapa, orientando e validando os artefatos produzidos em cada fase, e outro participou da etapa final, de avaliação e validação do jogo sério já pronto, e de sua execução no ambiente de treinamento.

A terceira e a quarta etapas compreenderam a avaliação da metodologia e do jogo desenvolvido. Na terceira etapa, cinco profissionais das áreas de jogos de entretenimento e educação, aprendizagem e treinamento, engenharia de *software*, e de artes visuais foram entrevistados sobre a metodologia. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas com objetivo de obter a opinião de especialistas sobre a metodologia criada. Eles foram selecionados por possuírem uma visão holística da integração dessas áreas no desenvolvimento de jogos ou objetos de aprendizagem. Esta avaliação serviu para ratificar a importância da metodologia sendo desenvolvida, orientar algumas melhorias ou considerações a serem feitas em sua especificação e corroborar com os trabalhos futuros.

Na quarta etapa foram realizadas as fases de execução do treinamento e avaliação dos resultados. A coleta de dados foi feita por meio de observação direta (pela pesquisadora envolvida) e por computador (armazenamento dos dados do jogo sério em banco de dados), além da aplicação de dois questionários: um de identificação do perfil do aprendiz e o outro de avaliação da reação ao treinamento e autoavaliação. A seguir é detalhada a organização deste trabalho.

1.5 Organização do Trabalho

Neste primeiro capítulo “**Introdução**” foram apresentados o contexto e os desafios da área de pesquisa, as motivações, bem como as questões, os objetivos e metodologia de desenvolvimento desta tese.

No Capítulo 2 “**Jogos Sérios**” são introduzidos os conceitos relacionados às áreas de jogos sérios: jogos; modelagem e simulação; aprendizagem, instrução e treinamento; processos de medição, avaliação, fornecimento de *feedback*; e verificação e validação.

No Capítulo 3 “**Estado da Arte em Metodologias de Desenvolvimento de Jogos Sérios e suas Áreas Relacionadas**” são apresentados os trabalhos da literatura, e suas limitações, que descrevem processos de desenvolvimento completo ou parcial de jogos, simulações, instrução e treinamento, bem como os de jogos sérios. O desenvolvimento parcial envolve apenas a criação de um ou alguns artefatos que podem ser utilizados na produção de

jogos sérios.

O Capítulo 4 apresenta a “**Metodologia Iterativa (DevJSTA) e Modelos Integradores**” para o desenvolvimento de Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação (JSTAs). Além disto, são apresentados os processos, procedimentos e produtos especificados em cada fase, e a arquitetura de suporte criada.

O Capítulo 5 descreve e discute a “**Avaliação e Validação do JSTA GLPSobControle**” realizada com os especialistas no domínio: dois oficiais bombeiros, que participaram do processo de desenvolvimento e validação, e oito bombeiros, que utilizaram e avaliaram este JSTA.

O Capítulo 6 descreve a “**Avaliação da Metodologia DevJSTA**” realizada com especialistas das áreas envolvidas: três professores doutores e dois desenvolvedores e produtores de jogos sérios. Além disto, são discutidos os resultados dessa avaliação, e eles em conjunto com os resultados da avaliação do JSTA *GLPSobControle* que são apresentados e discutidos no capítulo anterior.

No Capítulo 7 são apresentadas as “**Considerações Finais**” que inclui as conclusões, as contribuições de pesquisa, as limitações, as parcerias e trabalhos futuros, bem como são listadas as principais publicações.

Capítulo 2

ASPECTOS CONCEITUAIS

Neste capítulo são apresentados os principais desafios da área de jogos sérios e conceitos das áreas de jogos, modelagem e simulação, aprendizagem e treinamento, que são áreas inter-relacionadas à principal área desta tese: jogos sérios. Além disto, são descritos os processos de medição de desempenho, avaliação e feedback que são simultâneos a cada área citada; além dos processos de verificação e validação que são atinentes à simulação e ao jogo sério.

2.1 Considerações Iniciais

Jogos sérios, tradução do termo em inglês *serious games*, são jogos usados pra além do entretenimento, incorporando um ponto de vista “sério”, ao serem aplicados na educação e treinamento de pessoas, tais como, nas áreas de saúde, defesa, entre outras (Aldrich, 2005; BNDES, 2014a, De Gloria, 2014).

Os benefícios do uso de jogos comparados ao uso de métodos tradicionais de ensino (por exemplo, vídeos, aulas expositivas, apostilas, manuais) incluem um maior engajamento e *feedback* imediato para os erros dos aprendizes. Comparados aos métodos tradicionais de exercícios práticos (por exemplo, exercícios simulados reais, discussões usadas no meio militar) incluem o baixo risco, a padronização da avaliação dos aprendizes e o custo-benefício, dada a grande quantidade de pessoas que podem utilizar os jogos sérios depois que eles estão prontos (Trybus, 2014). Jogos sérios possibilitam treinamento intensivo, com segurança, por muitas pessoas, e efetivo. Estudos no setor médico indicam a diminuição de erros em 37% (Novak, 2010).

Jogos e simulações são usados muitas vezes como sinônimos, mas há essa identificação de termos apenas quando o jogo simula a realidade, tais como nos jogos de

simulação, ou quando o ambiente de simulação contém elementos dos jogos, principalmente os que produzem interatividade e motivação, tais como nos jogos sérios (Prensky, 2007; Sauv e et al., 2007). Entretanto, h  jogos que n o simulam a realidade, e assim n o podem ser chamados de simula es, e h  tamb m simula es que n o refletem um ambiente de jogo, tais como as simula es num ricas e f sicas. Geralmente, os jogos de entretenimento simulam a realidade de modo simplificado e focam na parte de divers o (Michael e Chen, 2006).

A intersec o de jogos, simula es com a  rea de aprendizado e treinamento resulta na  rea de jogos s rios (Maciuszek, Weicht e Martens, 2012), conforme ilustrado na Figura 2.1. Nesta tese   de interesse os jogos s rios que visam serem usados como instrumentos de treinamento e tamb m de avalia o do desempenho do aprendiz durante e ap s o processo de treinamento. Assim, eles s o discriminados como Jogos S rios de Treinamento e Avalia o (JSTAs). Nesta intersec o h  mais tr s composi es: simula es de treinamentos, jogos educacionais e jogos de simula o. As simula es de treinamento visam   modelagem do comportamento de sistema ou processo, ao passo que, jogos educacionais (ou tamb m nomeados jogos instrucionais) n o simulam estes comportamentos. Diferentemente, os jogos de simula o cont m gr ficos realistas e simulam sistemas, por m eles n o compreendem os aspectos de aprendizagem e treinamento (tais como, suporte a avalia o cont nuo e *feedback*), que s o importantes para a efic cia da aprendizagem (Maciuszek, Weicht e Martens, 2012).

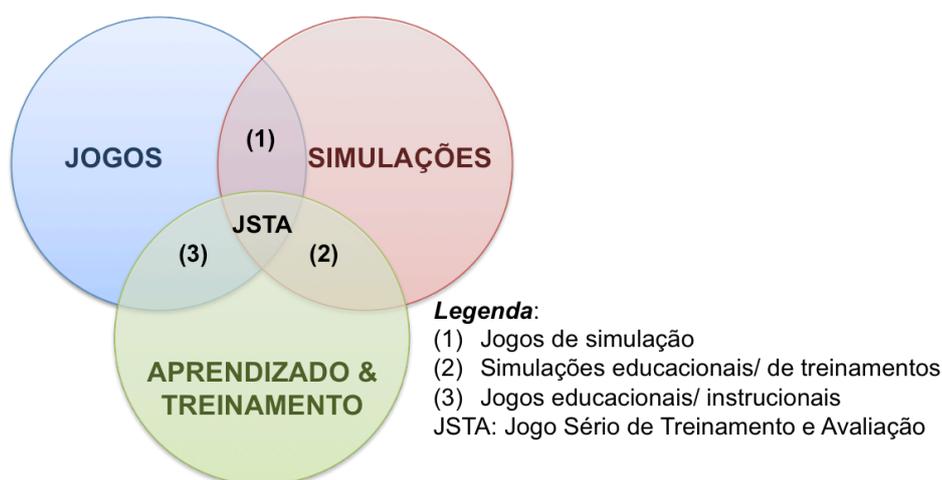


Figura 2.1 – Inter-rela es de aprendizagem/treinamento, simula o e jogos (adaptado de Maciuszek, Weicht e Martens, 2012).

A avalia o, inclusive em treinamentos utilizando jogos s rios, pode ter dois prop sitos diferentes: (1) avaliar o desempenho humano: visando auxiliar no desenvolvimento do aprendiz; e (2) avaliar o treinamento desenvolvido (neste caso, pode ser a simula o, o jogo s rio e/ou o treinamento em si): visando auxiliar no aprimoramento do treinamento como

um todo e fornecer informações sobre seus resultados à instituição (Abbad et al., 2012; Salas e Rosen, 2007; Salas et al., 2009). Em jogos sérios, no primeiro propósito, a avaliação deve determinar o grau em que os aprendizes aplicam as competências adquiridas em situações semelhantes ou em novos problemas, deve analisar e determinar as causas do bom e mau desempenho, prover um diagnóstico, consolidar as atitudes certas e corrigir as deficiências do aprendiz (Salas e Rosen, 2007; Salas et al., 2009). No segundo propósito, a avaliação visa verificar se o treinamento gerou os resultados desejados, fornecer informações sobre em que ele pode ser aperfeiçoado, e quais são os seus efeitos em longo prazo na instituição (Abbad et al., 2012; Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006).

As finalidades do uso de jogos em geral (incluindo os jogos sérios, os jogos educacionais e os jogos de entretenimento) na aprendizagem são: (1) aprender diretamente por meio de um jogo; (2) aprender criando um jogo; ou (3) aprender usando o jogo para estimular o processo de ensino-aprendizado (Mattar, 2010). Por outro lado, os domínios de uso das simulações são: (1) analisar questões “e se” de modo a possibilitar tomadas de decisões, testar resultados de fracassos, identificar restrições e identificar prioridades; (2) treinar tarefas individuais específicas de procedimentos, cognitivas, ou de habilidades motoras; e treinar habilidades não técnicas em equipes; ou (3) testar e identificar requisitos e fatores externos na aquisição de novos processos e sistemas (EMS, 2006).

Além de pesquisas com simulações, jogos, treinamentos e suas áreas compostas, há pesquisas multidisciplinares com foco em criar teorias, modelos e diretrizes no domínio de aplicação ou treinamento. Elas são desenvolvidas por especialistas no domínio, psicólogos e pedagogos, e podem também beneficiar o *design* e desenvolvimento de jogos sérios, embora tenha que haver uma integração, muitas vezes inexistente, com a equipe de *designers* e programadores que criam os jogos sérios (Rocha e Araujo, 2013). A Figura 2.2 apresenta uma visão geral desta interdisciplinaridade e complexidade.

A área de projeto de jogos sérios compreende principalmente a criação do jogo (com metas, regras e níveis), a programação, o projeto do ambiente virtual, da interface homem-computador, entre outros. A área de teorias envolve teorias de aprendizagem, cognição, psicologia, pedagogia, entre outros. O domínio de aplicação compreende normas e procedimentos que padronizam e regulamentam as atividades, os processos e os sistemas existentes. A intersecção dessas áreas permite o desenvolvimento de: teorias e modelos de treinamento, além dos próprios JSTAs; teorias de erros humanos e estudos das competências necessárias para desenvolver as atividades, além de exercícios simulados para treinamento no ambiente real; e os próprios jogos sérios e simuladores no domínio de aplicação.

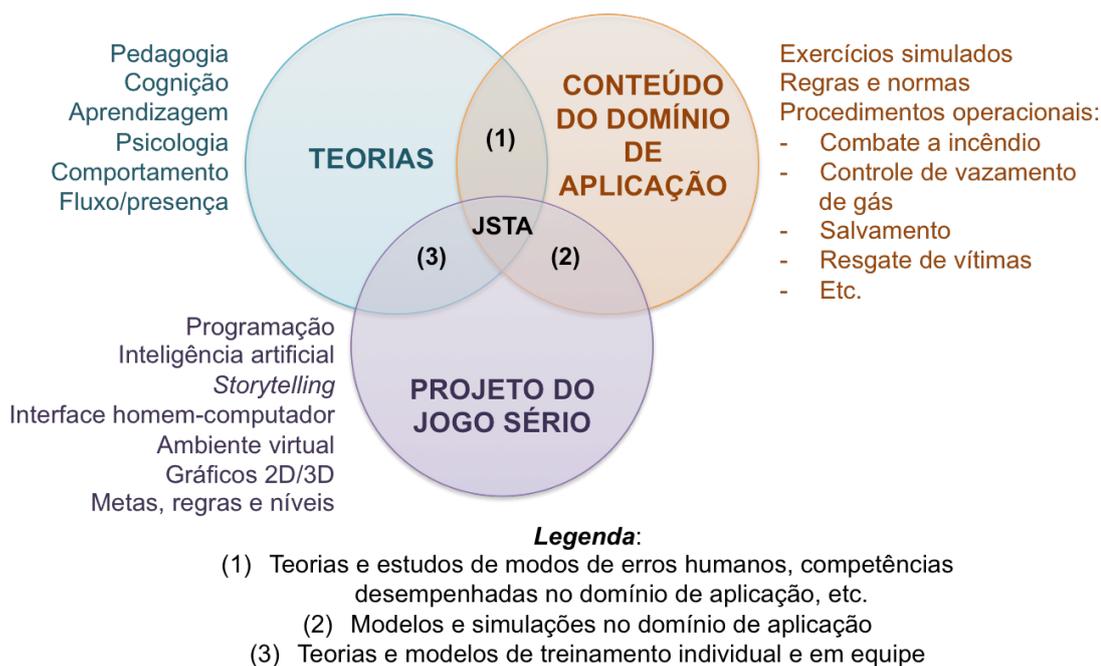


Figura 2.2 – Composição de pesquisas em áreas interdisciplinares: treinamento, jogos sérios e domínio de aplicação (adaptado de Rocha e Araujo, 2013a e De Glória, 2014).

Esta multidisciplinariedade que é refletida em diferentes requisitos de jogos sérios somados às suas características de produção e *design* trazem desafios a serem superados pelos envolvidos em sua produção, conforme detalhado a seguir.

2.2 Desafios na Integração das Áreas de Desenvolvimento de JSTA

A Figura 2.3 ilustra o contexto desta pesquisa e os principais desafios abordados e relacionados à criação de jogos sérios de treinamento e avaliação (enumerados de 1 a 7), que estão descritos a seguir.

O primeiro desafio está nas *características e requisitos do produto a ser criado*:

- Jogos possuem semelhanças com filmes (personagens, cenário, roteiro, narrativa), *websites* (interfaces - informações e ações) e *softwares* (aplicações). Entretanto, eles possuem diferenças significativas com estes produtos, pois permitem interação no desenvolvimento da história, sendo assim não-lineares (ao contrário dos filmes), e contêm elementos fundamentais que garantem o sucesso dos jogos, tais como, regras, estratégias, desafios, recompensas, níveis e *feedback* contínuo (diferentemente de *websites* e *softwares*) (Novak, 2010; Domingues, 2011). Assim, a modelagem de jogos requer uma metodologia própria, embora possa também usar e adaptar os processos de desenvolvimento de *software* e os recursos e

artefatos gerados (tais como, *storytelling*, *storyboards*, diagramas de estruturas e comportamentos, codificação, modelos formais).

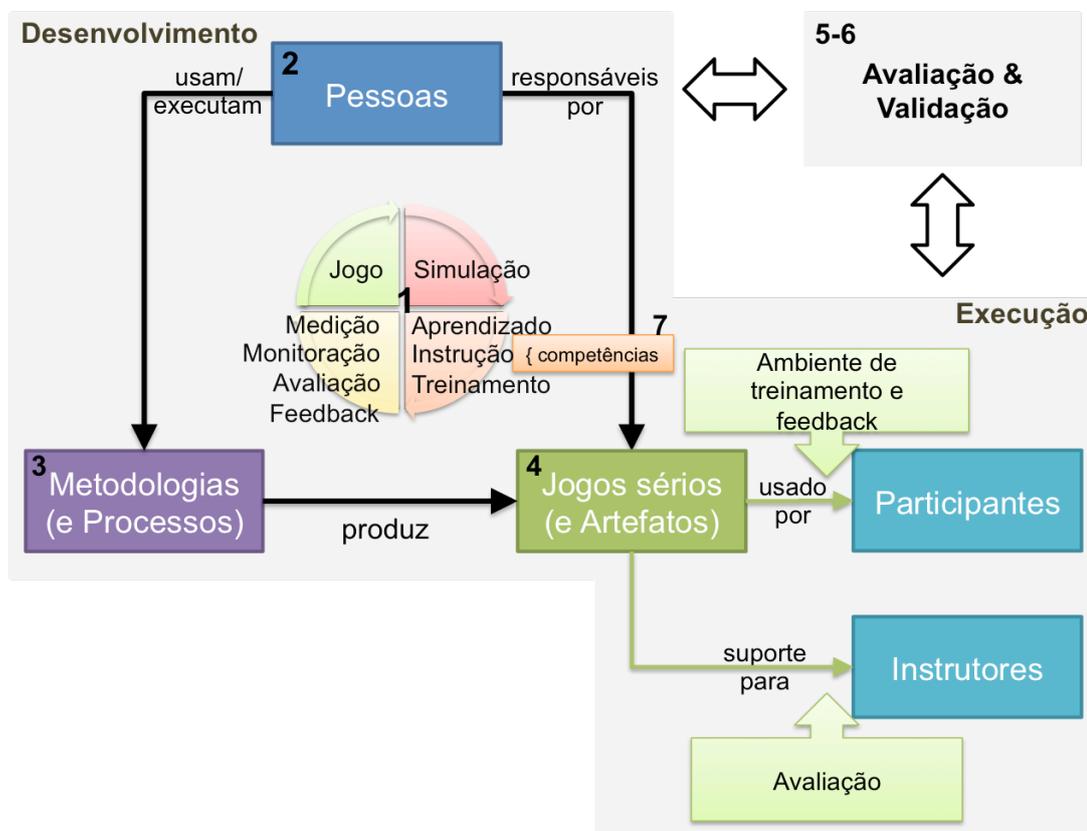


Figura 2.3 – Visão geral do cenário de desenvolvimento e execução de um JSTA.

- Jogos para fins de aprendizagem e treinamento precisam atender aos princípios de aprendizagem efetiva, que geralmente os jogos contemplam (Trybus, 2014), além de balancear jogabilidade (experiência do aprendiz, estratégias, desafios, interatividade) com o conteúdo de aprendizagem (Engström et al., 2011).
- Jogos sérios para fins de avaliação precisam medir, avaliar os resultados e fornecer *feedback* para os aprendizes. Isso inclui verificar o grau em que os aprendizes aplicam as competências requeridas, analisar e determinar as causas do bom e mau desempenho, incluindo o processo e não apenas o resultado (Salas e Rosen, 2007, ABNT, 2001; Mattar, 2010; Salas e Cannon-Bowers, 2001; Maciuszek, Weicht e Martens, 2012). Além de que, o *feedback* deve ser imediato, para corrigir ou reforçar o bom resultado durante todo o processo de treinamento, e não somente no final (resultado do jogo) (Salas et al., 2009).
- Jogos sérios para fins de treinamento devem usar os processos de M&S (Modelagem e Simulação) para alcançar os níveis de fidelidade desejados (que podem ser físico, comportamental e psicológico) (Feinstein e Cannon, 2002), bem como todos os outros

requisitos de simulação que variam conforme a área de aplicação, como por exemplo, representação do modelo (discreto, contínuo, dinâmico), execução do modelo (distribuído, paralelo, *web*), e o que está em execução (*hardware*, *software*, ou *human -in-the-loop*) (Balci, 2012; EMS, 2006). Entretanto, as metodologias de desenvolvimento de jogos sérios negligenciam a perspectiva de M&S e representação do modelo de simulação, ao passo que as metodologias de M&S tendem a não considerar a perspectiva pedagógica no modelo (Van Der Zee, Holkenborg e Robinson, 2012).

O segundo desafio é relacionado à ***integração dos conhecimentos e atividades dos profissionais envolvidos***, pois desenvolver um treinamento requer conhecimento específico (capturar o conhecimento dos especialistas no domínio), e uma equipe multidisciplinar de profissionais para atender todos os requisitos de simulação, jogo 3D, aprendizagem e treinamento, e outros conforme mencionados. Estes profissionais são desde especialistas no domínio (que podem atuar na área operacional, tática ou estratégica da organização, e/ou participarem do treinamento – treinador/instrutor/aprendiz), até desenvolvedores (especialista em modelagem e simulação, analistas, *designers*, programadores, modeladores 3D, etc.), a pedagogos, psicólogos e gerentes de projeto (Balci, 2012; Chandler, 2012; Kelly et al., 2007; Marfisi-Schottman et al., 2010; Pace, 2004; Rankin et al., 2011). Cada um desses atores tem diferentes visões (para o quê?) e missões (o quê? e como?) do treinamento que será criado, bem como diferentes responsabilidades, metas e atividades durante o processo de desenvolvimento (Balci, 2012; Chandler, 2012; Novak, 2010; Rankin et al., 2011).

O terceiro desafio é a ***qualidade da metodologia de criação do jogo***, que é influenciada por 4 P's: Processos (usados para criar os artefatos); Produtos (artefatos); Projeto (características de planejamento, gerenciamento de risco, controle e monitoramento); e Pessoas (qualidade das pessoas envolvidas na criação de artefatos) (Balci, 2012). A qualidade das pessoas depende de suas competências no assunto, ao passo que a qualidade do projeto depende de planejamento, controle e avaliação durante todo o processo (Campos e Guimarães, 2008). Por outro lado, produtos e processos dependem de “o que” e “como” se quer produzir. A definição e padronização de processos e modelos de produtos aumenta a probabilidade de qualidade do jogo. Outro fator que pode contribuir é a visão sistêmica das pessoas envolvidas no planejamento e monitoramento dos processos e do projeto.

O quarto desafio é o ***reuso e a extensão da simulações e arquiteturas***. De modo geral, os simuladores são para fins específicos e têm arquitetura de suporte estreitamente ligada à aplicação. Dessa forma, as alterações na aplicação implicam em alterações nessa arquitetura, tornando difícil e custoso desenvolvê-los ou estendê-los (Oliveira, Crowcroft e

Slater, 2000; 2003). Assim, como requisitos não funcionais, estes simuladores e artefatos que compõem sua arquitetura devem ser flexíveis, possibilitar reuso, customização, integração e interoperabilidade (EMS, 2006; Strassburger, Schulze e Fujimoto, 2008a). Além dos artefatos de *software*, também é importante viabilizar o reuso dos artefatos de planejamento e projeto de desenvolvimento (Balci, 2012). Isto pode ser alcançado por meio da definição de uma arquitetura de suporte e da padronização de projetos, processos e atividades, o que reflete positivamente na qualidade do processo de criação (terceiro desafio).

O quinto desafio a ser apresentado é referente a **integração das áreas de avaliação com as áreas de desenvolvimento de jogos sérios citadas**. Em um JSTA é necessário medir e avaliar o desempenho humano para fornecer *feedback* (ABNT, 2001; Boyle, Connolly, Hainey, 2011; Salas et al., 2009). Entretanto, esta é apenas uma das avaliações necessárias e possíveis. As avaliações podem ter diferentes objetivos, serem realizadas em diferentes momentos e fornecer *feedback* para diferentes pessoas envolvidas. Por exemplo, avaliações de simulações interativas, de jogos sérios, da aprendizagem, do programa de treinamento, do impacto na organização, etc. (Abbad et al., 2012; ABNT, 2001; Queiroga et al., 2012; Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006). Desta forma, é essencial definir “o que” e “como” será avaliado e “quando” cada uma ocorre.

O sexto desafio é referente às **validações do jogo sério** desenvolvido para seus usos intencionados no domínio real: simular, treinar e avaliar. As validações visam garantir que o que está sendo desenvolvido representam e simulam o mundo real. Entretanto, da mesma forma que o campo de pesquisas em avaliações, as validações pode ter diferentes propósitos: validar o modelo de simulação, o jogo sério como instrumento de aprendizagem e avaliação; o *software* ou a interface, etc. Além disto, todo o processo de verificação durante o desenvolvimento é um requisito para um tipo de validação, assim como muitas vezes algum tipo de avaliação. Deste modo, é essencial definir “o que” e “como” será validado e em que momento ocorra, para garantir sua eficácia para o uso intencionado.

O sétimo desafio é relacionado ao **treinamento dentro do domínio de aplicação**. É requisito saber quem são os *aprendizes* e quais habilidades devem ser treinadas. Por exemplo, na área de emergência dentro da hierarquia militar, é importante o aprimoramento profissional contínuo tanto para os profissionais que lidam com a emergência (*first-responders* que atuam em um nível operacional) quanto para os gerenciadores da emergência (oficiais e coordenadores que atuam em um nível estratégico) (Phelan, 2008). Embora *first-responders* precisem de conhecimento técnico, tais como conhecimento dos procedimentos, regras e equipamentos, pois são operacionais, é necessário que eles tenham também habilidades não

técnicas, tais como, trabalho em equipe, gerenciamento de estresse e comunicação, para melhor responder a um acidente. Já para os gerenciadores de emergência, as habilidades não técnicas são as mais exigidas, tais como, liderança e tomada de decisão, pois esses profissionais planejam e comandam a estratégia de resposta realizada pelas equipes. Entretanto, as experiências e habilidades básicas e técnicas capacitam os profissionais a lidarem com a situação e adaptarem os procedimentos de acordo com a resposta necessária (Rankin e Field, 2012). Devido à amplitude das competências, nesta tese serão tratados apenas treinamentos para adquirir e treinar conhecimentos e habilidades operacionais (experiências básicas e técnicas), e reforçar as atitudes corretas além de corrigir os erros. Além de identificar o público-alvo do treinamento, é necessário também definir quais são as competências específicas que devem ser treinadas dentro do domínio de aplicação.

As seções seguintes apresentam os principais aspectos conceituais das áreas inter-relacionadas a jogos sérios com foco na: modelagem e simulação (seção 2.3), jogos (seção 2.3), treinamento e aprendizagem (seção 2.5), medição de desempenho, avaliação e *feedback* (seção 2.6), verificações e validações (seção 2.7). A área de simulação é importante pois permite abranger aspectos que possibilitam a fidelidade com o procedimento e ambiente real, o reuso e a interoperabilidade dos modelos de simulação, conforme é descrito a seguir.

2.3 Modelagem e Simulação

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 virtual oferece um ambiente seguro, no qual o aprendiz pode visualizar os efeitos das ações realizadas durante a execução da simulação (Chung, 2004). Além disso, as simulações são aplicações inovadoras (“*Killer Application*”), extremamente úteis e bem sucedidas (Strassburger, Schulze e Fujimoto, 2008a; 2008b). Elas podem melhorar a qualidade do trabalho, diminuir custos financeiros e reduzir riscos reais à vida e ao patrimônio (Green III, 2000). As simulações virtuais distribuídas têm sido utilizadas com sucesso na área de treinamento militar por usuários remotamente localizados, permitindo economia com gastos com os equipamentos utilizados em treinamento real e com o deslocamento de pessoas (Green III, 2000).

Entre as vantagens em se utilizar a Modelagem e Simulação (M&S) está a possibilidade de explorar exhaustivamente os mecanismos de um sistema para melhor entender

os problemas existentes e a prevenir problemas futuros; e ela é uma excelente ferramenta para treinamento, quando modelada com esse propósito (Banks, 2000; Goldsman, 2007). 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. Entretanto, uma metodologia apropriada pode garantir a qualidade da modelagem e dos resultados dos produtos, processos e projeto da simulação (Balci, 2012).

A seguir são descritos os tipos de modelos e simulações, os conceitos de fidelidade de simulação, simulações distribuídas e protocolos de interoperabilidade.

2.3.1 Tipos de modelos e simulações

A simulação é uma implementação de um modelo sobre um período de tempo (DoD, 2010; EMS, 2006). Os modelos são estáticos, ao passo que as simulações são dinâmicas, ou seja, as simulações incorporam os modelos para representar a mudança ao longo do tempo. Modelos são bases para as simulações, isto é, eles fornecem as regras e os dados. Um modelo pode ser uma representação física, matemática ou de processo (EMS, 2006). Um modelo físico assemelha-se às características físicas do item que está sendo modelado, tais como, estátuas, plantas de arquitetura, aviões de brinquedo (DoD, 2010). Um modelo matemático é uma abstração simbólica, cujas propriedades são expressas por símbolos numéricos ou relacionamentos (equações) (DoD, 2010). Eles podem ser classificados quanto a (DoD, 2010; EMS, 2006, Law e Kelton, 2000):

- Mudanças de estado: (1) contínuo: se descrever uma progressão ininterrupta, por exemplo, medidor de pressão de ar; ou (2) discreto: se descrever uma progressão segmentada, por exemplo, número de clientes em uma fila;

- Como os resultados são determinados: (1) determinístico: quando o modelo matemático gera resultados por meio de relações conhecidas que são consistentes e repetíveis, por exemplo, uma reação química em que dadas as mesmas quantidades das mesmas substâncias quando misturadas sob as mesmas condições irá sempre produzir o mesmo resultado; ou (2) estocásticos: se a aleatoriedade de uma ou mais variáveis é considerada no resultado do modelo, por exemplo, previsão do tempo. Há um subconjunto de modelos estocásticos, chamados de modelos de Monte Carlo, usados, de maneira geral, para modelar fenômenos com incerteza significativa nas entradas, tais como cálculo de riscos em negócios.

Um modelo de processo é uma representação conceitual que auxilia na compreensão das etapas, tarefas, eventos ou atividades (EMS, 2006). Eles são muitas vezes utilizados para

identificar os aspectos críticos de um sistema, quando um modelo físico é inadequado ou quando nosso nível de compreensão não consegue representá-lo matematicamente. Além disto, há também o modelo apenas conceitual que consiste em suposições, restrições, objetivos, algoritmos, características, relacionamentos e dados (sem software) que descrevem como o desenvolvedor da simulação compreende o que está sendo representado pelo modelo de simulação (entidades, processos, comportamentos), que é o contexto da simulação; e como essa representação vai atender aos requisitos de simulação, que é o conceito da simulação (Pace, 2000; Robinson, 2007).

Por outro lado, as simulações podem ser classificadas em três tipos: vivas, virtuais e construtivas (*Live, Virtual and Constructive - LVC*); nas quais todas envolvem pessoas reais interagindo de alguma maneira com as simulações (DoD, 2010; EMS, 2006). As simulações vivas envolvem pessoas reais operando sistemas reais, e elas podem também ser chamadas de “exercícios de simulação reais” (EMS, 2006). No entanto, há limitações nesse tipo de simulação, pois nem sempre é possível replicar a atividade real, ou muitas vezes os equipamentos não podem ser utilizados sem oferecer riscos (tais como simulações de armas, incêndios, etc.) (Green III, 2000).

No segundo tipo, as simulações virtuais envolvem pessoas reais operando sistemas simulados, tais como, simuladores de voo e carro (DoD, 2010). Toda a simulação virtual tem um humano utilizando um dispositivo visual que apresenta uma representação de um ambiente virtual (EMS, 2006). Esse tipo de simulação é conhecido também como “*human-in-the-loop*”. A simulação virtual oferece diversos benefícios, tais como a capacidade de repetir um cenário várias vezes e em diferentes condições sem ter que esperar por esses fatores (por exemplo, mudanças meteorológicas e horas do dia), além de permitir realizar tarefas de alto risco ou de alto custo (EMS, 2006). No entanto, as simulações virtuais são também limitadas por não permitirem o ensino do ofício em campo sob situações do mundo real, como por exemplo, trabalho na lama ou na névoa. Outro desafio é o realismo da simulação, ou seja, mesmo quando as simulações contêm detalhes suficientes para a tarefa, os usuários podem perceber que os equipamentos são menos realistas do que os reais.

O terceiro tipo é a simulação construtiva, que envolve pessoas simuladas operando sistemas simulados (DoD, 2010). Em algumas simulações deste tipo, as pessoas podem estimular, ou injetar sinais em uma parte real do equipamento. Isto permite que o equipamento se comporte como seria se os sinais reais fossem sendo detectados. No entanto, são os programas de computador, ou as regras da simulação, que determinam os resultados. Por exemplo, um usuário pode instruir uma tropa simulada a atacar um alvo adversário, mas o

resultado do ataque é determinado pelas regras da simulação construtiva (EMS, 2006). Elas permitem fazer medições e gerar estatísticas, de modo que sua análise é executada em um tempo mais rápido do que fosse realizada no tempo que acontecem na realidade (por exemplo, em uma simulação de tropas de defesa, longos períodos de guerra podem ser simulados em horas), embora os outros tipos de simulações também permitam mas não focam nisto.

2.3.2 Fidelidade da simulação

Fidelidade é o grau com que o modelo de simulação representa o fenômeno, equipamento ou sistema do mundo real sendo simulado. Na literatura, são propostas várias definições e dimensões de fidelidade. Alexander et al. (2005) distingue três dimensões: física e funcional, que descrevem a simulação; e psicológica, que descreve os efeitos da simulação sobre o aprendiz. A fidelidade física é o grau em que o modelo de simulação se parece (impressões visuais, sonoras e táteis – interface, áudios e controles) com o equipamento, ambiente ou fenômeno do mundo real, ao passo que a fidelidade funcional é o grau em que o modelo de simulação age (informações, estímulos e respostas) e reage às tarefas sendo executadas (comportamento e interatividade) comparado ao equipamento, ambiente ou fenômeno do mundo real (Feinstein e Cannon, 2002). O terceiro tipo de fidelidade, que não é tratado neste trabalho, é a fidelidade psicológica, que é o grau em que o modelo de simulação provoca fatores psicológicos nos aprendizes comparado ao que acontece no ambiente real quando eles executam as tarefas, tais como, estresse e medo (Alexander et al., 2005).

Segundo Feinstein e Cannon (2002), é difícil mensurar a relação entre o grau de fidelidade e seus efeitos no treinamento e na educação (ambiente de aprendizagem), pois alguns estudos indicaram que a percepção de verossimilhança é mais importante, e que muitas vezes o alto realismo pode atrapalhar aprendizes novatos. Além de que, alguns componentes de simulação que reduzem o realismo podem aumentar o aprendizado, tais como, parar e reiniciar o modelo, ou um mecanismo refinado de *feedback* (Hays e Singer, 1989).

2.3.3 Simulações distribuídas e protocolos de interoperabilidade

Em um sistema de simulações distribuídas, os processos se comunicam com mensagens e cooperam de modo significativo para simular um mundo virtual (Fujimoto, 1999; 2001; Weisel, Petty e Mielke, 2004). Esta cooperação, chamada de interoperabilidade, é baseada na troca de dados ou serviços com as simulações distribuídas em tempo de execução,

normalmente usando um protocolo. Os computadores que fazem parte deste sistema 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 distribuídas em duas categorias: simulações analíticas e ambientes virtuais distribuídos. As simulações analíticas são usadas para analisar quantitativamente o comportamento de sistemas, como por exemplo, 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 executam uma série de programas sem intervenção humana ou podem incluir uma animação para representar a operação do sistema sendo modelado. Por outro lado, os ambientes virtuais distribuídos são compostos de simulações em que humanos podem ser introduzidos para treinamento ou entretenimento. Este trabalho se insere no contexto de ambientes virtuais.

Simulações distribuídas podem utilizar diferentes protocolos/estruturas de comunicação e sincronização. Três dos mais conhecidos e utilizados são *Distributed Interactive Simulation* (DIS), *High Level Architecture* (HLA) e *The Test and Training Enabling Architecture* (TENA). DIS é um protocolo restrito a simulações de jogos de guerra em tempo real para treinamento militar (IEEE, 1998). HLA, por sua vez, é uma arquitetura de propósito geral para sistemas de simulação distribuída, em que simulações de computador podem interagir, isto é, trocar dados e sincronizar ações, com outras simulações, em diferentes localidades, e independente de plataforma. A interação entre as simulações é gerenciada por uma Infraestrutura de Tempo de Execução (*Runtime Infrastructure* - RTI). HLA provê interoperabilidade sintática, porém não a semântica, e possibilita o reuso de modelos de simulação distribuída (IEEE, 2000a). TENA é uma arquitetura de suporte ao teste e treinamento utilizando ambiente sintético em tempo-real, distribuído e em larga escala (Powell e Noseworthy, 2012), que possibilita a integração de simulações reais, virtuais e construtivas (LVC).

Na HLA, uma simulação distribuída é chamada de federação (IEEE, 2000a; Kuhl, Weatherly e Dahmann, 1999). Cada simulação ou aplicação individual que faz parte da federação é chamada de federado. Um 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.

Os federados de uma mesma federação comunicam entre si por meio do RTI. O RTI é efetivamente um sistema operacional distribuído que oferece serviços para interação entre

federados e para o gerenciamento a federação (IEEE, 2000a). Os componentes funcionais do HLA são os federados, o RTI e a especificação de interface que define uma maneira padronizada para os federados conectarem-se ao RTI. Na Figura 2.4 são ilustrados os componentes do RTI. O RtiExec (*RTI Executive*) é um processo global, executado em alguma plataforma, que gerencia múltiplas execuções de federações. O FedExec (*Federation Executive*) é um processo criado por um federado para gerenciar uma federação. O libRTI (*RTI Library*) fornece o acesso aos serviços do RTI para a implementação dos federados.

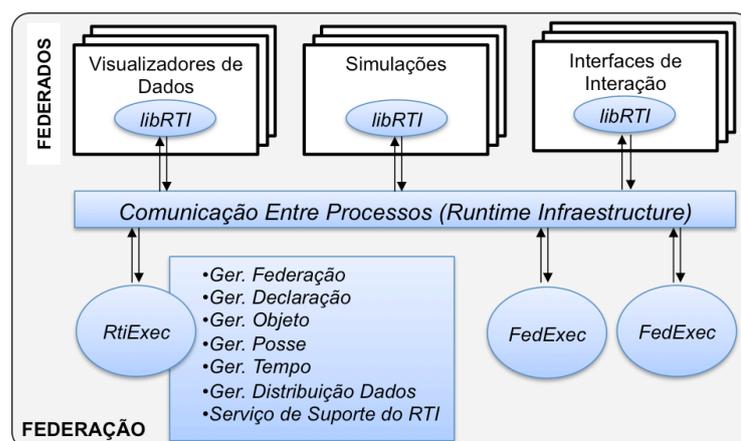


Figura 2.4 – Visão geral de uma federação HLA e dos componentes do RTI (adaptado de Kuhl, Weatherly e Dahmann, 1999).

O RtiExec fornece serviços para: (1) Gerenciamento da federação: que inclui criar ou destruir uma execução da federação, permitir a entrada ou saída de federados em federações existentes, e interromper ou dar continuidade a uma execução; (2) Gerenciamento da declaração: coordena a troca de dados entre os federados baseado em interesses de publicação e subscrição; (3) Gerenciamento de objeto: que inclui criar ou destruir instâncias de objetos, atualizar os atributos dessas instâncias, e enviar e receber interações; (4) Gerenciamento de posse: coordena a posse de objetos e seus atributos entre os federados; (5) Gerenciamento de tempo: coordena o avanço de tempo e sincroniza a troca de dados entre os federados; (6) Gerenciamento de distribuição de dados: gerencia o roteamento de dados entre os federados; e (7) Serviço de suporte do RTI (IEEE, 2000a).

O HLA é definido por três componentes: as regras do HLA (IEEE STD 1516-2000), a especificação de interface do federado (IEEE STD 1516.1-2000) e a especificação do documento base do modelo de objeto (IEEE STD 1516.2-2000) (IEEE, 2000a, b e c).

Além dos aspectos de modelagem e simulação, há a necessidade de atender aos requisitos de jogos e seus aspectos que beneficiam a educação e ao treinamento, que são descritos na próxima seção.

2.4 Jogos para Educação e Treinamento

Jogos são aplicações que têm sido desenvolvidas e usadas para diferentes objetivos: entreter, educar, construir comunidades, recrutar e treinar pessoas, ou divulgar produtos e serviços (Novak, 2010). A evolução tecnológica tem possibilitado criar jogos para fins de educação e treinamento de pessoas, mais do que apenas entretenimento, que simulam o ambiente real e possibilitam um treinamento experiencial, sistemático e estruturado (Mattar, 2010; Salas et al., 2009).

Jogos podem ser criados para serem jogados em plataforma analógica (não digital) ou eletrônica (em computadores, *consoles*, portáteis, *on-line* ou fliperama) (Novak, 2010). Além disto, há diferentes tipos de gênero: ação (ênfaticam o tempo de reação do jogador, sem raciocínio), aventura (focam na exploração do ambiente e em resolução de enigmas), quebra-cabeça (abordam a resolução de problemas sem controle de um personagem), estratégia (exploram a gestão de recursos para atingir uma meta) e simulações (simulam processos e sistemas, e são basicamente divididas em três tipos: veículos, processos de construção e administração, e esportivas). O objetivo para o qual ele é criado, seu gênero e perfil de usuários, bem como a plataforma que ele será executado afetam a concepção e *design* do jogo.

2.4.1 Elementos e conteúdos dos jogos

Os elementos narrativos próprios dos jogos são: interatividade, não linearidade, controle pelo jogador e imersão (Novak, 2011). Os jogadores possuem o controle de um jogo, e podem jogá-lo mais de um vez, sendo que suas interações alteram a narrativa do jogo. O jogo deve ser projetado de modo que o cenário, seus personagens e as interações possibilitem imersão do participante.

Jogabilidade é o grau de experiência do participante durante sua interação com o jogo, isto inclui interatividade, consistência, desafios e usabilidade (Novak, 2011; Schuytema, 2008;). O jogo deve ser interativo e consistente com suas regras, lógica e interface, e não deve apresentar erros. Além disso, os desafios devem estar conectados e ser progressivos, e a interface deve ser funcional (simples, eficiente, consistente e clara). Para isto, o jogo deve ser estruturado em níveis com progressão da dificuldade, com planejamento metas principais e secundárias, da duração, e dos recursos disponíveis em cada nível (Novak, 2011).

Os recursos de interface e áudio são elementos importantes dentro de um jogo (Novak,

2011; Schuytema, 2008). A interface do jogo pode ter elementos manuais, tais como, *joystick*, teclado e *mouse*; e elementos visuais de interação, tais como, botões e menus, ou informações na tela, tais como, pontuação e tempo (Novak, 2011). O áudio do jogo inclui efeitos sonoros (*feedback* sonoro de um evento, tal como abrir a porta), narrações, músicas e diálogos falados (Schuytema, 2008). Estes recursos devem ser planejados durante o *design* e são requisitos de fidelidade da simulação, sendo que em jogos sérios eles devem representar a realidade.

2.4.2 Princípios de aprendizagem efetiva em jogos

Trybus (2014) apresenta seis princípios de aprendizagem efetiva, que geralmente os jogos contemplam: (1) Os níveis devem ter objetivos claros e com dificuldade incremental, para se adaptar ao nível de competências prévias de cada aprendiz e progredir conforme o ritmo de cada um (rápido ou devagar, novato ou especialista); (2) As tarefas devem ser práticas, exigir aprendizagem ativa, fornecer *feedback* e possibilitar a prática até o domínio completo dos objetivos; (3) A tarefa deve garantir que o aprendiz pratique até que os conhecimentos e habilidades se tornem automatizados e consolidados; (4) A prática da tarefa pode ser reforçada extrinsecamente com recompensas verbais ou tangíveis (por exemplo, pontuação e *feedback* positivo) e intrinsecamente dada a razão pessoal em fazer a atividade (por exemplo, passar para níveis mais complexos pode aumentar a autoestima e motivação devido a uma maior competência) (Ahdell e Andresen, 2001). Para isto, os níveis devem ser bem planejados para aumentar a dificuldade, complexidade ou ritmo. Isso pode incluir ensinar uma habilidade específica (por exemplo, inclusive como jogar o jogo) e depois dar a oportunidade de praticá-la, fornecendo *feedback* imediato; (5) Cada objetivo de aprendizagem deve ter pré-requisitos que devem ser atendidos para passar de nível; (6) A tarefa deve garantir que os conhecimentos e habilidades sejam aprendidos e praticados em múltiplos modos, em vários problemas ou em vários contextos.

2.4.3 Motivação e experiência nos jogos

Jogos em geral conseguem motivar e proporcionar experiências positivas em seus jogadores. A motivação é essencial para o aprendizado (Keller, 1987 e 2009), e experiências podem fornecer oportunidades de aprendizado e treinamento (Kolb e Kolb, 2006). No contexto de uso de jogos na educação, a motivação para jogar e aprender é definida como o engajamento individual em continuar e se esforçar para concluir determinada atividade. Ela

pode ser extrínseca (expectativa em obter sucesso: esforço, persistência, etc.) ou intrínseca (valores ligados a satisfação de necessidades ou motivos pessoais: curiosidade, interesse, etc.). O modelo Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação (ARCS) é baseado na teoria expectativa-valor (valor: atenção e relevância; e expectativa: confiança e satisfação) e visa incluir essas quatro categorias como estratégias motivacionais em conteúdos instrucionais e também em jogos educacionais (Keller, 1987 e 2009). Essas categorias são importantes porque “atenção” é um pré-requisito para aprendizagem; bem como que o participante perceba a “relevância” do conteúdo aprendido/treinado com os seus objetivos pessoais e o associe com os seus conhecimentos prévios. Além disso, é necessário que eles tenham “confiança” (percebam seu progresso e tenham expectativas positivas) e “satisfação” em relação ao seu esforço e a consistência entre o objetivo, conteúdo e avaliação.

Segundo Keller (1987), a primeira categoria visa incluir conflitos, exemplos concretos, variar formatos de conteúdos e interações, estimular a exploração e participação do jogador para aumentar a sua “atenção” no jogo. A segunda categoria, estratégias de “relevância”, objetiva relacionar a experiência prévia e interesses do jogador ao conteúdo, apresentar os méritos do conteúdo a ser treinado/aprendido e relacioná-los com objetivos futuros (pessoais e do próprio jogo), fornecer oportunidades de interações e escolhas para realizar um objetivo. A terceira categoria, estratégias de “confiança”, visa incorporar os requisitos de aprendizagem, fornecer ferramentas de autoavaliação baseada em objetivos bem definidos, explicar os critérios de avaliação de desempenho, aumentar o nível de dificuldade dos desafios, atribuir sucessos e falhas ao jogador, possibilitar autoconfiança e independência no aprendizado e prática, de modo que estes elementos possam impulsionar a confiança e a progressão no treinamento. A última categoria, “satisfação”, objetiva permitir que o participante utilize a habilidade adquirida em um novo cenário, reforçar o seu sucesso em completar uma tarefa, fornecer *feedback* imediato e reforço frequente, e dar recompensas inesperadas, de modo que o participante fique satisfeito com o jogo, com o treinamento realizado (desempenho pessoal) e com as respostas fornecidas.

A experiência do jogador é a sua percepção e resposta em relação às funcionalidades e benefícios do jogo. Na literatura de jogos, ela é descrita por seus elementos de interação, tais como, imersão, desafio, controle e competência para jogar, entre outros (Wangenheim, Savi e Borgatto, 2012). A imersão é o grau de atenção e envolvimento do participante no jogo; o desafio é a inclusão de objetivos a serem superados maiores do que as competências do jogador; o controle é o grau de liberdade em que ele manipula o jogo conforme suas ações intencionadas sobre a interface e com os controles do jogo; e a competência é a percepção do

participante em ter habilidades para explorar e atingir os objetivos do jogo.

Entretanto, além dos conceitos apresentados sobre jogos, há a necessidade de contemplar requisitos da aprendizagem e treinamento efetivo, que são descritos a seguir.

2.5 Treinamento e Aprendizagem

Em treinamentos virtuais usando jogos sérios ou simulações, os aprendizes adquirirão competências que podem ser transferidas para o mundo real (Chung, 2004; Maciuszek, Weicht e Martens, 2012; Mattar, 2010; Messineo et al., 2011; Prensky, 2007). Além disso, eles permitem um treinamento regular e diversificado que podem ser usados para preparar uma maior quantidade de profissionais (indivíduos e equipes) (Salas e Rosen, 2007).

Um treinamento é um processo para desenvolver competências conforme os objetivos planejados (ABNT, 2001). As competências são formadas por Conhecimentos, Habilidades e Atitudes pessoais (CHAs) empregadas no desempenho de uma determinada atividade. O conhecimento é ter informações (saber o quê e o porquê); a habilidade é ter a técnica e capacidade de aplicar o conhecimento (saber como fazer); a atitude é o querer fazer (motivação, vontade e comprometimento); ao passo que, a competência é aplicar a habilidade (saber fazer acontecer) (Durand, 2000). A competência exige atitude para alcançar metas e objetivos e requer também o poder fazer essa atividade: ter ferramentas, equipamentos e local de trabalho adequados (Boog, 2001). A Figura 2.5 apresenta uma visão geral destas dimensões e fatores que afetam as competências.



Figura 2.5 – Visão geral das dimensões (conhecimento, habilidade e atitude) e dos fatores (saber, querer e poder fazer) que afetam as competências.

Os conhecimentos são aprendidos; as habilidades podem ser exercitadas e treinadas; ao passo que, as atitudes se formam com o resultado de experiências por meio de *feedback* de reforço ou correção (Abbad et al., 2012; Boog, 2001).

Há várias formas de induzir a aprendizagem: (1) Instrução: visa transmitir conhecimentos, habilidades e atitudes simples; é realizada por meio de aulas, cartilhas, roteiros e manuais; e tem curto prazo de duração; (2) Treinamento: visa preparar para um cargo; promover um desempenho melhor; e/ou capacitar um profissional para adquirir novos conhecimentos, habilidades e atitudes que serão usadas em uma função específica; (3) Desenvolvimento: objetiva preparar um profissional para a carreira, sem fins de funções específicas, tais como em programas de qualidade de vida e orientação profissional. “Treinamento” e “desenvolvimento” têm durações de curto a médio prazo, e podem ser oferecidos em oficinas, cursos, seminários, palestras, etc.; (4) Educação: tem duração de médio a longo prazo e visa preparação para a vida profissional. Ela inclui cursos profissionalizantes, graduações, pós-graduações, etc. (Abbad e Borges-Andrade, 2004; Vasconcelos e Pereira, 2007). Entretanto, “educação” também é um termo amplo que implica na promoção de aprendizagem em geral.

No contexto de aprendizagem em ambientes organizacionais, essas formas de indução possuem relacionamento hierárquico, conforme Figura 2.6, porém têm limites tênues (representados por linhas pontilhadas) (Vargas e Abbad, 2006).



Figura 2.6 – Visão geral da hierarquia das formas de indução à aprendizagem: informação, instrução, treinamento, desenvolvimento e educação (adotado de Vargas e Abbad, 2006).

A realização de um programa de treinamento visa produzir efeitos para a instituição que podem ser imediatos (reação positiva dos aprendizes e aprendizagem) ou em longo prazo (transferência das competências treinadas para a função exercida e impacto positivo) (Zerbini et al., 2012). De modo geral, um treinamento eficaz possibilita a aprendizagem de competências (CHAs) (seta 1 da Figura 2.7); transferência para a função exercida (seta 3); e melhoria de desempenho do aprendiz em sua função (seta 5). Porém, outras variáveis também podem influenciar esses resultados no treinamento (setas 2, 4 e 6), tais como, ter ferramentas, equipamentos e local de trabalho adequados (Boog, 2001). A aprendizagem é a primeira etapa

do processo de aprendizagem que é a adquirir conhecimentos, habilidades e atitudes. A transferência do treinamento é definida como o uso eficaz das competências aprendidas na função exercida. O impacto no treinamento é definido como efeitos indiretos provocados pelo treinamento no desempenho do aprendiz, suas atitudes e motivação em exercer sua função.

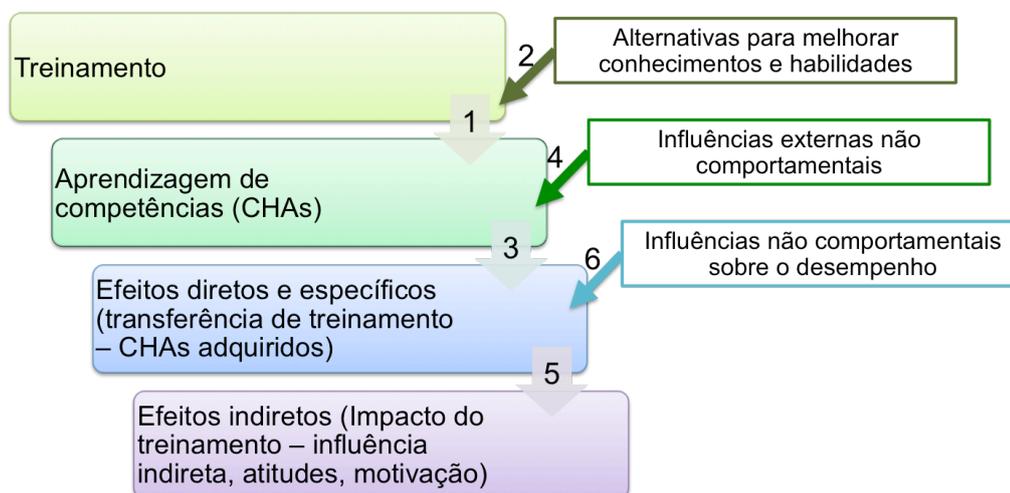


Figura 2.7 – Visão geral dos resultados do treinamento: aprendizagem, transferência (efeito direto) e impacto (efeito indireto) (adaptado de Zerbini et al. (2012) e Taylor e O’Driscoll (1998)).

No contexto educacional, há teorias que descrevem os motivos e processos de aprendizagem e desempenho humano, além de sua facilitação; e outras teorias que prescrevem eventos e métodos de ensino. Basicamente, elas são classificadas em teorias de aprendizagem (que são três teorias apenas descritivas: teoria cognitivista, teoria comportamentalista ou teoria construtivista), teorias instrucionais (que são ambas descritivas e prescritivas, por exemplo, Taxonomia de Bloom) e *design* instrucional (que são apenas prescritivas, por exemplo modelo ADDIE, ISD e outros baseados nestes) (Bloom, 1956).

Há também teorias que descrevem sobre o desempenho humano, descritas na próxima subseção, e outras que apresentam estilos de aprendizagem e instrumentos de avaliação do estilo de cada pessoa, como por exemplo, as teorias de estilos de aprendizagem de Kolb (1985), de Felder e Silverman (1988) e de Myers-Briggs (Myers e McCaulley, 1985) que são as mais utilizadas. Essas teorias auxiliam o entendimento do processo de aprendizagem.

A seguir também são apresentadas a taxonomia de Bloom, que pode ser utilizada para estruturar os níveis da simulação, inclusive com o uso de simulações é possível abranger todos os níveis da aprendizagem no domínio cognitivo (Hall, 2011) e a teoria de aprendizagem experiencial de Kolb que é base para a teoria dos estilos de aprendizagem de Kolb (1985). Estas duas teorias de Kolb possibilitam explorar e planejar a aprendizagem baseada em experiências no jogo sério, abrangendo os diferentes estilos de aprendizes.

2.5.1 Teorias de desempenho humano

As teorias de desempenho humano descrevem componentes críticos de desempenho que devem ser capturados e usados para gerar *feedback*. Por exemplo, um jogo sério para treinar habilidades motoras na direção de um veículo requer captura das métricas relativas aos aspectos físicos (controle de direção, velocidade, aceleração, etc.) (Donovan, 2012). Assim, teorias de aprendizado motor podem auxiliar no entendimento e definição desses aspectos críticos. Por outro lado, se o treinamento for referente ao desempenho da equipe do veículo de Fórmula 1 durante um reabastecimento, então teorias de trabalho e desempenho em equipe podem auxiliar na definição de métricas (por exemplo, comunicação, liderança).

Salas et al. (2009) descrevem quatro principais teorias (ou categorias de teorias) de desempenho individual: (1) *Frameworks* dos resultados da aprendizagem: as teorias inclusas neste tipo, como por exemplo a taxonomia de Bloom, dividem os resultados de aprendizagem em categorias, pois atividades distintas produzem diferentes resultados de aprendizagem (por exemplo, resultados cognitivos, psicomotores e afetivos); (2) Teoria geral do desempenho: o desempenho é determinado por três principais fatores: conhecimento declarativo; conhecimento operacional e habilidade; e motivação; (3) Teoria de processamento de informação humana: o desempenho é determinado pela eficácia das transformações realizadas pelos indivíduos a partir das informações recebidas do ambiente; e (4) Teorias de especialidades: descrevem como obter o 'expertise' em uma determinada atividade do mundo real. Em geral, o melhor desempenho é resultado do desenvolvimento de mecanismos psicológicos praticados durante muitas atividades.

Somadas às teorias de desempenho individual, a teoria de modos de erros humanos possibilita também identificar o desempenho ineficaz (erros). Esta teoria descreve oito dimensões de erros: (1) Tempo: ação realizada cedo ou tarde demais, ou omitida; (2) Duração: ação foi curta ou longa demais; (3) Distância: objeto ou controle foi movido para perto ou longe demais; (4) Direção: ação foi realizada na direção errada; (5) Velocidade: ação foi realizada devagar ou rápida demais; (6) Força e pressão: ação foi realizada com pouca ou muita força ou pressão; (7) Objeto: ação foi realizada com objeto errado, no objeto errado (parte ou todo), ou o objeto pode estar perto, ser similar ou não; e (8) Sequência: erros na ordem das ações que podem variar: (a) Repetição: uma parte da sequência é repetida por erro; (b) Omissão e esquecimento: uma parte da sequência foi esquecida ou pulada; (c) Inversão: duas partes da sequência são trocadas; e (d) Ações erradas: ações feitas são irrelevantes ou incorretas (Hollnagel, 2012; Hollnagel et al., 2011).

A identificação dos erros humanos em uma dada função pode facilitar na coleta de dados e a mensuração do desempenho humano, que podem ser utilizadas na avaliação e no fornecimento de *feedback* para os interessados.

2.5.2 Taxonomia de Bloom

A taxonomia de Bloom é uma teoria instrucional que classifica, estrutura e padroniza objetivos de aprendizagem, com progressão de complexidade, para atividades educacionais (Bloom, 1956; Ferraz e Belhot, 2010). Ela identifica três domínios de atividades educacionais ou aprendizado: (1) cognitivo: aprendizagem intelectual (conhecimentos e habilidades); (2) psicomotor: habilidades físicas ou manuais; e (3) afetivo: sentimentos e emoções (comportamentos e atitudes).

No domínio cognitivo, ela é dividida em seis níveis de habilidades: (1) Conhecimento: reconhecer e reproduzir conhecimentos e procedimentos; (2) Compreensão: estabelecer uma conexão entre os conhecimentos novos e prévios; (3) Aplicação: executar, aplicar ou usar um procedimento ou conhecimento em situações concretas; (4) Análise: organizar as informações em relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender as relações existentes entre elas; (5) Síntese: agregar e juntar informações com o objetivo de formar um todo; e (6) Avaliação: julgar o valor do aprendizado. Estas habilidades são dependentes hierarquicamente: do mais simples (conhecimento) ao mais complexo (avaliação).

Hall (2011) faz um comparativo dos usos da simulação com os níveis de aprendizado da Taxonomia de Bloom, apresentado no Quadro 2.1. A simulação pode ser utilizada para reforçar o aprendizado principalmente nos níveis de análise, síntese e avaliação. Entretanto, é importante que o instrutor participe do treinamento, para analisá-lo e fornecer *feedback*.

Quadro 2.1 – Taxonomia de Bloom do domínio cognitivo e simulações (adaptado de Hall, 2011).

Nível	Explicação	Simulação
Conhecimento	Relembrar informações	Reforçar aprendizado anterior
Compreensão	Entender significado	Revisar aprendizado atual
Aplicação	Usar conhecimento	Determinar os aprendizados apropriados
Análise	Interpretar conhecimento	Usar aprendizado para encontrar problemas
Síntese	Desenvolver estruturas	Usar aprendizado para encontrar soluções possíveis
Avaliação	Avaliar conceitos	Tomar decisões

A taxonomia de Bloom é bastante utilizada para planejar, organizar e controlar os objetivos de aprendizagem (Ferraz e Belhot, 2010). Além disso, ela também pode apoiar a definição de objetivos, estratégias e sistemas de avaliação.

2.5.3 Teorias de aprendizagem experiencial e estilos de aprendizagem

A aprendizagem experiencial consiste em compreender e transformar uma experiência em aprendizado. A teoria de aprendizagem experiencial é uma abordagem para o desenvolvimento de profissionais que envolve as dimensões de percepção da informação (referentes a sentir e pensar) e de processamento da informação (referentes a fazer e observar) (Kolb, 1984; 1985; Kolb e Kolb, 2005). A partir da integração desses elementos são obtidos quatro modos básicos de aprendizagem: (1) experiência concreta: ações realizadas a partir de conhecimentos prévios (fazer/sentir); (2) observação reflexiva: atitudes de reflexão da realidade, tais como, identificar, associar e agrupar elementos (observar); (3) conceitualização abstrata: comparação e generalização de fatos e elementos da realidade (pensar); e (4) experimentação ativa: ações de aplicação prática dos conhecimentos refletidos (fazer/planejar) (Pimentel, 2007). Segundo Hall (2011), este ciclo de aprendizagem pode ser diretamente mapeado ao ciclo da simulação: tomar decisão, simular resultado, analisar resultado, planejar ações, conforme apresentado na Figura 2.8. Entretanto, o ciclo de simulação tem que ser completo, pois muitas vezes pode haver um atalho da simulação dos resultados para a tomada de decisões sem passar por uma conceitualização e experimentação ativa (Hall, 2011).



Figura 2.8 – Visão geral do ciclo de aprendizado experiencial sobreposto pelo ciclo de simulação (criado a partir de Kolb (1984) e Hall (2011)).

Cada um dos quatro estilos de aprendizagem de Kolb (divergente, assimilador, convergente e acomodador) é uma combinação destes quatro modos básicos de aprendizagem: (1) divergente predomina a experiência concreta e observação reflexiva; (2) assimilador: predomina a observação reflexiva e conceituação abstrata; (3) convergente: predomina a conceituação abstrata e a experimentação ativa; e (4) acomodador: predomina a experiência concreta e a experimentação ativa (Kolb, 1985).

A seguir são descritos conceitos sobre os processos de medição de desempenho, avaliação e *feedback* nas áreas atinentes a jogos sérios.

2.6 Medição de Desempenho, Avaliação e *Feedback*

Em treinamentos virtuais usando jogos sérios ou simulações é possível automatizar a medição de desempenho, possibilitando avaliação estruturada e sistemática do desempenho humano e com *feedback* personalizado para cada aprendiz (Salas e Rosen, 2007). O desempenho é a comparação do resultado obtido com o resultado padrão desejado, e a medição de desempenho é o processo de quantificação dos dados ou conjunto de dados do treinamento para determinar se o desempenho do aprendiz atingiu o padrão esperado (ABNT, 2001). Entretanto, nem sempre é fácil identificar e especificar o resultado esperado do treinamento, principalmente em treinamento de competências complexas.

Por outro lado, a avaliação pode incluir ou não medidas de desempenho (dados quantitativos) somados a um julgamento de valor (dados qualitativos) (Salas et al., 2009). O objetivo da avaliação é fornecer *feedback* para os interessados, que pode incluir os aprendizes, instrutores e chefes (Zinovieff, 2008). *Feedback* é toda informação dada a partir de um padrão desejado de um determinado comportamento ou desempenho, com o objetivo de orientar, corrigir ou informar os interessados (Bee e Bee, 2000; Zinovieff, 2008; Varela, 2009).

Dessa forma, é essencial definir o que coletar durante a medição de desempenho, para posteriormente avaliar e fornecer *feedback*. A seguir estes conceitos são detalhados, bem como modelos, teorias e métodos relacionados.

2.6.1 Medição de desempenho humano

Os dados para medição e avaliação de desempenho podem ser coletado antes (por

exemplo, um diagnóstico das necessidades), durante (por exemplo, a avaliação formativa) ou depois da sessão de treinamento (por exemplo, a avaliação da reação e do aprendizado logo após o treinamento; e avaliação da transferência do aprendizado um tempo depois do treinamento) (Queiroga et al., 2012). A coleta de dados pode ser feita por observação (humana ou eletrônica – a partir da percepção dos observadores) ou por comunicação (a partir da percepção dos indivíduos escolhidos, tais como, aprendizes, instrutores, chefes, etc.):

A coleta de dados por observação humana é o procedimento de observar e registrar, padronizado por roteiro ou lista de verificação (*checklist*). Por observação mecânica/eletrônica é o procedimento de gravar em vídeo ou registrar os dados em sistema de computador. Ao passo que por comunicação é o procedimento de perguntar aos aprendizes, e/ou outros participantes envolvidos no treinamento (instrutor, treinador, etc.), por meio de roteiro de perguntas (entrevista em profundidade ou grupo focal), questionário (o mais utilizado), etc.

Sistemas de medição de desempenho visam coletar métricas e fornecer *feedback* para os aprendizes sobre seu desempenho individual ou em equipe durante a sessão de treinamento; ou coletar e fornecer informações para revisão pós-ação (Salas et al., 2009). Eles devem ser guiados por modelos teóricos de desempenho, pois cada objetivo de treinamento (proposta e seu contexto) requer diferentes métricas, teorias, técnicas de mensuração e coleta.

- Métodos para capturar componentes de desempenho

Há diversos métodos que podem ser usados para capturar os componentes críticos de desempenho (Salas et al., 2009). Esses métodos são divididos em três dimensões: (1) tipo de dados: qualitativo (captura informações para entender o que medir) ou quantitativo (já captura as métricas em si); (2) análise: subjetiva (por exemplo, medidas de autorrelato) ou objetiva (por exemplo, saídas de atividades); e (3) nível de análise: individual ou equipe (que analisa como o desempenho da equipe foi influenciado por cada indivíduo) (Salas et al., 2009).

Os métodos qualitativos são usados para entender o processo de desempenho efetivo ou ineficiente das pessoas no mundo real e determinar “*O quê medir?*” (Salas et al., 2009). Eles podem ser usados tanto para analisar acertos e erros individuais quanto em equipe. Salas et al. (2009) descreve três métodos normalmente usados na análise do desenvolvimento de sistemas de medição em simulações de treinamento: (1) Análise de protocolo; (2) Técnica de incidente crítico; e (3) Mapeamento de conceito.

Por outro lado, os métodos quantitativos são usados para capturar as saídas de desempenho que foram previamente entendidas com o uso dos métodos qualitativos (Salas et al., 2009). Entre eles estão: (1) Escalas de avaliação comportamental; (2) Escalas de

observação comportamental; (3) Análise da comunicação; (4) Medidas de autorrelato; (5) Gravação e medição de desempenho; (6) Avaliação do conhecimento estrutural; e (7) Medição baseada em evento.

O método de medição baseada em evento, que é usado neste trabalho, consiste em desenvolver cenários de simulação e sistemas de medição de desempenho que estão ligados sistematicamente as competências treinadas. Neste caso, o treinador deve criar as tarefas e as respostas aceitáveis antecipadamente, baseando-se em entrevistas com o especialista no domínio, análise da tarefa ou investigação dos Procedimentos Operacionais Padrões.

A metodologia TARGET e a ferramenta SMARTER são exemplos de uso da medição baseada em evento. Na metodologia de observação estruturada TARGETs (*Targeted Acceptable Responses to Generated Events*), o observador tem um *checklist* para avaliar os eventos e medir o desempenho da equipe (coleta e mensuração por observação humana) (Fowlkes et al., 1994). Ao passo que a ferramenta SMARTER (*Simulation Module for Assessment of Resident's Targeted Event Responses*) liga os objetivos e competências do treinamento à estrutura do cenário de simulação e medição de desempenho individual e equipes de trabalho (observação eletrônica) (Rosen et al., 2008).

2.6.2 Avaliações

A avaliação de desempenho é um método que visa estabelecer os resultados desejados para o avaliado, acompanhar e julgar o valor dos resultados obtidos a partir desses padrões desejados, para reforçar, orientar e/ou corrigir o comportamento do avaliado em suas atividades (Pontes, 1999).

A avaliação é de suma importância em um processo de ensino-aprendizagem. Ela permite o acompanhamento do desenvolvimento do aprendiz e, se necessário, a adaptação do processo (dois objetivos distintos porém inter-relacionados). Além disso, o desenvolvimento do aprendiz pode ter efeitos diretos ou indiretos em sua função. E a mensuração destes efeitos é importante para a instituição que está fornecendo o treinamento para seus profissionais, pois permite calcular o retorno de seu investimento (Kirkpatrick, 1976; Zerbini et al., 2012). Modelos de avaliação do programa de treinamento, tais como as de Kirkpatrick (1976), Hamblin (1978), Borges-Andrade (1982), estruturam estas avaliações em níveis, de acordo com os objetivos de avaliação dos resultados do treinamento. De forma geral, as avaliações do programa de treinamento podem ser mensuradas durante o processo de treinamento (reação do aprendiz e aprendizagem) ou um período depois (comportamento do aprendiz e resultado

para a organização) (Kirkpatrick, 1976).

A seguir são detalhadas os tipos de avaliações em relação ao aprendizado humano, programa de treinamento e transferência do treinamento para a realidade usando simulações.

- Avaliação do aprendizado humano

Na área de Treinamento, Desenvolvimento e Educação (TD&E), há diferentes tipos de avaliação, de acordo com o objetivo da mesma: diagnóstica, formativa, somativa, autoavaliação e avaliação do próprio processo para sugestões de melhoria. Todas são usadas neste trabalho. A avaliação diagnóstica é realizada no início do processo para analisar a presença de pré-requisitos e colocar o aprendiz em um novo contexto de aprendizado (Miller, Imrie e Cox, 1998), ou para ser utilizadas em uma comparação das competências prévias com as obtidas durante o treinamento. A avaliação formativa é realizada durante o processo para desenvolver e aprimorar as competências do aprendiz (Perrenoud, 1999). A avaliação somativa ocorre após um período de aprendizagem, e visa mensurar a progressão do aprendiz e colocá-lo em outro nível de classificação de treinamento (Miller, Imrie e Cox, 1998). Na autoavaliação, o aprendiz mensura a sua própria evolução no treinamento ao final do processo. A avaliação do processo ocorre também ao final para averiguar as sugestões de melhorias do treinamento do ponto de vista do aprendiz.

- Avaliação da eficácia do programa de treinamento

A avaliação do treinamento (ou programa de treinamento) é a coleta sistemática de dados para responder se o objetivo de treinamento foi atingido e/ou se seu cumprimento resultou em melhoria no desempenho das funções do aprendiz (Salas et al., 2012).

O modelo de avaliação da eficácia do programa de treinamento proposto por Kirkpatrick é o mais aceito e utilizado em organizações. Ele estrutura o processo de avaliação do programa de treinamento em quatro níveis para verificar se objetivos foram alcançados, baseados em efeitos imediatos (em relação aos aprendizes e ambiente de treinamento - níveis 1 e 2) e efeitos em longo prazo (instituição e o ambiente de trabalho - níveis 3 e 4), conforme ilustrado na Figura 2.9 (Kirkpatrick, 1976). Neste trabalho são abordados os níveis 1 e 2.

Durante o treinamento, podem ser feitas avaliações no nível 1 e 2. No nível 1 (reação) é feita uma avaliação do treinamento na visão do aprendiz. Ele deve responder como foi o treinamento e o que pensa sobre ele (quais são suas reações – satisfação, motivação, etc.). No nível 2 (aprendizado), os dados coletados devem informar quais conhecimentos, habilidades e

atitudes o aprendiz adquiriu ou melhorou. Esses dados podem ser coletados por testes e observações do instrutor, treinador ou outros especialistas envolvidos no treinamento.



Figura 2.9 – Visão geral dos níveis do modelo de avaliação da eficácia do programa de treinamento (adaptado de Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006).

As avaliações do nível 3 e 4 devem ser feitas no ambiente de trabalho e um tempo depois do treinamento. No nível 3 (comportamento na função), o aprendiz e/ou seus superiores devem avaliar se o aprendiz está utilizando na prática as competências adquiridas no treinamento (se houve transferência do treinamento). Os profissionais responsáveis pelo aprendiz (superiores) podem observar seu comportamento e avaliar se ele está aplicando as competências treinadas; e/ou o aprendiz pode responder em uma autoavaliação qual é o seu comportamento depois do treinamento. O nível 4 (resultados) compreende analisar quais são os benefícios e impactos reais do treinamento para a instituição, por exemplo, redução de acidentes, aumento de produção ou vendas, melhoria da qualidade, etc.

Em treinamentos presenciais, os dados são coletados de acordo com os níveis de avaliação do modelo de Kirkpatrick (Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006). Nos níveis 1, 2, e 3 são realizadas observações humanas e comunicações; e no nível 4 são coletados registros de desempenho e indicadores anteriores da organização. Os instrumentos que normalmente são utilizados na comunicação são: (1) nível 1: questionários e entrevistas; (2) nível 2: testes, questionários e entrevistas; e (3) nível 3: testes e entrevistas.

- Avaliação da transferência do treinamento com jogo sério

Korteling, Oprins e Kallen (2009), descrevem sete projetos experimentais mais comuns usados para medir a eficácia do programa de treinamento, ou seja, avaliação da transferência do treinamento com o jogo sério para a execução da tarefa no ambiente real: (1) Método grupo de controle e experimental; (2) Método transferência quase-controle e

experimental; (3) Método transferência autocontrole; (4) Método transferência controle pré-existente; (5) Método transferência incontrolada; (6) Método de transferência inversa; e (7) Método melhoria de desempenho no simulador.

No método de transferência inversa, que é usado neste trabalho, um indivíduo que já mostrou um desempenho suficiente na tarefa em questão tem que executá-la no jogo sério. Se ele puder cumpri-la, então ocorreu uma transferência inversa. Neste caso, o pressuposto é que a transferência também ocorrerá na outra direção, transferência para frente, para os aprendizes que utilizarem o jogo sério como treinamento.

2.6.3 Feedback

Um *feedback* pode ser classificado em seis dimensões: direção, objetivo, afetividade, forma, tempo, lugar (Bee e Bee, 2000; Varela, 2009).

A dimensão “direção” refere-se ao alvo do *feedback*: para quem ele é direcionado? O alvo pode ser: (1) individual: para um única pessoa; (2) grupo: a duas ou mais pessoas mas não a todos os envolvidos; ou (3) equipe: a todos os participantes da equipe.

A dimensão “objetivo” refere-se ao propósito do *feedback*: o que será informado? No *feedback* descritivo é informado como o aprendiz realizou a atividade sem referenciar explicitamente qualquer erro, ao passo que o *feedback* prescritivo informa ao aprendiz como ele deveria ter realizado ou como deverá realizar a próxima vez, e no *feedback* interrogativo, o aprendiz é questionado sobre a execução de sua atividade.

A dimensão “afetividade” refere-se a evidenciar os aspectos adequados ou incorretos na execução da atividade: como os erros e acertos são destacados? Estes aspectos podem ser evidenciados de modo construtivo ou destrutivo. O *feedback* construtivo (positivo ou negativo) descreve os comportamentos ou desempenhos corretos ou errados de forma objetiva e específica, visando o desenvolvimento conforme os padrões estabelecidos. O *feedback* é positivo se visa elogiar e reforçar o comportamento ou desempenho que atingiu o padrão desejado, por outro lado é negativo se corrigi o comportamento ou desempenho insatisfatório ou de baixa qualidade. O *feedback* destrutivo despreza ou deprecia o desempenho ou comportamento do aprendiz, tanto por não reconhecer ou referenciar o bom desempenho, quanto por corrigir inequadamente ou denegrir sua reputação; e deve ser evitado. Geralmente, eles são comentários generalizados e subjetivos que abordam atitudes ou características pessoais, não há padrões determinados de avaliação, ou não visam o desenvolvimento.

A dimensão “forma” é relativa ao canal de comunicação que é utilizado para transmitir

a informação: como ela é transmitida? De qual forma? Ele pode ser auditivo (utiliza a forma oral), visual (utiliza uma forma não verbal, por exemplo, formas gestuais de aprovação, desaprovação ou de demonstração), sinestésico (controla uma parte do corpo do aprendiz), ou misto (inclui duas ou as três formas descritas acima: auditivo-visual; auditivo-sinestésico; visual-sinestésico; auditivo-visual- sinestésico).

Na dimensão “tempo”, o *feedback* pode ser instantâneo (em tempo real): logo após cada ação durante o treinamento, de modo que o aprendiz pode ver os resultados de sua ação; ou ao final (no *debriefing*): após o treinamento, o quanto antes possível, depois que os dados e resultados forem preparados e analisados. As atividades de *briefing* e *debriefing* são comuns em treinamentos, principalmente na área militar. *Briefing* é a etapa inicial de uma tarefa ou treinamento, na qual a equipe é informada sobre quais são as tarefas e todos os outros dados relevantes para a sua condução. Ao passo que *debriefing* é a etapa final após a conclusão desta tarefa ou treinamento, na qual são discutidas as táticas operacionais, as práticas de trabalho, as informações críticas que devem ser observadas, bem como pode ser fornecido *feedback* sobre as ações realizadas, além de garantir que todas as informações foram compreendidas. Em treinamento militar pode-se utilizar um formato de *debriefing* especializado, nomeado revisão pós-ação (*Action-After Review* - AAR), que visa maximizar a interação da equipe para investigar o que eles aprenderam e o que isto implica nos compromissos futuros (Rankin, Centner e Crissey, 1995; Meliza, 2007).

Em relação a dimensão “lugar”, o *feedback* pode ser em particular (em local reservado): se é específico ou negativo; ou em grupo: se é para o grupo, para a equipe ou se é positivo (pois diante de outras pessoas pode haver benefícios).

2.7 Verificações e Validações

Verificação e validação devem ser conduzidas durante todo o processo e não somente quando o jogo estiver pronto (Balci, 2003, 2011; Roza et al., 2010; Roza, Voogd e Sebalj, 2012; Sargent, 2010; Whitner e Balci, 1989). A verificação é a avaliação da acurácia transformacional em cada fase do desenvolvimento, i.e., avaliação dos artefatos produzidos com os artefatos de entrada (Balci, 2011). A verificação é uma condição necessária para validação mas não suficiente (Feinstein e Cannon, 2002). Por exemplo, os códigos desenvolvidos correspondem aos diagramas projetados na fase anterior?

A validação pode ser do modelo de simulação em si (desenvolvimento e resultado do modelo) ou o do JSTA (aplicação do modelo de simulação para o fim educacional e de treinamento). A **validação do modelo de simulação** é a avaliação da acurácia representacional (física, funcional e psicológica) dos modelos criados, i.e., avaliação dos artefatos produzidos com o seu uso intencionado no domínio real (Balci, 2011). Por exemplo, a representação e o comportamento do jogo possui a fidelidade desejada para o seu uso intencionado, comparado ao domínio real? (Se é preciso uma modelagem realística do funcionamento de um processo, há esta fidelidade comportamental? Ou se é preciso uma representação realística do personagem, há essa fidelidade representacional?). Ao passo que, a **validação do jogo sério de treinamento** tem duas propostas principais que envolve a avaliação da acurácia educacional do jogo além da acurácia R-C (Feinstein e Cannon, 2002): (1) Como método de aprendizagem experiencial: validade dependerá de quão bem o jogo prepara os aprendizes para entender, selecionar e usar apropriadamente um conjunto de habilidades chaves; e (2) Como instrumento de avaliação das habilidades que os aprendizes já possuem: validade dependerá de quão bem os constructos de desempenho representam as habilidades chaves do domínio de aplicação.

2.7.1 Validação representacional e comportamental

A validade representacional e comportamental (R-C), que é referente ao processo de desenvolvimento em si e não somente ao resultado final, permite avaliar se as características relevantes do fenômeno sendo modelado: (1) foram identificadas e abstraídas do domínio real; (2) foram modeladas no contexto da estrutura e lógica do jogo (com o grau de fidelidade necessário); e (3) projetadas no jogo final (Feinstein e Cannon, 2002).

Esta validação pode ser interna ou externa (Feinstein e Cannon, 2002). A validade R-C interna é relacionada ao grau em que a lógica e a estrutura do jogo representa precisamente os fenômenos **desejados**, ao passo que a validade R-C externa é relacionada à lógica e a estrutura quanto aos fenômenos do **mundo real**. Entretanto, focar muito no mundo real pode deixar o jogo muito complexo, assim deve haver um equilíbrio entre mundo real e requerido.

Segundo Sargent (2010), há quatro abordagens para validação do modelo: (1) Validação pela própria equipe; (2) Validação pelo usuário do modelo; (3) Validação por uma terceira parte; e (4) Validação por modelo de pontuação.

A validação por um ou mais usuários do modelo, que será usada neste trabalho, é a decisão subjetiva de validade, baseada em experiências, tomada por um ou mais especialista

no domínio envolvido no processo de desenvolvimento. É usada quando a equipe é pequena e tem um ou mais especialistas participando no desenvolvimento.

2.7.2 Validação educacional

A validação educacional do jogo refere-se a avaliar os efeitos que o jogo provoca sobre os aprendizes, se ele estimula uma experiência de aprendizagem (aprendiz entendeu, pensou, sentiu e agiu) e determinar se o jogo serve para educar/treinar. Além disto, ela deve ser feita após o processo de validação representacional e comportamental do jogo sério. Ela também é dividida em interna e externa: a validade educacional interna é relacionada ao grau em que os aprendizes entendem o jogo e tomam decisões influenciadas nas formas intencionadas pelo **projeto do jogo** (ou não houve entendimento e são decisões aleatórias?); ao passo que, a validade educacional externa é relacionada ao grau em que a simulação representa um conjunto de habilidades que ajudarão os aprendizes a tomar decisões no **mundo real** (Feinstein e Cannon, 2002).

2.8 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados conceitos atinentes aos jogos sérios com propósitos de treinamento e avaliação de desempenho humano. A forma como o jogo sério é projetado, seus níveis, cenários, objetivos de treinamento, e também como as interações do aprendiz com a simulação serão capturadas e utilizadas para melhorar o desempenho humano são fatores importantes em sistemas que fornecem medição de desempenho com requisito de treinamento efetivo. Além disso, a análise de quais competências serão treinadas e do que será avaliado é essencial para diagnosticar não só o desempenho do aprendiz como também avaliar o próprio jogo sério desenvolvido. Como resultados, o sistema pode oferecer aos aprendizes comentários e correções referentes ao seu desempenho no treinamento; e aos desenvolvedores dos jogos sérios, indícios que podem ser utilizados para o aprimoramento dos cenários simulados.

Outros fatores que devem ser considerados na criação de sistemas de simulações distribuídas de treinamento são a interoperabilidade e a integração que possibilitam o reuso de simulações na modelagem ou extensão de cenários.

A seguir são apresentados processos e metodologias reportados na literatura para diferentes tipos de *design* de jogos e jogos sérios, de modelagem e simulação (simulação em larga escala, simulações distribuídas, etc.) e de TD&E (*design* instrucional e elaboração de treinamento), seguido das descrições de artefatos e produtos específicos utilizados em diferentes processos discutidos. Assim, será possível identificar as lacunas existentes entre as metodologias na literatura e os desafios da área de jogos sérios de treinamento e avaliação.

Capítulo 3

ESTADO DA ARTE EM METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS E SUAS ÁREAS RELACIONADAS

Neste capítulo são apresentadas as metodologias existentes relacionadas ao desenvolvimento de jogos sérios, jogos de entretenimento e educacionais, simulações, e elaboração de instruções e treinamentos. Elas são organizadas e avaliadas por áreas. São também descritos processos específicos para a criação de artefatos relacionados ao desenvolvimento de jogos sérios.

3.1 Considerações Iniciais

Não ter objetivos instrucionais/de treinamento é uma das barreiras para adoção de jogos sérios em ambientes corporativos ou educacionais (Donovan, 2012). Isto é um reflexo da deficiência da integração e do equilíbrio das áreas relacionadas durante o desenvolvimento de um produto novo (i.e., jogo sério), que tem características próprias além das semelhantes a outros produtos (jogo, simulação, treinamento, avaliação, *software*, etc.), conforme é apresentado no capítulo anterior (Engström et al., 2011) (referente a questão de pesquisa Q1).

As equipes de *design* instrucional que criam produtos educacionais geralmente contêm apenas *designers* instrucionais e especialistas no domínio, ao passo que as equipes desenvolvedoras de jogos nem sempre possuem *designers* instrucionais ou especialistas de

treinamento (Quinn, 2005; BNDES, 2014b). Entretanto, a solução não é apenas contratar estes profissionais para produzirem um jogo sério, é necessária sinergia e distribuição das tarefas entre as equipes (Moraes et al., 2012) (questão Q2). As soluções existentes seguem duas linhas: ou propõem o desenvolvimento em paralelo de *design* instrucional e de *design* do jogo (Kharrazi, Faiola, Defazio, 2009; Silva, 2010); ou integram estes *designs* em um mesmo processo, porém em atividades e artefatos distintos (Kirkley, Tomblin e Kirkley, 2005; Nadolski et al., 2008; Rodrigues, Machado e Valença, 2010; Savi, 2011; Zin, Jaafar e Yue, 2009). O que pode causar retrabalho ou atrasos devido a falta de comunicação.

Além de não haver uma integração efetiva entre as tarefas realizadas, os artefatos produzidos também não são integrados. Cada um desenvolve seus próprios produtos (questão Q3). Além disso, Eck (2007) argumenta que é necessário também desenvolver novos modelos que integrem os pontos fortes das áreas educacionais (com teorias de aprendizagem e desempenho humano, métodos de ensino, etc.) e de jogos; a partir de uma análise das vantagens e deficiências de cada área; além da inclusão de outras áreas, tais como, psicologia e a engenharia cognitiva. Nesse sentido, também é importante verificar que tipo de jogo pode ser usado para cada tipo de necessidade e alinhar os diferentes tipos e estratégias de jogos (simulação, ação, quebra cabeças, etc.) aos distintos tipos e objetivos de aprendizagem (por exemplo, habilidades motoras, habilidades intelectuais, atitudes, conhecimento, etc.) e de avaliação (questões Q5 e Q7). Este alinhamento, que deve ser realizado a partir da análise das necessidades de cada instituição e dos objetivos de aprendizagem, pode influenciar na escolha da metodologia de desenvolvimento.

Em relação à simulação, as metodologias não oferecem um desenvolvimento holístico e integrado durante todo o ciclo de vida de aplicações de M&S (Taylor et al., 2013). Muitas vezes são apenas utilizados processos de softwares tradicionais que criam uma aplicação fortemente acoplada com arquitetura, sem se preocupar com questões de reuso na criação de novas aplicações, e interoperabilidade e extensão das existentes (Oliveira, Crowcroft e Slater, 2000; 2003) (questão de pesquisa Q4). Além disso, é muito importante também realizar atividades de verificação e validação de todos os recursos criados ao longo do desenvolvimento, as quais muitas metodologias não abordam (questão Q6).

Uma revisão da literatura foi realizada para obter uma compreensão geral do estado da arte e das limitações das metodologias existentes. Foram pesquisados artigos nos principais motores de busca, em congressos e periódicos das áreas relacionadas; e livros e sites de referência que descrevem metodologias de desenvolvimento de jogos sérios e produtos relacionados; além de consultadas as referências citadas nesses trabalhos. A seguir são

apresentadas as metodologias de desenvolvimento em cada área: jogos de entretenimento; simulação; instrução e treinamento, que incluem avaliação; e jogos sérios em si, conforme é apresentado na Figura 3.1.

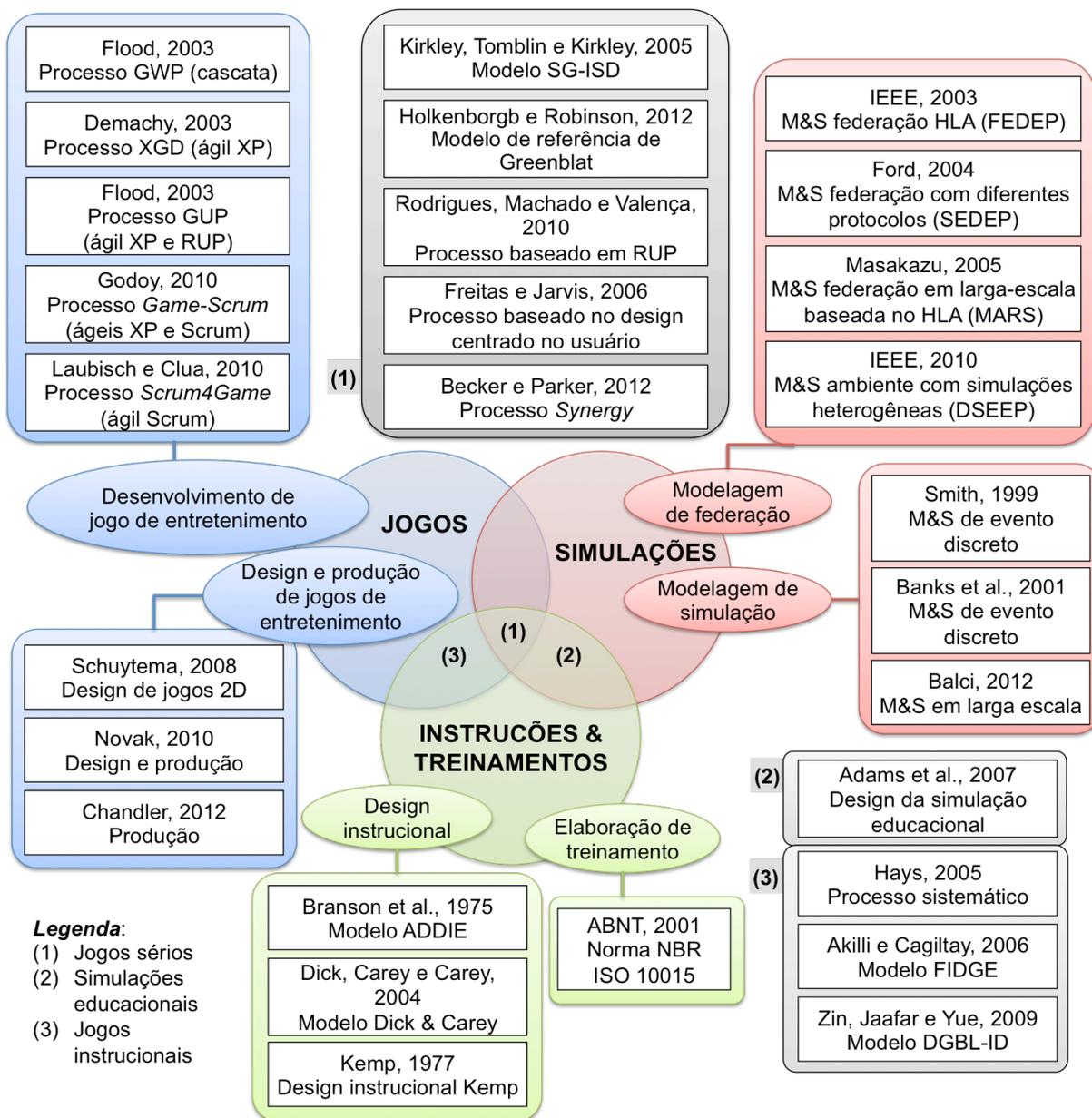


Figura 3.1 – Visão geral das metodologias existentes nas áreas relacionadas a jogos sérios.

Elas são resumidas e avaliadas, em grupos conforme tópico, nos seguintes itens: autor e proposta, área de aplicação, *design* do jogo, modelagem da simulação (dividida em distribuída, lógica e física), verificação e validação, planejamento do aprendizado e seu conteúdo, planejamento do programa de treinamento e das competências treinadas, avaliação do desempenho do aprendiz e avaliação do artefato criado (jogo, simulação, treinamento).

3.2 Metodologias para Desenvolvimento de Jogos de Entretenimento

Várias metodologias são apresentadas na literatura para desenvolvimento de jogos. Elas variam de adaptações dos modelos de processos tradicionais de engenharia de software até soluções utilizadas pelas indústrias de jogos, conforme descritos a seguir. Como soluções para o desenvolvimento de jogos de entretenimento, suas limitações no desenvolvimento de jogos sérios incluem a não abrangência de modelagem da simulação; *design* da instrução/treinamento; e planejamento da avaliação do desempenho do aprendiz.

3.2.1 Metodologias para desenvolvimento de jogos

O desenvolvimento de um jogo apresenta diferenças significativas da criação de um software tradicional: há uma equipe multidisciplinar, tem menos manutenções e correções após seu lançamento; possui perfil de usuário final diferente e mais exigente (Laubisch e Clua, 2010). Por isso adaptações são realizadas nos processos tradicionais da engenharia de software. A seguir são descritas adaptações das metodologias: em cascata (GWP), ágil XP (XGD), ágil XP e processo unificado RUP (GUP), ágeis XP e Scrum (*Game-Scrum*), e ágil Scrum (*Scrum4Game*).

O processo GWP (*Game Waterfall Process*) é uma adaptação do desenvolvimento em cascata para criação de jogos, qual mantém a lógica sequencial apenas alterando os nomes de suas fases (Flood, 2003). As principais fases são: (1) *Concepção/Especificação*: documentação conceitual do jogo (público-alvo, plataforma, prazo de desenvolvimento, características do jogo, desafios de alto nível técnico e artísticos); (2) *Design*: documentação do game *design* e do *design* técnico; (4) Codificação: implementação do código fonte, arte e som; (3) *Teste e Avaliação da Qualidade*: descrição de plano de testes, realização de testes (sistema, jogo, alfa e beta) e documentação *postmortem* (relatório detalhado sobre a avaliação do projeto); e (5) *Versão final e suporte*: lançamento e manutenção do jogo. Entretanto, esta é uma metodologia linear e assim inflexível, ausente de colaboração e *feedback*.

O processo de desenvolvimento de jogos XGD (*Extreme Game Development*) é baseado na metodologia ágil XP (*Extreme Programming*) e em seus princípios de comunicação, simplicidade, *feedback*, coragem e respeito (Demachy, 2003). O ciclo do projeto XGD envolve cinco fases: (1) *Exploração* do escopo do jogo; (2) *Planejamento*; (3) *Planejamento da Iteração*; (4) *Iteração*; (5) *Testes* de aceitação; (6) *Publicação* da nova

versão ou jogo final. Apesar da metodologia ser iterativa e adaptativa, ela não tem um apoio eficiente para a documentação nem para a integração de equipes multidisciplinares.

O processo GUP (*Game Unified Process*) integra o processo unificado RUP (*Rational Unified Process*) e a metodologia ágil XP para o desenvolvimento iterativo de jogos, utilizando casos de uso e documentação básica necessária para a sua descrição (Flood, 2003). O processo RUP é composto de seis disciplinas: (1) *Modelagem* de negócios; (2) *Requisitos*; (3) *Análise e Projeto*; (4) *Implementação*; (5) *Testes*; e (6) *Implantação*. O processo GUP adapta-as para o desenvolvimento de jogos com a realização de testes ao longo do processo. Uma limitação é a falta de detalhamento sobre a metodologia e seu uso.

O processo *Game-Scrum* (Godoy, 2010) é uma adaptação da metodologia ágil Scrum e XP para o desenvolvimento de jogos. Ela é composta de três fases: (1) *Pré-produção*: definição dos objetivos, *brainstorming*, prototipação e o criação do documento de *game design*; (2) *Produção*: desenvolvimento do jogo e definição dos seus requisitos; e (3) *Pós-produção*: descrição do documento de *postmortem*. Em relação às características do projeto Scrum, ela possui três papéis (equipe de desenvolvimento; *product owner*: monitora projeto e fornece *feedback*, *scrum master*: monitora equipe e *product owner*); três artefatos (*product backlog*: requisitos de *software*; *sprint backlog*: lista de tarefas da *sprint*; e *burndown*: gráfico da produção); e cinco cerimônias (*sprint*: representa o tempo para executar as atividades; *sprint planning*: define “o quê” e “como”; *sprint review*: revisão do que foi feito; *daily meeting*: reunião diária; *sprint retrospective*: revisão e melhoria do processo e pessoas). Como limitações estão a pouca documentação do jogo que o Scrum descreve, e a falta de avaliação e validação da metodologia, que foi usada apenas para o desenvolvimento rápido de um *minigame* (similar a um *quiz*).

A metodologia *Scrum4Game* descreve o uso da metodologia ágil Scrum para o desenvolvimento de jogos (Laubisch e Clua, 2010). São descritas adaptações nas equipes (necessidade de uma equipe de desenvolvimento e uma de *design* do jogo) e nos artefatos (necessidade de uso de uma ferramenta de edição de testes colaborativa para a documentação), porém não são citadas as adaptações nas fases de desenvolvimento. A falta de documentações para a descrição da mecânica de jogabilidade e mensagens do jogo é uma limitação desta metodologia.

As limitações das metodologias acima incluem também a falta de detalhamento das fases e dos artefatos produzidos; a não descrição ou abrangência da modelagem de simulação; e a não inclusão de objetivos de treinamento e avaliação do desempenho humano como requisitos essenciais do desenvolvimento. O Quadro 3.1 apresenta uma comparação delas.

Quadro 3.1 – Comparação das metodologias para desenvolvimento de jogos adaptadas dos modelos de processos de engenharia de software.

Proposta		Processo GWP (cascata)	Processo XGD (XP)	Processo GUP (XP e RUP)	Processo Game-Scrum (XP e Scrum)	Processo Scrum4Games (Scrum)
Autor		Flood, 2003	Demachy, 2003	Flood, 2003	Godoy, 2010	Laubisch e Clua, 2010
Aplicação		NE	NE	NE	Minigame (quiz)	NE
Jogo		Doc. de <i>game design</i> e de <i>design</i> técnico	Metod. ágil sem doc.	Casos de uso e doc. básica	Doc. de <i>game design</i>	Doc. de <i>design</i>
Simulação	Distribuída	NE	NE	NE	NE	NE
	Lógica	NE	NE	NE	NE	NE
	Física	Arte e som	NE	NE	2D	NE
V&V		Apenas na fase de testes	Realização de testes de aceitação	Realização de testes durante todo o processo	Revisão do que foi feito, de processos e pessoas	Revisão do que foi feito, de processos e pessoas
Aprendizado e conteúdo		NA	NA	NA	NA	NA
Treinamento de competências		NA	NA	NA	NA	NA
Avaliação	Desempenho do Aprendiz	NA	NA	NA	NA	NA
	Jogo	Fase de testes	Avaliação nas iterações (<i>feedback</i>)	NE	<i>Postmortem</i>	Revisão do <i>Sprint</i>
Limitações		Linear e inflexível	Não há apoio para doc.	Falta detalhamento da metod.	Avaliação e validação da metodologia	Falta doc. da mecânica de jogabilidade e das mensagens do jogo
Limitações comuns		<ul style="list-style-type: none"> • Não especificam a modelagem e simulação, apenas duas metodologias descrevem brevemente a necessidade do <i>design</i> da arte do jogo, referente a simulação física, mas sem abordar a modelagem 3D. • As atividades referentes às V&Vs são atividades de teste e de revisão. • Não abordam os planejamentos do aprendizado e seu conteúdo, do programa de treinamento e das competências treinadas, e a avaliação do desempenho do aprendiz. • A avaliação do jogo em duas metodologias é feita com o <i>postmortem</i>, que é uma análise crítica sobre o projeto e processo do desenvolvimento. Entretanto, pode ser que os erros do jogo não sejam corrigidos no projeto atual. Nas duas outras metodologias a avaliação é ao longo do processo (a cada interação ou <i>Sprint</i>). 				

Legenda: NA: Não Abordado
NE: Não Especificado

Doc.: documentação
Metod.: metodologia

3.2.2 Metodologias para *design* e produção usadas na indústria de jogos

As metodologias de desenvolvimento de jogos de entretenimento utilizadas por produtoras e academias, descritas nos livro-texto, focam uma perspectiva de *design* e produção do jogo. A seguir são apresentadas as metodologias: de *design* teórico e prático no desenvolvimento de jogos 2D (Schuytema), de *design* e produção de conteúdos (Novak); e de aspectos práticos de produção (Chandler).

A primeira metodologia foca o desenvolvimento na perspectiva de *design*, com três fases em cascata (Schuytema, 2008): (1) *Pré-Produção*: descrição do conceito do jogo, *brainstorming* (ideias geradas a partir da técnica de dinâmica em grupo) e documento de *design*; (2) *Produção*: construção do jogo e programação do código-fonte; e (3) *Pós-produção*: inclusão de recursos e avaliação da receptividade. O *design* inclui o contexto, a narrativa, os níveis, os objetos do jogo, os conflitos e soluções, a inteligência do jogo, além de seu fluxo (controles e interfaces). Como essa metodologia foca o *design*, consequentemente, ela envolve apenas *designers*. Também não contempla os processos de M&S, tampouco os de treinamento.

A segunda metodologia é composta de oito fases sequenciais Novak (2010): (1) *Modelo*: descrição da ideia do jogo, público alvo, recursos, objetivo, finalidade e condições de vitória; (2) *Pré-produção*: planejamento da ilustração e do projeto, descrições dos documentos de *design* e técnico de *design*; (3) *Protótipo*: criação de telas que capturam a essência do jogo para testes da mecânica e da sua diversão; (4) *Produção*: desenvolvimento; (5) *Alfa*: testes do começo ao fim; (6) *Beta*: correção de defeitos e conclusão do desenvolvimento; (7) *Ouro*: fabricação da mídia física; (8) *Pós-produção*: lançamento de versões com correção ou inclusão de conteúdo. Além deste desenvolvimento em cascata, é apresentado também uma metodologia iterativa com três fases: (1) *Design*: que envolve planejamento e pré-produção; (2) *Protótipo*; e (3) *Avaliação*. Novak (2010) também descreve conceitos sobre a criação e produção de conteúdos envolventes para o enredo do jogo, que inclui narrativas, personagens, jogabilidade, níveis e mundo, interfaces de controle e áudio.

A terceira metodologia é uma estrutura básica sequencial do processo geral de produção de jogos, a partir do ponto de vista do produtor, compostas de quatro fases (Chandler, 2012): (1) *Pré-produção*: descrição do conceito, requisitos do jogo (de arte, *design* e engenharia), planejamento do projeto e avaliação de risco; (2) *Produção*: implementação do plano, rastreamento do projeto e avaliação de risco; (3) *Testes*: validação do plano e liberação do código; e (4) *Finalização*: aprendizado com a experiência, e plano de arquivamento. É

descrita uma lista de verificação das atividades para cada fase. Em jogos maiores e com riscos altos, o processo deve ser incremental: execução das quatro fases para a criação do primeiro protótipo jogável, seguido da execução novamente de todas as fases para produção do segundo protótipo jogável, e assim por diante até a versão final. Como limitação, ela aborda apenas a viabilização da produção do jogo.

De maneira geral, as metodologias descritas acima são genéricas para o desenvolvimento de jogos e não especificam os processos, atividades e requisitos para o contexto-alvo, conforme apresentado na próxima subseção.

3.2.3 Limitações das metodologias de desenvolvimento de jogos de entretenimento para atender os requisitos de jogos sérios

As metodologias de desenvolvimento de jogos de entretenimento apresentadas descrevem fundamentações e requisitos necessários na criação de jogos e, basicamente, o ciclo de vida é dividido em três grandes: pré-produção; produção e pós-produção. De maneira geral, elas não contemplam as características dos jogos sérios segundo as perspectivas das áreas atinentes à simulação, aprendizagem, treinamento, e avaliação, conforme apresentado no Quadro 3.2. Assim, elas podem ser utilizadas para a análise e projeto dos requisitos de jogos, porém, necessitam ser combinadas e equilibradas com outras metodologias para atingir os objetivos de treinamento, avaliação e simulação.

Quadro 3.2 – Comparação das metodologias usadas na indústria de jogos.

Proposta		<i>Design de jogos 2D</i>	<i>Design e produção</i>	Produção
Autor		Schuytema, 2008	Novak, 2010	Chandler, 2012
Aplicação		Design de jogos 2D	Design e produção de jogos	Produção de jogos
Jogo		Doc. escopo, doc. <i>design do game</i> , doc. <i>design técnico</i> , doc. especificação funcional, doc. <i>design de ferramentas</i> , lista de recursos, lista de metas	Doc. conceito, proposta do <i>game</i> , doc. <i>design do game</i> , doc. técnico de <i>design</i> , guia de estilo da arte, plano do projeto, plano de testes	Doc. <i>design</i> , doc. arte, doc. técnica, plano de testes
Simulação	Distribuída	NA	NE	NA
	Lógica	Script (Lua + LuaGlue)	NE	NA
	Física	2D	2D/3D	NA
V&V		NA	Fases de teste (alfa e beta)	Testes em cada ciclo de produção

Proposta		Design de jogos 2D	Design e produção	Produção
Aprendizado e conteúdo		NA	NA	NA
Treinamento de competências		NA	NA	NA
Avaliação	Desempenho do Aprendiz	NA	NA	NA
	Jogo	Apenas avaliação da receptividade na pós-produção	Fases de teste	<i>Postmortem</i>
Limitações		Envolve apenas <i>designers</i>	Não especifica a lógica do jogo, nem multiusuário	Aborda apenas a viabilização da produção do jogo
Limitações comuns		<ul style="list-style-type: none"> • Não especificam a modelagem e simulação: apenas uma metodologia descreve a lógica da simulação com interface gráfica 2D, e outra aborda 2D/3D sem especificar a lógica ou detalhes de jogos multiusuários. • As atividades referentes às V&Vs são apenas atividades de teste. • Não abordam os planejamentos do aprendizado e seu conteúdo, do programa de treinamento e das competências treinadas, e a avaliação do desempenho do aprendiz. 		

Legenda: NA: Não Abordado

Doc.: documentação

NE: Não Especificado

LuaGlue: funções personalizadas na linguagem Lua

As metodologias de M&S são descritas na próxima seção.

3.3 Modelagem e Simulação

Há inúmeras abordagens para M&S e para cada uma delas há um diferente *design* e desenvolvimento da aplicação (Balci, Arthur e Ormsby, 2002). Geralmente, os sistemas discretos e os baseados em jogos são representados por modelos lógicos. A seguir são apresentadas as metodologias de M&S: em larga escala (criada por Balci); de eventos discretos (as propostas por Smith e Banks) e de simulações distribuídas - federações (FEDEP, SEDEP, MARS, DSEEP).

3.3.1 Metodologia de desenvolvimento de simulações

Uma metodologia de criação de simulação de evento discreto foi descrita por Smith (1999), que é dividida em 10 atividades: (1) *Definir espaço do problema*: definição do problema, objetivos, requisitos do projeto, e precisão dos resultados; (2) *Definir modelo conceitual*: criação do modelo conceitual; (3) *Coletar dados de entrada*: coleta de parâmetros de entrada usados para executar e definir o modelo; (4) *Implementar*: programação da

matemática e lógica do sistema real; (4) *Verificar e Validar*; (5) *Projetar*: identificação dos métodos mais produtivos e precisos para executar a simulação e gerar a resposta desejada; (6) *Executar a simulação e gerar dados*; (7) *Coletar dados de saída*: coleta, organização e armazenamento dos dados de saída; (8) *Analisar dados*: análise dos dados usando tabela, gráfico, mapa, animação e texto; (9) *Documentar resultados*: documentação e divulgação aos interessados sobre os resultados; (10) *Expandir o modelo*: reuso do modelo em outros projetos ou inclusão de novos requisitos para a simulação. Entretanto, ela é focada apenas na modelagem de evento discreto e não aborda aprendizado, treinamento e avaliação.

Um roteiro foi criado por Banks et al. (2001) para modelagem de evento discreto, dividido em onze atividades: (1) *Formular problema*; (2) *Definir objetivos*; (3) *Criar modelo conceitual*; (4) *Coletar dados*; (5) *Construir modelo*; (6) *Verificar*; (7) *Validar*; (8) *Experimentar*; (9) *Executar e analisar*; (10) *Documentar e reportar resultados*; e (11) *Implementar*. Assim como a metodologia descrita por Smith, ela é específica para eventos discretos e não contempla aprendizado, treinamento e avaliação.

Balci (2012) propôs um ciclo de vida para aplicações de M&S em larga escala, que inclui processos de Gerenciamento de Configuração; de Risco; e de Projeto; Medição e Análise; Qualidade; Planejamento; Monitoramento e Controle do Projeto; e Treinamento Organizacional, além das 13 principais fases: (1) *Definir espaço do problema*: definição do domínio e especificação do problema; (2) *Analisar os requisitos*: análise e documentação da especificação de requisitos; (3) *Definir modelo conceitual*: representação e abstração em alto nível; (4) *Definir arquitetura*: especificação a arquitetura centrada em rede; (5) *Projetar*: instanciação de um projeto a partir da especificação da arquitetura; (6) *Construir modelo de software*: programação usando um produto de *software* de simulação ou uma linguagem de programação; (7) *Integrar submodelos*; (8) *Executar a simulação*; (9) *Documentar resultados*: interpretação, documentação e comunicação dos resultados; (10) *Verificar, validar e acreditar a simulação*; (11) *Certificar*: certificação do modelo de simulação; (12) *Armazenar*: os modelos, submodelos, documentações e dados em um repositório; e (13) *Reusar*: reuso dos modelos ou submodelos do repositório. Este ciclo de vida organiza os processos e produtos, e fornece diretrizes para as pessoas envolvidas. Entretanto, ele não especifica artefatos nem processos para criar e integrar os elementos de jogos 3D em simulações para treinamentos, tais como, interface e representação 3D/2D do cenário, interatividade, imersão, processo de avaliação e *feedback* para o aprendiz.

De uma maneira geral, as metodologias para desenvolvimento de M&S, apresentadas no Quadro 3.3, buscam atender os requisitos de fidelidades física e funcional da simulação,

dada as necessidades do mundo real. Para isto, cinco principais fases estão presentes no processo de desenvolvimento: definir problema e objetivo; descrever modelo conceitual; implementar, executar a simulação; verificar e validar; e analisar os dados. Como a ênfase é no modelo de simulação, então a limitação de seu uso no desenvolvimento de jogos sérios é que não há o *design* do jogo, e a inclusão dos requisitos instrucionais e de avaliação.

Quadro 3.3 – Comparação das metodologias de desenvolvimento de simulações.

Proposta		M&S de evento discreto	M&S de evento discreto	M&S em larga escala
Autor		Smith, 1999	Banks et al., 2001	Balci, 2012
Aplicação		Evento discreto	Evento discreto	Larga escala
Jogo		NA	NA	NA
Simulação	Distribuída	NE	NE	Cliente-servidor, HLA, SOA
	Lógica	Evento discreto	Evento discreto	DEVS, Monte Carlo, sistema contínuo, sistema dinâmico, inteligência artificial, agentes
	Física	NE	NE	NE
V&V		Apenas uma fase que verifica o modelo de software e valida o modelo conceitual	Uma fase de verificação e outra de validação até que o modelo seja construído	V&V a cada fase
Aprendizado e conteúdo		NA	NA	NA
Treinamento de competências		NA	NA	NA
Avaliação	Desempenho do Aprendiz	NA	NA	NA
	Simulação	Fase de análise dos dados	Fase de execução e análise	<i>Garantia de qualidade</i> a cada fase e <i>Certificação</i> do modelo de simulação
Limitações		Focada apenas em evento discreto	Focada apenas em evento discreto	Não especifica ou demonstra o uso de uma simulação completa (com lógica e arquitetura distribuída)
Limitações comuns		<ul style="list-style-type: none"> • Não abordam o <i>design</i> do jogo. • Duas são focadas apenas em simulação de evento discreto, sem especificar uma arquitetura distribuída. Nenhuma especifica a modelagem física. • As atividades referentes às V&Vs são atividades de teste. Elas também não abordam os planejamentos do aprendizado e seu conteúdo, do programa de treinamento e das competências treinadas, e a avaliação do desempenho do aprendiz. 		

Legenda: NA: Não Abordado

NE: Não Especificado

SOA (*Service-Oriented Architecture*): Arquitetura Orientada a Serviço

3.3.2 Metodologias de desenvolvimento de federações

Os sistemas de simulações distribuídas normalmente utilizam um protocolo de comunicação para interoperabilidade com simulações e aplicações distribuídas. Para criá-las, são necessários, principalmente: (I) especificar as informações destas trocas de dados e serviços; e (II) integrar e testar a interoperabilidade entre as simulações. Para isto, metodologias distintas foram criadas com o objetivo de interoperar simulações usando protocolos específicos e outras para padronizar e interoperar estes diferentes protocolos.

O processo FEDEP (*Federation Development and Execution Process*), criado pelo departamento de defesa americano (*Department of Defense - DoD*), é composto de práticas recomendadas para desenvolver e executar federações HLA (IEEE, 2003). Este processo é composto de sete fases: (1) *Definir objetivos da federação*: definir um conjunto de objetivos e o que deve ser realizado para atingi-los; (2) *Analisar*: projetar representação conceitual do domínio do mundo real baseada nas características do espaço do problema; (3) *Projetar*: elaborar um plano de desenvolvimento e implementação da federação contendo reuso, modificação e/ou criação de federados; (4) *Desenvolver*: criar modelo de objeto da federação (*Federation Object Model - FOM*), acordos dos federados, e os federados (novos e/ou alterações); (5) *Planejar, integrar e testar*: integração da federação e garantia da interoperabilidade entre federados; (6) *Executar*: execução da federação e preparação das saídas; (7) *Analisar dados e avaliar resultados*: incluindo o fornecimento de relatórios para os usuários e comandante. No entanto, não apresenta processos de *design* de interface e interação, nem especifica como um treinamento deve ser desenvolvido ou avaliado.

O processo SEDEP (*Synthetic Environments Development & Exploitation Process*) é um ciclo de vida baseado no FEDEP criado pela iniciativa europeia *Euclid* RTP 11.13 (Ford, 2004). No entanto, diferentemente do FEDEP, ele possibilita a interoperabilidade com diferentes protocolos, tais como, DIS e TENA. Ele é composto de oito fases: (1) *Analisar* as necessidades do usuário (visão de alto nível); (2) *Definir* os *requisitos* dos usuários da federação (visão operacional); (3) *Definir* os *requisitos* do sistema da federação (visão técnica); (4) *Projetar* federação e seus componentes; (5) *Implementar* federação e seus componentes; (6) *Integrar e testar* a federação; (7) *Operar* federação; e (8) *Avaliar* resultados. Entretanto, não há uma padronização da nomenclatura. Além disto, não são oferecidos apoios para a modelagem dos requisitos de jogos, e nem de treinamento e avaliação.

O framework MARS (*Mitsubishi Architecture Framework Required for Modeling and*

Simulation Systems) especifica um processo de desenvolvimento e execução baseado no FEDEP para criar federações HLA (Masakazu, 2005). Este processo MARS é usado para criar simulações em grande escala, tais como sistemas de prevenção de desastres nacional ou sistemas de defesa (2005). O propósito do MARS é oferecer aos usuários um ambiente para experimentos virtuais e ferramentas de apoio à simulação, que mostra os eventos que causaram seu resultado, como por exemplo, em uma colisão de veículos na qual é investigada como ela aconteceu. Este processo é composto de cinco fases: (1) *Efetuar análise conceitual*: projeto da visão geral do cenário, definição dos critérios de avaliação e derivação dos modelos conceituais; (2) *Desenvolver federação*: implementação da federação, FOM e instâncias do cenário baseando-se no modelo conceitual; (3) *Executar*: realização da simulação e preparação das saídas; (4) *Analisar dados e estimar resultados*: análise e avaliação dos resultados utilizando ferramentas do MARS; e (5) *Validar e aceitar*. A desvantagem do MARS é que não há suporte para execução de simulação em ambiente virtual 3D, nem a possibilidade de treinamento e avaliação do aprendiz.

O processo DSEEP (*Distributed Simulation Engineering and Execution Process*) é composto por práticas recomendadas para desenvolver e executar simulações heterogêneas, i.e., com diferentes arquiteturas de simulação distribuídas, tais como, HLA, DIS e TENA (IEEE, 2010). Ele é uma revisão do FEDEP, realizado pela organização SISO (*Simulation Interoperability Standards Organization*), que cria uma terminologia padronizada com seus mapeamentos e sobreposições normativas para HLA, DIS e TENA. É composto de seis fases (1) *Analisar*: análise conceitual; (2) *Projetar*: planejamento do ambiente de simulação e suas aplicações membros; (3) *Desenvolver*: criação do modelo de troca de dados e estabelecimento dos acordos do ambiente de simulação; (4) *Integrar e testar*: integração e teste do ambiente de simulação; (5) *Executar*: execução da simulação; e (6) *Analisar dados e avaliar resultados*: análise de dados e avaliação dos resultados para fornecer *feedback*. Conforme as outras metodologias, ele não abrange jogo, treinamento ou avaliação, nem aborda modelagem física ou comportamental.

As metodologias de desenvolvimento de simulações distribuídas vêm evoluindo na integração e padronização de diferentes protocolos de comunicação. Entretanto, elas são específicas para desenvolver o modelo distribuído de execução, não abrangendo nem o desenvolvimento do modelo lógico, nem a inclusão de elementos de jogos, treinamentos e avaliações do desempenho humano, conforme apresentado no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Comparação das metodologias de desenvolvimento de federações.

Proposta		FEDEP	SEDEP	MARS	DSEEP
Autor		IEEE, 2003	Ford, 2004	Masakazu, 2005	IEEE, 2010
Aplicação		Simulações distribuídas	Ambientes sintéticos distribuídos	Simulações em grande escala (prevenção de desastres nacional ou defesa)	Simulações heterogêneas distribuídas
Jogo		NA	NA	NA	NA
Simulação	Distribuída	HLA	HLA, pode ser adaptado para DIS	HLA	HLA, DIS, TENA
	Lógica	NA	NA	NA	NA
	Física	NE	NE	2D	NE
V&V		Durante a fase de Integração e Testes*	Durante a fase de Integração e Testes	Uma fase (final) de validação e aceitação	Durante a fase de Integração e Testes
Aprendizado e conteúdo		NA	NA	NA	NA
Treinamento de competências		NA	NA	NA	NA
Avaliação	Desempenho do Aprendiz	NA	NA	NA	NA
	Federação	Fase de análise e avaliação dos resultados	Durante fase de avaliação de desempenho	Fase de análise e avaliação dos resultados	Fase de análise e avaliação dos resultados
Limitações		Apenas HLA	Não há uma padronização da nomenclatura	Apenas HLA e não oferece ambiente 3D	É um framework em alto nível sem muito detalhes sobre os processos
Limitações comuns		<ul style="list-style-type: none"> • Não abordam <i>design</i> do jogo e modelagem lógica, bem como a maioria não específica a modelagem física. A atividade de V&V ocorre apenas em uma fase e não ao longo do processo (exceto quando utilizado o documento de práticas recomendadas de V&V (IEEE, 2007) durante o processo FEDEP). • Não abordam os planejamentos do aprendizado e seu conteúdo, do programa de treinamento e das competências treinadas, e a avaliação do desempenho do aprendiz. 			

* Há um processo de VV&A (IEEE, 2007) que sobrepõe o processo FEDEP com atividades de VV&A durante todo o ciclo de vida.

Legenda: NA: Não Abordado

NE: Não Especificado

3.3.3 Limitações e novos requisitos para as metodologias de M&S

Nas subseções acima foram descritas sete metodologias de M&S com diferentes propósitos, porém específicas, necessitando ser integradas a outras metodologias para atender os requisitos referentes ao jogo, treinamento e avaliação do desempenho humano. Segundo Taylor et al. (2013), um desafio das atuais metodologias de M&S, é entender como elas são

usadas em cada fase do ciclo de vida de engenharia de sistemas, e quais tipos de modelos e simulações são mais efetivos em cada fase.

Ainda em Taylor et al (2013), vários requisitos são identificados para uma nova metodologia de M&S, dentre os quais: (1) estruturação baseada em um ciclo de vida compreensivo e efetivo (com um framework para organização dos processos, dos produtos, das atividades que garantam qualidade, e das atividades de gerenciamento de projeto necessárias para desenvolver, (re)usar, e manter uma aplicação de M&S desde o início até o fim; (2) visão holística e integrada aplicável para diferentes sistemas de M&S; (3) suporte para o desenvolvimento de aplicações de M&S em rede; (4) apoio para o reuso e o desenvolvimento baseado em componentes; (5) suporte para a verificação, validação e garantia de qualidade em todo o ciclo de vida; (6) suporte para a integração com *hardware* e *software* da vida real; (7) apoio para a tomada de decisão em tempo real; além de (8) suporte para o desenvolvimento de aplicações de M&S para análise e para treinamento.

3.4 Modelos de Criação de Instrução e Treinamento

O *design* instrucional é um processo de planejamento educacional que especifica estratégias e métodos de produção de conteúdos utilizados em procedimentos instrucionais (tais como, módulos instrucionais, mídias audiovisuais, impressos). Por outro lado, a elaboração de programas de treinamento visa a produção de um programa de capacitação e/ou a melhoria do desempenho de uma função ou cargo específico. Ambos os modelos de desenvolvimento de instrução e de treinamento podem ser úteis em partes da construção de jogos sérios e simulações, devido a serem áreas bem estabelecidas (Byers, 2010).

3.4.1 Modelos de *design* de sistema instrucional

Há vários modelos de *design* de sistema instrucional (*Instructional System Design* - ISD). Entretanto, os mais utilizados e conhecidos são os modelos (Piskurich, 2006): ADDIE, de Dick e Carey e de Kemp, apresentados a seguir.

O modelo de processo ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implement, Evaluation*) (Branson et al., 1975), criado pelo exército Americano, é o modelo de ISD mais utilizado pelas empresas de *design* instrucional para a criação de materiais didáticos

presenciais ou desenvolvimento de módulos de *e-learning* (Byers, 2010; Piskurich, 2006). Ele é um modelo genérico e linear que engloba cinco componentes: (1) *Análise*: especificação dos problemas e dos objetivos instrucionais; e identificação do ambiente de aprendizagem e do conhecimento e das habilidades prévias; (2) *Projeto*: descrição dos objetivos instrucionais; seleção das estratégias de ensino; e criação dos itens de avaliação; (3) *Desenvolvimento*: programação e criação da instrução; (4) *Implementação*: implantação e execução da instrução; e (5) *Avaliação*: avaliação dividida em duas partes: formativa, que ocorre durante o projeto e desenvolvimento, e visa fornecer *feedback* para possíveis mudanças; e somativa, que ocorre no final, e visa avaliar a utilidade da instrução (Clark, 2013). Além disto, ADDIE é a base para a maioria dos modelos instrucionais por não ser específico e apenas oferecer uma descrição geral do processo (Byers, 2010). Entretanto, ele não oferece apoio para a criação dos elementos de jogos e para a modelagem da simulação.

O modelo Dick & Carey (Dick, Carey e Carey, 2004), criado em 1978, aborda a instrução como um sistema completo, com foco na inter-relação entre contexto, conteúdo, aprendizagem e instrução. Ele contém 10 componentes: (1) *Identificar objetivos instrucionais*: descrição dos conhecimentos, habilidades e atitudes que o aprendiz vai ter que adquirir; (2) *Analisar instrução*: identificação do que o aprendiz deve recordar e ser capaz de fazer para realizar determinada tarefa; (3) *Analisar pré-requisitos e características*: identificação do público-alvo, das características das competências a ser aprendidas; e análise das configurações de desempenho e aprendizagem; (4) *Escrever os objetivos de desempenho*: descrição do comportamento, condições e critérios; (5) *Desenvolver instrumentos de avaliação*: construir os instrumentos com as finalidades de teste de comportamento, pré-teste, pós-teste, problemas práticos; (6) *Desenvolver estratégia instrucional*: construir estratégia contendo atividades pré-instrucionais, apresentação de conteúdo, participação do aluno, avaliação; (7) *Desenvolver e selecionar materiais educacionais*; (8) *Projetar e conduzir avaliação formativa*: realização de avaliações para identificar as áreas dos materiais instrucionais que precisam ser melhoradas; (9) *Rever instrução*: identificação dos itens de teste e instrução deficientes; e (10) *Projetar e conduzir avaliação somativa*: avaliação da eficiência instrucional do conteúdo produzido. Neste modelo, os componentes são executados iterativamente e em paralelo, em vez de modo linear. Entretanto, como seu foco é na instrução, ele não abrange requisitos de jogos nem de simulações.

O método de *design* instrucional Kemp (Kemp, 1977) é um modelo sistêmico e não linear que define nove componentes diferentes e adota um modelo de implementação e avaliação contínua. Estes nove componentes são: (1) *Identificar problemas*: identificação dos

problemas de instrução e especificação das metas para a concepção de um programa de instrução; (2) *Identificar características*: análise das características dos aprendizes; (3) *Analisar tarefa*: identificação do conteúdo e análise dos componentes de tarefas relacionadas com as metas estabelecidas; (4) *Definir objetivos instrucionais*; (5) *Definir sequência*: descrever sequência lógica do conteúdo dentro de cada unidade de ensino; (6) *Projetar estratégias de ensino*; (7) *Planejar mensagem*: planejamento da mensagem e entrega da instrução; (8) *Desenvolver instrumentos de avaliação*; e (9) *Selecionar recursos*: seleção de recursos para apoiar as atividades de instrução e de aprendizagem. Este modelo fornece uma visão ampla, na qual o processo de *design* e desenvolvimento é um ciclo contínuo que requer constante planejamento, projeto, desenvolvimento e avaliação para garantir uma instrução efetiva. As avaliações podem ser formativa, somativa, e confirmativa (acompanhamento depois que os aprendizes saem do programa). O modelo é útil para o desenvolvimento de programas de ensino que combinam tecnologia, pedagogia e conteúdo. Como limitação está o não detalhamento dos requisitos de jogos e simulações dado que ele não é específico para a finalidade desta integração.

Apesar destes modelos tratarem com sucesso o planejamento de conteúdos educacionais e avaliações, eles apenas podem servir de base para a construção de jogos sérios, pois não abrangem o *design* do jogo e a modelagem da simulação.

3.4.2 Modelo de desenvolvimento de treinamento

A norma NBR ISO 10015/2001 define um processo de treinamento em cinco etapas que pode auxiliar uma organização a melhorar suas capacidades e alcançar a eficácia do treinamento: (1) *Definir*: definição das necessidades de treinamento; (2) *Projetar e planejar* o treinamento; (3) *Executar* treinamento; (4) *Avaliar*: avaliação dos resultados do treinamento; e (5) *Monitorar*: monitoração e validação do processo de treinamento; (ABNT, 2001; Campos e Guimarães, 2008). A monitoração é o processo de gerenciamento e implementação eficaz do processo de treinamento, visando melhoria contínua (Campos e Guimarães, 2008). Esta norma é muito útil na criação do treinamento, porém ela não abrange a produção dos métodos de treinamento em si, tais como, cursos, seminários, etc., que neste caso devem ser planejados e fornecidos por outras empresas. Também não há referência sobre a criação de elementos dos jogos sérios, tais como, interface de interação e controle, mundo virtual e todos os outros requisitos de jogos e simulações.

3.4.3 Discussão sobre as limitações das metodologias de desenvolvimento de instrução e treinamento

Os modelos de *design* instrucional e de treinamento podem ser utilizados como base para a construção dos conteúdos instrucionais de jogos sérios, porém é necessário atentar para as diferenças significativas que podem existir entre materiais educacionais e jogos sérios (tais como, linearidade; conteúdos estruturados e lógicos para auxiliar o instrutor; ênfase no processo em vez de focar o aprendizado e aprendizes (Gordon e Zemke, 2000)). Dessa forma, as metodologias necessitam ser adaptadas para as características dos jogos (não linearidade, desafio, imersão, motivação, aprendizagem experiencial), além de ser estendidas para abranger todos requisitos de jogos e simulação (tais como, planejamento e criação das interfaces de interação e controle, modelagem e implementação da simulação). Assim, estes modelos podem ser utilizados apenas para a análise e projeto dos requisitos de aprendizagem, treinamento e avaliação. Entretanto, é importante combinar e equilibrar com outras metodologias para atingir os objetivos e requisitos dos jogos e simulações. Soluções com foco neste equilíbrio são descritas na próxima seção. O Quadro 3.5 apresenta uma comparação e as limitações das metodologias de desenvolvimento de instrução e treinamento.

Quadro 3.5 – Comparação das metodologias de desenvolvimento de instrução e treinamento.

Proposta		ADDIE	Modelo Dick & Carey	Design Instrucional Kemp	Norma NBR ISO 10015
Autor		Branson et al., 1975	Dick, Carey e Carey, 2004	Kemp, 1977	ABNT, 2001
Aplicação		Material presencial ou módulo de <i>e-learning</i>	Instrução	Programa de instrução	Programa de treinamento
Jogo		NA	NA	NA	NA
Simulação	Distribuída	NA	NA	NA	NA
	Lógica	NA	NA	NA	NA
	Física	NA	NA	NA	NA
V&V		NE	Fase de revisão da instrução	NE	Monitoração durante todo o processo
Aprendizado e conteúdo		Planejamento de objetivos instrucionais e estratégias de ensino	Planejamento de objetivos, pré-requisitos, características dos aprendizes	Planejamento de objetivos, tarefas, e características dos aprendizes	Planejamento de necessidades, objetivos, métodos, conteúdos e programas
Treinamento de competências		NE	Planejamento competências	NE	Planejamento competências

Proposta		ADDIE	Modelo Dick & Carey	Design Instrucional Kemp	Norma NBR ISO 10015
Avaliação	Desempenho do Aprendiz	Avaliações formativa (com <i>feedback</i>) e somativa	Teste de comportamento, pré-teste, pós-teste	Avaliações formativa, somativa, e confirmativa (acompanhamento depois que os aprendizes saem do programa)	Pode haver: pré-teste, autoavaliação, avaliações da reação, aprendizagem, mudança de comportamento, resultados, e retorno de investimento*
	Instrução ou Treinamento	Utilidade da instrução (com a avaliação somativa)	Avaliação de testes e instruções (com a formativa) e da eficiência da instrução (com a somativa)	Avaliação da eficácia do programa (incluindo custos e benefícios) (com a somativa)	Fase de avaliação dos resultados do treinamento (satisfação, desempenho, aquisição de competências, impacto)
Limitações		Oferece apenas uma descrição geral do processo. Não especifica V&V ao longo do processo	Foco apenas na instrução	Não especifica V&V ao longo do processo	Não abrange a produção dos métodos de treinamento em si nem dos jogos sérios
Limitações comuns		<ul style="list-style-type: none"> Não oferecem apoio para a criação dos elementos de jogos e para a modelagem da simulação. 			

* A frequência do uso das avaliações é: reação 100%; aprendizagem 40 a 70%; comportamento 30 a 50%; resultados 10%; e retorno de investimento 5% (Campos e Guimarães, 2008).

Legenda: NA: Não Abordado

NE: Não Especificado

3.5 Metodologias de Desenvolvimento de Jogos Instrucionais

Jogos instrucionais não simulam comportamentos de sistemas e processos. Entretanto, eles podem ser utilizados com sucesso em ambientes educacionais como método de fornecimento de conteúdo e avaliação de conhecimentos e informações, quando criados para estes fins, e podem ser integrados a outros métodos de aprendizagem ou jogos sérios. Eles integram as área de jogos e educação/instrução, e quanto maior é esta integração, mais efetiva vai ser a instrução (Hays, 2005). Hays (2005) recomenda para seu desenvolvimento e uso: (1) analisar detalhadamente seus requisitos, bem como das vantagens e desvantagens em utilizá-lo entre as outras abordagens instrucionais possíveis; (2) projetar o *design* do jogo com todos os objetivos instrucionais; e (3) auxiliar e fornecer *feedback* durante o uso do jogo (o instrutor), para os aprendizes alcançarem seus objetivos instrucionais.

A seguir são descritos: o processo sistemático proposto por Hays, o processo de *design* de simulação educacional e os modelos FIDGE e DGBL-ID.

3.5.1 Processo de desenvolvimento de jogos e simulações instrucionais

O processo de *design* da simulação educacional criado por Adams et al. (2007) especifica atividades para criar e avaliar simulações com o propósito de ensinar conteúdos da disciplina de Física. A equipe de desenvolvimento deve ter no mínimo um programador, um especialista no domínio e um especialista em interface. Este processo é composto de seis fases, nas quais as entrevistas são conduzidas após cada fase de *design* até enquanto for necessário: (1) *Definição dos objetivos de aprendizagem*; (2) *Design Inicial*; (3) *Entrevistas*; (4) *Re-design*; (5) *Uso*; e (6) *Design Final*. Este processo iterativo foi utilizado para a construção de 60 simuladores para ensino de Física. Entretanto, ele não especifica algum tipo de modelagem da simulação (discreto, contínuo, estocástico, etc.), nem como deve ser feita a avaliação de desempenho do aprendiz.

O processo sistemático de projeto e uso de jogos instrucionais foi criado baseado na revisão empírica da efetividade de jogos instrucionais (Hays, 2005). Ele é dividido em três partes principais: (1) *Compreensão do ambiente instrucional*: desenvolver o enunciado do problema, desenvolver os objetivos instrucionais e selecionar estratégia de jogo; (2) *Desenvolvimento do jogo*: desenvolver o modelo do jogo, desenvolver o papel dos aprendizes no jogo e desenvolver regras, eventos e métodos de ganhar o jogo com sucesso; e (3) *Implementação e avaliação do jogo*: desenvolver recursos de apoio do jogo (manuais), avaliar o jogo comparado a instrução alternativa e modificar jogo baseado em resultados da avaliação. A limitação desta metodologia é que ela é linear - não possui iterações entre as fases. Além disto, ela não oferece apoio para a avaliação do desempenho do aprendiz.

3.5.2 Modelos de desenvolvimento de jogos instrucionais

O modelo FIDGE (*Fuzzified Instructional Design Development of Game-like Environments*) é composto de quatro fases: (1) *Pré-análise*: definição do público-alvo, análises de ferramentas e de jogo; (2) *Análise*: análises das necessidades, do aprendiz, do contexto, do conteúdo, da abordagem instrucional, análise de risco e cronograma, além da continuidade das análises de ferramentas e do jogo; (3) *Design e desenvolvimento*: planejamento dos cenários, especificação dos elementos do jogo (avaliação, *feedback*, motivação, atenção, etc.), criação de protótipos, verificação de usabilidade, garantia da modularidade e flexibilidade do produto final; e (4) *Avaliação*: avaliação formativa contínua em cada fase e somativa do produto instrucional como um todo (Akilli e Cagiltay, 2006).

FIDGE é baseado no modelo de prototipação rápida, porém com uma estrutura diferente: as fases são dinâmicas e não lineares com limites difusos entre elas. Isto se deve a dois princípios utilizados na metodologia: (I) questão sociorganizacional: equipe multidisciplinar com gerenciamento do cronograma, além da adoção de estratégias de comunicação; e (II) *design* instrucional / processo de desenvolvimento: dinâmico, não linear e difuso; com foco na modularidade e flexibilidade do produto; e avaliação contínua e iterativa. Como limitações, o modelo é complexo e há a necessidade de mais estudos acompanhando o seu uso para avaliar as dificuldades em utilizá-lo. Além disto, a ênfase deste modelo é apenas para a análise e projeto da instrução e do jogo, e não são oferecidos detalhes sobre o desenvolvimento do jogo como um todo.

O modelo DGBL-ID (*Digital Game Based Learning-Instructional Design Model*) integra as atividades de *design* instrucional e *design* de jogos (Zin, Jaafar e Yue, 2009). Ele é dividido em cinco fases iterativas: (1) *Analisar*: análise dos requisitos e problemas, identificação dos objetivos de aprendizagem e das características dos aprendizes, descrição da ideia do jogo e definição do ambiente de jogo; (2) *Projetar*: *design* instrucional e *design* do jogo; (3) *Desenvolver*: descrição do plano de lições; desenvolvimento de recursos de ensino e do protótipo do jogo; (4) *Garantir qualidade*: verificar as qualidades do jogo e do conteúdo e melhorá-las; e (5) *Implementar e Avaliar*: lançamento e avaliação. Esta metodologia não aborda a avaliação do desempenho do aprendiz, tampouco o fornecimento de *feedback*. Além disto, as atividades de *design* instrucional e *design* de jogo são paralelas e não integradas, e o foco da instrução é o ensino de História.

3.5.3 Limitações das metodologias de desenvolvimento de jogos instrucionais

Nesta seção foram apresentadas quatro metodologias de desenvolvimento de jogos e simulações instrucionais, que são resumidas no Quadro 3.6. De modo geral, as limitações das metodologias de desenvolvimento de jogos instrucionais compreende: a falta de detalhamento de como desenvolver a parte instrucional no jogo; e a falta de detalhamento e clareza de algumas fases (Zin, Jaafar e Yue, 2009). Além disto, as metodologias apenas integram em um mesmo processo as atividades que compreendem o *design* instrucional e o *design* do jogo, sem aprofundar ou refletir uma integração efetiva. Isto dificulta a integração de equipes multidisciplinares. A avaliação realizada é sobre o jogo educacional desenvolvido e não há apoio ou detalhamento para como deve ser feita a avaliação do desempenho do aprendiz. Na próxima seção são apresentados processos e modelos de desenvolvimento de jogos sérios.

Quadro 3.6 – Comparação dos modelos de desenvolvimento de jogos instrucionais.

Proposta		<i>Design da simulação educacional</i>	Processo sistemático	FIDGE	DGBL-ID
Autor		Adams et al., 2007	Hays, 2005	Akilli e Cagiltay, 2006	Zin, Jaafar e Yue, 2009
Aplicação		Ensino de Física	Jogo instrucional	Ambiente de aprendizagem	Ensino de História
Jogo		<i>Design</i> de interface	Modelo e estratégia do jogo	Planejamento de cenários, especificação de elementos do jogo	Projeto de <i>design</i> do jogo e projeto de <i>design</i> instrucional
Simulação	Distribuída	NA	NA	NE	NA
	Lógica	NE	NA	NE	NA
	Física	2D	NA	3D	NE
V&V		NA	NA	NE	Fase de garantia da qualidade
Aprendizado e conteúdo		Definição dos objetivos	Planejar objetivos	Análise das necessidades, aprendiz, contexto, conteúdo, abordagem instrucional	Análise dos objetivos e das características dos aprendizes
Treinamento de competências		NE	NE	Análise das competências	NE
Avaliação	Desempenho do Aprendiz	NE	NE	Avaliações formativa contínua e iterativa; e somativa ao final	NE
	Jogo educacional	Testes e entrevistas com os usuários finais	Fase de avaliação da efetividade (comparação com instrução alternativa)	Avaliação do sistema instrucional (com a somativa)	Fase de implementação e avaliação (porém não há detalhes)
Limitações		Apesar de ser para criar simulações de Física, não há especificação da lógica. Não aborda sim. distrib. nem especifica como deve ser a ADA	Processo linear sem iterações. Não detalha o <i>design</i> do jogo nem especifica como deve ser a ADA	Modelo complexo. Foco na análise e projeto da instrução, sem detalhamento no desenvolvimento do jogo como um todo	Não especifica a ADA nem detalha como o jogo deve ser avaliado. Não há uma integração efetiva jogo-instrução
Limitações comuns		<ul style="list-style-type: none"> • Não especificam e apoiam a Avaliação de Desempenho do Aprendiz (ADA): apenas uma propõe avaliação contínua e interativa. Não abrangem a arquitetura distribuída, nem detalham a modelagem física (duas nem a abordam). • Não há V&V durante o processo de desenvolvimento: apenas uma tem uma fase de garantia da qualidade. • Apenas integram em um mesmo processo as atividades que compreendem o <i>design</i> instrucional e o <i>design</i> do jogo, sem aprofundar ou refletir uma integração efetiva. 			

Legenda: NA: Não Abordado NE: Não Especificado

3.6 Processos e Modelos para Desenvolvimento de Jogos Sérios

Jogos sérios abrangem o conteúdo de instrução/ treinamento com algum nível de jogabilidade e representação de processos ou sistemas do mundo real. Entretanto, eles podem variar na inclusão de atividades que compreendem o planejamento e implementação destes itens e na ênfase para uma destas áreas. A seguir são apresentados: os modelos SG-ISD e de referência de Greenblat, e três processos, um baseado em RUP, outro baseado no *design* centrado no usuário, e o terceiro, unificando instrução, jogo e simulação.

3.6.1 Modelos de criação de jogos e simulações

O modelo de *design* de jogos e simulações SG-ISD (*Simulation- Games Instructional Systems Design*) apoia a integração entre o processo de desenvolvimento de sistemas educacionais e de desenvolvimento de jogos (Kirkley, Tomblin e Kirkley, 2005). Ele integra elementos do modelo ADDIE, desenvolvimento em cascata, *design* interativo e prototipação, entre outros modelos para fornecer apoio para criação de jogos sérios, que é composto por cinco fases: (1) *Avaliação formativa*: que inclui análise, conceito, projeto e garantia de qualidade; (2) *Especificação do projeto técnico*; (3) *Implementação do protótipo*; (4) *Modding*: modificação dos jogos existente por meio da inclusão de novas entidades, recursos ou novos cenários (em um ambiente de autoria); assim é possível alterar o cenário, os objetivos de aprendizagem e a avaliação; e (4) *Avaliação somativa* (Kirkley, Kirkley e Heneghan, 2007). Como limitação, não há especificação para os requisitos de M&S, apenas jogo e instrução. Isso pode impactar na fidelidade física e funcional que o modelo vai ter, e posteriormente dificuldade para avaliar o desempenho do aprendiz, caso o comportamento do sistema ou processo do mundo real for modelado inadequadamente por causa da falta de planejamento da simulação.

Um modelo de referência para jogos e simulações foi criado por Greenblat, e é composto de cinco fases: (1) *Configurar os objetivos e parâmetros*: descrição do assunto, objetivos de aprendizagem, aprendizes e operadores, contexto de uso e recursos (tempo, dinheiro, etc.); (2) *Desenvolver modelo*: descrição das metas, atividades e recursos, e suas interações; (3) *Definir detalhes sobre a representação*: definição nível de abstração, intervalo de tempo, interação dos aprendizes, ligação dos elementos do modelo com o elementos do jogo, formas de representação do modelo (cenários, regras, procedimentos, fatores externos,

imagens e símbolos visuais); (4) *Construir e modificar*: implementação do protótipo e testes; e (5) *Preparar para uso*: descrever manual do aprendiz (apud Van Der Zee, Holkenborg e Robinson, 2012). Esta metodologia é um modelo de referência para jogos e simulações, porém ela não aborda a modelagem da simulação nem a avaliação do desempenho do aprendiz e do jogo em si, que são requisitos para obter e equilibrar fidelidade da simulação e aprendizagem eficaz a jogabilidade.

Apesar dos títulos destes modelos conter simulações, a ênfase é para criação de jogos.

3.6.2 Processos de desenvolvimento de jogos sérios

Um processo para desenvolvimento de jogos sérios foi criado para área de saúde (Rodrigues, Machado e Valença, 2010) baseado no processo RUP, adicionando as disciplinas de Projeto pedagógico-educacional e *Game design*. Este modelo é composto de quatro fases (Concepção, Pré-Produção, Produção e Pós-Produção) e possui 10 disciplinas, incluindo sete disciplinas de criação: (1) *Análise de mercado*; (2) *Projeto pedagógico-educacional*; (3) *Game design*; (4) *Projeto técnico*; (5) *Implementação*; (6) *Testes: alfa* com os desenvolvedores e *beta* com os aprendizes; (7) *Distribuição*; e três disciplinas de apoio: (8) *Gerência de configuração e mudanças*: monitoramento; (9) *Gerência de projeto*: gerenciamento de riscos, plano e recursos; (10) *Ambiente*: apoio para processos e ferramentas de auxílio ao desenvolvimento. A avaliação (testes *betas*) é realizada quanto a reação do aprendiz à facilidade do uso do jogo e aprendizado (por meio de formulário). Entretanto, a metodologia estava na fase inicial de Concepção; necessitando ser utilizada e avaliada por completo, além do próprio jogo sério.

O processo de desenvolvimento de jogos sérios é uma metodologia baseada no *design* centrado no usuário e no framework de quatro dimensões (*The Four-Dimensional Framework*) (Freitas e Jarvis, 2006), que descrevem os elementos chaves do cenário de aprendizagem: *aprendiz* (demografia, preferências, grupo, habilidades), *contexto* (lugar, acesso e apoio tecnológico), *pedagogia* (ciclo de aprendizado) e *representação* (imersão, fidelidade e nível de interatividade). O processo baseado neste framework possui quatro fases principais que são iterativas e não lineares: (1) *Analisar*: perfil do aprendiz, necessidades de aprendizado e requisitos de projeto centrado no humano; (2) *Especificar avaliação*; (3) *Investigar adequação*: se jogo sério satisfaz a necessidades de aprendizado e os requisitos de projeto centrado no humano; e (4) *Especificar solução de aprendizagem e do jogo sério*. Como limitações esta metodologia é focada na análise e especificação dos elementos

necessários para construir jogos sérios sem detalhar as outras fases do desenvolvimento (implementação, testes, execução, avaliação, validação) (Freitas e Jarvis, 2006). Além disto, não oferece apoio para a modelagem da simulação.

O processo de *design* instrucional sério *Synergy* (Becker e Parker, 2012) combina em um modelo unificado as disciplinas de *design* de jogo, *design* instrucional e *design* da simulação em nove fases de desenvolvimento: com seis fases sequenciais: (1) *Descobrir*: analisar tarefa, identificar lacunas de desempenho, aprendizes e contexto, definir objetivos de treinamento e de desempenho; (2) *Pesquisar e preparar*: definir extensão e limites do sistema, coletar dados; (3) *Planejar*: mensagem, estratégia educacional, interface, jogabilidade e mecânica do jogo, estrutura do programa, avaliação do desempenho do aprendiz e do jogo sério; (4) *Criar modelo conceitual*: planejar documentos; (5) *Criar modelo operacional*: programar; (6) *Testar*: realizar *playtesting* (pessoas executam o jogo sério e fornecem *feedback*) e *postmortem*; e três paralelas as outras: (7) *Criar protótipo e realizar playtesting*; (8) *Validar, realizar avaliação formativa e revisar*; e (9) *Verificar, realizar avaliação somativa e revisar*. Este processo unifica instrução, jogo e simulação, entretanto não especifica artefatos e pessoas envolvidas. Em relação à M&S, aborda a V&V, criação de um modelo conceitual e operacional mas sem detalhar os elementos de simulação física, lógica e distribuída. Não há apoio também para o desenvolvimento das avaliações.

3.6.3 Limitações das metodologias de desenvolvimento de jogos sérios e requisitos de integração jogabilidade-aprendizado-simulação

As metodologias de *design* de jogos sérios focam na integração jogabilidade e aprendizado, podendo ser classificadas em quatro grupos (Marklund, 2013): **(1) Aprendizagem em jogabilidade**: as metodologias tentam responder como o conteúdo de aprendizado pode ser vinculado e traduzido em elementos (engajamento, motivação, desafio, etc.) e mecânica de jogos (linear, experimentação livre), que garantam um aprendizado eficiente. Elas consideram que elementos de jogo em si podem não garantir a aprendizagem, e assim incluem a ligação aprendizado-mecânica do jogo para definir e planejar a aprendizagem. **(2) Jogabilidade em aprendizagem**: as metodologias tentam responder como o *design* do jogo deve se encaixar no contexto educacional, considerando os aspectos sociais e o contexto ao redor. Elas consideram o contexto educacional e que o processo de ensino-aprendizagem pode estar fora do jogo, de forma que o aprendiz tem que discutir, analisar e refletir em sala de aula sobre o conteúdo apresentado e a experiência obtida no jogo. **(3)**

Jogabilidade primeiro: as metodologias visam criar um bom jogo (com verossimilhança e precisão ao conteúdo) e um cenário engajador (com interatividade e experiência). Elas consideram o jogo como um ponto de partida para o aprendiz se interessar e discutir sobre o conteúdo. São similares às de “jogabilidade em aprendizagem” mas com mais ênfase em que o jogo seja uma introdução ao assunto. **(4) Aprendizado primeiro:** as metodologias focam o conteúdo de aprendizagem e adicionam jogabilidade apenas como um atrativo, muitas vezes sem criar produtos de sucesso, que geralmente são apenas *softwares* instrucionais com elementos de gamificação. Desses grupos, as abordagens bem-sucedidas equilibram jogabilidade e conteúdo de aprendizagem (Engström et al., 2011). Entretanto, é necessário analisar o contexto em que os jogos criados serão utilizados para escolher a melhor metodologia de *design*. Além disto, é necessário também a unificação e integração com a modelagem da simulação, dado que o jogo sério representa e simula um sistema ou processo real (Becker e Parker, 2012).

Nesta seção foram apresentadas cinco metodologias de desenvolvimento de jogos sérios, conforme é apresentado no Quadro 3.7. De forma geral, as representações e simulações de processos e sistemas do mundo real não são detalhadas nelas. A ênfase é dada ao *design* instrucional e *design* do jogo, com a inclusão de atividades no processo de desenvolvimento, mas sem uma forte integração delas. Esta integração deve ser realizada pela equipe de desenvolvedores e *designers*, e sem apoio de como isto pode ser alcançado. Apenas uma destas metodologias unifica instrução e jogo com a simulação (processo *Synergy*). Entretanto, ela não oferece apoio para o desenvolvimento dos artefatos, nem especifica as atividades realizadas por cada pessoa das equipes multidisciplinares. Também não há referência para como devem ser desenvolvidas as avaliações (de desempenho dos aprendizes e do jogo sério) e a não há detalhes da modelagem e simulação física, lógica e nem distribuída.

3.7 Processos de Produção de Artefatos referentes às Áreas de Desenvolvimento de Jogos Sérios

Artefatos são subprodutos específicos gerados por um dado processo dentro do ciclo de vida de desenvolvimento e produção do jogo e/ou simulação. Diversos artefatos podem ser utilizados, tais como, diagramas de estrutura e comportamentos (diagramas de caso de uso, máquinas de estado, diagramas de sequência), histórias de usuário (*user stories*), cenários, etc.

Quadro 3.7 – Comparação dos modelos de desenvolvimento de jogos sérios.

Proposta	SG-ISD	Modelo de referência de Greenblat	Processo baseado em RUP	Processo baseado no <i>design</i> centrado no usuário	<i>Synergy</i>	
Autor	Kirkley, Tomblin e Kirkley, 2005	apud Van Der Zee, Holkenborg e Robinson, 2012	Rodrigues, Machado e Valença, 2010	Freitas e Jarvis, 2006	Becker e Parker, 2012	
Aplicação	Jogos sérios com uso de tecnologias de realidade mista	Planejamento de simulação e jogo	Jogos sérios para a área de saúde	Jogos sérios	Jogos sérios	
Jogo	<i>Design</i> iterativo do projeto técnico e prototipação	Definição da representação (elementos de jogo, cenários, procedimentos, regras, etc.)	<i>Doc. game design</i> e projeto técnico	Especificação da solução de aprendizagem e do jogo sério	Projeto da interface, estrutura e mecânica do jogo	
Simulação	Distribuída	NA	NA	NA	Modelo conceitual e operacional	
	Lógica	NA	NA	NA		
	Física	NA	NA	3D		
V&V	Fase de garantia da qualidade (testes)	Fase de Testes	Fase de Testes (alfa e beta)	Validação de casos com especialistas	Fase de validação e avaliação formativa, fase de verificação e avaliação somativa, fase de teste final	
Aprendizado e conteúdo	Modelo ADDIE	Planejamento dos objetivos, contexto, recursos, características dos aprendizes	Projeto pedagógico-educacional	Definição do contexto, características do aprendiz, pedagogia e representação	Definição do contexto e aprendizes; Planejamento da estratégia educacional	
Treinamento de competências	NE	NE	NE	NE	Definição dos objetivos de treinamento e desempenho	
Avaliação	Desempenho do Aprendiz	Avaliações formativa e somativa	NA	Reação do aprendiz com testes betas	Teste formativo	Avaliações formativa e somativa.
	Jogo Sério	Aprendizado efetivo	NA		Avaliação com grupo de aprendizes	<i>Playtesting</i> (teste com aprendizes) e <i>Portmortem</i>
Limitações	Não inclui M&S e não detalha as avaliações que devem ser realizadas	Não aborda as avaliações do desempenho do aprendiz e do jogo	Uso está ainda na fase inicial de <i>concepção</i> . É avaliado apenas a reação do aprendiz	Focada apenas na análise e especificação do jogo sério	Não detalha elementos da M&S. Não especifica os artefatos e pessoas envolvidas	
Limitações comuns	<ul style="list-style-type: none"> Não abordam os requisitos de M&S (simulação física, lógica e distribuída). Não apoiam o desenvolvimento das avaliações, apenas há as descrições do que devem ser avaliados. 					

Legenda: NA: Não Abordado NE: Não Especificado

A seguir são descritos os principais processos de desenvolvimento de artefatos utilizados por *designers* e produtores, a saber: *storyboards*, modelo conceitual e ontologias.

3.7.1 Desenvolvimento de *storyboards*

Storyboards são artefatos utilizados para especificar as interações e os cenários dos jogos, usando um conjunto de figuras, informações textuais e diálogos, durante o processo de *design* do jogo (Rankin et al., 2011). O processo de criação do *storyboard*, descrito por Rankin et al (2011), é dividido em três principais atividades: (1) *Desenvolvimento do conceito*: fluxo de ações e interações; (2) *Visualização das interações do usuário*: modos de interação e comunicação com o sistema e outros participantes; e (3) *Protótipos interativos*: protótipos com interface básica. Um ou mais *storyboards* podem ser criados em cada atividade. Eles permitem a visualização e o compartilhamento de ideias entre os diferentes envolvidos e são muito usados no suporte ao *design* de jogos. Há trabalhos recentes de extensão de *storyboards* para suporte ao treinamento de comunicação entre equipes, além de dimensões adicionais que provêm transição direta entre os *storyboards* e a implementação do jogo (Rankin et al., 2011).

3.7.2 Modelagem conceitual

Modelo conceitual de simulação é composto das descrições de objetivos, características, suposições, restrições, algoritmos, relacionamentos e dados (sem software) que especificam como o desenvolvedor da simulação compreende o que está sendo representado (entidades, processos, comportamentos) e como essa representação vai atender aos requisitos de M&S (Pace, 2000; Robinson, 2007).

Um framework para criar o modelo conceitual foi criado por Van der Zee, Holkenborg and Robinson (2012), fundamentado na metodologia de Greenblat, para auxiliar *designers* de jogos sérios a utilizarem simulação de evento discreto como base do jogo. Ele é composto de cinco atividades: (1) *Entender o ambiente de aprendizagem*: identificação do assunto, contexto de uso, aprendizes, necessidades de aprendizagem, e formato do jogo; (2) *Determinar os objetivos*: definição da proposta pedagógica, conquistas, requisitos do projeto, natureza do modelo e seu uso (tais como, visualização, interação do jogador, capacidade de resposta e reuso); (3) *Identificar as saídas do modelo*: identificação das medidas de desempenho relevantes, conquistas dos jogadores e formato para representação das respostas;

(4) *Identificar as entradas do modelo*: análise dos dados quantitativos e qualitativos, e da variação das entradas; e (5) *Determinar o conteúdo do modelo*: descrição sobre o escopo, o nível de detalhes, as suposições e simplificações e os seus impactos no modelo. Este framework enfatiza a modelagem conceitual para tomada de decisões, e como limitações, não descreve as fases de *design* e implementação para jogos sérios 3D, nem o planejamento do treinamento e da avaliação do aprendiz.

3.7.3 Construção de ontologias

Ontologia pode ser definida como um corpo de conhecimento para descrever um domínio e pode ser usada como uma estrutura básica para se descrever uma determinada realidade (Swartout et al., 1997). Elas tem sido utilizadas em simulações e ambientes virtuais com diferentes propósitos, tais como, definir as características do ambiente virtual e da população para simular multidões humanas (Paiva, 2006); possibilitar a comunicação entre as entidades simuladas e usuários da simulação (Shen, Hage e Georganas, 1999); e representar o conhecimento do domínio e gerar o mundo virtual mais facilmente (Bille et al., 2004).

Ontologias podem ser construídas usando um roteiro dividido em cinco fases: (1) *Identificação de propósito e escopo*: descrição sobre o motivo que a ontologia está sendo desenvolvida e qual será o seu uso; (2) *Construção da ontologia*: dividida em três atividades: (2.1) *Captura*: especificação de conceitos e relacionamentos no domínio de interesse, em textos precisos e não ambíguos; (2.2) *Codificação*: representação com linguagem formal dos conceitos especificados na fase anterior; (2.3) *Integração*: integração de ontologias existentes, identificadas durante a fase de captura e codificação que servem de complemento ou base para a nova ontologia; (3) *Avaliação da ontologia desenvolvida*; e (4) *Documentação dos conceitos principais e das definições* (Uschold e Gruninger, 1996).

3.8 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados e avaliados modelos, processos, metodologias e produtos para desenvolvimento de jogos sérios. Neles são especificados elementos importantes para a qualidade do jogo sério (Pessoas, Produtos, Processos e Projetos). Entretanto, como já descrito, muitos apenas enfatizam elementos de jogo, ou da simulação, ou

da instrução/treinamento, até mesmo unificando alguns elementos destas áreas, mas sem abranger todos os requisitos necessários para criar um jogo sério efetivo para treinamento e avaliação do desempenho humano.

Ainda mais, para maximizar o alcance deste objetivo de desenvolvimento são necessários: especificar os processos do ciclo de vida de desenvolvimento, suas entradas (recursos, artefatos, conhecimento dos envolvidos) e saídas (artefatos gerados); identificar quem atua e no quê, de forma integrada, em cada um destes processos na criação dos projetos e produtos; e planejar as atividades de verificação e validação. Assim, de modo a superar os desafios identificados, uma metodologia iterativa e integradora de desenvolvimento de jogos sérios é proposta. Ela define os processos e artefatos que integram principalmente jogo, simulação, treinamento e avaliação, conforme apresentado no próximo capítulo.

A avaliação da metodologia proposta segundo os critérios apresentados neste capítulo é apresentada na Seção 6.6.

Capítulo 4

METODOLOGIA ITERATIVA *DEVJSTA* E MODELOS INTEGRADORES

Neste capítulo é apresentada a metodologia iterativa e integradora criada para guiar o desenvolvimento de JSTAs para treinamentos operacionais. Para cada processo da metodologia são descritos as entradas, as atividades, as saídas, e os artefatos criados para padronizar e possibilitar reuso, interoperabilidade e integração (com descrição completa no Apêndice A). Os artefatos apresentados são: (1) modelos de documentações; (2) ontologias; (3) storyboards; (4) diagrama integrador objeto de jogo- simulação; (5) modelos integradores avaliação- simulação (com formalismos DFA, DEVS, FIS); (6) modelo integrador avaliação-programa de treinamento (com integração de teorias, tais como a taxonomia de Bloom e teoria de aprendizagem experiencial e aprendizagem efetiva, com vários tipos de avaliação do desempenho humano e também do programa de treinamento); e (7) questionário de autoavaliação do aprendiz e reação ao treinamento. São também descritas as responsabilidades dos atores envolvidos no desenvolvimento e as ferramentas que podem ser utilizadas, bem como uma arquitetura de suporte e seus elementos de sistema (componente e ontologias).

4.1 Considerações Iniciais

No Capítulo 3, de estado da arte, foram apresentadas metodologias de criação de jogos, jogos sérios, simulações, *design* instrucional e de treinamento, e ainda processos e artefatos que fazem parte do ciclo de vida de criação de jogos (ABNT, 2001; Balci, 2012; Chandler, 2012; Clark, 2013; IEEE, 2003; Kirkley, Tomblin e Kirkley, 2005; Masakazu, 2005; Novak, 2010; Pace, 2000; Rankin et al., 2011; Robinson, 2007; Schuyttema, 2008;

Smith, 1999; Van Der Zee, Holkenborgb e Robinson, 2012). Entretanto, nenhuma dessas metodologias superam todos os desafios apresentados na Seção 2.2 e que são questões de pesquisa desta tese (Seção 1.2), a saber: como integrar jogo, conteúdo, simulação, treinamento das competências requeridas, medições, *feedback*, avaliações e validações, de forma a possibilitar a criação, reuso, interoperabilidade e extensão de novos JSTAs. Além disto, há uma lacuna entre as áreas de desenvolvimento, tendo diversas pesquisas em áreas atinentes que poderiam beneficiar a criação de JSTAs, porém, que ainda não foram utilizadas. Assim, a metodologia criada, apresentada neste capítulo, visa integrar pesquisas e áreas inter-relacionadas de uma maneira inovadora e abranger as diversas questões apresentadas, por meio da sistematização e padronização de processos, artefatos e arquitetura de suporte.

Neste capítulo, é especificada a metodologia nomeada *DevJSTA* que integra jogo, simulação, treinamento e avaliação para o desenvolvimento iterativo de Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação do desempenho humano (JSTAs), baseando-se em Procedimentos Operacionais Padrão, modelos formais, teorias de aprendizagem e treinamento, e modos de erros humanos. Dada a amplitude das competências que podem ser treinadas, o JSTA requerido foca no treinamento dos procedimentos operacionais (adquirir e treinar conhecimentos e habilidades operacionais básicas e técnicas, reforçar as atitudes corretas, e corrigir os erros) e na avaliação o desempenho dos profissionais. Os conceitos integrados podem ser agrupados em quatro principais áreas: simulação; aprendizado e treinamento; jogos; e domínio; conforme apresentado na Figura 4.1 e listados a seguir.

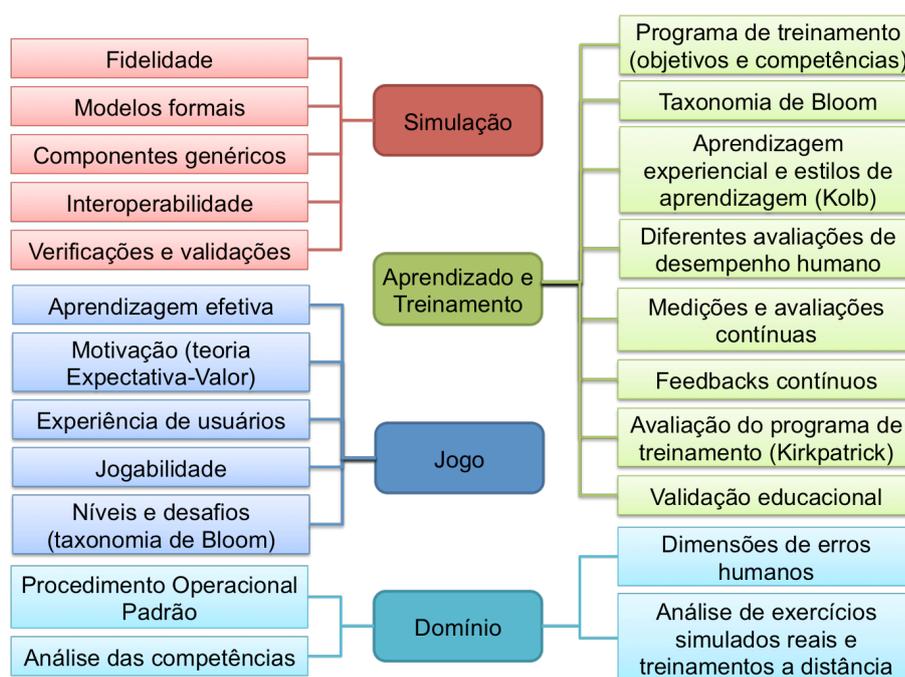


Figura 4.1 – Visão geral dos conceitos integrados por área.

(1) Modelagem e Simulação: (1.1) Abrangência das dimensões de fidelidade física e funcional (sem incluir a dimensão psicológica no uso da metodologia) (conforme Feinstein e Cannon, 2002); (1.2) Modelagem não-linear de eventos da simulação com formalismos (eventos discretos, autômatos e lógica *Fuzzy*); (1.3) Criação e reuso de componentes genéricos que processam os modelos formais (DEVs, DFA, FIS); (1.4) Interoperabilidade de modelos distribuídos, por meio da arquitetura HLA (IEEE, 2000a), utilizando o RTI *PoRTIco* (2010); e (1.5) Verificações e validações dos modelos de simulação ao longo do processo de desenvolvimento (Balci, 2010).

(2) Aprendizagem e Treinamento - inclui teorias de aprendizagem e instrucional, programa de treinamento, medições, avaliações e *feedback*: (2.1) Elaboração do programa de treinamento com contexto significativo e objetivos claros das competências a partir da identificação das necessidades da instituição (ABNT, 2001); (2.2) Uso da taxonomia de Bloom para planejar as atividades com dificuldades progressivas (Bloom, 1956); (2.3) Uso das teorias de aprendizagem experiencial e estilo de aprendizagem (teorias de Kolb) para explorar os quatro estilos de aprendizes e a aprendizagem baseada em experiências (Kolb e Kolb, 2005); (2.4) Inclusão de diversos tipos de avaliação do desempenho do aprendiz (diagnóstica, formativa, somativa, autoavaliação) (Miller, Imrie e Cox, 1998; Piskurich, Beckschi e Hall, 2000); (2.5) Medições e avaliações contínuas do processo (o que o aprendiz está fazendo) e do resultado (final do jogo) (Salas et al., 2009); (2.6) Fornecimento de *feedback* imediato, ao longo do treinamento e ao final, para reforçar os acertos e corrigir os erros (Salas et al., 2009); (2.7) Avaliação do programa de treinamento nos níveis de reação e de aprendizado, conforme a teoria de avaliação de Kirkpatrick (Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006); e (2.8) Validação interna do jogo como instrumento educacional de treinamento e avaliação (Feinstein e Cannon, 2002).

(3) Jogos: (3.1) Aplicação dos princípios de aprendizagem efetiva em jogos sérios (Trybus, 2014): níveis, desafios, aprendizagem ativa, *feedback* imediato, prática das competências, motivação extrínseca e intrínseca, objetivos e pré-requisitos claros, vários cenários ou problemas; (3.2) Uso da teoria expectativa-valor (Keller, 2009) para incluir estratégias motivacionais; (3.3) Abrangência da experiência de usuários em jogos (Novak, 2010; Savi et al., 2010); (3.4) Balanceamento da jogabilidade (exploração da experiência do aprendiz, desafios, estratégias, interatividade) (Engström et al., 2011) com o conteúdo de aprendizagem e a simulação; e (3.5) Uso da taxonomia de Bloom para definir os níveis e desafios do jogo (Bloom, 1956).

(4) Domínio - preparação e resposta a emergências: (4.1) Uso da teoria de dimensões

de erros humanos (Hollnagel, 2012; e Hollnagel et al., 2011); (4.2) Uso de Procedimentos Operacionais Padrão (do Corpo de Bombeiros); (4.3) Análise das competências que devem ser treinadas pelos profissionais (competências em resposta a emergência validada de Field et al., 2010); e (4.4) Análise de como são criados os exercícios simulados reais e os treinamentos a distância a partir de entrevistas no Corpo de Bombeiros.

Esses conceitos são integrados ao longo dos processos, como entradas, saídas a serem produzidas, e/ou em atividades e/ou artefatos, que foram desenvolvidos como parte da metodologia. Isto inclui principalmente os modelos integradores (avaliação-simulação e avaliação- programa de treinamento), a arquitetura de suporte e seus elementos de sistema (tais como, componentes e ontologias), e os processos de avaliação (do desempenho humano e do programa de treinamento) e de V&V, conforme é ilustrado na Figura 4.2.

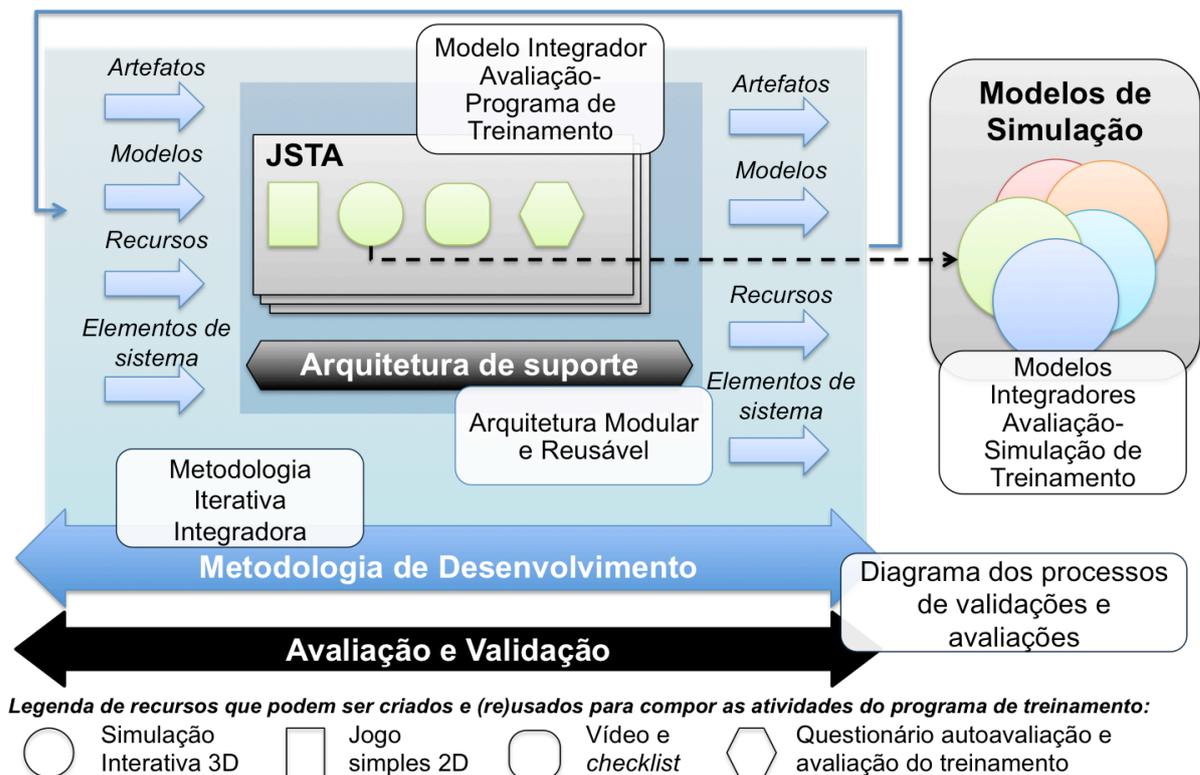


Figura 4.2 – Visão geral da metodologia iterativa, modelos integradores, arquitetura de suporte e processos de avaliação e validação.

Os Modelos Integradores (MIs) avaliação-simulação são um conjunto de modelos formais (DEVS, DFA, FIS) e seus componentes, que processam dados e entradas para simular e avaliar as cenários de treinamento. O MI avaliação- programa de treinamento é um modelo de avaliação durante o programa de treinamento que integra diversos tipos de avaliação de desempenho humano e do próprio programa de treinamento (para validar sua efetividade

educacional), com as teorias de Kolb, e a taxonomia de Bloom (para estruturação das atividades); o programa de treinamento é composto de fases, as quais possuem atividades com: simulações interativas 3D; jogos simples 2D; vídeos para análise de erros com *checklist*, e; na última fase, um questionário de autoavaliação e avaliação da reação do aprendiz.

A seguir são apresentados os principais elementos dos processos, que são usados para descrever os processos da metodologia *DevJSTA*, entre eles os atores.

4.2 Processos e Atores do Desenvolvimento de um JSTA

Um processo básico é composto por atores, papéis, atividades e artefatos (de entrada e/ou saída) (Acuña e Ferré, 2001). Os atores são as pessoas que executam o processo. Os papéis descrevem um conjunto de responsabilidades que são necessárias para executar as atividades do processo. Artefatos são os (sub)produtos de um processo, tais como, documentos de projetos, modelos e diagramas. Um artefato pode ser usado por atividades para gerar outros artefatos ou estendê-los. A visão geral destes relacionamentos são apresentados na Figura 4.3.

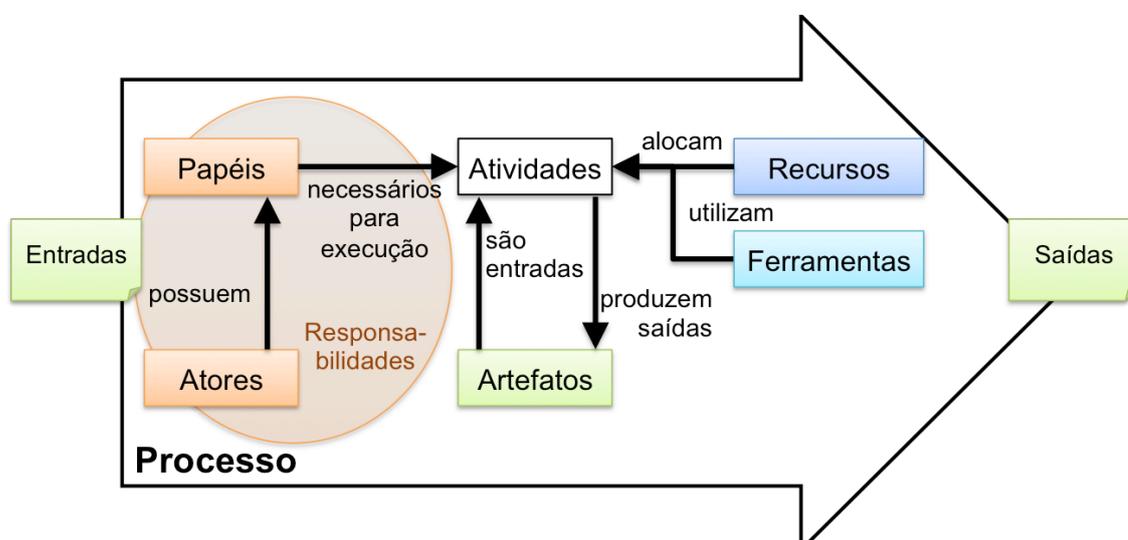


Figura 4.3 – Elementos de um processo (adaptado de Acuña e Ferré, 2001).

Os atores podem utilizar ferramentas (*softwares* em geral) em uma atividade para criar os artefatos ou gerá-los automaticamente, bem como quaisquer outros recursos de apoio (pessoas, tempo, dinheiro, tecnologias). Neste trabalho, não são especificados cronogramas e orçamentos, porém os planejamentos destes recursos, para jogos em geral, podem ser consultados em Chandler (2012). Os atores que participam do desenvolvimento de um JSTA

podem ser classificados em três principais equipes: equipe de clientes (e usuários finais); equipe de apoio; e equipe desenvolvedora, conforme pode ser visto na Figura 4.4.



Figura 4.4 – Atores envolvidos no desenvolvimento de um JSTA.

A equipe de clientes é formada pelos profissionais do domínio que serão os usuários finais do JSTA. Isto inclui os especialistas que participam do desenvolvimento (para fornecer informações sobre o domínio real e validar os artefatos criados) ou atuam como instrutores, e os aprendizes. A equipe de apoio pode ser formada por um ou mais especialistas em treinamento, psicólogos, pedagogos, que podem auxiliar na identificação das necessidades de treinamento, dos objetivos e dos tipos de avaliação.

A equipe desenvolvedora é composta de profissionais que analisam, projetam, implementam e testam o JSTA. Ela é composta basicamente por analista e programador de sistema e *designer*. Outros profissionais podem fazer parte da equipe, ser subcontratados para realizar determinadas atividades, ou acumular mais de uma função, tais como, modelador 3D, animador, artista gráfico, *designer* de som, testador, produtor e diretor. Neste trabalho não são detalhados todos os profissionais que podem participar de uma equipe desenvolvedora, porém eles podem ser consultados em Novak (2010). As funções macro dos atores descritos são listados a seguir:

- **Analista de sistema:** analisa e especifica os requisitos do jogo, da simulação e da arquitetura do sistema; cria os modelos formais da simulação;
- **Designer:** elabora o projeto do jogo e das suas fases (incluindo a interface);
- **Programador:** implementa os códigos baseados nas documentações e nos diagramas; desenvolve o banco de dados; implementa a arquitetura de rede, a inteligência artificial, o áudio, a física (colisão, gravidade, sistemas de partículas, dinâmica de corpo, etc.);

- Artista gráfico: esboça e cria a arte do ambiente, dos objetos, e dos personagens do jogo;
 - Modelador 3D: modela os cenários, os personagens e os objetos 3D.
 - Animador: cria as animações e os movimentos de personagens e objetos baseados nos *storyboards* e nas documentações; cria os efeitos de partículas;
 - *Designers* de som: cria os recursos de áudio (sons, músicas, efeitos sonoros, voz de personagens);
 - Testador: testa a lógica, as funcionalidades, a jogabilidade e a usabilidade do jogo como um todo, procurando por erros a serem corrigidos ou melhorias a serem realizadas;
 - Diretor: administra e supervisiona a implementação do projeto como um todo;
 - Produtor: gerenciar a qualidade, o orçamento, o tempo e os prazos.
- Na próxima seção, a metodologia *DevJSTA* é descrita.

4.3 Metodologia *DevJSTA*

Uma Metodologia Iterativa de Desenvolvimento e Integração de Jogos, Simulações, Treinamentos e Avaliações (nomeada *DevJSTA*) foi criada e aplicada na produção de diferentes simulações de treinamento e jogos sérios. Ela consiste de três fases principais com processos: **pré-produção (planejamento)**, **produção (análise, projeto, implementação, integração e teste)**, e **pós-produção (execução e avaliação dos resultados)**; além do processo de **verificação e validação** que compreende todo o ciclo, de acordo com a ilustração apresentada pela Figura 4.5.

Os processos da *DevJSTA* são sequenciais e iterativos, i.e., caso necessário, há um retorno para algum dos processos anteriores até que este seja refinado. Eles contêm subprocessos para identificar e implementar cada requisito. Os subprocessos podem ocorrer ou não, e até mesmo em paralelo dentro da duração do processo, de acordo com o tipo de treinamento que for planejado. Antes de passar para o próximo processo há a realização de V&V dos modelos e artefatos gerados.

É importante ressaltar que o ciclo de vida é estruturado e com planejamento e análise maior no início do desenvolvimento. Entretanto, ele é iterativo e flexível, podendo retornar a qualquer uma das fases depois da V&V.

Os processos e subprocessos da metodologia são especificados a seguir.

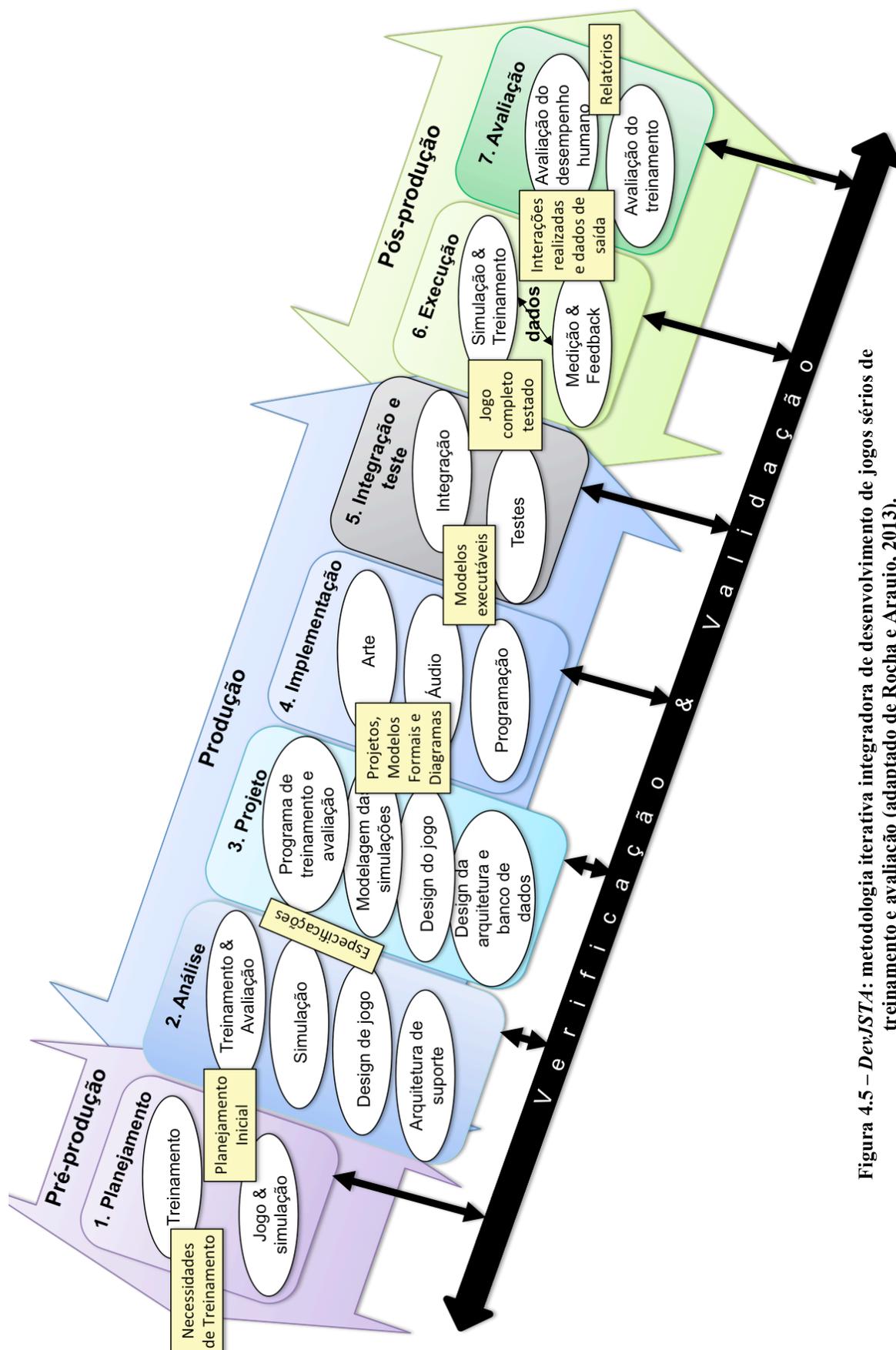


Figura 4.5 – DevJSTA: metodologia iterativa integradora de desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação (adaptado de Rocha e Araujo, 2013).

4.3.1 Planejamento: identificação das necessidades de treinamentos

Jogos em geral começam a ser construídos com o planejamento do seu conceito. Entretanto, JSTAs simulam situações do mundo real, na qual o aprendiz realiza uma tarefa utilizando um procedimento, por meio do controle e interação com o mundo virtual, no qual ele visualiza imediatamente os resultados simulados das suas ações corretas ou incorretas. Dessa forma, o conceito do jogo não é idealizado por uma pessoa, mas sim planejado a partir da situação real a ser treinada. Por isto, durante o processo de planejamento, a equipe deve conhecer a situação que será simulada, os procedimentos e as competências que serão treinadas, bem como as situações de erros que serão simuladas de modo a desafiar os aprendizes. Para obter esse conhecimento, os especialistas do domínio da aplicação e treinadores devem elaborar um planejamento inicial a partir das necessidades de treinamento real, conforme ilustrado na Figura 4.6.

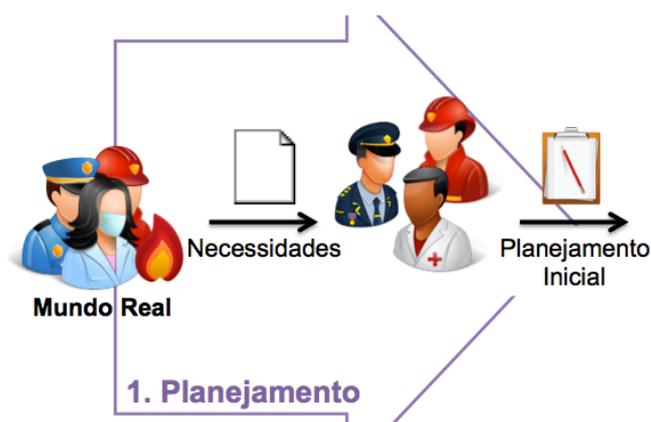


Figura 4.6 – DevJSTA: visão geral do processo (1) Planejamento.

As necessidades devem estar de acordo com os objetivos da organização e capacitação dos seus profissionais. Por exemplo, Field et al. (2010) descrevem as competências básicas para profissionais de preparação e resposta a emergência. Se possível, recursos de treinamentos existentes também devem ser utilizados, por exemplo, há uma diretriz no Corpo de Bombeiros que descreve um roteiro para a realização de exercícios simulados reais (São Paulo, 2003).

O planejamento deve conter a descrição do cenário e do problema real, as necessidades e motivações de treinamento, os protocolos e procedimentos envolvidos e quem os executam, bem como a especificação de todos os documentos, vídeos e recursos que podem ajudar a compreender o cenário e as operações que devem ser realizadas (podem estar disponíveis em repositórios da instituição ou na *Internet*). Para especificar todas as

necessidades e informações básicas do treinamento, o treinador pode utilizar, por exemplo, normas do tipo NBR ISO 10015 (ABNT, 2001). A partir das necessidades do mundo real e de seu conhecimento, o especialista no domínio deve descrever informações importantes para a simulação (o que, por que, onde, quando, quem, como), e os dados dos possíveis cenários a serem simulados. Neste caso, as informações sobre o treinamento são relacionadas ao mundo real, ao passo que as informações sobre a simulação são atinentes ao mundo virtual que se quer construir. Esse planejamento inicial é feito pelo treinador e especialistas no domínio e pode ser apoiado pelo modelo descrito por esta metodologia, apresentado no Quadro 4.1. Os elementos deste processo de planejamento são descritos no Apêndice A.1.

Quadro 4.1 – Modelo de planejamento inicial.

1. Modelo de Planejamento	
➤ Protocolo(s)	
➤ Treinamento	
Problema real	<i>O que</i>
Alvo do treinamento	<i>Quem</i>
Objetivos de treinamento	<i>Conhecimentos; Habilidades; Atitudes</i>
Método de treinamento	<i>Como; Onde; Quando</i>
➤ Simulação	
Objetivo da simulação	<i>Por que</i>
Possível cenário para simulação	<i>(para cada cenário) Avaliação de risco preliminar; Quem; O que; Onde; Quando; Como</i>
➤ Anexos	<i>Normas reguladoras e Padrões da Organização</i>

Por exemplo, em um treinamento de resposta a uma queda de avião em um aeroporto com múltiplas vítimas, poderia ser treinada a colaboração entre diferentes equipes, tais como, CB (Corpo de Bombeiros) e SAMU (Serviço de Atendimento Móvel de Urgência), além dos procedimentos de combate a incêndio e triagem de vítimas. Neste caso, o planejamento inicial deve conter, nos itens referentes a “Treinamento”, seus usuários finais (CB, SAMU), as competências treinadas por cada uma dessas equipes, por exemplo, de conhecer e aplicar os procedimentos de emergência e utilizar equipamentos e veículos de resgate conforme descrito por Rankin et al. (2011); e como, onde e como devem ser realizados os treinamentos. Além disso, os dados do possível cenário de queda do avião deve ser descrito em “Jogo e Treinamento”, bem como os dois POPs que serão treinados.

4.3.2 Análise: do planejamento inicial à especificação do domínio e requisitos de jogo, simulação, arquitetura, treinamento e avaliação

Em seguida do planejamento inicial, em *design* de jogos há um detalhamento do jogo: pré-produção com o documento de *design* do jogo e o documento técnico de *design*. Em JSTA, este detalhamento será feito com a especificação do domínio e requisitos de jogo, de simulação, de arquitetura de simulação (se será em rede ou não), e de Treinamento e Avaliação (T&A - que inclui as competências e erros a evitar que serão treinados e avaliados), conforme ilustrado na Figura 4.7.

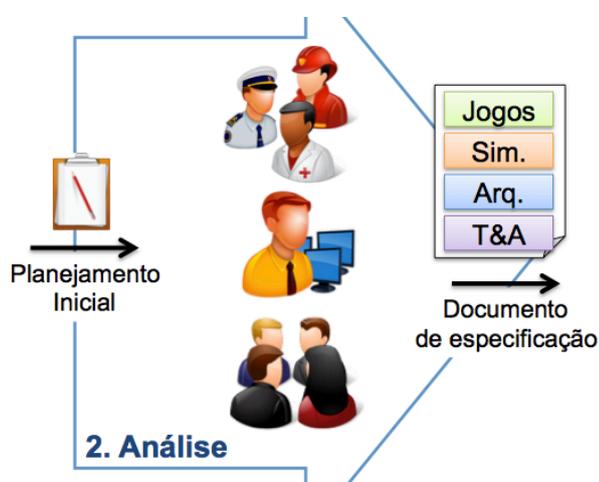


Figura 4.7 – DevJSTA: visão geral do processo (2) Análise.

Neste processo, o analista de sistema deve levantar os requisitos, junto com especialistas no domínio e outros especialistas. O analista é responsável pelos requisitos de jogos, simulações e da arquitetura do sistema; ao passo que, o treinador, o especialista em treinamentos e o pedagogo (pode haver apenas um ou todos estes profissionais envolvidos) são responsáveis pelos requisitos do treinamento; e o especialista no domínio é responsável por descrever os possíveis cenários de treinamento (que podem ser as fases do jogo e devem informar as infraestruturas, pessoas, equipamentos, veículos, objetos, e detalhes do treinamento e táticas utilizadas, que podem ser operacionais ou estratégicas, conforme Rocha et al., 2010). Estes cenários, bem como o vocabulário comum a eles, podem ser descritos por ontologias, tais como as especificadas em Rocha et al. (2010).

A análise dos requisitos do jogo deve conter todos os itens de *design* do jogo conforme documento de *design*, que inclui descrição dos personagens controlados pelos jogadores; ponto de vista pelo qual o jogador visualiza o ambiente (primeira pessoa: visualiza mundo 3D a partir dos ‘olhos’ do jogador virtual; ou terceira pessoa: visualiza constantemente o jogador

virtual); gêneros das fases do jogo; todos objetos e mapas do mundo virtual; mídias e recursos utilizados nas fases; interfaces de interação (entrada), saída, e visual; personagens não controlados pelos jogadores (*Non-Player Character* - NPCs); informações sobre pontuações e vidas; motor de jogos que será utilizado; e a jogabilidade do jogo.

Os requisitos de simulação devem conter o nível de fidelidade que cada modelo terá (correspondência de representação/abstração entre o modelo simulado e a realidade), tanto na dimensão funcional (“como o modelo funciona e se comporta?”- informações, estímulos e respostas) quanto na física (“como o modelo pode ser representado nas formas sonoras, visuais e motoras?) e psicológica (“que tipo de envolvimento e reações o modelo desperta?”- estresse, medo, etc.). Para ambientes distribuídos é necessário ainda identificar seus requisitos. Por exemplo, se o ambiente de simulação for baseado na arquitetura HLA, devem ser descritos requisitos, tais como, gerenciamento de tempo e interoperabilidade.

Os requisitos de avaliação de desempenho devem ser especificados a partir da análise dos objetivos do treinamento e das habilidades treinadas, por exemplo, se o treinamento for melhorar a integração entre equipes focando habilidades não-técnicas de comunicação, então alguns dos requisitos será capturar a voz dos aprendizes e o respectivo tempo para avaliá-la.

Um modelo de documento de especificação do domínio e requisitos foi criado a partir do documento de *design* de jogos, dos requisitos de simulação e da descrição das dimensões de erros humanos (Hollnagel, 2012; Hollnagel et al., 2011), conforme apresentado no Quadro 4.2. As métricas de avaliação devem ser criadas a partir do que se quer avaliar, assim é necessário analisar quais são os acertos e erros que podem ser realizados no treinamento. A sequência correta deve ser analisada a partir dos protocolos, procedimentos e normas existentes para a atividade a ser treinada. Os erros que podem acontecer devem ser analisados a partir das dimensões de erros humanos usando os manuais existentes e em conjunto com especialistas do domínio (por meio de entrevistas). A identificação do que pode acontecer no cenário, permitirá criar um modelo formal na próxima fase. Os elementos deste processo de análise são descritos no Apêndice A.2.

Por questão didática, os dados especificados foram tabulados de forma linear, bem como também o processo foi descrito com atividades sequenciais, entretanto, os subprocessos de análise podem acontecer paralelamente, assim como o preenchimento do modelo de documento de especificação do domínio e requisitos.

A fidelidade física é o grau em que o modelo de simulação se parece (impressões visuais, sonoras e táteis – interface, áudios e controles) com o equipamento, ambiente ou fenômeno do mundo real, ao passo que a fidelidade funcional é o grau em que o modelo de

simulação age (informações, estímulos e respostas) e reage às tarefas sendo executadas (comportamento e interatividade) comparado a este equipamento, ambiente ou fenômeno.

Quadro 4.2 – Modelo de documento de especificação do domínio e requisitos.

2. Modelo de Especificação do Domínio e Requisitos		
❖ Modelo de Especificação de Jogo		
➤ Níveis		
Gêneros das fases		
Outras mídias utilizadas nas fases do jogo		
Mundo do jogo e mapas		
Descrição das fases		
➤ Interfaces		
Interface de interação (entrada) e saída	<i>Entradas, saídas</i>	
Interface visual	<i>Interface ativa, e interface passiva (durante toda a fase e acionada ao longo das fases)</i>	
➤ Personagens		
Personagens		
Ponto de vista	<i>(Primeira ou terceira pessoa)</i>	
Personagens não jogadores (NPCs)		
➤ Jogo		
Pontuações e vidas		
Motor de jogos		
Recursos utilizados na criação do jogo	<i>(tais como, áudio, texturas, imagens, objetos 3D, animações, etc.)</i>	
Descrição sobre a jogabilidade		
❖ Modelo de Especificação de Simulação		
➤ Nível de fidelidade - Dimensão Funcional		
Informações iniciais fornecidas	<i>(para cada cenário)</i>	
Forma de apresentação das informações iniciais		
Ações esperadas do aprendiz para concluir a tarefa		
Modos de interação	<i>Interação com o ambiente virtual 3D, interface 2D, teclado</i>	
Resultados das ações	<i>Representações 3D/animações, sistema de partículas informação textual, efeitos sonoros</i>	
Ações erradas que o aprendiz poderá cometer e o resultado destes erros		
<i>Feedback</i> de alerta		
<i>Feedback</i> de fim da fase (resultado da fase)		
Relatório no final da fase	<i>Dados do cenário e do treinamento realizado</i>	
➤ Nível de fidelidade - Dimensão Física		
Mundos	Características	
Cenário 1		
...		
Cenário n		
Objetos principais	Arte	Áudio
Objeto 1		
...		
...		
Objeto n		

➤ Nível de fidelidade - Dimensão Psicológica		
Tipo de envolvimento e reações que devem ser despertadas		
Como alcançar envolvimento/reações		
❖ Modelo de Especificação da Arquitetura		
➤ Cliente		
Plataforma de distribuição	<i>(Computador/sistemas operacionais, console, on-line, e/ou portatéis/tipos)</i>	
Modo de jogador	<i>Nro de pessoas (um, dois, multi) e Forma de acesso (local, rede, on-line);</i>	
Hardwares necessários para execução	<i>Processador, memória RAM, resolução de vídeo, placa de vídeo, espaço livre em disco, sistema operacional</i>	
Softwares necessários para execução	<i>Navegador, plug-in, etc.</i>	
➤ Servidor		
Hospedagem	<i>Web, servidor, processador, memória RAM, espaço em disco, sistema operacional, velocidade de rede do servidor, linguagem</i>	
Banco de dados		
Protocolo de interoperabilidade		
Arquitetura de suporte e reuso	<i>Arquitetura utilizada, reuso, elementos que devem ser integrados, elementos interoperáveis</i>	
❖ Modelo de Especificação de Treinamento e Avaliação		
➤ Erros humanos a serem avaliados no protocolo sendo treinado		
Dimensões dos erros humanos	Erros	Consequências
Tempo: ação realizada cedo ou tarde demais, ou omitida		
Duração: ação foi curta ou longa demais		
Distância: objeto ou controle foi movido para perto ou longe demais		
Direção: ação foi realizada na direção errada		
Velocidade: ação foi realizada devagar ou rápida demais		
Força e pressão: ação foi realizada com pouca ou muita força ou pressão		
Objeto: ação foi realizada com objeto errado; no objeto errado (parte ou todo); objeto pode estar perto, ser similar ou não		
Sequência: erros na ordem das ações que podem variar:		
<i>-Repetição:</i> uma parte da sequência é repetida por erro		
<i>-Omissão e esquecimento:</i> uma parte da sequência foi esquecida ou pulada		
<i>-Inversão:</i> duas partes da sequência são trocadas		
<i>-Ações erradas;</i> ações feitas são irrelevantes ou incorretas		

Por exemplo, para o cenário de incêndio em residência, os requisitos de *design* de jogos são bombeiros, residências, vítimas, quando houver, e objetos relacionados que integram o mundo do jogo; botões na tela e dispositivos de teclado e *mouse* como interface de

interação; áudio, texturas, modelos 3D e animações como recursos. Os requisitos de simulação incluem apresentar as informações iniciais necessárias para a realização do treinamento e incluir todas as ações e reações da realização do protocolo no ambiente simulado (interações com a simulação, avaliação e *feedback* visual, sonoro e textual) inclusive as que podem causar erros. Os requisitos de medição de desempenho compreendem capturar as interações do aprendiz com a simulação, seus tempos, seus parâmetros (por exemplo, se a interação for acionar jato de água, então os parâmetros serão o tempo, a posição, a direção, a vazão e pressão, etc.) e os resultados do treinamento.

4.3.3 Projeto: transformando requisitos em projeto (modelos, diagramas, arquitetura de suporte e programa de treinamento)

Na terceira fase, os requisitos devem ser analisados para projetar o documento de *design* do jogo (estrutura e funcionalidades), os modelos de simulação (comportamentos e avaliação), o ambiente de simulação distribuída e banco de dados, e o programa de treinamento. Estes documentos são interdependentes e vários artefatos podem ser usados para representá-los. Como no desenvolvimento do JSTA, há a participação de equipes multidisciplinares, então os artefatos devem ser de fácil compreensão por todos envolvidos. Nesta fase, o analista de sistema e o *designer* devem elaborar o projeto do JSTA a partir da especificação do domínio e requisitos, e de documentos do domínio (procedimentos, POP, normas, protocolos, documentações treinamentos reais, vídeos e todos os recursos disponíveis), em conjunto com o treinador e especialistas no domínio.

Dados os quatro diferentes tipos de requisitos, sugere-se projetar e documentar cada um deles: *design* do jogo, *design* do modelo de simulação, *design* do ambiente de simulação (federação) e banco de dados, e programa de treinamento, conforme ilustrado na Figura 4.8. Estes quatro projetos são interdependentes para criar o JSTA. Na metodologia são definidos subprocessos para converter os requisitos em artefatos de projetos: ontologias, *storyboards*, modelos formais (DEVS - Especificação de evento discreto, DFA - Autômato determinístico finito, e FIS - Sistema de Inferência *Fuzzy*) e diagramas; que devem ser usados conforme descritos a seguir. Os elementos deste processo de projeto são descritos no Apêndice A.3.

Oito ontologias foram criadas e são descritas em Rocha et al. (2009), para definir cenários de simulação: federação (que define conceitos para descrever a composição de todos os federados), federados (que define conceitos para descrever a composição dos objetos), infraestrutura, pessoa, equipamento, veículo, treinamento (por exemplo, de emergência) e

tática. Conforme é ilustrado na Figura 4.9, as ontologias são integradas para definir os objetivos, as suposições, o cenário, os personagens e os objetos dos ambientes virtuais, bem como as estratégias aplicadas (táticas) e os eventos que podem ocorrer durante a simulação.

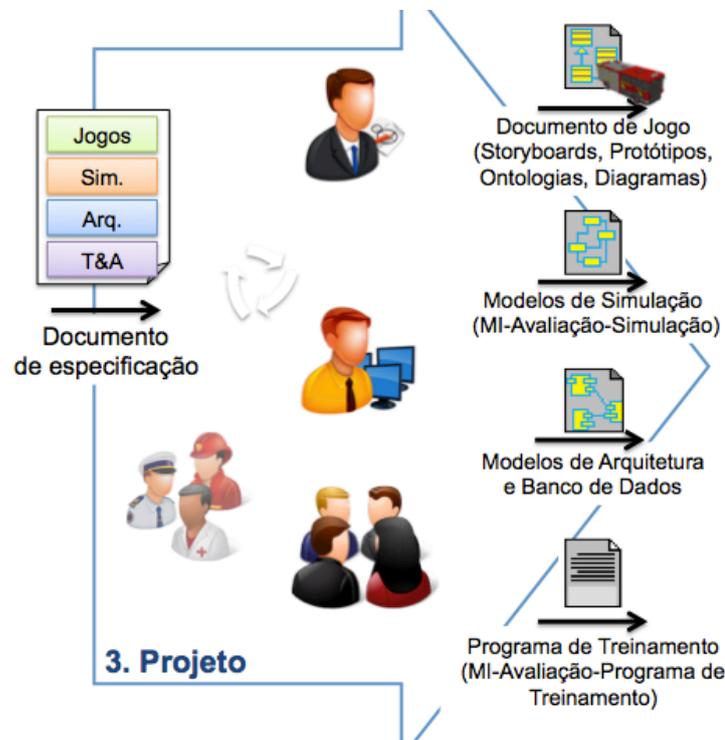


Figura 4.8 – DevJSTA: visão geral do processo (3) Projeto.

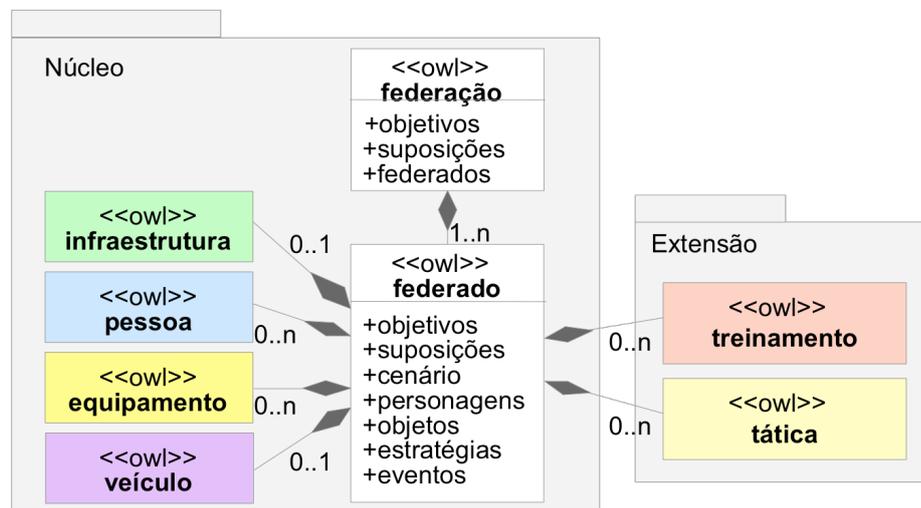


Figura 4.9 – Ontologias integradas para descrição do cenário (adotado de Rocha et al., 2010).

As ontologias foram criadas utilizando o editor Protégé e a linguagem de descrição de ontologias OWL-DL, inicialmente em conjunto com o trabalho de mestrado de Campos (2009), e depois estendidas para os projetos de Rocha (2009) e Rocha et al. (2009; 2010). As consultas e inferências às ontologias foram implementadas em linguagem Java utilizando o

framework Jena e a linguagem de consulta SPARQL. Com elas é possível descrever semanticamente o cenário de treinamento (objetivos, suposições, infraestrutura, personagens, objetos e veículos) e instanciar as relações do treinamento (por exemplo, a emergência que ocorrerá) e suas táticas de combate (por exemplo, o protocolo de tática que será utilizado).

Os *storyboards* devem ser usados para projetar o cenário em conjunto com os protocolos do jogo. Eles devem ser usados colaborativamente entre diferentes equipes, para auxiliar o entendimento do cenário e treinamento pois possibilitam descrever as interfaces de interação e fluxo de ações. Ferramentas de construção de *storyboards*, do tipo de *ComicLife*®, *Bubblr*®, *The Tarquin Engine*®, podem ser utilizadas para esboçar todo o cenário, seus objetos e personagens. Os *storyboards* foram utilizados conforme descrito no trabalho de Rankin et al. (2011), porém em conjunto com os POPs ou regras e normas que permitem descrever procedimentos básicos para as atividades a serem treinadas que são validados com os especialistas quando não há o POP específico. Os POPs são padronizações das funções desempenhadas em uma organização, que possibilitam diversos benefícios, tais como, a melhoria da produtividade, a facilitação do treinamento e condução de avaliação de desempenho, encorajando um processo de melhoria contínua (Grusenmeyer, 2003). POPs e *storyboards* possibilitam compartilhar e adaptar ideias durante o processo de *design*, além de capturar o conhecimento do domínio pela integração com o especialista (Rankin et al., 2011).

Os diagramas baseados na Linguagem de Modelagem Unificada (*Unified Modeling Language*TM - UML®) devem ser utilizados para representar modelos estruturados e/ou comportamentais. Um diagrama baseado no diagrama estruturado de classe UML foi criado para integrar diferentes características de um objeto simulado (“diagrama integrador objeto jogo- simulação”): arte, áudio, programação e interface, conforme apresentado na Figura 4.10. Ele deve ser utilizado para descrever os atributos e funções de cada objeto simulado, as características e representação de arte, interface e áudio, tais como animações, movimentações e renderizações, dispositivos e comandos de entrada e saída.

Modelos e diagramas comportamentais UML podem ser utilizados para descrever os comportamentos de cada objeto simulado no cenário, tais como, quadro de força, botijão de gás, explosão. Ferramentas de modelagem UML, do tipo *ASTAH*®, *ArgoUML*®, *StarUML*®, podem ser utilizadas para modelá-los.

Modelos formais (tais como DEVS, DFA, FIS) devem ser utilizados para modelagem do comportamento do procedimento de treinamento (por exemplo, ataque indireto ao incêndio) e inclusão dos pontos de avaliação do desempenho (principalmente a realização da sequência do procedimento é avaliada usando estes modelos formais). O modelo formal

possibilita identificar os pontos de avaliação e ações tomadas pelo aprendiz, por meio dos seus estados e transições. Quando o aprendiz faz uma ação, isto corresponde a uma transição que leva a um novo estado que pode ser correto ou incorreto, e o aprendiz recebe este *feedback* (por exemplo, ocorrência de uma explosão). Neste caso, DEVS (Especificação de Evento Discreto) e DFA (Autômato Determinístico Finito) são utilizados para modelar estados e transições bem definidas (o primeiro quando envolve tempo e o segundo quando não), e FIS (Sistema de Inferência *Fuzzy*) para modelar transições imprecisas (por exemplo, em um incêndio), conforme é descrito na Seção 4.4. Ferramentas de modelagem de autômatos e sistemas de evento discreto podem ser utilizadas para modelar DFA (tais como, *JFLAP*®, *Automata Editor*® e *Automaton Sim*®) e DEVS (tais como, *DEVSJava*® e *CD++ Toolkit*®).

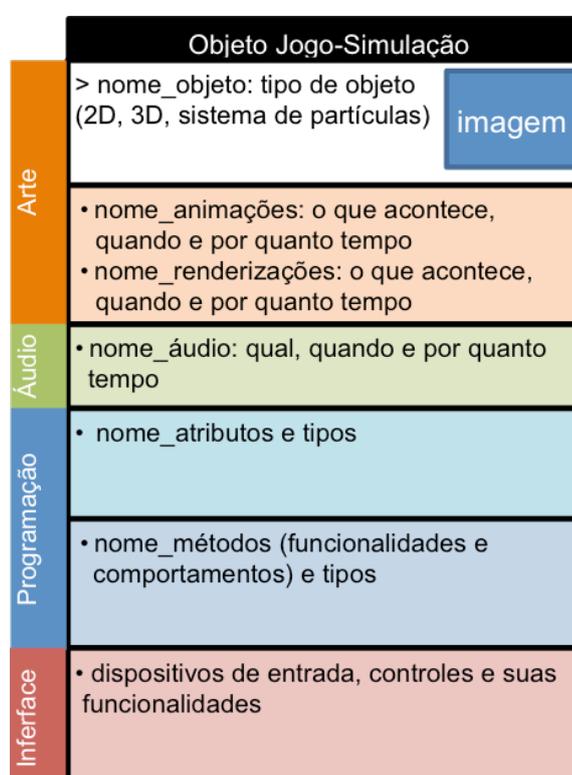


Figura 4.10 – Diagrama integrador objeto jogo- simulação: representação estruturada das características de arte, áudio, programação e interface do objeto simulado.

O programa de treinamento, que pode ser realizado seguindo normas como a NBR ISO 10015 (ABNT, 2001), deve contemplar cada treinamento com seus dados e requisitos, descrevendo que o método de treinamento será por meio de jogo sério. Deve ser especificado também o programa de treinamento, com objetivos, público alvo, metodologia e conteúdo, critérios para avaliação dos resultados do treinamento, etc. Além disto, um modelo integrador avaliação- programa de treinamento foi criado para planejar a aprendizagem gradual e as avaliações do progresso de desempenho em um programa de treinamento, conforme é

apresentado na Seção 4.5. Para isto são usados a teoria de Kolb, a taxonomia de Bloom e os diversos tipos de avaliação. Este programa de treinamento (jogo sério completo) é composto por várias fases com as simulações interativas e outros jogos simples 2D que possibilitam diferentes experiências ao aprendiz.

Jogos contemplam em sua essência alguns conceitos que apoiam o aprendizado. Entretanto, muitas vezes quando jogos sérios são projetados, esses conceitos são negligenciados ou esquecidos, focando apenas na construção do conteúdo (Engström et al., 2011; Marklund, 2013). Assim, foram estabelecidos critérios que visam apoiar a adequação entre conteúdo, simulação, jogo, treinamento/aprendizagem e avaliação, a partir de teorias e trabalhos relacionados. Estes critérios estão descritos no Apêndice B, agrupados por subprodutos a serem projetados: cenários, fases, objetivos e desafios, instruções e informações, interface e controle, participação e autonomia do aprendiz, avaliação e *feedback*.

4.3.4 Implementação: modelando e desenvolvendo os artefatos do JSTA

Na fase de implementação todos os recursos de software necessários são modelados e implementados: arte (desenho, modelagem, texturização e animação), programação (motor, ferramentas, gráfico, rede, IA, áudio, física, interface) e áudio (Novak, 2010), utilizando os documentos de *design* da fase anterior, conforme ilustrado na Figura 4.11. As animações e movimentações (tais como, animações de personagens e movimentações de portas e janelas) e os sistemas de partículas (por exemplo, para o incêndio, jato de água, explosão) devem ser criados e programados também, bem como as tabelas do banco de dados.

Nesta fase, espera-se que os profissionais envolvidos da equipe de desenvolvimento, realizem suas funções comuns ao desenvolvimento de jogos seguindo o projeto especificado na fase anterior (composto das 4 partes). Estes profissionais são programadores que implementarão o código baseando-se nos diagramas, modelos e documentação disponível. Artistas, modeladores 3D e animadores desenharão e modelarão os personagens e objetos do cenário e criarão suas animações e movimentos baseados nos *storyboards* e documentos. *Designers* de som criarão os recursos de áudio e músicas baseados no projeto. A equipe pode ter também diretores que administram e supervisionam a implementação do jogo, além de serem responsáveis pela equipe, *software* e *hardware* utilizados; e produtores que gerenciam a qualidade, o orçamento, o tempo e os prazos de cada projeto (Novak, 2010). Os elementos deste processo de implementação são descritos no Apêndice A.4.

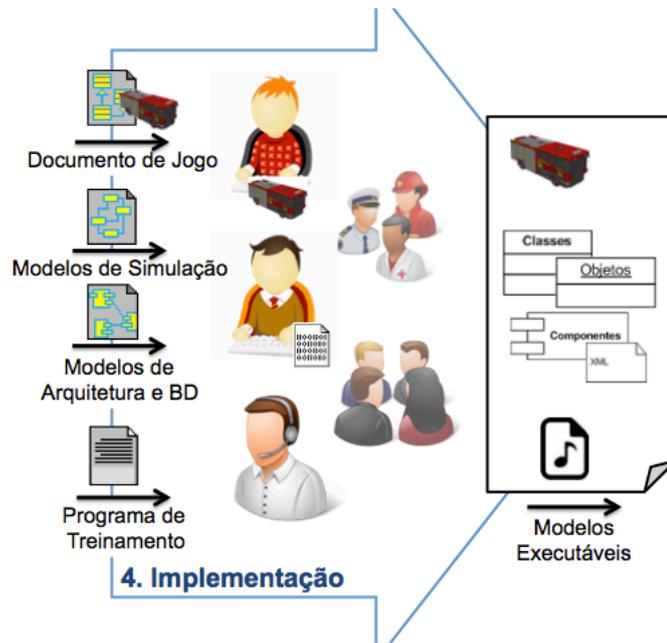


Figura 4.11 – DevJSTA: visão geral do processo (4) Implementação.

4.3.5 Integração e Teste: dos artefatos ao JSTA completo e testado

No processo de Integração e Teste (elementos descritos no Apêndice A.5) são integrados os submodelos desenvolvidos individualmente ou reusados, tais como, aplicações de membros (federados) em simulações distribuídas, e até mesmo objetos e recursos em jogos (tais como, cenários 2D/3D com classes, objetos e banco de dados). São realizados testes (tais como, testes de interface e interação, de colisão, de efeitos sonoros e de jogabilidade), para posterior uso pelos usuários finais. Nesta fase, os principais atores são os programadores, que realizam as integrações necessárias, e testadores do JSTA, conforme ilustrado na Figura 4.12.

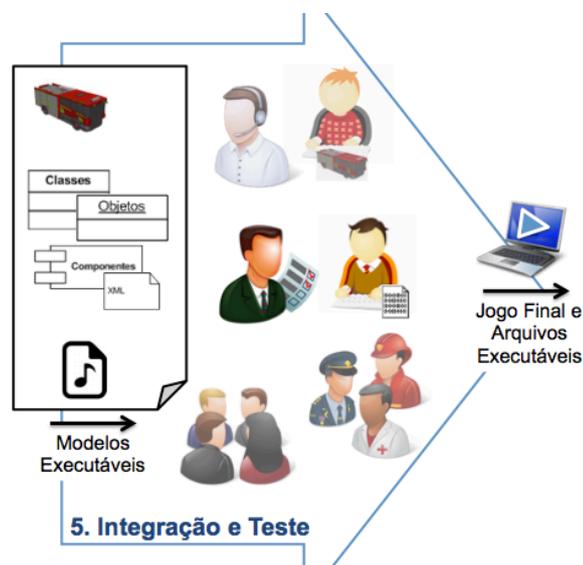


Figura 4.12 – DevJSTA: visão geral do processo (5) Integração e Teste.

4.3.6 Execução: treinamento e medição de desempenho com o JSTA

Em jogos, muitas metodologias compreendem apenas etapas de pré-produção e produção, pois quando os jogos são lançados não há um controle e gerenciamento de suas execuções. Assim, quando há pós-produção, ela é para lançar versões e correções ou arquivar os produtos criados e as lições aprendidas. Já as metodologias de M&S compreendem a pré-execução (produção), execução (captura os dados de saída para avaliação) e pós-execução (avaliação), nas quais a execução e pós-execução são processos realizados na pós-produção.

Como o objetivo da metodologia proposta é desenvolver jogos sérios para fins de treinamento e avaliação, é necessário o controle e gerenciamento dos treinamentos para posterior análise e *feedback*. Assim, o processo de execução da simulação (um ou mais modelos) deve ser também representado. Neste caso, este processo de execução pode ter a presença de um instrutor, envolver mais do que um nível do jogo, ou a execução de vários modelos de simulação ou jogos.

Os aprendizes são quem executam este processo, realizando o treinamento por meio da interação com o JSTA, e os instrutores acompanham este treinamento fornecendo apoio e avaliando-os (pode haver também a presença do treinador, pedagogo e psicólogo), conforme ilustrado na Figura 4.13. Além disto, o próprio JSTA coleta os dados, realiza a medição de desempenho humano durante toda a sua execução, e fornece *feedback* imediato além da avaliação ao final de cada fase. Os elementos deste processo de execução são descritos no Apêndice A.6.



Figura 4.13 – DevJSTA: visão geral do processo (6) Execução.

4.3.7 Avaliação: de desempenho e do treinamento

Os instrutores devem acompanhar os aprendizes e avaliar seus desempenhos durante e depois da execução do treinamento, apoiados pelas avaliações oferecidas pelo JSTA. Além da avaliação do treinamento dever ser feita também uma avaliação dos modelos de simulação para sua melhoria. Relatórios de avaliação também podem ser gerados para outros interessados, tais como, aprendiz, treinador e organização, conforme ilustrado na Figura 4.14. Os elementos deste processo de avaliação são descritos no Apêndice A.7.



Figura 4.14 – DevJSTA: visão geral do processo (7) Avaliação.

4.3.8 Verificação e Validação

Assim como *software*, os JSTAs precisam ser verificados e validados com os requisitos e dados do mundo real, ao contrário dos jogos que geralmente são testados a partir de suas especificações de concepção. As verificações e validações do modelo de simulação, referentes a validade representacional e comportamental, devem ser conduzidas durante o processo de desenvolvimento e não somente ao final (Balci, 2011; Roza et al., 2010; Roza, Voogd e Sebalj, 2012; Sargent, 2010). Estas verificações e validações no final de cada processo servem como pontos de controle na metodologia. Nelas, os artefatos são avaliados se foram produzidos corretamente e conforme as necessidades do mundo real (uso intencionado). Neste trabalho não são detalhados procedimentos e técnicas de verificação e

validação, porém eles podem ser consultados em Whitner e Balci (1989) e Balci (2003).

Por outro lado, a validação educacional do JSTA é realizada pelos aprendizes durante e após o treinamento, conforme ilustrado na Figura 4.15. Na metodologia são incluídas verificações, validações representacionais e comportamentais da simulação, validações educacionais do JSTA e avaliações nos níveis 1 e 2 do programa de avaliação de Kirkpatrick, conforme apresentado na Figura 4.16. Os elementos deste processo de verificação e validação são descritos no Apêndice A.8.



Figura 4.15 – DevJSTA: visão geral do processo (8) Verificação e Validação.

As verificações e validações compreendem todo o desenvolvimento de *software*, bem como o processo de treinamento e de avaliação, pois os resultados da execução do treinamento devem ser utilizados para melhorar o JSTA criado.

O diagrama apresentado na Figura 4.16 ilustra uma visão geral das relações e dependências entre os processos. Entretanto, por questões de limitações de tempo, as avaliações e validações previstas para serem realizadas no estudo de caso apresentado no próximo capítulo apenas compreendem os efeitos imediatos do treinamento, que corresponde a avaliação da aprendizagem e da reação do aprendiz ao treinamento. A legenda deste diagrama é apresentada na Figura 4.17.

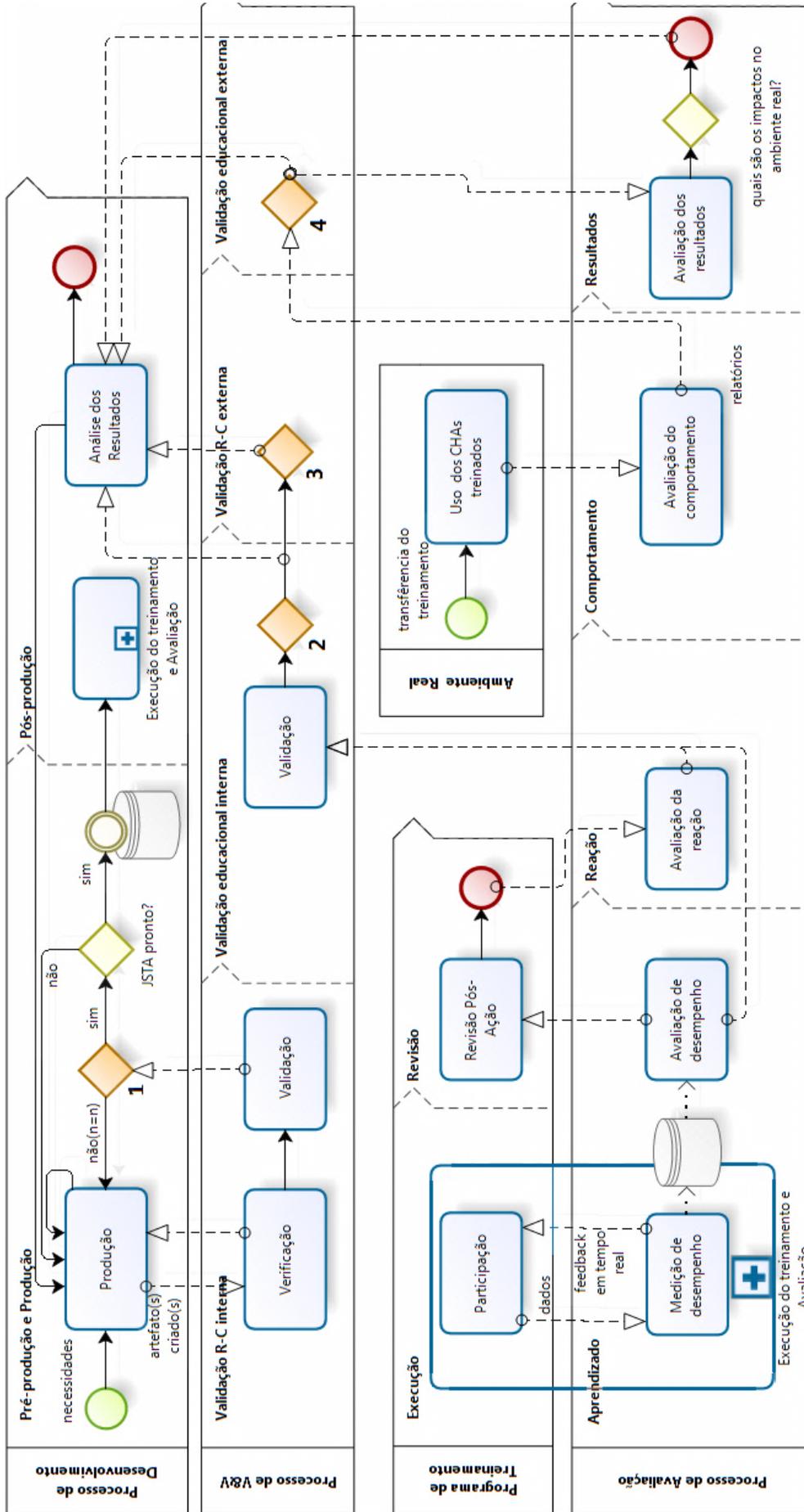


Figura 4.16 – Diagrama dos processos de validações e avaliações durante o desenvolvimento e treinamento usando JSTA.

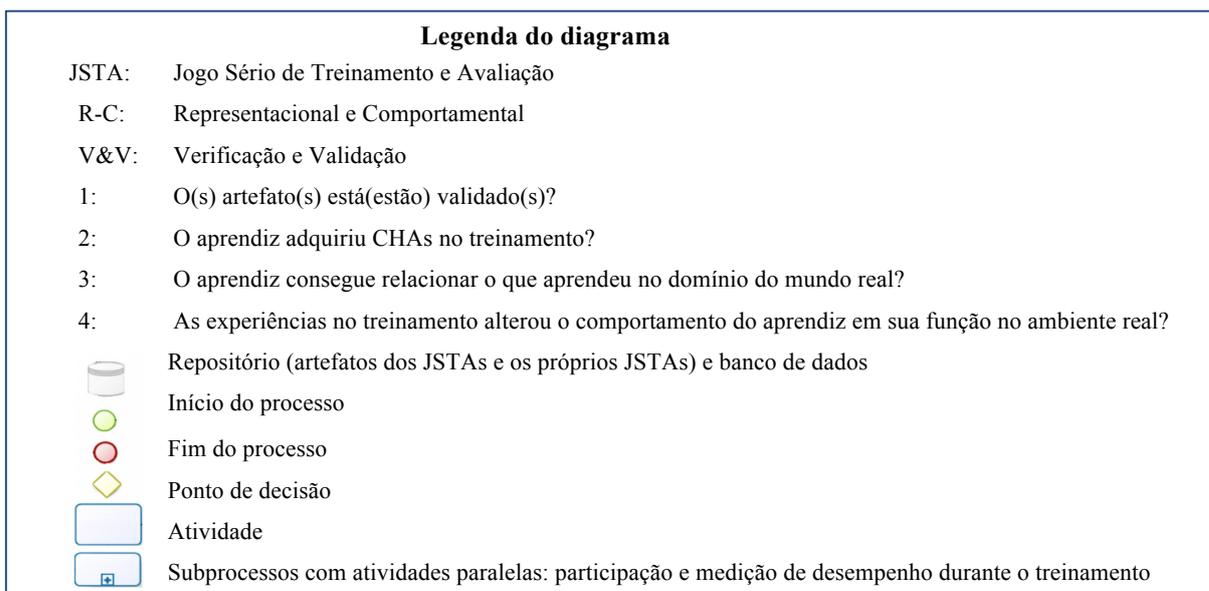


Figura 4.17 – Legenda do diagrama dos processos de validações e avaliações.

4.4 Modelos Integradores Avaliações- Simulações de Treinamento

As identificações e criações dos modelos integradores avaliações- simulações de treinamento envolveram inicialmente as análises e especificações de seis diferentes cenários de treinamento (Rocha, 2012), seguidas de projetos e modelagens de 12 simulações na disciplina DIS 1/2012 e de oito na DIS 1/2013. Como resultados, foram identificados e utilizados três diferentes modelos formais: sistema de evento discreto (DEVs), autômato determinístico finito (DFA) e sistema de inferência *Fuzzy* (FIS); e foram criados três diferentes componentes para processa estes formalismos (Rocha, Campos e Araujo, 2011), os quais estão descritos na Subseção 4.6.2. Estes modelos formais foram satisfatórios para a modelagem de treinamentos operacionais no domínio de preparação e resposta a emergências, entretanto, caso necessário podem ser adicionados outros modelos para abranger outros tipos de treinamentos ou domínios.

Os modelos integradores avaliação- simulação de treinamento visam permitir a modelagem de simulações interativas usando modelos formais (DEVs, DFA, FIS) e procedimentos-padrão. Estes modelos contêm pontos de avaliação e *feedback* dos modos de erros humanos, possibilitando avaliar e fornecer *feedback* durante e após cada fase do treinamento. Estas simulações interativas vão compor as fases do jogo sério. A seguir são descritos como estas simulações devem ser formalizadas utilizando DFA e DEVs. Os procedimentos para modelá-las estão descritos no Apêndice A.3.

4.4.1 Autômato finito determinístico

“Um autômato finito determinístico (*Deterministic Finite Automaton - DFA*) possui um conjunto de estados, e seu ‘controle’ se desloca de estado para estado em resposta a entradas externas” (Hopcroft, Ullman e Motwani, 2002). Ele é representado formalmente por $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, onde: Q é um conjunto de estados finitos, não vazio; Σ é um alfabeto de entrada finito; $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$ é a função de transição; $q_0 \in Q$ é o estado inicial; $F \subseteq Q$ é o conjunto de estados finais, ou de aceitação.

Para criar o modelo integrador avaliação- programa de treinamento usando DFA, devem ser definidos: (1) como a simulação começa: estado inicial; (2) quais são as ações que o aprendiz pode fazer, de acordo com o POP: transições do DFA; (3) quais são as consequências destas ações: estados da simulação (estas consequências incluem as animações 3D, *feedback* de áudio, texto, imagens, etc.); e (4) quando e como a simulação pode terminar: estados finais. Estas informações definidas no modelo integrador representam no DFA:

- Q - estados finitos: Quais são os estados do sistema?
- Σ - alfabeto de entrada: Quais ações o aprendiz pode realizar?
- δ - função de transição: O que acontece quando o aprendiz fizer uma ação em um dado estado?
- q_0 - estado inicial: Como o jogo começa?
- F - estados finais: Qual é o conjunto de estados finais do jogo (corretos e incorretos)?

Os DFAs podem ser especificados pela tupla de cinco elementos $(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, ou por um diagrama de transições (que é um grafo), ou por uma tabela de transições (que é uma listagem tabular da função $\delta: Q$ (conjunto de estados) $\times \Sigma$ (símbolos de entrada) $\rightarrow Q$) (Hopcroft, Ullman e Motwani, 2002). No diagrama de transições, cada estado Q possui um nó correspondente; a função de transições define os arcos entre os nós e seus rótulos; há uma seta que não se origina em nenhum nó que identifica o estado inicial; e os estados finais são identificados por um círculo duplo e os outros têm um único círculo. Na tabela de transições, as linhas correspondem aos estados e as colunas correspondem às entradas. Assim, a entrada para a linha e coluna correspondentes ao estado q e entrada a é o estado $\delta(q, a)$. As atividades do subprocesso 3.1 descritas no Apêndice A.3 apresentam um procedimento para criar um modelo integrador avaliação- simulação de treinamento usando DFA. Além disto, foi desenvolvido um componente genérico, descrito na Subseção 4.6.2, para processar este modelo com as entradas descritas em metadados padronizados.

4.4.2 Sistema de evento discreto

Sistema de evento discreto é uma extensão de um autômato finito com definição de tempo para cada estado (Wainer, 2009). Nele, as variáveis de estado mudam quando os eventos ocorrem em pontos discretos do tempo. A especificação de evento discreto (*Discrete Event System Specification - DEVS*) descreve como especificar autômatos por eventos discretos (Zeigler, 1976), formalmente representada por $M = (X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta)$, onde: X é um conjunto de valores de entrada; S é um conjunto de estados; Y é conjunto de valores de saída; $\delta_{int}: S \rightarrow S$ é uma função de transição interna; $\delta_{ext}: Q \times X \rightarrow S$ é função de transição externa (na qual “ $Q = \{(s, e) \mid s \in S, 0 \leq e \leq ta(s)\}$ ” é o conjunto de estados totais; e “ e ”: é o tempo decorrido desde a última transição); $\lambda: S \rightarrow Y$: função de saída; e “ ta ” é função de avanço do tempo.

Para criar o modelo integrador avaliação- programa de treinamento com avanço de evento discreto, devem ser definidos: (1) como a simulação começa: estado inicial; (2) quais são as ações que o aprendiz pode fazer de acordo com o POP: que são as transições do DEVS; (3) quais são os estados do sistemas; (4) o que acontece quando atingir um dado tempo em um dado estado: função de transição interna; (5) quais são os resultados das ações do aprendiz em cada estado: função de transição externa; (6) quando e quais valores e resultados saem do sistema quando ele terminar: que são os valores e a função de saída; e (7) Quais são os tempos que influenciam o sistema. Estas informações descritas no modelo integrador são no DEVS:

- X - valores de entrada: Quais são as ações que o aprendiz pode fazer?
- S - conjunto de estados: Quais são os resultados destas ações (estados do sistema)?
- Y - conjunto de valores de saída: Quais são os valores de saídas?
- δ_{int} - função de transição interna: O que acontece quando atingir um dado tempo em um dado estado?
- δ_{ext} - função de transição externa: O que acontece quando o aprendiz fizer uma ação em um dado estado?
- λ - função de saída: Que resultados saem do sistema?
- ta - função de avanço do tempo - Quais tempos influenciam o sistema?

Um DEVS também pode ser especificado por um diagrama de transições, no qual para cada transição (evento) há a definição do tempo que ele ocorrerá. O procedimento para se criar um modelo integrador avaliação- simulação de treinamento usando DEVS é descrito no subprocesso 3.1 do Apêndice A.3. Na Subseção 4.6.2 é descrito o componente genérico

criado para processar este modelo com as entradas descritas em metadados padronizados.

4.4.3 Sistema de inferência *Fuzzy*

A teoria dos conjuntos difusos ou *Fuzzy* visa modelar informações ditas vagas ou imprecisas (Zadeh, 1965). Para isso, foram criados novos parâmetros conceituais relacionados à teoria dos conjuntos matemáticos. Na lógica difusa, ou lógica *Fuzzy*, uma premissa pode variar de zero a um em grau de verdade, o que pode resultar em parcialmente falso ou parcialmente verdadeiro.

Os conjuntos *Fuzzy* são representados por variáveis linguísticas (por exemplo, oxigênio), os quais são compostos por termos linguísticos (por exemplo, fraco, baixo, médio e alto) (IEC, 1997). Cada termo linguístico é descrito por uma função de pertinência μ , que é descrita como valores numéricos entre zero e um. Cada conjunto *Fuzzy* pode ser matematicamente definido por $M = \{(x_1, M(x_1)), (x_2, M(x_2)), \dots, (x_n, M(x_n))\}$, $x_i \in G$ (universo de discurso) e $i = 1, 2, \dots, n$. Por exemplo, conforme é apresentado na Figura 4.18, variável linguística: oxigênio; universo de discurso: $G = [0, 21]$; termos linguísticos: (fraco, baixo, médio e alto); conjuntos *Fuzzy*: $M(\text{fraco}) = \{(0,1) (7,1) (9,0)\}$, $M(\text{baixo}) = \{(7,0) (9,1) (15,1) (17,0)\}$, $M(\text{médio}) = \{(15,0) (17,1) (19,1) (21,0)\}$, $M(\text{alto}) = \{(19,0) (21,1)\}$.

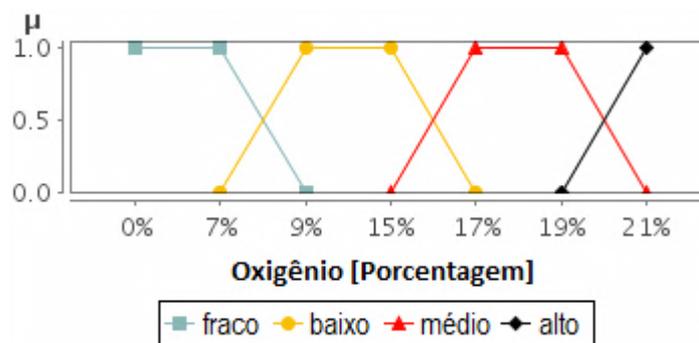


Figura 4.18 – Exemplo de variável linguística e conjuntos *Fuzzy*.

Um sistema de inferência *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System* - FIS) está baseado em três operações: fuzzyficação, inferência e defuzzyficação, conforme é mostrado na Figura 4.19: (1) Fuzzyficação: os dados de entrada são relacionados com suas respectivas variáveis linguísticas; (2) Inferência: a inferência é feita usando as regras *Fuzzy* da base de regras. As regras *Fuzzy* podem ser descritas em texto por R_k : se “condição A_k ” então “conclusão B_k ” (IEC, 1997). A base de regras contém o conhecimento empírico que deve ser modelado em

conjunto com os especialistas do domínio. A inferência consiste em três subfunções: agregação, ativação e acumulação (esquema de inferência Mamdani que é amplamente utilizado); (2.1) Agregação: se a condição consiste em uma única subcondição, então o grau da condição corresponde à condição. No entanto, se a condição consiste em uma combinação de várias subcondições, então o grau deve ser determinado por agregação dos valores individuais. E se uma combinação "E" de subcondições existir, então o grau é calculado por meio do operador "E" da lógica *Fuzzy*; (2.2) Ativação: na conclusão, as subconclusões se relacionam com as variáveis de saída. O grau de pertinência da conclusão é então determinado com base no grau da condição determinada na agregação (Conclusão se A então B); (2.3) Acumulação: os resultados das regras são combinados para obter um resultado global. A inferência fornece um conjunto *Fuzzy* ou sua função de pertinência como resultado; (3) Defuzzyficação: o resultado do processo de inferência tem que ser convertido em valores numérico (*crisp*). Assim, o número *crisp* a ser determinado (geralmente um número real) deve fornecer uma boa representação da informação contida no conjunto *Fuzzy*.

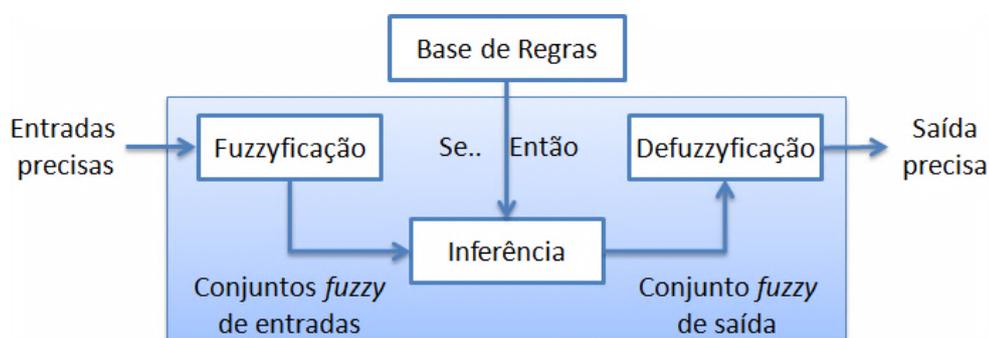


Figura 4.19 – Visão geral de um sistema de inferência *Fuzzy*.

Para criar o modelo integrador avaliação- programa de treinamento com informações imprecisas, devem ser definidos: (1) quais são as variáveis linguísticas (entradas precisas, tais como, temperatura, oxigênio, fumaça, etc.); (2) quais são os termos linguísticos (por exemplo, baixo, médio e alto); (3) quais são os conjuntos *Fuzzy* (por exemplo, $M(\text{fraco}) = \{(0,1) (7,1) (9,0)\}$, $M(\text{baixo})$); e (4) quais são as regras *Fuzzy* que compõem a base de regras (por exemplo, *IF* “oxigênio é fraco” *AND* “... (outras variáveis) ...” *THEN* “incêndio é queima lenta”). Estas informações definidas no modelo integrador representam no FIS:

- Variáveis linguísticas: Com quais objetos (e suas funcionalidades) que o aprendiz pode interagir?
- Termos linguísticos e conjuntos *Fuzzy*: Quais são os valores imprecisos de cada objeto?

- Base de regras *Fuzzy*: Quais são os resultados do processo de inferência, dadas as ações do aprendiz?

Além disto, tem que definir: (1) os valores das variáveis no início do jogo e (3) o conjunto de resultados de inferência que levam ao fim do jogo (de modo correto e incorreto). Dessa forma, a cada interação do aprendiz é feita uma nova inferência que pode ocasionar em resultados distintos que terminam ou não o jogo.

O procedimento para se criar um modelo integrador avaliação- simulação de treinamento usando FIS é descrito no subprocesso 3.1 do Apêndice A.3. Além disto, na Subseção 4.6.2 é descrito o componente genérico criado para processar este modelo com as entradas descritas com a linguagem de controle *Fuzzy FCL (Fuzzy Control Language)*, que é definida pelo IEC 1331 parte 7 (IEC, 1997).

4.5 Modelo Integrador Avaliações-Programa de Treinamento

Durante a fase de programa de treinamento é realizado um planejamento das atividades e simulações que serão realizadas pelos aprendizes para capturar a progressão do treinamento durante um processo. Para definir essas atividades, a taxonomia de Bloom e as teorias de Kolb podem ser utilizadas para diversificar e aumentar a complexidade das atividades do processo de ensino-aprendizagem, além de utilizar múltiplos tipos de avaliações. A taxonomia de Bloom é uma teoria instrucional que visa garantir a aquisição dos objetivos de aprendizagem por meio da estruturação de atividades para aprendizagem incremental. Ao passo que, as teorias de Kolb visam garantir a aprendizagem experiencial e discriminar estratégias particulares de aprendizagem.

Um modelo que integra essas teorias e os tipos de avaliações foi estruturado em conjunto com o trabalho de mestrado de Rocha (2013; Rocha et al., 2011) e estendido neste trabalho para abranger todo o processo de treinamento dentro do ambiente virtual do JSTA, bem como as avaliações do programa de treinamento (níveis 1 e 2 do modelo de avaliação de Kirkpatrick). Esse modelo suporta o planejamento de atividades e avaliações durante todo o processo de ensino-aprendizagem utilizando recursos, tais como, simulações 3D, jogos simples 2D, vídeos, formulário de avaliação. O programa de treinamento foi estruturado em sete fases que devem conter atividades com objetivos bem definidos, que sejam desafiadoras e com complexidade progressiva, que explorem a aprendizagem experiencial e inclua diferentes

recursos, além de incluir diferentes tipos de avaliações e fornecer *feedback*. Estes requisitos são abrangidos na metodologia utilizando teorias e trabalhos correlatos que possibilitam explorá-los na criação das fases, conforme apresentado no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Critérios para a criação de fases no modelo integrador avaliações - programa de treinamento.

CRI TÉ RI OS	Descrever objetivos com desafios claros e graduais	Criar atividades que explorem aprendizagem experiencial e diversificada	Avaliar desempenho humano de modo amplo	Avaliar se Programa de Treinamento satisfaz objetivos	Fornecer <i>Feedback</i>
Fases /Ref.	<i>Níveis da taxonomia de Bloom</i>	<i>Modos de aprendizagem de Kolb</i>	<i>Tipos de avaliação</i>	<i>Níveis de avaliação de Kirkpatrick</i>	<i>Dimensões de feedback</i>
1	1: lembrar	experiência concreta (fazer e sentir)	diagnóstica	2: aprendido	construtivo e descritivo
2	1: lembrar	conceitualização abstrata (pensar)	formativa		construtivo, descritivo e prescritivo
3	2: compreender	experiência ativa (planejar e fazer)			
4	3: aplicar				
5	4: analisar	refletir a realidade (observar)	somativa	1: reação	construtivo, e descritivo
6	5: sintetizar				
7	6: avaliar	-	autoavaliação	-	-

Nas fases 1 e 2, devem ser explorados o nível 1 da taxonomia de Bloom, descrevendo objetivos que possibilitem lembrar o protocolo treinado. A fase 1 deve ser diagnóstica e possibilitar o aprendiz fazer as ações a partir de conhecimentos prévios e ver/sentir os resultados (experiência concreta); ao passo que a fase 2 deve incluir atividades que permitam a comparação e generalização de fatos e elementos da realidade (conceitualização abstrata) e fornecer *feedback* prescritivo além do descritivo. As atividades nas fases 3 e 4 devem possibilitar o aprendiz planejar e fazer ações a partir dos conhecimentos refletidos (experiência ativa). Nelas, o aprendiz deve poder compreender e aplicar estes conhecimentos e obter *feedback* prescritivo (como deveria ter realizado) além do descritivo (acertos e erros). As fases 5 e 6 devem possibilitar uma avaliação somativa, e o aprendiz deve analisar e sintetizar os conhecimentos praticados a partir da observação e reflexão. A última fase compreende a avaliação por parte do aprendiz, ele deve avaliar o seu treinamento e o programa de treinamento em si.

Outros critérios identificados e utilizados neste trabalho para apoiar a adequação entre conteúdo, simulação, jogo, treinamento/aprendizagem e avaliação estão descritos no

Apêndice B. Eles incluem critérios para a construção de cenários, fases, objetivos e desafios, instruções e informações, interface e controle, participação e autonomia do aprendiz, avaliação e *feedback*. A seguir são descritas atividades de referência (atividades e recursos que podem ser utilizados) para o modelo criado, conforme é apresentado na Figura 4.20.

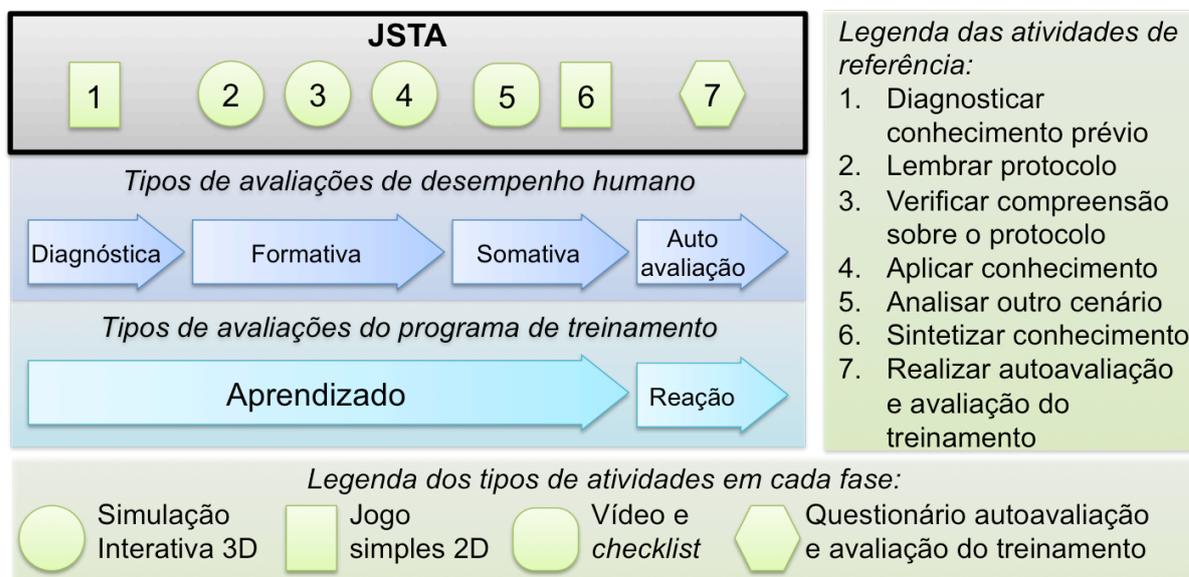


Figura 4.20 – Modelo integrador de avaliação- programa de treinamento.

1. **Diagnosticar conhecimento prévio:** a avaliação diagnóstica é utilizada para verificar o conhecimento prévio do aprendiz, para isso ele deve combinar cartas em atividades com jogos simples 2D.

2. **Lembrar protocolo:** a sequência de ações do protocolo é informada dentro de um cenário simulado 3D. Nesta simulação, o aprendiz pode aprender ou relembrar o protocolo, bem como praticá-lo.

3. **Verificar compreensão sobre o protocolo:** o aprendiz realiza a mesma simulação para verificar os conhecimentos adquiridos, porém sem as informações do protocolo.

4. **Aplicar conhecimento:** o aprendiz realiza uma nova simulação, diferente da fase anterior, com várias possibilidades de tomada de decisão e aplica o conhecimento adquirido sobre o protocolo sendo treinado. Desta forma, ele pode treinar as habilidades adquiridas em um novo contexto.

5. **Analisar outro cenário:** é apresentado um vídeo para que o aprendiz analise as ações sendo realizadas por outra pessoa e liste se elas estão corretas ou não, neste caso a avaliação é somativa.

6. **Sintetizar conhecimento:** é realizada uma nova avaliação somativa com

atividades com jogos simples 2D, nas quais deve ser sintetizado o conhecimento adquirido.

7. Realizar autoavaliação e avaliação do treinamento: para concluir o processo de ensino-aprendizagem, o aprendiz deve fazer uma autoavaliação do seu desempenho e também avaliar o processo de treinamento (reação).

As atividades de referência foram utilizadas no desenvolvimento do JSTA *GLPSobControle*, o qual é descrito no Apêndice E.

A medição de desempenho deve ser contínua durante todo o treinamento e devem ser apresentados os resultados em cada fase, além de oferecer *feedback* imediato nas simulações 3D (animações, texto, sons, etc.). As fases com avaliações diagnósticas ou somativas não necessitam fornecem *feedback* imediato.

O uso da taxonomia de Bloom visa garantir o treinamento e aprendizagem de competências no domínio cognitivo: adquirir conhecimento, na fase 2; treinar habilidades e reforçar as atitudes corretas, principalmente nas fases 3 e 4. Por exemplo, no final de cada fase, o *feedback* visa reforçar positivamente as atitudes corretas (tal como a mensagem “Parabéns, você realizou o controle corretamente”) ou corrigir de atitudes incorretas (por exemplo, a mensagem “Você realizou o controle mas pode melhorar da próxima vez. Verifique o relatório de acertos e erros.”, ou “*Game over!* Tente novamente.”). Além de estruturar as atividade em fases com progressão dos desafios.

O uso da teoria de Kolb visa explorar os quatro estilos de aprendizagem: (1) Fazer/sentir utilizando os conhecimentos prévios: as atividades e *feedback* ao longo do jogo, e principalmente na fase 1, possibilitam uma experiência concreta; (2) Observar, identificar ações que levam ao erro: o vídeo com outra pessoa realizando o protocolo na fase 5 permite a observação reflexiva; bem como a combinação de cartas na fase 6 (por meio da associação e do agrupamento de elementos); (3) Pensar: os conceitos apresentados na fase 2 possibilitam a conceitualização abstrata, i.e., o protocolo é apresentado na prática simulada e possibilita uma comparação de fatos e elementos da prática real; e (4) Fazer/planejar: os cenários 3D nas fases 3 e 4 permitem a experimentação ativa, pois após fazer e obter o *feedback* na fase 2 o aprendiz deve usar novamente o protocolo mas agora com uma nova reflexão dos conhecimentos treinados. Além disto, as simulações interativas em si possibilitam o aprendizado experiencial, porque após tomar uma decisão, o aprendiz visualiza os resultados imediatamente e pode analisá-los para tomar novas decisões a partir dos aprendizados; além de poder refazê-las caso o resultados forem negativos (Hall, 2011).

Mais ainda, os diferentes tipos de avaliação possibilitam ter um diagnóstico dos conhecimentos prévios sobre o protocolo, avaliações formativas durante todo o processo, e

somativas no final; é ainda fornecida também a oportunidade do aprendiz se autoavaliar e avaliar o programa de treinamento.

4.6 Arquitetura Modular e Reusável de Suporte para os JSTAs

As características da arquitetura de suporte, bem como a possibilidade de reuso e interoperabilidade entre os elementos do ambiente de simulação, devem ser analisadas e planejadas. É importante conduzir os subprocessos relacionados a arquitetura desde o início do projeto, depois de identificar as necessidades de treinamento e planejá-las. Desta forma, torna-se possível o desenvolvimento flexível e planejado de novas aplicações, e/ou de extensões, por meio do reuso e da interoperabilidade das existentes.

Com o objetivo de possibilitar a criação e reuso de novos jogos sérios distribuídos, uma arquitetura foi especificada neste projeto, nomeada ArqJSTA. Nesta arquitetura criada baseada na arquitetura HLA, os federados (visualizadores de dados, simulações e interfaces de interação distribuídas em diferentes dispositivos em diferentes localidades, cujo conjunto compõe uma federação) são implementados em três camadas: apresentação, comportamento e comunicação, conforme é ilustrado na Figura 4.21.

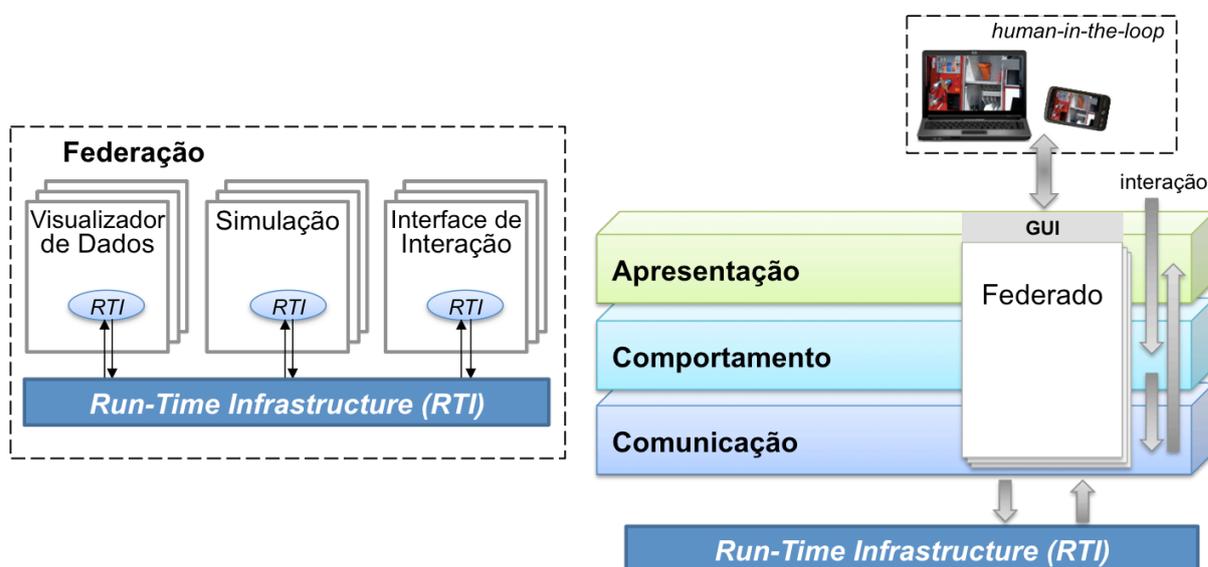


Figura 4.21 – Visão geral da federação baseada na HLA e de um federado em camadas.

Essa abstração em camadas visa permitir o reuso de componentes e a criação de diferentes interfaces gráficas para uso em diferentes dispositivos (*desktops*, celulares, etc.), conforme apresentado a seguir.

4.6.1 Camada de apresentação

A camada de apresentação visa abstrair a representação do comportamento da simulação de modo que diferentes dispositivos de interação e visualização possam ser utilizados quando necessários (cada um é um federado). Para validá-la, diferentes interfaces de interação foram modeladas: 2D para *desktops*, 2D e 3D para *smartphones*; 3D para *desktops* e navegadores *web*. Em um primeiro momento, interfaces 2D desenvolvidas em JavaFX foram utilizadas para visualizar e interagir com as simulações modeladas utilizando os componentes de DFA e FIS (camada de comportamento na Figura 4.20), conforme descrito na Subseção 4.6.2.

Em um segundo momento, interfaces de visualizações 2D/3D e interações para dispositivos móveis foram desenvolvidas em Java e com o motor de renderização de jogos para Android jPCT-AE, conforme apresentado nas figuras 4.22 e 4.23. As interfaces (camada de apresentação) foram integradas com a camada de comportamento (componentes de DFAs) e de comunicação, conforme descrito a seguir. Estas interfaces para dispositivos móveis foram criadas em conjunto com um aluno de Iniciação Científica (Lima e Araujo, 2011).

Em um terceiro e último momento, interfaces 3D foram desenvolvidas com o motor de jogos Unity3D e a linguagem C# e renderizadas para navegadores *web* e *desktop* (sistemas operacionais *Windows*© e *Mac*©).



Figura 4.22 – *FireTruckSim*: modelo 2D/3D de interface de *smartphone* (adotado de Lima e Araujo, 2011).

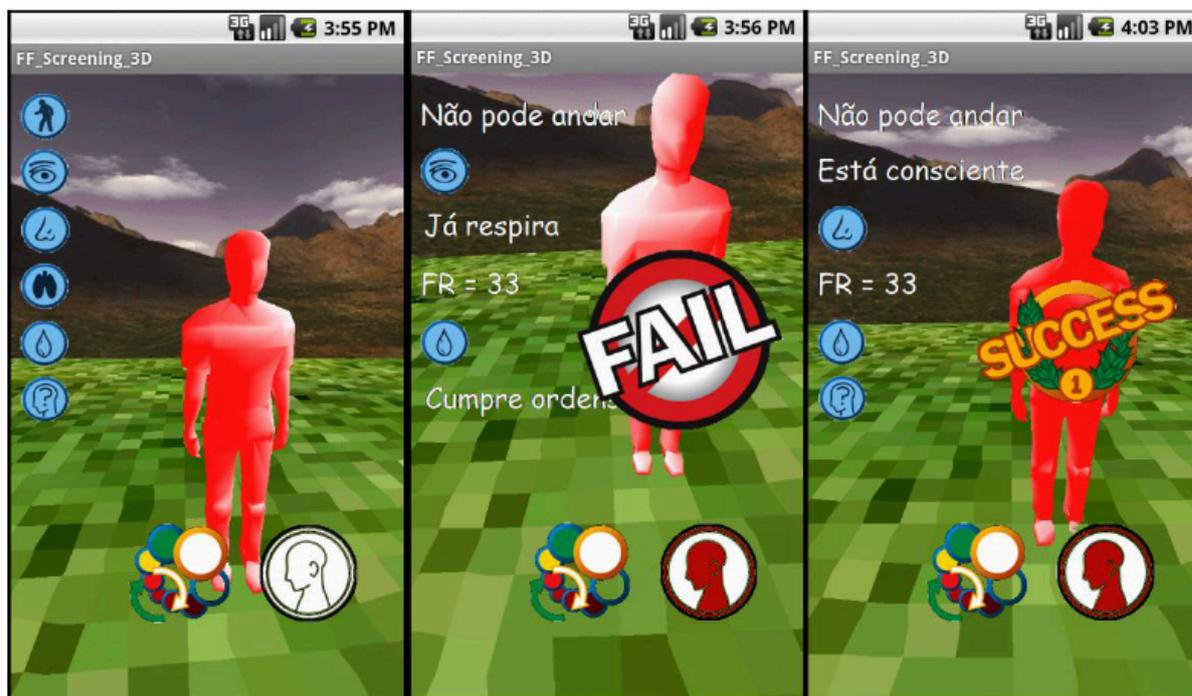


Figura 4.23 – *STARTSim*: modelo 2D/3D de interface de *smartphone* (adotado de Lima e Araujo, 2011).

4.6.2 Camada de comportamento

A camada de comportamento visa abstrair os comportamentos das simulações de modo que eles possam ser interoperados e reusados em diferentes dispositivos. Ela é composta de componentes genéricos e repositórios com metadados (tais como, XML ou ontologias). Os componentes criados processam os comportamentos de modelos formais DFA, DEVS, FIS, os quais simulam o comportamento de um treinamento e procedimento de uma operação específica (Rocha, Campos e Araujo, 2011).

Os modelos formais, processados pelos componentes, simulam os comportamentos de um treinamento em específico e fornecem a melhor técnica de resolução. Os modelos formais auxiliam em uma medição mais precisa do desempenho humano. As variáveis de entrada do treinamento determinam o tipo de componente que será utilizado. Para este projeto, três componentes foram criados para os três tipos de padrões de entradas identificados (outros poderão ser incluídos posteriormente se houver necessidade): (1) DFA: ações precisas são processadas e ocasionam transições entre estados bem definidos; (2) DEVS: ações precisas e seus respectivos tempos (eventos discretos) são processadas e ocasionam transições entre estados bem definidos; ou (3) FIS: fatores de incertezas são processados a partir de inferências em uma base de conhecimento impreciso.

Como os componentes são genéricos e padronizados, diferentes cenários de

treinamento podem ser customizados em cada componente (utilizando metadados ou ontologias) (Rocha, Campos e Araujo, 2011). Os componentes são genéricos e processam qualquer DFA, DEVS ou FIS, pois eles não possuem qualquer informação sobre o contexto (estados e transições ou variáveis linguísticas e base de regras *Fuzzy*) e da interface. Este contexto pode ser customizado a partir de metadados padronizados.

Em um primeiro momento, as funções dos componentes de DFA e DEVS foram implementadas utilizando linguagem Java e seus metadados foram descritos em textos padronizados simples (Rocha, Campos e Araujo, 2011). Para o componente de FIS, as classes foram implementadas com Java e a linguagem de controle *Fuzzy* FCL. As declarações dos conjuntos e regras *Fuzzy* foram implementados com a linguagem *Fuzzy* FCL por ser mais inteligível, de fácil descrição e separação entre as classes de métodos e as descrições *Fuzzy*.

Como prova de conceito inicial foram modelados seis protocolos de resposta a emergências, tais como, combate de incêndio, resposta a vazamento de gás e triagem de vítimas; e implementadas interfaces 2D em JavaFX para visualizar e interagir com as simulações modeladas, verificar a precisão das avaliações, bem como verificar reuso, customização, generalização e precisão de cada componente. Uma das interfaces 2D é apresentada na Figura 4.24, que corresponde ao cenário de incêndio entre fase inicial e queima livre modelado com o FIS.

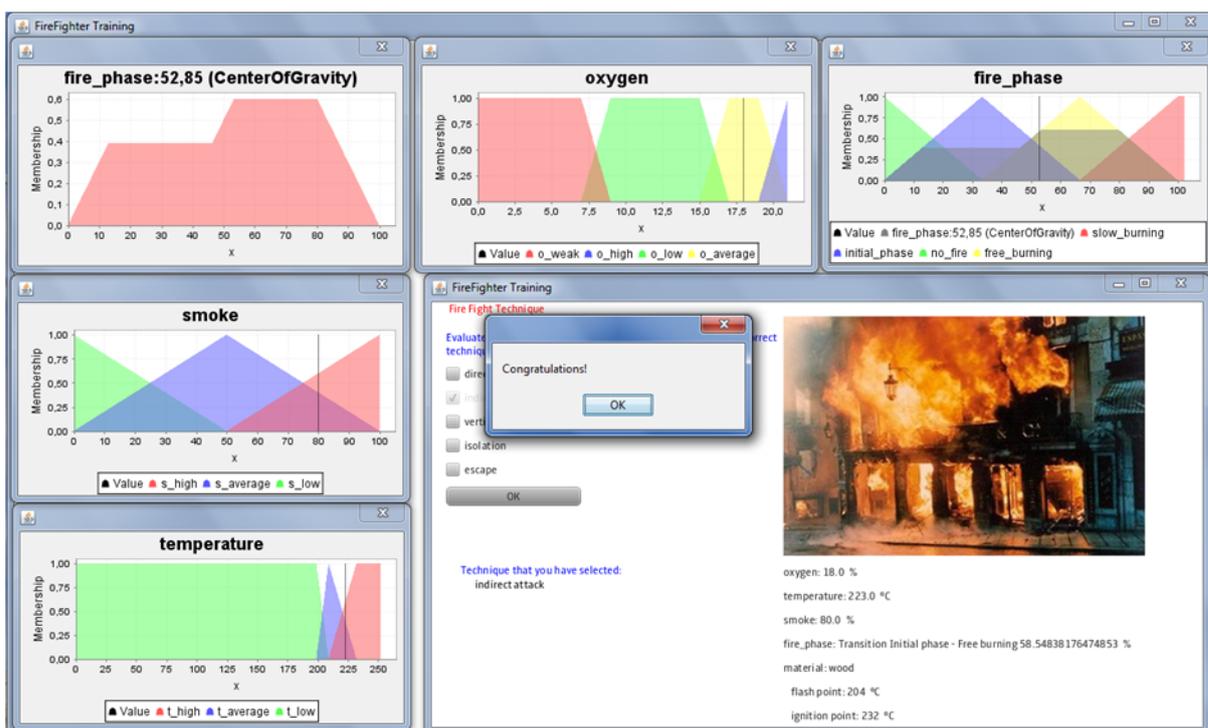


Figura 4.24 – FIS: interface 2D implementada para interação com os componentes.

Os componentes são elementos do sistema que podem ser customizados para simular o treinamento. Um cenário pode usar um ou mais componentes, dependendo dos modelos formais que compõem este cenário, e são gerenciados pelo “Gerenciador de Comportamento”. Em trabalhos futuros, as ontologias que contêm informações semânticas sobre cada cenário podem ser utilizadas como informações de entradas para os componentes.

4.6.3 Camada de comunicação

A camada de comunicação, baseada na arquitetura e protocolo HLA, visa interoperar simulações e federados distribuídos em uma rede de computadores. Ela foi desenvolvida com a API em Java para implementação do HLA/RTI *PoRTIco* (2010). Para o servidor foi implementado classes de “Controle e Gerenciamento da Federação”; e para os clientes foram implementados dois diferentes acessos ao RTI: *web services* (interface de comunicação e integração de diferentes aplicações por meio da *Internet* baseada em troca de mensagens XML) para conectar com cliente *Android (smartphone)*; e *sockets* (interface de comunicação entre processos da camada de aplicação e a de transporte por meio da rede baseada em troca de mensagens) para conectar com cliente *Unity (desktops e navegadores web)*.

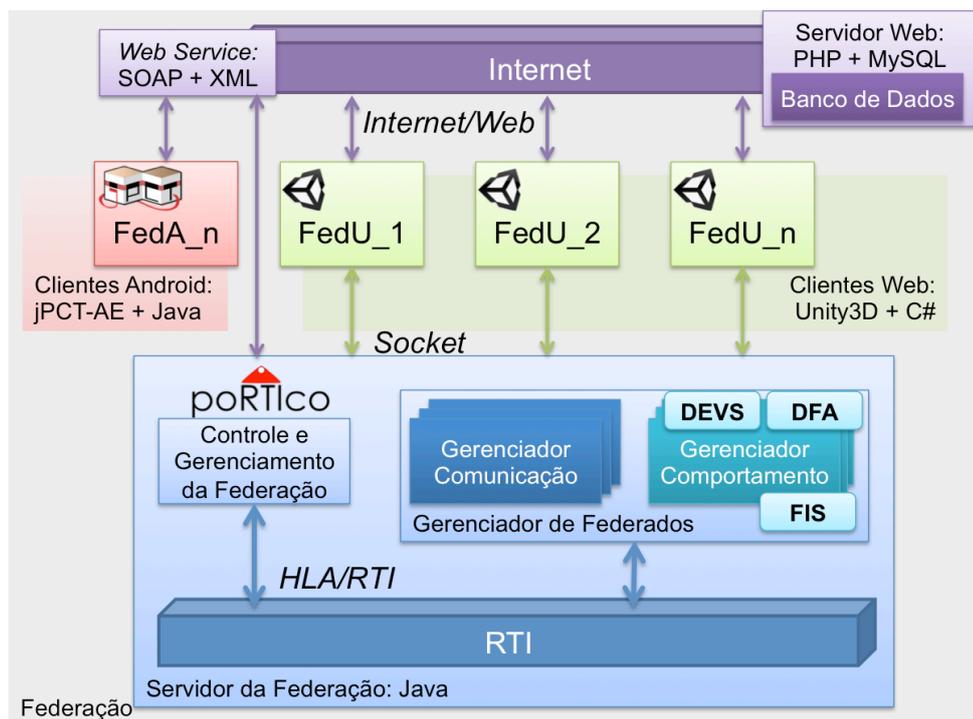
A arquitetura especificada foi utilizada na criação de duas simulações interativas distribuídas para: (1) operação de painel de controle da bomba de água de uma viatura de bombeiros: *FireTruckSim* (descrito em Lima e Araujo, 2011); e (2) triagem de múltiplas vítimas: *STARTSim* (descrito em Rocha, 2012). Estas simulações foram avaliadas pelos desenvolvedores (alunos de iniciação científica e doutorado envolvidos na disciplina DIS).

Uma extensão da arquitetura foi realizada por este trabalho para incluir comunicação com o banco de dados, conforme apresentado na Figura 4.25 (que também ilustra todos os outros elementos de comunicação desenvolvidos). O banco de dados foi desenvolvido em linguagem MySQL e o acesso ao banco de dados foi implementado em PHP.

4.7 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada a metodologia e seus artefatos de desenvolvimento de JSTA (*DevJSTA*) que analisa e integra as áreas de *design* de jogos; M&S; pedagogia e treinamento; com o domínio de aplicação do treinamento. Provas de conceitos e um estudo de

caso, que será apresentado no próximo capítulo, foram desenvolvidos utilizando o domínio de preparação e resposta a emergências. O diferencial desta metodologia é a criação e o uso de modelos integradores como base para o desenvolvimento dos JSTAs, de modo a possibilitar que equipes multidisciplinares projetem o jogo e cada uma de suas fases com as avaliações e *feedback* necessários (durante e após o processo), além dos requisitos de cada área atendidos. Foram criados dois tipos de modelos integradores: avaliação- simulações de treinamento e avaliação- programa de treinamento.



Legenda:

FedA – federados do *Android*

FedU – federados do *Unity Web Player* (executado pelo navegador web)

Figura 4.25 – Visão geral da arquitetura de suporte criada.

Conforme apresentado, há uma diversidade de áreas e pessoas envolvidas e falta integração e padronização de conceitos e produtos criados nas metodologias existentes na literatura. Desta forma, a metodologia e os modelos integradores criados são úteis para auxiliar os envolvidos em seus papéis de "o que" e "como fazer" durante todo o desenvolvimento, além de fornecer um conhecimento base. Esta integração dos modelos possibilita que cada profissional mantenha o foco em seu desempenho e nos resultados desejados, e não mais no trabalho ou retrabalho de integração.

Com este objetivo, na metodologia são especificadas: (1) quem são as pessoas envolvidas e quais são os seus papéis; (2) quais são os processos do ciclo de vida de

desenvolvimento (que vai desde o planejamento inicial e análise de requisitos de cada área, até a execução do treinamento e sua avaliação) e os procedimentos para realiza-los; (3) quais são as possíveis avaliações e validações durante o desenvolvimento e treinamento usando JSTA e os procedimentos para realizá-las; (4) os produtos gerados em cada processo (artefatos): com definição de *templates*, modelos integradores, ontologias, arquitetura de suporte, componentes; os quais servem também como pontos de controle que permitem avaliar e validar se o jogo está sendo criado como o esperado; e (5) as tecnologias e ferramentas que podem ser usadas para criar estes produtos.

Além disto, uma arquitetura de sistema e simulação foi projetada e desenvolvida para suportar o reuso dos elementos criados (componentes, elementos de comunicação, objetos de simulação, etc.) e a interoperabilidade de simulações distribuídas, e assim facilitar o desenvolvimento de JSTAs.

No Apêndice E é apresentado o desenvolvimento, com a metodologia DevJSTA, de um JSTA completo para controle de vazamento de gás de cozinha (*GLPSobControle*). A seguir são apresentadas as suas avaliações e validações, realizadas com dois oficiais e oito bombeiros do CB, seguidas das discussões.

Capítulo 5

AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO JSTA GLPSOBCONTROLE

Neste capítulo são apresentadas as avaliações e validações do JSTA GLPSobControle, que foi criado com a metodologia DevJSTA, realizadas com os profissionais do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. O modelo de simulação foi avaliado e validado por oficiais dos bombeiros. O JSTA foi avaliado e validado por estes profissionais e também por outros bombeiros com os perfis dos potenciais aprendizes que o utilizarão.

5.1 Considerações Iniciais

Conforme apresentado na Seção 2.7, as validações podem ter diferentes perspectivas e objetivos. Neste trabalho, são realizadas: (1) a validação do modelo de simulação: referente a dimensões físicas e funcionais do conteúdo sendo modelado, que garantirá a validade representacional-comportamental da simulação, conforme é apresentado no Quadro 5.1; e (2) a validação do jogo sério: para fins educacionais de treinamento e avaliação do desempenho humano, que garantirá a efetividade da aprendizagem e do treinamento, além da efetividade do uso das competências aprendidas e treinadas no ambiente real, conforme é apresentado no Quadro 5.2. As fontes de dados (pessoas que avaliam e validam) são: os oficiais bombeiros e os aprendizes do bombeiros.

Testes e verificações são requisitos para validação do modelo de simulação (Quadro 5.1). As verificações visam avaliar se os artefatos foram desenvolvidos conforme planejado na fase anterior (transformação de uma fase para a outra). Testes e verificações devem ser realizados pelos próprios desenvolvedores de *software* ao longo do desenvolvimento, porém

deve ser dada uma maior atenção para os testes na fase de “Integração e Testes”. Durante todo o desenvolvimento, o especialista no domínio envolvido na criação do modelo, e também usuário da simulação, deve validar os artefatos em relação ao ambiente, processo ou sistema real. Estas duas atividades foram realizadas ao longo do desenvolvimento e são discutidas na Seção 5.6.

Quadro 5.1 – Visão geral do planejamento para validar o modelo de simulação.

Perspectiva de validação	Tipo de avaliação	Questão de avaliação	Fonte de dados	Coleta de Dados	Quando ocorre
Validação representacional interna	Verificações e testes	VR1: Há acurácia transformacional nos artefatos criados?	Desenvolvedores de <i>software</i>	-	Ao longo do desenvolvimento
	Validade do conteúdo	VR2: Há acurácia representacional (física e funcional) nos artefatos criados?	Especialistas no domínio envolvido no desenvolvimento	Entrevistas	
Validação representacional externa			VR3: Há acurácia representacional (física e funcional) na simulação?	Especialistas no domínio (oficiais e aprendizes)	Entrevistas e Questionário
	VR4: Os aprendizes conseguem relacionar o que treinaram à realidade?				

Todas as atividades e validações realizadas pelos oficiais do Corpo de Bombeiros são apresentadas na Seção 5.3.4 (e Apêndice F) e discutidas na Seção 5.4.1, ao passo que as avaliações e validações realizadas pelos bombeiros que representam os perfis dos usuários do JSTA são apresentadas na Seção 5.3.5 (e Apêndice G).

Quanto a validade do conteúdo pelos aprendizes, ela foi realizada por meio de um questionário e entrevistas abertas informais (durante o *debriefing*). Esta validação tem dois objetivos: (1) validar a representação física e comportamental da simulação criada (artefato final criado); e (2) verificar se os aprendizes conseguem relacionar o treinamento à realidade, por meio de uma autoavaliação. O questionário, utilizado para coletar dados para ambos objetivos, também contém questões para avaliar a reação dos aprendizes (conforme descrito na Seção 5.3.2). Os resultados dessas validações são apresentados na Seção 5.4.2.

Em relação à validação do JSTA (Quadro 5.2), os dados são coletados durante o processo de treinamento. A avaliação da efetividade do aprendizado é feita com os dados da execução do JSTA (medição eletrônica). A efetividade do treinamento é mensurada a partir da percepção dos aprendizes somada a avaliação de aprendizado efetivo capturadas com o questionário. As fontes de dados usadas para a validação do JSTA são os aprendizes com diferentes níveis de experiência prática no protocolo e habilidade em usar computador.

Quadro 5.2 – Visão geral do planejamento para validar o JSTA do ponto de vista educacional.

Perspectiva de validação	Tipo de avaliação	Questão de avaliação	Coleta de Dados	Quando ocorre
Validade educacional interna	Aprendizado efetivo	VE1: Em quais competências (conhecimentos, habilidades, atitudes) o aprendiz melhorou?	Medição eletrônica, pré e pós-testes	Durante o treinamento com o JSTA
	Treinamento efetivo	VE2: Os aprendizes treinaram as competências intencionadas com o JSTA e houve percepção?	Questionário	Ao final do treinamento com o JSTA
Validade educacional externa	Transferência de competências (Efetividade do programa de treinamento)	VE3: As habilidades aprendidas no JSTA podem ser transferidas para a prática na realidade?	Método de transferência inversa	Durante o treinamento com o JSTA

A validação da eficácia do programa de treinamento é realizada pelo “método de transferência inversa”, conforme a especificação de projetos experimentais descrita na Subseção 2.6.2. O método de transferência incontrolada poderia também ser realizado devido aos riscos reais existentes (à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente), porém houve limitação de tempo para analisar a realização da tarefa treinada na primeira vez que ela acontecer na realidade. No método de transferência inversa, especialistas com experiências práticas executam a tarefa no jogo sério. Então, se ele atingir os objetivos ocorreu transferência inversa. Assim, o pressuposto é que a transferência também ocorrerá na direção para frente, na qual os aprendizes inexperientes podem utilizar o jogo sério para fins de treinamento.

Outras questões da validação educacional são discutidas na Seção 5.4.

Uma vez desenvolvido o JSTA *GLPSobControle*, com a metodologia DevJSTA, este foi aplicado e validado em dois momentos: primeiro com os oficiais do bombeiro, e depois com os bombeiros aprendizes. A seguir são apresentados os objetivos destas duas validações (Seção 5.2), seguida do planejamento para execução do JSTA, coleta de dados e resultados (Seção 5.3), discussão (Seção 5.4) e considerações finais (Seção 5.5).

5.2 Definição dos Objetivos

O JSTA *GLPSobControle* foi validado e avaliado pelos bombeiros, no que tange aos aspectos de fidelidade do modelo de simulação e conteúdo, aspectos educacionais de desempenho humano e treinamento das competências intencionadas, bem como a percepção disto pelos aprendizes.

Em um primeiro momento, foram feitas avaliações e validações por dois oficiais bombeiros dos: modelo de simulação de controle de vazamento de GLP; jogo completo *GLPSobControle*; e questionário utilizado para avaliação da reação do aprendiz e autoavaliação durante a fase 7 do JSTA (“realizar autoavaliação e avaliação do treinamento”), que está descrito no Apêndice D.2. Depois disto, os treinamentos foram realizados usando o jogo *GLPSobControle* com uma amostra intencional de oito bombeiros (que abrange os perfis que utilizarão o jogo validado). Os objetivos desse estudo são descritos a seguir baseados no método *Goal-Question-Metrics* (GQM). GQM é uma especificação de sistema de medição, relacionada ao desenvolvimento de *software* (inclusive a todo o ciclo de vida de produtos, processos e recursos dele), que visa definir seus elementos em metas (*Goal*), questões (*Questions*), e métricas (*Metrics*) para depois analisá-los e interpretá-los (Basili, Caldiera e Rombach, 1994).

Etapa 1: Validações por oficiais bombeiros

Analisar o JSTA junto aos oficiais bombeiros

Com o propósito de validar educacionalmente o JSTA desenvolvido para seu uso como método de aprendizagem experiencial e instrumento de avaliação

Com respeito ao desempenho de competências

Do ponto de vista da pesquisadora e oficiais bombeiros

No contexto dos oficiais bombeiros

Etapa 2: Uso e validação por bombeiros

Analisar o JSTA e suas avaliações e *feedback* que são apresentados aos aprendizes, bem como seus desempenhos no treinamento usando o JSTA

Com o propósito de validar educacionalmente o JSTA desenvolvido para seu uso como método de aprendizagem experiencial e instrumento de avaliação

Com respeito ao desempenho de competências

Do ponto de vista da pesquisadora e bombeiros

No contexto dos aprendizes e instrutor em preparação e resposta a emergência.

5.3 Planejamento, Coleta de Dados e Resultados do Uso do JSTA

Nesta seção são apresentados o planejamento (os critérios utilizados para a seleção do contexto e seleção dos aprendizes), os instrumentos de coleta, o procedimento de execução do JSTA, a coleta de dados, e os seus resultados, baseados no projeto de estudo de caso descrito por Yin (2010).

5.3.1 Seleção do contexto e dos aprendizes

O contexto selecionado deste estudo supõe um processo “*on-line*”, no qual todos os dados são coletados durante o processo por meio de registros dos dados em banco de dados, e questionários aplicados antes e após o treinamento. O contexto deste caso é “específico” pois o JSTA foi desenvolvido para profissionais da área de preparação e resposta a emergência.

Os aprendizes são oficiais e praças do Corpo de Bombeiros que já possuem conhecimentos prévios do domínio de preparação e resposta a emergência. Eles foram escolhidos por julgamento (amostra não probabilística) do chefe de seção de ensino do CCB (Comando do Corpo de Bombeiros). Eles são membros da população que utilizarão o JSTA e foram selecionados intencionalmente. O julgamento foi feito avaliando as experiências práticas, as habilidades em uso de computadores e de jogos, de modo a selecionar uma amostra com perfis que abrange toda a população. Além disso, foram verificadas a disponibilidade e aceitação em participar do treinamento, e apenas para o instrutor foi avaliada a experiência em educação e instrução. Os aprendizes foram convidados pelo chefe da seção e a aplicação do estudo foi no CB na cidade de São Paulo.

5.3.2 Instrumentos de coleta

Os dados para avaliação no contexto do instrutor e aprendizes foram coletados por observação humana, eletrônica e por comunicação (Queiroga et al., 2012). A pesquisadora participou das sessões de treinamento observando as interações entre instrutor-aprendiz e aprendiz-jogo. Durante a execução da sessão de treinamento, os dados são coletados automaticamente por meio de observação eletrônica (execução do JSTA), a qual registra informações das diversas fases do jogo, armazena-as em banco de dados *on-line*, e avalia o aprendiz de forma diagnóstica, formativa e somativa. Antes e depois de cada sessão, são coletados dados por comunicação (questionários de perfil do aprendiz e avaliação).

Durante a execução do JSTA foram coletados dados quantitativos sobre o desempenho de cada aprendiz, tais como, quantidade de vítimas salvas, ventilação do ambiente (quantas portas e janelas foram abertas), quantidade de registro de botijão de GLP fechado e botijão colocado em local seguro.

Dois questionários foram preenchidos pelos aprendizes. O primeiro, com dados sobre seu perfil, é preenchido no início do estudo. Ele visa coletar dados do aprendiz, inclusive suas experiências em ocorrências de vazamento de GLP e em usar computadores e jogos. O

segundo, de avaliação referente a fase 7 do jogo, é preenchido ao final do estudo. O questionário de avaliação visa coletar informações sobre a reação e percepção da experiência de uso do JSTA, além de oferecer uma oportunidade de autoavaliação e reflexão da sua aprendizagem.

Mourão e Meneses (2012) apresentam um processo para construção de medidas em TD&E (Treinamento, Desenvolvimento & Educação) e critérios para criação dos itens (assertivas). Esses critérios foram utilizados para criar e validar as assertivas, entretanto, o processo foi adaptado para as necessidades deste projeto, com elaboração das medidas a partir da análise de estudos das áreas integradas: Abbad et al. (2012); Bloom (1956); Kolb e Kolb (2005); Kirkpatrick (2006); e Wangenheim, Savi e Borgatto (2012). Os especialistas foram entrevistados apenas para validar o conteúdo do instrumento de pesquisa. Assim, o processo de elaboração do questionário foi: (1) Definir o que será medido a partir das áreas e conceitos integrados; (2) Definir o tipo de escala de julgamento a ser utilizada; (3) Redigir as assertivas e instruções; (4) Validar com especialistas o conteúdo do instrumento; e (5) Formatar o instrumento de pesquisa final (questionário eletrônico).

O questionário está dividido em 4 tópicos (jogo; simulação; aprendizagem com o jogo; e aprendizagem durante as fases) que contém 47 afirmações avaliativas fechadas (agrupadas em subtópicos), 16 espaços para comentários, uma questão fechada e quatro abertas. As 47 afirmações devem ser avaliadas e pontuadas de 1 a 5 na escala Likert, com um ponto central de neutralidade (Pereira, 2004) (julgamento 1: discordo totalmente, 2: discordo, 3: neutro, 4: concordo, 5: concordo totalmente). A questão fechada e obrigatória é subdividida em sete itens no qual o aprendiz deve pontuar cada uma das fases de 1 a 10 de acordo com sua satisfação. Cada subtópico (que contém uma ou mais afirmações, ou a questão fechada) contém um espaço para comentário. O questionário é finalizado com 4 questões abertas. O questionário foi validado semanticamente conforme apresentado no Apêndice F.3.

Os dois questionários, apresentados no Apêndice D.1 e D.2, foram criados utilizando o Google Docs© (<https://docs.google.com/forms/>) e disponibilizados no *website* que hospeda o JSTA GLPSobControle (<http://glpsobcontrole.url.ph>). Eles devem ser preenchidos *on-line*.

5.3.3 Procedimento de execução do treinamento de coleta de dados

As sessões de treinamento duraram em média 1 hora e 30 minutos e foram acompanhadas pela pesquisadora que fez anotações durante e após cada sessão. Elas foram realizadas conforme o procedimento planejado. No início, o instrutor apresenta a pesquisadora

e os aprendizes. Após isto, a pesquisadora explica o objetivo do estudo e como ele será conduzido (inclusive como o jogo está dividido e objetivos do treinamento) e responde as dúvidas dos aprendizes. Depois, os aprendizes devem preencher um cadastro *on-line* e o formulário “Perfil do Aprendiz” (Apêndice D.1) após lerem e aceitarem o “Termo de Consentimento” (Apêndice C.2). A seguir, os aprendizes devem executar o jogo constituído de seis fases e depois preencher o formulário de avaliação que é referente à sétima fase do jogo. Durante a execução os dados são coletados automaticamente e armazenados em um banco de dados. Ao final (*debriefing*), os aprendizes devem ficar livres para fazer perguntas, emitir opiniões e conversar com o instrutor e a pesquisadora sobre o jogo, o treinamento e a pesquisa.

5.3.4 Resultados das validações com os oficiais bombeiros

O modelo de simulação, o JSTA, e o questionário de avaliação foram primeiramente analisados e avaliados pelos oficiais bombeiros. Os dados destes oficiais e os resultados dessas análises e validações são descritos no Apêndice F.

5.3.5 Resultados das validações com os bombeiros aprendizes

Após o JSTA ser corrigido e validado, os aprendizes realizaram os treinamentos para validar educacionalmente o jogo, conforme procedimento descrito na Subseção 5.3.3. As coletas de dados foram realizadas em dois dias: no primeiro com dois bombeiros e no segundo com seis bombeiros. Os perfis dos aprendizes e os resultados dos treinamentos são descritos no Apêndice G.

A seguir os resultados são discutidos e são descritos trabalhos futuros que visam melhorar o JSTA e incluir novas atividades.

5.4 Discussões e Trabalhos Futuros

Um aspecto importante e muito positivo das validações realizadas com os oficiais de bombeiros, e descritas neste capítulo, foi a possibilidade de análise e correção de uma sequência do protocolo que resultava em erro, o que levará o POP do CB a ser revisado.

Como resultado, houve a percepção pelos especialistas da importância do uso da simulação para análise e melhoria do próprio protocolo, como também a comprovação da relevância do uso de JSTAs para treinamento adicional às instruções e simulações realizadas presencialmente.

5.4.1 Discussão sobre a validação do modelo de simulação

O principal resultado da validação do modelo foi a identificação e análise de uma oportunidade de melhoria no POP de GLP (São Paulo, 1997a e 1997b). A criação das simulações possibilitou analisar melhor o protocolo e verificar que ele não está refletindo a lógica prática: quando a vítima está próxima ao botijão de gás que está vazando, apesar de ter prioridade de resgate, é mais seguro fechar o registro antes de resgatá-la. Além desta análise e validação pelos oficiais bombeiros, a execução dos treinamentos também apresentou que esta lógica é a utilizada na prática pelos bombeiros - todos colocaram desligar registro de gás antes de salvar a vítima na atividade 1b (alguns não encaixaram as cartas adequadamente mas o fizeram na segunda vez). Assim, o POP deverá ser alterado pelo Corpo de Bombeiros para enfatizar essa exceção quando há vítimas próximas ao botijão ou quando o botijão é alcançado antes da vítima.

Foram elaboradas quatro questões para validar o modelo de simulação (Quadro 5.1). A seguir elas são respondidas a partir dos resultados apresentados no Apêndice F.

- Questão VR1: Há acurácia transformacional nos artefatos criados?

A validade representacional é realizada, em primeiro lugar, pelas verificações e testes realizados pelos desenvolvedores durante o processo de desenvolvimento. Elas foram realizadas conforme descrito nas subseções 4.3.5 (testes) e 4.3.8 (verificação); e são apresentadas nas seções E.7 e E.10 sobre o desenvolvimento do JSTA *GLPSobControle*.

- Questão VR2 e VR3: Há acurácia representacional nos artefatos criados e na simulação?

Em segundo e terceiro lugares, a validade representacional é avaliada pelos especialistas em tecnologia de bombeiros envolvidos no desenvolvimento do modelo e pelos aprendizes. Segundo os oficiais, os artefatos têm acurácia representacional física e funcional, conforme apresentado na Subseção 5.4.3; do mesmo modo, os aprendizes também validaram a simulação conforme apresentados na Subseção 5.5.5 e no Quadro 5.1.

- Questão VR4: Os aprendizes conseguem relacionar o que treinaram à realidade?

Por último, é necessário avaliar a relação simulação-realidade para concluir a validade do conteúdo e representacional externa do modelo de simulação. Sobre esta relação, os aprendizes que tiveram desempenho ótimo, bom e regular concordam que conseguem relacionar o que aprenderam com a realidade (Questão 2.3) e acreditam que a experiência com o jogo contribuirá para melhorar o desempenho na emergência real (2.4). O aprendiz que teve desempenho ruim marcou “neutro” para estas questões.

A partir das respostas das quatro questões (VR1, VR2, VR3 e VR4) é possível avaliar que o modelo de simulação tem validade representacional interna e externa.

5.4.2 Discussão sobre a validação do JSTA GLPSobControle

Além das validações do modelo de simulação e do JSTA para controle de vazamento de gás de cozinha, houve a melhoria de algumas funcionalidades do jogo conforme descritas na Subseção 5.4.3.

Somados a isto, o questionário referente a fase 7 do JSTA foi também validado para garantir a importância e compreensão de cada assertiva. Com o questionário é possível coletar os dados da reação do aprendiz às áreas sendo integradas: simulação, jogo e suas fases, aprendizagem e treinamento; incluindo os aspectos de *feedback* e a autoavaliação do aprendiz. A avaliação da reação contempla o nível 1 da avaliação do programa de treinamento de Kirkpatrick.

Em relação a validade educacional do JSTA, há três questões principais (Quadro 5.2). A seguir elas são respondidas a partir dos resultados apresentados:

- Questão VE1: Quais competências (conhecimentos, habilidades, atitudes) o aprendiz melhorou?

O JSTA *GLPSobControle* visou treinar as seguintes competências:

- (1) Conhecimentos: conhecer o protocolo de controle de vazamento de GLP;
- (2) Habilidades técnicas operacionais: usar corretamente o protocolo de controle de vazamento de GLP para controlar, ventilar, salvar vítimas e deixar o local de vazamento de GLP em segurança;
- (3) Atitudes: garantir o acesso seguro, controlar e extinguir o vazamento de GLP, ventilar o ambiente e deixá-lo em segurança.

Todos os aprendizes já conheciam o protocolo e conseguiram lembrá-lo e usá-lo nas

fases 2, 3 e 4 com ambientes virtuais 3D (melhorando o desempenho na fase 3 em reação a 2 ou na fase 4 em relação a 3) e sintetizá-lo na fase 6 (apenas um não conseguiu). Houve explosões nas fases 2 (cinco vezes) e 4 (três vezes) e o não socorro a vítimas na fase 4 (duas vezes). Entretanto das 93 vezes realizadas, elas foram “passadas” com insucesso apenas 7 vezes (2 e 6: uma cada; 4: duas; e 5: três) e sucesso parcial apenas quatro vezes (fase 2: uma e 3: três) (considerando aqui a palavra “passada” como avanço para a próxima fase sem conseguir realizá-la com sucesso uma vez). Dessa forma, foi possível treinar as habilidades técnicas operacionais e reforçar ou corrigir as atitudes realizadas corretamente e incorretamente.

- Questão VE2: Os aprendizes treinaram as competências intencionadas com o JSTA e houve percepção disto?

Conforme resposta da questão VE1, o aprendizado foi efetivo e os aprendizes treinaram as competências intencionadas. Além disso, houve a percepção deste bom treinamento, pois os aprendizes concordam que o jogo possibilitou a experimentação de soluções corretas e incorretas (1.1), que eles melhoraram as habilidades em usar o protocolo (1.2), e que acreditam que reforçaram seus conhecimentos teóricos (2.1) e praticaram com eficiência o protocolo (2.2) de controle de vazamento de GLP. Ainda mais, acima de 60% concordaram, sendo que nenhum discordou, que eles adquiriram mais conhecimentos (2.9), desenvolveram habilidades técnicas (2.10) e consolidaram atitudes corretas (2.11) sobre o protocolo.

De acordo com as avaliações positivas das questões VE1 e VE2 é possível avaliar que há validade educacional interna.

- Questão VE3: As habilidades aprendidas no JSTA podem ser transferidas para a prática na realidade?

Segundo o método de transferência inversa descrito por Korteling, Oprins e Kallen (2009), o programa de treinamento é válido e tem efetividade educacional externa se profissionais experientes na prática conseguem utilizar o jogo sério com sucesso. Metade dos profissionais que realizaram o treinamento com sucesso são praças que tem mais de 10 anos de experiência e atenderam mais de cinco vazamentos de GLP, conforme apresentado no Quadro 5.3. Estes profissionais concordam que conseguem relacionar o que treinaram com a realidade (questões 2.3 e 2.4) e que o treinamento contribuiu para lembrar e praticar o

protocolo. Eles ressaltaram também a necessidade de treinamento constante pois são muitos os POPs e com o tempo os detalhes dos procedimentos acabam esquecidos.

Dessa forma, o pressuposto é que se os profissionais experientes conseguiram utilizar e relembrar o protocolo, então a transferência ocorrerá com os aprendizes que completaram com sucesso este treinamento e com outros que o utilizarem com a supervisão e auxílio do instrutor. Assim, o JSTA *GLPSobControle* tem indícios de possuir validade educacional externa, porém é necessário a sua aplicação em novos casos e o acompanhamento dos desempenhos dos aprendizes durante um tempo após o treinamento para a comprovação dos efeitos imediatos e em longo prazo para a corporação e assim a confirmação desta validade.

Quadro 5.3 – Perfis dos bombeiros com mais de 10 anos de experiência.

Bombeiros praças com mais de 10 anos de experiência		Sg1	Cb	Sg2	Sd2
Perfil	Faixa etária (anos)	36 a 45	36 a 45	36 a 45	25 a 35
	Escolaridade	EMI	GI	GC	GI
	Tempo de experiência (anos)	20	16	15	11
Protocolo	Teoria	bem	básico	básico	bem
	Prática	mais de 10	de 5 a 9	mais de 10	mais de 10
Habilidades	Computador	++++	++++	+++	++++
	Jogos eletrônicos	++	++++	0	++++
Desempenho no jogo		Ótimo	Ótimo	Regular	Bom
Questões	2.3 Eu consigo relacionar o que aprendi com a realidade.	5	5	4	5
	2.4 Eu acredito que a experiência adquirida no jogo irá contribuir para um melhor desempenho na prática.	5	5	4	5

5.4.3 Discussões sobre a próxima versão do JSTA e os trabalhos futuros

A segunda versão do JSTA *GLPSobControle* deverá ter cinco melhorias:

(1) Inclusão de *feedback* personalizado (prescritivo construtivo) para cada erro, informando explicitamente o erro e como o aprendiz deve realizar o procedimento correto (conforme descrito por Bee e Bee, 2000). Por exemplo, o erro “desligar quadro de força dentro da residência próximo ao gás vazado”: (a) na fase 1, há uma atividade que questiona sobre isto e apenas um aprendiz errou; (b) na fase 2, há uma informação que o quadro deve ser desligado apenas quando não está próximo ao gás vazado; (c) na fase 4, o quadro de força está dentro da cozinha para testar a compreensão dos aprendizes e três erraram, entretanto há apenas a explosão seguida do término da fase (*game over*) e no relatório é apresentado um *feedback* descritivo “Explosão! Tenha mais cuidado da próxima vez”. Assim, um melhor *feedback* é o prescritivo, que destaca o erro e informa o procedimento correto: “O

procedimento foi realizado de modo insatisfatório devido a explosão que foi ocasionada, pois você desligou o quadro de força que está próximo ao gás vazado. Para controlar o vazamento de GLP com segurança e seguindo o POP, você deve desligar o quadro de força apenas quando ele está do lado de fora da residência”. O canal de comunicação poderia ser misto: auditivo-visual com a fala e o texto do *feedback* e um ícone do resultado positivo ou negativo.

(2) Bloqueio de avanço de fases concluídas com insucesso ou falhas para impedir que o aprendiz passe para a próxima fase caso não realize a anterior com 100% de acertos. Assim, será possível garantir que ele não vai progredir sem antes entender e superar os seus erros.

(3) Inclusão das pontuações no jogo. Um trabalho futuro em relação a pontuação é atribuir pesos diferentes para cada conhecimento, habilidade e atitude treinada, além disso, também deve ser realizada uma análise para pontuar acertos parciais nas fases 1, 5 e 6.

(4) Inclusão de encaixes automáticos para as cartas sobre os quadros nas fases 1 e 6 e de destaques para os objetos interativos nas fases 2, 3 e 4.

(5) Inclusão de um menu com acesso às fases anteriores, aos relatórios de cada fase, e ao painel de configuração. Inclusão de configurações da velocidade do jogador e volume do áudio, além da sensibilidade do *mouse*.

Como trabalhos futuros, deverão ser melhoradas as interfaces gráficas; adicionados mais atividades em cada fase, com por exemplo, outros tipos de botijões, gás encanado, incêndio em GLP; além de novos cenários (tais como, favelas, condomínios, comércios, indústrias), bem como, incluir o reconhecimento do nível de usuário e seu conhecimento para personalizar a fase e a quantidade de informações, explicações e desafios.

5.5 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas e avaliadas as questões sobre a validade representacional e educacional, internas e externas, do JSTA *GLPSobControle*. Como resultados e indícios de ambas validades do JSTA, o jogo sério serviu de treinamento das competências propostas e para melhorar o POP a partir do modelo de simulação criado. Além disso, foi possível aprimorar o jogo durante os processos de desenvolvimento e validação, além de planejar alterações para uma futura versão e também em trabalhos futuros.

No próximo capítulo, a metodologia é avaliada por meio de entrevistas com pesquisadores e desenvolvedores de jogos sérios.

Capítulo 6

AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DEVJSTA

Neste capítulo são apresentadas as avaliações da metodologia criada realizadas com pesquisadores e desenvolvedores de jogos sérios.

6.1 Considerações Iniciais

A metodologia foi avaliada por profissionais que possuem experiência de trabalho e visão sistêmica sobre as áreas envolvidas neste projeto. Além disso, e autora desta tese avaliou a metodologia e arquitetura de suporte desenvolvidas, bem como, seus artefatos e elementos. As principais questões avaliadas estão descritas no Quadro 6.1 e são discutidas na Seção 6.6.

Quadro 6.1 – Visão geral do planejamento para avaliar a metodologia DevJSTA e arquitetura.

Objeto avaliado	Questão de avaliação	Fonte de dados
Metodologia	AM1: A metodologia conseguiu minimizar a distância entre as áreas de conhecimento envolvidas na criação do JSTA?	Participantes no desenvolvimento (desenvolvedora e especialistas no domínio)
	AM2: A metodologia fornece e integra soluções para todas as questões de pesquisa, listadas na Seção 1.2?	Especialistas nas diversas áreas
	AM3: A metodologia abrange todos os requisitos de M&S, descritos por Taylor et al., 2013 - Subseção 3.3.3?	Pesquisadora/ Desenvolvedora
Arquitetura de suporte	AA: A arquitetura possibilita a criação e reuso de diferentes cenários e JSTA?	

O objetivo da avaliação com os profissionais da área de jogos sérios é descrito na Seção 6.2. Esta avaliação foi realizada por meio de entrevistas, cujo planejamento é especificado na Seção 6.3. Resultados são apresentados na Seção 6.4, seguido das discussões das avaliações nas seções 6.5 (com os profissionais sobre a metodologia), 6.6 (sobre a metodologia e arquitetura), e 6.7 (geral sobre a metodologia e o jogo avaliado no Capítulo 6).

6.2 Definição do Objetivo

Considerando que o trabalho realizado necessita ser avaliado de modo sistêmico, i.e., deve ser considerado todos os elementos envolvidos e sua complexidade e interdependência, e dada a subjetividade do contexto estudado, a abordagem da pesquisa é qualitativa pois visa descrevê-la e não quantificá-la ou classificá-la com métodos estatísticos. Neste sentido, a coleta de dados é feita para desenvolver e descrever conceitos, ideias e entendimentos a partir dos padrões encontrados. Assim, foi escolhida a coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas com objetivo de coletar a opinião de especialistas sobre a metodologia criada. O objetivo desse estudo é descrito a seguir baseado no método GQM (Basili, Caldiera e Rombach, 1994).

Avaliação da metodologia de desenvolvimento de JSTAs:

Analisar a metodologia de desenvolvimento de JSTAs

Com o propósito de avaliar e validar se a metodologia de fato orienta os profissionais envolvidos (por meio da descrição de processos, artefatos e critérios) e possibilita a análise, projeto, implementação e avaliação de JSTAs

Com respeito aos papéis desempenhados pelos diversos profissionais

Do ponto de vista dos pesquisadores e desenvolvedores de jogos sérios

No contexto dos pesquisadores e desenvolvedores de jogos entrevistados.

6.3 Planejamento das Entrevistas

A seguir são apresentados os critérios utilizados para a seleção dos entrevistados, os dados sobre os entrevistados e como se deram as situações de contato, bem como o roteiro da entrevista e os procedimentos de análise baseados no planejamento de entrevistas descrito por Duarte (2004, p. 219) e Simoni e Baranauskas (2003, p. 27).

A escolha dos entrevistados desta avaliação foi feita por julgamento da pesquisadora (amostra não probabilística). Membros da população de potenciais interessados na pesquisa e que poderiam contribuir para a avaliação e o aprimoramento da metodologia foram selecionados intencionalmente. O julgamento foi feito avaliando as experiências acadêmicas e de atuação nas áreas inter-relacionadas a da pesquisa (todos possuem uma visão holística das áreas integradas) e a disponibilidade e aceitação em participar das entrevistas.

Os entrevistados, no total de cinco pessoas (quatro homens e uma mulher), são três pesquisadores doutores (conforme a lista apresentada no Quadro 6.2) e dois produtores e desenvolvedores de jogos (conforme a lista apresentada no Quadro 6.3). Em relação a Graduação (G) e Pós-Graduação (PG), todos são no mínimo graduados há mais de 10 anos e possuem especialização ou mestrado.

Quadro 6.2 – Perfis dos pesquisadores entrevistados.

	G e PG	Área de pesquisa	Proposta
P1	Graduação (1971) e doutorado em Engenharia Mecânica, mestre em Ciência da Computação (CC).	Sistemas de informação, gestão do conhecimento, modelagem e inteligência organizacional, educação a distância, tecnologias e ambientes de aprendizagem.	Avaliação da metodologias sob a perspectiva de eng. de produção integrada a realização de treinamento em organizações.
P2	Graduado (1995), mestre e doutor em CC.	Engenharia de <i>software</i> , educação a distância e jogos educacionais.	Avaliação da metodologias sob a perspectiva de engenharia de <i>software</i> integrada a pesquisa em jogos educativos
P3	Graduado em Engenharia da Computação (2002), mestre e doutor em CC.	Engenharia de <i>software</i> , jogos educacionais, reutilização e processos de <i>software</i> .	

Quadro 6.3 – Perfis dos desenvolvedores entrevistados.

	G e PG	Área de atuação	Proposta
D1	Graduado em Engenharia da Computação (1998), especialista na área de Tecnologia 3D para jogos eletrônicos.	Sócio-diretor de uma empresa desenvolvedora de jogo desde 2005	Avaliação da metodologias sob a perspectiva de produção de jogos educacionais
D2	Graduada em Comunicação Social - Jornalismo (2002), especialista em Produção de Filme e Televisão Digital, mestre e doutora em Artes Visuais.		

Os entrevistados foram convidados por contato eletrônico. As entrevistas com os pesquisadores e desenvolvedores foram semiestruturadas e realizadas presencialmente no local de trabalho dos entrevistados (universidades ou empresa).

As sessões de entrevistas duraram em média 1 hora e 30 minutos. Elas foram gravadas e feitas anotações. Após a realização de cada entrevista foi feito um resumo dos principais pontos abordados e ao final delas foi feita uma análise.

As entrevistas semiestruturadas foram realizadas conforme o roteiro planejado. No início da entrevista, a pesquisadora explica o objetivo da entrevista e como ela será conduzida: informalmente e com interrupções necessárias durante a apresentação da metodologia pela pesquisadora para responder a dúvidas do entrevistado. A pesquisadora informa o motivo da escolha do entrevistado e confirma as áreas de conhecimento e atuação. A metodologia e o jogo são apresentados com as interrupções já previstas, e ao final as perguntas básicas são feitas ao entrevistado. Ao longo da entrevista, outras questões pertinentes ao domínio do entrevistado podem ser realizadas pela pesquisadora a partir de suas dúvidas ou intuições (*insights*) à resposta. As perguntas básicas do roteiro são categorizadas como perguntas avaliativas (estabelece juízos de valor (Triviños, 1987, p. 151)), pois objetivam coletar a opinião do entrevistado sobre a metodologia e o jogo apresentados.

Foram planejadas duas questões básicas para a entrevista semiestruturada com os pesquisadores e desenvolvedores de jogos sérios:

- **Questão AE1:** Do ponto de vista de *design* de jogos, TD&E, simulação, domínio de aplicação (cada uma das especialidades do entrevistado), o Sr. acredita que a metodologia de fato orienta o trabalho desempenhado pelos papéis da vossa especialidade no desenvolvimento do JSTA?

- **Questão AE2:** Do ponto de vista de engenharia de software/produção, o Sr. acredita que a avaliações da metodologia e do JSTA são satisfatórias?

Como procedimento de análise foram feitas transcrições parciais das entrevistas (concentrando-se nas falas do entrevistado) e análise do conteúdo. As transcrições das falas dos entrevistados e perguntas do entrevistador foram realizadas para avaliar todos os tópicos abordados omitindo-se a apresentação da metodologia e JSTA feita pela pesquisadora. Depois o conteúdo foi analisado, classificado e agregado em cinco tópicos: (1) opinião do mérito do trabalho; (2) dúvidas e reflexões; (3) itens que devem ser destacados e fortalecidos; (4) discussão de trabalhos futuros; e (5) avaliação da metodologia. Conforme descrito a seguir.

6.4 Resultados

A seguir são descritos os resultados das entrevistas com os pesquisadores e com os desenvolvedores de jogos sérios.

6.4.1 Resultados das entrevistas com pesquisadores

Os pesquisadores entrevistados questionaram mais detalhes sobre alguns conceitos utilizados ou pertinentes ao projeto; deram algumas sugestões para melhoria da metodologia criada ou como trabalhos futuros; e opinaram sobre a relevância da tese e como ela está sendo avaliada. As questões levantadas para explicar algum conceito utilizado, que já foram respondidas ao longo desta tese ou são discutidas na próxima seção, pertencem a dez tópicos e são apresentadas no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Perguntas e respostas das entrevistas com os pesquisadores.

Tópico	Pergunta	Resposta
Conceitos	1: Por que jogo sério se qualquer jogo pode ser utilizado para fins educacionais?	Termo utilizado para distinguir jogos concebidos com propósitos educacionais (ver Seção 2.1)
	2: Por que colocou jogo e simulação como diferente? Qual é um exemplo de simulação que não é jogo?	Há uma intersecção destas áreas (ver Seção 2.1 e Subseção 2.3.1)
	3: Quais são as distinções de jogo, simulação e treinamento? O que é <i>software</i> ?	Pode haver ou não <i>software</i> nas três áreas (jogo de computador x físico; simulação virtual x real; treinamento virtual x presencial), mas estamos considerando a integração das três (JSTA) em um <i>software</i> (ver Seção 2.1)
Metodologia	4: Foram criados modelos ou documentos para cada fase?	Sim (ver Capítulo 4)
	5: Tem um protocolo para mapear os dados de um modelo em outro?	Sim (ver Apêndice A)
<i>Design</i> do jogo	6: Quais são critérios de exploração da motivação, relevância, satisfação, experiência do jogo, etc.?	Foram descritos critérios (ver Apêndice B)
Requisitos	7: Como decidir quais são os requisitos ou não no documento de requisitos?	Dada as competências a serem treinadas, o modelo de simulação deve compreender as ações corretas e erradas que devem ser treinadas, e os requisitos das diversas áreas devem ser analisados a partir delas (ver modelos na Subseção 4.3 e Apêndice A)
Simulação	8: Tudo o que é simulado tem que ter um modelo DFA/ DEVS, ou só os mais complexos?	Todos os protocolos que serão treinados devem ser modelados (ver Subseção 4.3.3)
	9: Os modelos DFA/DEVS podem ser reusado?	Sim (ver Seção 4.6).
	10: Tem alguma técnica ou guia para garantir que todos os caminhos possíveis são testados/projetados (em alguma fase)?	Neste trabalho é apenas orientado que deve ser feita uma análise (manual) dos principais erros (no doc. requisitos) e planejá-los nas fase do JSTA. Entretanto, pesquisas futuras podem abranger a avaliação formal de DEVS e DFA para garantir a abrangência de todos os caminhos em cenários de simulação (ver Seção 6.5)

Tópico	Pergunta	Resposta
Design do treinamento e da avaliação	11: Como garantir a exploração das competências?	Taxonomia de Bloom (ver Seção 4.5)
	12: Como é explorada a teoria de Kolb?	Ver na Seção 4.5
	13: Como é feita a avaliação dos aprendizes?	Ver nas subseções 4.3.6 e 4.3.7
Arquitetura	14: O que é e como funciona a arquitetura HLA-RTI?	Ver na Seção 4.6
	15: A comunicação é entre o quê?	Federados (ver Seção 4.6)
Implementação	16: Quais linguagens e ferramentas foram usadas na implementação?	Clientes web: Unity3D e C#; Clientes Android: jPCT-AE e Java; Servidor <i>web</i> e banco de dados: MySQL e PHP; Servidor distribuído: Java e <i>PoRTIco</i> ; (ver Subseção 4.6.3 e Capítulo 5)
Testes	17: Quais testes foram feitos?	Ver Seção E.7
	18: Tem metodologia de testes de jogos na literatura?	Na literatura, jogos e simulações são testados com testes de engenharia de <i>software</i> (ver subseções 4.3.5 e 4.3.8)
Verificação e validação	19: Como verificar que o modelo está correto?	Por meio da verificação e validação em cada fase. Modelos e <i>templates</i> auxiliam bem como procedimentos padronizados para desenvolvimento (ver Subseção 4.3.8)
	20: Tem alguma verificação automática?	Não (trabalhos futuros – ver Seção 6.5)
	21: Existem pontos de controle na metodologia?	V&V de cada fase com <i>templates</i> e modelos criados (ver Subseção 4.3.8)

Quanto a questão AE1, as avaliações dos entrevistados sobre se a metodologia de fato orienta o trabalho desempenhado pelos papéis da especialidade do pesquisador no desenvolvimento do JSTA, as respostas foram:

P1. “*Sim. O mérito do trabalho está na ligação da parte pedagógica de treinar habilidades e atitudes com o jogo sério.*”

P2. “*Sim. A partir da apresentação feita pode se dizer que a metodologia facilita a criação de JSTA e que está bem embasada na teoria.*”

P3. “*Sim. A metodologia criada realmente facilita e orienta o trabalho dos envolvidos pois é um problema real e existem indícios que a abordagem oferece benefícios.*”

Além disto, eles também opinaram que:

(1) A metodologia é fortemente estruturada mas iterativa pelo próprio processo de criação do jogo como um *software*, e exige uma análise maior no começo do desenvolvimento.

(2) Houve reuso projetado, baseado na análise de domínio, de um conjunto de componentes que vai atender qualquer domínio que tenha protocolos; além do reuso natural de modelos, de *software*, de objetos e da arquitetura.

(3) O ponto forte da metodologia é ter um modelo de desenvolvimento baseado em modelos formais, que além de obrigar a todos os envolvidos olharem para este mesmo modelo (que é bom), também tem potencial de guiar a simulação e a avaliação.

Quanto a questão AE2, as avaliações da metodologia (por meio de entrevistas) e do JSTA (por meio do estudo de caso) são satisfatórias, as opiniões dos entrevistados foram:

- P1. O avaliação da metodologia por meio de entrevistas não estruturadas (pesquisa qualitativa) com pessoas de confiança e que têm experiência nas áreas relacionadas é a melhor forma de avaliá-la, ainda mais que é uma pesquisa multidisciplinar que precisa de visão sistêmica.
- P2. A metodologia se aplica ao desenvolvimento de jogos sérios para fins de treinamento de habilidades operacionais e o seu uso completo para criação de um JSTA com esta finalidade já valida a metodologia para o objetivo proposto.
- P3. A validação do trabalho envolve a validação do processo (metodologia em si) e do produto gerado (JSTA) que é validado com o estudo de casos com os bombeiros. O ponto fraco é não validar a metodologia (processo) pois requer tempo (no mínimo de 1 a 2 anos). Na opinião deste pesquisador, a metodologia deve ser avaliada de diversas formas: avaliar produtividade, manutenção, menos erros na produção, treinamentos mais bem sucedidos, treinamentos que estão tendo transferência da aprendizagem. Apesar disso, considerando as restrições de tempo, a avaliação com especialistas nas diversas áreas é válida, segundo ele e os outros entrevistados.

6.4.2 Resultados das entrevistas com desenvolvedores

Os desenvolvedores entrevistados questionaram detalhes sobre a metodologia e o jogo sério desenvolvido, conforme apresentado no Quadro 6.5. Eles ressaltaram a relevância do trabalho (inclusive porque estão passando por alguns dos problemas apresentados em um projeto de desenvolvimento de um simulador). Quanto a questão AE1, as respostas foram:

- D1. Há indícios que a metodologia especifica e integra elementos que não são abordados em outras metodologias.
- D2. A metodologia é relevante pois descreve os papéis dos atores de “alto-nível” que integram as diferentes empresas, sem influenciar nos papéis dos atores de “baixo-nível” que pertencem apenas a empresa desenvolvedora (já que eles conhecem suas funções, tais como, modelador 3d, o programador, etc.).
- A sugestões foram para reunir em um modelo as especificações das áreas de

implementação, *design* e som para facilitar para os desenvolvedores de mais “baixo-nível” e enfatizar o público-alvo da metodologia. A partir destas sugestões, foi criado um diagrama integrador objeto de jogo- simulação, descrito na Subseção 4.3.3.

Quadro 6.5 – Perguntas e respostas das entrevistas com os desenvolvedores.

Tópico	Pergunta	Resposta
Metodologia	1. A metodologia e os modelos foram construídos utilizando teorias existentes na literatura?	Sim. As teorias foram pesquisadas e integradas conforme as fases de desenvolvimento.
	2. Foram construídos protótipos?	Sim. Ao longo do desenvolvimento foram construídos protótipos de vários modelos, inclusive por alunos de duas turmas da graduação, conforme temas apresentados do Apêndice H.5 e H.6.
	3. A metodologia inclui tudo, desde fazer o planejamento desses jogos sérios, até a implementação, o uso e avaliação final?	Sim, de uma forma holística e integradora.
	4. As interfaces de controle são apenas <i>mouse</i> e teclado, sem usar <i>joystick</i> , <i>kinect</i> , etc.? Mas poderiam ser contemplados na metodologia.	Sim, outras interfaces poderiam ser adicionadas.
Jogo	5. Como será feita a avaliação do JSTA?	Estudo de caso com a execução do jogo pelos bombeiros com a presença do instrutor orientando sobre o seu uso; e participação da pesquisadora observando e anotando as dúvidas e sugestões (ver Capítulo 6)
	6. A atividade da fase 2 é um treinamento guiado e em sequência para o bombeiro aprender o protocolo?	Sim, ele recebe o passo-a-passo para realizar o protocolo e informações sobre o que não deve ser feito.
	7. O <i>feedback</i> imediato é do erro e do que seria correto?	Depende da fase. Nas fases de jogos simples com interface 2D (1. Diagnosticar, 5. Analisar, e 6. Sintetizar), o <i>feedback</i> é somente na conclusão de cada atividade, informando apenas os erros e os acertos, possibilitando que o aprendiz reflita seus erros e refaça sem ter o resultado correto.

6.5 Discussões sobre as Entrevistas com Pesquisadores e Desenvolvedores e Trabalhos Futuros

É importante destacar que a especificação da metodologia descrita é útil para as pessoas da área de interesse visto que na literatura as abordagens são para outros fins particulares. No entanto, o seu uso implica em tomar decisões quanto a abordagens específicas, tais como, como as simulações serão modeladas? que teorias de aprendizagem e

treinamento e tipos de avaliação serão usados? etc. Estas decisões requerem uma análise e especificação da natureza do projeto e seu uso. No caso desta tese, é de interesse projetos de médio a grande porte, que visam o treinamento contínuo de uma grande quantidade de indivíduos a partir do uso de JSTAs com várias fases e cenários distintos mas que abordam um objetivo em comum ou a integração destes objetivos. Por exemplo, treinamento de bombeiros para combater incêndio com uma determinada técnica: eles devem ser treinados em diferentes situações e pode haver uma combinação dessas situações, além de que esse tipo de treinamento tem que ser contínuo ao longo da carreira do bombeiro. Assim, é necessário o reuso e interoperabilidade dos artefatos desenvolvidos em novos projetos, e não só a criação de um JSTA isolado. Sendo assim, uma arquitetura e artefatos computacionais que apoiam a criação de JSTA podem facilitar e tornar o ciclo de vida de desenvolvimento mais produtivo.

Neste trabalho, o uso da metodologia implicou no desenvolvimento de modelos integradores para avaliação durante cada fase do jogo (MI avaliação -simulação) e durante o processo de treinamento - JSTA como um todo (MI avaliação - processo de treinamento). Além da especificação e uso de uma arquitetura de suporte e seus componentes. Assim, a criação de um JSTA e seu uso, como método de treinamento e avaliação, visa mensurar o resultado do uso dos modelos integradores, como meio de desenvolvimento e produto final.

A avaliação pelos diversos especialistas serviu para ratificar a importância da metodologia sendo desenvolvida, reforçar os trabalhos futuros, e orientar algumas melhorias ou considerações a serem feitas na sua especificação e no jogo criado. A apresentação do trabalho para esses especialistas também possibilitou a identificação de parcerias futuras para o desenvolvimento de pesquisas e produtos. Além disto, todos os entrevistados responderam que a metodologia orienta o trabalho desempenhado pelos papéis da especialidade do pesquisador no desenvolvimento do JSTA (**questão de entrevista AE1**). Dessa forma, há indícios que a metodologia consegue minimizar a distância entre as áreas de conhecimento envolvidas (**questão de avaliação da metodologia AM1** – Quadro 6.1). A seguir são discutidos todos os pontos destacados nas avaliações, as dúvidas e considerações tratadas são apresentadas, bem como os trabalhos futuros. A discussão é feita de modo abrangente, por tópicos, e sem a identificação dos entrevistados. São citados trabalhos da literatura que corroboram com os resultados.

A metodologia e modelos especificados podem ser melhor aproveitados por organizações e empresas que precisam treinar de forma prática as habilidades e atitudes de seus funcionários, do que por instituições tradicionais que visam apenas ensinar conceitos teóricos. Entretanto, é necessário considerar que a pessoa pode ter ou obter, por meio de

algum treinamento, os conhecimentos e as habilidades necessárias para desempenhar suas funções, porém quando ela precisa ter atitude e desempenhar bem sua função, ela pode se negar por causa de fatores de insatisfação no trabalho (relacionado ao cargo ou a empresa, tais como, realização, reconhecimento, condições de trabalho, relacionamentos interpessoais, salário, etc. (Herzberg, 1973). Além disto, antes de iniciar o desenvolvimento é importante a identificação da real necessidade de treinamento, qual é o tipo de treinamento, quais as competências que devem ser treinadas, e qual é o público alvo, para melhor aproveitamento do treinamento em si (ABNT, 2001), bem como depois do treinamento é necessário o suporte à transferência da aprendizagem (Borges-Andrade, Abbad e Mourão, 2012).

É importante também destacar que a metodologia será utilizada em maior parte por empresas desenvolvedoras de jogos sérios, em conjunto com representantes dos clientes, e visa orientá-los na obtenção das necessidades e requisitos de treinamento, e no *design* do projeto com o desenvolvimento dos modelos integrados. Entretanto, não é o foco da metodologia aqui proposta substituir metodologias utilizadas para gerenciamento de equipes internas de desenvolvimento, nem especificar o trabalho dos membros destas equipes, mas sim, parte da premissa que cada membro da equipe conhece e exerce bem sua função. Dessa forma, até mesmo metodologias ou processos que focam nessas funções específicas podem ser utilizadas por esses profissionais.

Um dos focos principais da metodologia, e um dos seus diferenciais, é a integração da simulação com a parte pedagógica, para treinar habilidades e atitudes, durante o desenvolvimento do jogo. E isso é realizado com o uso de teorias de aprendizagem, instrucionais e de treinamento, além do uso de modelos formais para a simulação. Além disto, o uso da norma NBR ISO 10015/2001 visou fundamentar o jogo como um programa de treinamento contendo todos os itens especificados nela. Essa norma fornece diretrizes para treinamento e educação com gestão da qualidade. Estas diretrizes compreendem desde a identificação e análise das necessidades de treinamento até o planejamento, execução, monitoração e avaliação dos resultados. A metodologia criada contempla o processo de treinamento planejado e sistemático que a norma orienta e divide em cinco estágios: (1) definição das necessidades de treinamento, que na metodologia é incluído no planejamento inicial e orientado pelo levantamento das necessidades de equipes de preparação e resposta a emergência (Field et al., 2010); (2) projeto e planejamento do treinamento: que compreende o planejamento inicial, análise e projeto do jogo; (3) execução do treinamento: que é a fase de execução do JSTA em si; (4) avaliação dos resultados do treinamento: que é a fase de avaliação dos resultados; e (5) monitoração de todo do processo (os 4 estágios descritos): que

é realizado com as verificações e validações do produto gerado em cada fase, além das avaliações feitas durante e após o treinamento.

Quanto as teorias utilizadas, o trabalho apresentado por Rocha et al. (2012) apenas introduziu a integração da taxonomia de Bloom e teoria de Kolb com simulações, objetos de aprendizado, e diversos tipos de avaliação gerenciados por um ambiente virtual de aprendizagem. Entretanto, o trabalho aqui apresentado vai muito além, integrando esses conceitos com o *design* do jogo e programa de treinamento, e a análise dos modos de erros humanos integrada com a avaliação e *feedback* durante e após o treinamento. Neste trabalho, esses conceitos são todos integrados durante o jogo sério, e foram criados procedimentos e critérios que podem guiar o desenvolvimento do JSTA (apresentados nos apêndices A e B). Em trabalhos futuros pode ser explorada a integração destas simulações e objetos de aprendizagem para personalizar o jogo de acordo com o estilo de aprendizagem do participante, suas competências prévias no domínio treinado e em suas habilidades em usar computadores e jogos em geral.

Outro foco e diferencial deste trabalho é o desenvolvimento de jogos sérios a partir de normas e protocolos utilizados no domínio de aplicação e da análise das dimensões de erros humanos, que podem acontecer no jogo, em conjunto com especialistas do domínio. Isto permite criar um modelo interativo não-linear que abrange tomadas de decisões corretas e incorretas. Este modelo é representado com formalismos (foram identificados a necessidade de uso de DFA, DEVS, e FIS e criados componentes genéricos para processar os modelos formais), nos quais seus estados são pontos de avaliação e *feedback* e as transições são as próprias ações que podem ser realizadas. O resultado é uma avaliação contínua e precisa do que o aprendiz fez com *feedback* imediato das consequências, além da avaliação ao final do jogo. Entretanto, o mapeamento prévio com a necessidade de abstração e uma limitação desse modelo pois são muitas as combinações de ações que levam a falhas. Por exemplo, no cenário de vazamento de GLP, o aprendiz poderia ficar abrindo e fechando o botijão de gás ou perder tempo andando em direção oposta à emergência. Embora estes padrões incorretos de comportamentos sejam capturados e armazenados em banco de dados, eles ainda não são avaliados e informados aos aprendizes e instrutores. Uma avaliação complementar não mapeada previamente pode ser abordada em trabalhos futuros com o processamento de eventos complexos.

Os produtos de cada fase foram padronizados com modelos integradores. A especificação destes modelos na metodologia e o jogo desenvolvido orientam e exemplificam o seus usos. A padronização com modelos em cada fase e suas verificações e validações

servem também como pontos de controle na metodologia, para garantir que o produto final seja desenvolvido conforme o planejado inicialmente. Os passos para criar cada modelo, a partir do modelo da fase anterior, estão especificados no Apêndice A. Também são descritos os conceitos básicos de cada modelo e o padrão definido pela prática de uso (Seção 4.4).

Os elementos de jogos (que quando são usados para outros fins, fora dos jogos, são chamados de elementos de gamificação (Kapp, 2012)) são importantes itens de motivação para os aprendizes. Apesar de não ser utilizado no JSTA criado, a pontuação é um destes importantes elementos motivadores. Em trabalhos futuros, poderiam ser dados pesos aos pontos que garantiriam a avaliação diferenciada das competências (por exemplo, peso para o conhecimento menor do que o peso para habilidade, e peso para atitude maior que os dois outros), além das pontuações para as fases que foram estabelecidas após a aplicação do JSTA (descritas no Apêndice G.3).

6.6 Avaliação e Discussão da Metodologia, Arquitetura de Suporte e Elementos Criados

Este projeto também especificou e implementou uma arquitetura de suporte ao treinamento distribuído com componentes genéricos de processamento dos modelos integradores avaliação- simulação. Como prova de conceito, seis simulações interativas foram criadas usando modelos formais (DFA, DEVS, FIS e seus componentes da camada de comportamento) e integradas a interfaces 2D para dispositivo móvel e *desktop* (camada de apresentação). Além disso, duas simulações distribuídas simples foram implementadas e integradas com a camada de comunicação: uma em rede local com *sockets* (STARTSim) e outra pela Internet via *web services* (FireTruckSim). Estas simulações foram testadas e avaliadas pelos pesquisadores e desenvolvedores (alunos de doutorado e iniciação científica). A seguir, são discutidas as questões referentes a avaliação (Quadro 6.1) por esses desenvolvedores envolvidos nesta pesquisa.

- Questão AA: A arquitetura possibilita a criação e reuso de diferentes cenários e JSTA?

A arquitetura criada dividida em três camadas possibilitou a criação e o reuso de diferentes simulações de treinamento criadas como provas de conceito. Foram implementadas diferentes interfaces 2D e 3D para dispositivos móveis e desktops que permitiram testar a

camada de apresentação. Mais de 20 simulações foram modeladas com formalismos (DVA, DEVS e FIS), das quais seis foram integradas e testadas pela pesquisadora com interfaces 2D; e duas com interfaces 3D (para smartphone e desktop) foram também integradas com a camada de comunicação HLA/RTI. Entretanto, não houve a finalização de nenhuma das simulações interativas para treinamento com equipes. Desse modo, a arquitetura de suporte e a simulação distribuída também não foram executadas e avaliadas pelos bombeiros. Estas avaliações e validações deverão ser realizadas em trabalhos futuros.

Apesar disso, um jogo completo com três fases com simulações 3D usando um mesmo modelo formal de treinamento de controle de vazamento de gás de cozinha foi implementado (JSTA *GLPSobControle*) integrando a camada de apresentação e comportamento com o banco de dados (via web). Esse JSTA permitiu reusar e testar este modelo formal que também já tinha sido testado com uma das provas de conceito com interface 2D. A avaliação é positiva dos resultados destes reuso e testes, pois foi possível reusar as classes (dos objetos simulados) e os componentes (que são genéricos e apenas recebem os formalismos como metadados de entrada) implementados na camada de comportamento, sendo necessário apenas alterar as configurações iniciais do cenário na camada de apresentação (valores de parâmetros iniciais).

Dessa forma, a arquitetura possibilitou a criação e o reuso satisfatório de diferentes cenários de treinamentos.

- Questão AM1: A metodologia conseguiu minimizar a distância entre as áreas de conhecimento envolvidas na criação do JSTA?

Como parte da metodologia desenvolvida, foram identificados os requisitos de jogos sérios e das suas áreas relacionadas, a partir da revisão da literatura e do domínio de aplicação; e pesquisados e integrados conceitos que conseguem abranger todos estes requisitos (atinentes a jogos, simulações, treinamento, avaliação e domínio de aplicação). Além disto, a especificação da metodologia *DevJSTA* foi aprimorada com o seu uso (teoria e prática). Os conceitos identificados são integrados em processos da metodologia *DevJSTA*, fazendo parte de:

1. **Atividades em si:** especificação de procedimentos e critérios de construção do JSTA;
2. **Artefatos produzidos:** criação de *templates*, diagramas e modelos integradores;
3. **Responsabilidades atribuídas aos atores:** especificação dos profissionais envolvidos e de seus papéis; e
4. **Recursos que podem ser utilizados como apoio:** criação da arquitetura de suporte e seus elementos.

Com a metodologia DevJSTA criada e implementada (artefatos e recursos) foi possível desenvolver o JSTA *GLPSobControle*, além de diversas outras simulações para outros protocolos.

Além disto, a metodologia DevJSTA abrange todos os conceitos que as metodologias da literatura não abordam ou integram efetivamente (metodologias descritas e avaliadas no Capítulo 3). O Quadro 6.6 apresenta a avaliação da metodologia DevJSTA com os critérios de análise das metodologias apresentadas.

Quadro 6.6 – Avaliação da metodologia DevJSTA em relação ao estado da arte.

Proposta desta tese		DevJSTA	
Aplicação		Treinamento e avaliação de funções operacionais	
Jogo		Modelo de especificação; MI jogo- simulação; <i>storyboards</i> ; ontologias	
Simulação	Distribuída	Baseada no HLA/RTI, Cliente-Servidor, SOA	
	Lógica	ME, MI's simulação- avaliação (DEVS, DFA, FIS)	
	Física	2D/3D	
V&V		Durante todo o processo	
Aprendizado e conteúdo		MI programa de treinamento-avaliação	Taxonomia de Bloom; Teoria de Kolb; Princípios de atividade efetiva
Treinamento de competências			Teoria de modos de erros humanos; normas e POPs de treinamento
Avaliação	Desempenho do Aprendiz		Avaliações diagnóstica, formativa, somativa e autoavaliação, ao longo do processo com <i>feedback</i> imediato e ao final
	Jogo Sérioso		Avaliação da reação do aprendiz e de seu aprendizado (nível 1 e 2 de Kirkpatrick)
Limitações		<ul style="list-style-type: none"> Falta a validação completa da metodologia. Falta o desenvolvimento e avaliação de um JSTA completo para treinamento em equipe. 	

Legenda: ME: Modelo de Especificação

MI: Modelo Integrador

- Questão AM2: A metodologia fornece e integra soluções para todas as questões listadas na Seção 1.2?

A seguir a metodologia *DevJSTA* é analisada para cada questão de pesquisa.

Questão Q1: Por meio do uso de teorias e trabalhos das áreas de jogos, simulações, avaliação e treinamento, a metodologia propõe e integra soluções para criar JSTAs que possibilitem avaliações e treinamentos efetivos (ver Capítulo 4). Além disto, critérios são estabelecidos para que os envolvidos construam JSTAs com o balanceamento adequado de simulação, jogabilidade e conteúdo (ver Apêndice B).

Questão Q2: Processos e suas atividades são descritos abrangendo os artefatos/(sub)produtos e as responsabilidades de cada envolvido no desenvolvimento visando integração de conhecimentos e procedimentos executados por estes diferentes profissionais (ver Seção 4.3 e Apêndice A).

Questão Q3: A definição, estruturação e padronização de processos e modelos de produtos sistemáticos aumenta a probabilidade de qualidade do jogo. Além disto, o entendimento e a visão geral destes processos, produtos, projetos e pessoas envolvidas facilita o planejamento e monitoramento, além do próprio desenvolvimento de JSTAs. A metodologia DevJSTA estrutura e padroniza processos sequenciais (com atividades sequenciais ou paralelas) porém iterativos. Além disto, foram criados e definidos modelos de artefatos para cada uma destas atividades. (ver Capítulo 4 e apêndices A e B).

Questão Q4: Os artefatos da metodologia compreendem subprodutos (modelos, diagramas, *storyboards*, documentações, etc.) que são utilizados para desenvolver o JSTAs e (sub)produtos que compõe o JSTA (modelos formais, objetos 3D, componentes, etc.). artefatos que compõem o JSTA. Todos estes artefatos podem e devem ser reusados na construção de novos JSTA ou extensão dos existentes, entretanto, além da metodologia, foi criada uma arquitetura modular e em camadas, visando a abstração, reuso e interoperabilidade dos (sub)produtos que compõe os jogos sérios (ver Seção 4.6 e questão AA1).

Questão Q5: Tanto o desempenho de cada aprendiz deve ser mensurado e avaliado (por meio de avaliações diagnosticas, formativas, somativas e autoavaliações), como o programa de treinamento (principalmente a reação do aprendiz e seu aprendizado). Estas avaliações são apoiadas pelo modelos integradores avaliações-programa de treinamento (descritos na seção 4.5) e avaliações- simulações de treinamento (descritos na seção 4.4).

Questão Q6: Devem ser feitos testes, verificações e validações dos modelos durante todo o desenvolvimento do JSTA, bem como validação educacional do JSTA ao final do desenvolvimento (ver subseção 4.3.8 e Apêndice A.8).

Questão Q7: Para criar jogos sérios para treinar as competências requeridas é necessário primeiramente identificar estas competências e funções (operacionais, táticas e/ou estratégicas) que serão treinadas. Além disto, protocolos, normas e manuais fornecem o conteúdo e os procedimentos destas funções; e teorias de desempenho e de erros humano podem apoiar o entendimento destas funções. Ainda mais, é necessário capturar o conhecimento dos especialistas no domínio quanto aos cenários e características dos treinamento adequados às competências a serem treinadas. A partir deste entendimento e destas informações coletadas é então possível desenvolver o JSTA (ver Seção 4.3). Para este

projeto, foram abordados apenas treinamentos para adquirir e treinar competências de funções operacionais baseadas em procedimentos (adquirir conhecimentos de experiências básicas, treinar habilidades técnicas operacionais e reforçar/corrigir atitudes). Estas competências foram validadas a partir do estudo de Field et al. (2010) e foi utilizado a teoria de modos de erros humanos de Hollnagel et al. (2011). Entretanto, tanto outras competências (por exemplo, motoras) quanto outras funções (por exemplo, estratégicas tais como liderança e comunicação) podem ser abordadas em projetos futuros se forem integradas teorias e trabalhos relacionados a elas.

- *Questão AM3: A metodologia abrange todos os requisitos de M&S descritos por Taylor et al., 2013 (Subseção 3.3.3.)?*

A metodologia DevJSTA: (1) Abrange todo o ciclo de vida de desenvolvimento, uso e reuso do JSTA e seus artefatos, organizando processos, artefatos e atividades de desenvolvimento. Além disto, também são descritos os papéis dos principais atores envolvidos no desenvolvimento, bem como identificados outros que podem compor a equipe desenvolvedora (profissionais específicos). É possível ter uma visão geral de produtos, pessoas, processos e projetos envolvidos no desenvolvimento, incluindo processos de V&V (ver Capítulo 4); (2) Abrange as diversas áreas relacionadas possibilitando um desenvolvimento integrador (ver Capítulo 4); (3) Permite o desenvolvimento de JSTA em rede (ver Seção 4.6); (4) Fornece e permite o reuso de componentes e outros (sub)produtos durante o desenvolvimento (ver Seção 4.6); (5) Integra atividades de verificação e validação (do modelo de simulação e da efetividade de JSTA) durante toda a metodologia de desenvolvimento, execução e avaliação (ver Subseção 4.3.8); (6) Não oferece suporte mas poder oferecer e ser integrado a hardwares e softwares existentes no domínio de aplicação; (7) Não é integrado a sistemas de suporte a decisão em tempo real; e (8) Permitiu analisar o protocolo, inclusive foi possível identificar uma oportunidade de melhoria, e treinar aprendizes de forma satisfatória (ver Seção 5.6).

Assim, a metodologia abrange oito dos dez requisitos de desenvolvimento de aplicações de M&S descritos por Taylor et al., 2013. Entretanto, atinge as principais necessidades de desenvolvimento de JSTAs visto que não foi objetivo deste trabalho integrar e abranger sistemas de software e hardware existente no domínio de aplicação e para decisão em tempo real.

6.7 Discussões sobre as Avaliações do JSTA e da Metodologia

De modo geral, as avaliações do jogo e da metodologia foram positivas. Os pesquisadores e desenvolvedores corroboraram com as vantagens de utilizar a metodologia e os oficiais e bombeiros com os benefícios que ela promoveu ao JSTA criado. Esses avaliadores também apontaram como limitações conceitos que não foram tão explorados (tanto na avaliação da metodologia pelos pesquisadores e desenvolvedores, quanto na avaliação do jogo pelos bombeiros). Assim, há a necessidade de trabalhos futuros que explorem mais no JSTA e na especificação da metodologia de desenvolvimento sobre: (1) a fidelidade psicológica do jogo e sua narrativa (inclusão de história, personagens não controlados pelo jogador, narrações e diálogos); (2) a especificação e o *design* dos itens do *design* do jogo, tais como, aprofundar os detalhes de *design* de níveis ou das áreas de sonorização, arte e narrativa do jogo, além da personalização do jogo (melhor discutida a seguir); e (3) a verificação com testes padronizados e automatizados incluindo para isso o próprio uso do formalismo nos modelos de simulação (detalhado a seguir).

Como limitações do jogo criado, a personalização do jogo deve ser explorada em trabalhos futuros, isto inclui: (1) Adaptar o jogo conforme o nível de ritmo de cada aprendiz. A adaptação pode ser realizada a partir da avaliação do conhecimento prévio, na fase 1; (2) Garantir o domínio de cada objetivo de aprendizagem e pré-requisitos antes de ir para a próxima fase; (3) Incluir pontuação e outros elementos de jogos que motivam o aprendizado. Além disso, a personalização pode ser abordada em trabalhos futuros a partir do: (a) conhecimento do usuário no assunto: dada a verificação do conhecimento prévio, o conteúdo oferecido no jogo relativo a ele poderia ser ignorado ou ser mais aprofundado; (b) experiência do jogador: optou-se por colocar um tutorial padrão para todos os usuários, mas para jogadores experientes isto poderia ser omitido enquanto que para jogadores iniciantes poderia haver um nível de treinamento de controles e interfaces; (c) estilo de aprendizagem: a partir da identificação do estilo dominante do jogador, o jogo poderia enfatizá-lo com elementos que contribuem para o seu aprendizado.

Como trabalhos futuros em relação à verificação de modelos formais, pesquisas com o próprio formalismo podem ser realizadas para verificar e garantir que todos os caminhos dos modelos criados podem ser atingidos. Outros estudos com testes podem verificar e garantir que todas as possibilidades incluídas nos modelos formais estão sendo abrangidas pelos cenários criados para o JSTA.

Além disto, outras teorias e modelos podem ser integrados para abranger outros tipos de competências, tanto para as funções operacionais quanto para também incluir funções táticas e estratégicas não abordadas.

Também em trabalhos futuros, poderiam ser investigados a inclusão de *hardwares* (por exemplo, *cockpit* de um veículo de combate a incêndio) e *softwares* existentes (tais como, sistemas de gestão de pessoas, para por exemplo, personalizar os JSTAs para as competências que têm que ser treinadas por cada pessoa) no domínio de aplicação; e o suporte a integração com sistemas de tomada de decisão em tempo real (como por exemplo, a inclusão de redes de sensores e sistemas embarcados, e o uso de realidade aumentada).

6.8 Considerações Finais

Neste capítulo foi avaliada a metodologia DevJSTA por meio de entrevistas com pesquisadores e desenvolvedores de jogos sérios. Além disto, esta pesquisadora fez uma avaliação e discussão sobre a metodologia DevJSTA, arquitetura de suporte e elementos criados, e também uma discussão que abrangeu as avaliações do JSTA *GLPSobControle* e da metodologia DevJSTA.

No próximo capítulo são descritas as conclusões desta tese, as suas contribuições, limitações e trabalhos futuros. Também são listadas as parcerias e colaborações futuras, além das publicações e trabalhos correlatos.

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões da tese, as contribuições, as limitações, as parcerias e os trabalhos futuros, além das publicações e os trabalhos correlatos.

7.1 Conclusões

Este trabalho se insere na pesquisa e prática em áreas que apoiam a criação de jogos sérios, de modo a entender como estes jogos devem ser planejados, desenvolvidos, avaliados, validados e utilizados com o propósito de aprendizagem/ treinamento e avaliação do desempenho do aprendiz.

Uma lacuna foi identificada entre as áreas que oferecem apoio à criação de jogos sérios, com metodologias que são limitadas, em especial quando o domínio de aplicação é mais amplo e complexo. Estas limitações são, muitas vezes, causadas pelo próprio contexto de pesquisa, em que jogos sérios são inseridos em outras áreas, tais como, soluções em simulações distribuídas, engenharia de *software*, realidade virtual e aumentada, treinamento e desenvolvimento humano, sistemas de medição de desempenho humano; ou em subáreas de pesquisa, tais como, desenvolvimento de jogos para dispositivos específicos (por exemplo, *consoles* ou celulares) ou jogos para domínios particulares (por exemplo, saúde, educação).

Para cobrir esta lacuna, superando os desafios identificados relacionados a ela (questões de pesquisa), neste trabalho, uma metodologia de desenvolvimento de JSTAs (nomeada *DevJSTA*) foi especificada, utilizada e avaliada. Ela foi criada integrando conceitos das áreas de jogos, simulações, pedagogia (treinamento e avaliação), ao domínio real do treinamento. Os conceitos de cada área, que são descritos a seguir, são integrados em diferentes modelos, artefatos e processos desenvolvidos.

Na área de M&S, a metodologia abrange os níveis de fidelidades representacional e comportamental (não abrangeu a psicológica). Modelos formais DEVS, DFA, FIS foram definidos para modelar o comportamento do protocolo simulado, de modo a possibilitar pontos de medição e avaliação. Componentes genéricos foram criados para serem reusados no processamento desses modelos formais. Estes componentes fazem parte de uma arquitetura distribuída e em camadas, que foi criada baseada na arquitetura de alto nível HLA, e implementada pelo RTI *PorTIco*, de modo a fornecer reuso e interoperabilidade para jogos em rede. Verificações e validações dos modelos de simulação ocorrem ao longo do processo de desenvolvimento.

A área de pedagogia inclui as áreas de teorias de aprendizagem e instrucional, programa de treinamento, medições, avaliações e *feedback*. A descrição do programa de treinamento (jogo como um todo) foi baseada na norma ABNT para definir um contexto significativo com objetivos claros das competências praticadas. A taxonomia de Bloom foi utilizada para planejar as fases do JSTA, pois ela fornece fundamentos para estruturar as atividades com progressão de complexidade, permitindo que ocorra um aumento gradual de desafios. A teoria de aprendizagem experiencial de Kolb foi utilizada para abranger todos os perfis de aprendizes e suas estratégias de aprendizagem. Um dos diferenciais deste trabalho foi integrar essas duas teorias no processo de treinamento, além da integração com os diversos tipos de avaliação e *feedback*.

Ainda em relação à área pedagógica, em cada fase do JSTA foi planejado um tipo de avaliação (diagnóstica, formativa ou somativa), de modo a ter medições e avaliações durante todo o processo. A partir disto, é oferecido *feedback* imediato (em distintas formas - texto, áudio, animações, etc.) para reforçar os acertos e corrigir os erros do aprendiz, além de fornecer o resultado ao final do jogo. Além dessa avaliação contínua do desempenho humano, também foi incluída uma autoavaliação e a avaliação do treinamento, que possibilitam capturar a reação do aprendiz. Dessa forma, são realizadas as avaliações nos níveis 1 (reação) e 2 (aprendizado) da teoria de avaliação do programa de treinamento de Kirkpatrick. Estas avaliações e as validações do modelo de simulação servem de base para a validação interna do JSTA como instrumento educacional para treinamento e avaliação.

Na área de *design* de jogos, foram abrangidos os princípios de aprendizagem efetiva em jogos sérios: níveis, aprendizagem ativa, *feedback* imediato, prática das competências, motivação extrínseca (*feedback* positivo) e intrínseca (níveis mais complexos), objetivos e pré-requisitos claros, vários cenários ou problemas. Os diversos conceitos incluídos objetivaram balancear o conteúdo de aprendizagem e jogabilidade com a simulação. Além

disto, foram estabelecidos critérios para orientar a construção de JSTA pelos profissionais envolvidos. Os níveis foram planejados com um incremento gradual da complexidade usando a taxonomia de Bloom.

No domínio de preparação e resposta a emergência, procedimentos operacionais padrão, manuais e outros documentos relacionados foram utilizados para modelar as simulações. A teoria de dimensões de erros humanos foi utilizada para especificar as fases do jogo e as métricas de desempenho. As competências a serem treinadas pelos bombeiros foram analisadas por profissionais em preparação e resposta a emergência, para serem utilizadas como base no projeto desta tese, a partir das competências descritas pelo Projeto CRISIS (Field et al., 2010). Durante a criação da metodologia, foram analisados como os exercícios simulados reais e os treinamentos a distância são planejados e executados pelo Corpo de Bombeiros, com a inclusão de partes do formulário que são utilizados por eles para descrever o treinamento a ser realizado.

De forma geral, a partir de uma visão holística e uma abordagem transdisciplinar, neste trabalho foi criado e descrito uma metodologia que propõe e integra soluções das áreas relacionadas para superar os desafios apresentados e preencher a lacuna existente em soluções do estado da arte. A metodologia *DevJSTA* abrange todos os objetivos específicos desta tese para criação de jogos sérios para fins de treinamento e avaliação. Isto inclui o levantamento bibliográfico das questões e requisitos pertinentes aos jogos sérios, a especificação de artefatos (modelos, diagramas, documentações, etc.) que integram as áreas relacionadas aos jogos sérios (jogos, simulações, treinamento, avaliação e domínio de aplicação); a criação de processos para atingir estes requisitos com descrição das atividades e dos papéis de atores envolvidos, de modo a padronizar e sistematizar os projetos visando abranger todos os requisitos identificados; além de incluir atividade de verificação e validação ao final do desenvolvimento de cada processo e estabelecer critérios de construção de JSTAs, visando garantir que estes requisitos foram satisfeitos. Além disso, foi também desenvolvida uma arquitetura de suporte ao reuso e interoperabilidade de JSTAs com a criação de componentes e outros elementos de sistema, com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de novos JSTAs, a partir do reuso, integração e interoperabilidade dos artefatos criados.

Para verificar a viabilidade da metodologia *DevJSTA*, foi desenvolvido com ela um jogo sério para controle de vazamento de gás de cozinha, nomeado *GLPSobControle*. Este JSTA foi avaliado e validado por especialistas no domínio (dois oficiais e oito bombeiros), no Corpo de Bombeiros da cidade de São Paulo. A avaliação da metodologia foi feita por meio da validação do jogo, validação dos modelos de simulações criados e avaliação da

metodologia por especialistas nas diferentes áreas envolvidas (entrevistas com três pesquisadores e dois desenvolvedores de jogos sérios). Conforme resultados e discussões dessas avaliações e validações, o JSTA desenvolvido possibilita o treinamento e avaliação do desempenho humano com sucesso; e a metodologia possibilita a integração planejada, satisfazendo a abrangência das questões identificadas nesta tese.

Dessa forma, este trabalho contribui para o desenvolvimento de novos jogos sérios de treinamento e avaliação, com a metodologia especificada, e para pesquisas futuras, que podem ser realizadas para melhorar ou estender as soluções propostas (como por exemplo, integrar e melhorar as soluções de interoperabilidade e simulação distribuída em jogos sérios, ou estender a avaliação para compreender também as habilidades não técnicas, ou ainda criar ferramentas para auxiliar a metodologia e/ou arquitetura) ou realizar estudos comparativos com as soluções propostas (como por exemplo, criar um novo programa de treinamento fundamentado em outras teorias pedagógicas e compará-lo com o programa desenvolvido neste trabalho). Além disso, a metodologia pode contribuir para o aumento da eficiência e eficácia na produção de jogos sérios, se os requisitos de cada processo forem atendidos com a integração planejada, e do desenvolvimento de avaliações de desempenho dos aprendizes.

7.2 Contribuições Geradas

A principal contribuição deste trabalho foi a criação e especificação da metodologia iterativa *DevJSTA* para desenvolvimento de JSTAs com a integração de conceitos atinentes às áreas inter-relacionadas (jogos, simulações, treinamento, avaliação e domínio de aplicação). As contribuições específicas desta tese e dos trabalhos correlatos incluem:

1. A descrição de cada processo (atores e papéis, atividades e artefatos) da metodologia *DevJSTA* e exemplificação do seu uso;
2. A definição de *templates* para os artefatos desenvolvidos durante cada processo da metodologia *DevJSTA*;
3. O desenvolvimento de uma arquitetura de suporte e seus elementos para reuso e interoperabilidade de simulações distribuídas;
4. A criação de modelos que integram a modelagem formal (com DEVS, DFA e FIS) dos procedimentos simulados (POPs) com as avaliações de desempenho dos aprendizes (MIs avaliação- simulação de treinamento);

5. A implementação de componentes genéricos para processar os modelos formais especificados;
6. A criação de modelos que integram durante o jogo sério diferentes tipos de avaliações de desempenho do aprendiz (Nível 2 de Kirkpatrick) e atividades (com o uso da taxonomia de Bloom e teorias de Kolb) (MI- avaliação- programa de treinamento);
7. A definição de critérios de construção de JSTAs, com a integração de teorias que abrangem as áreas de jogos, simulações, treinamentos e avaliações;
8. A criação de um diagrama integrador objeto jogo- simulação;
9. A implementação e validação do jogo completo *GLPSobControle*;
10. A elaboração e validação de um questionário de avaliação que integra a avaliação das reações dos aprendizes (Nível 1 de Kirkpatrick) a sua autoavaliação;
11. A criação de uma disciplina de Simulação Interativa Distribuída (DIS);
12. A publicação de sete artigos completos em anais de congressos e três resumos expandidos.

A disciplina criada, e oferecida em dois semestres, de Simulação Interativa Distribuída é consequência da participação de todos os envolvidos no projeto que inclui esta tese e os trabalhos correlatos. Nela, a metodologia foi utilizada parcialmente com os alunos e melhorada a partir do *feedback* deles e dos envolvidos. Como resultado da disciplina, 20 simulações interativas (modelos formais dos protocolos e protótipos de uma fase do JSTA – cenário 3D principal) foram desenvolvidas utilizando a metodologia da fase de planejamento até implementação. Um minicurso com videoaulas e tutorial sobre Unity3D foi criado para as aulas práticas de desenvolvimento com Unity3D.

Além da especificação da metodologia e criação dos modelos integradores e elementos da arquitetura de suporte, um JSTA completo foi criado usando-os. Esse JSTA foi usado, avaliado e validado em treinamentos com bombeiros e será disponibilizado para usos em treinamentos futuros pela corporação.

7.3 Limitações e Trabalhos Futuros

A metodologia criada foi avaliada por especialistas (pesquisadores e desenvolvedores) nas áreas relacionadas aos jogos sérios, além de ser utilizada e aprimorada, durante dois semestres da disciplina de Simulação Interativa Distribuída, pelos pesquisadores envolvidos

(alunos de doutorado, mestrado e iniciação científica), especialistas em tecnologia de bombeiros e alunos de graduação. Entretanto, ela ainda não foi validada e nem comparada com o uso de outras metodologias devido a restrições de recursos disponíveis (equipe de desenvolvimento, tempo e orçamento). A comparação realizada foi entre os requisitos que esta metodologia atende para o desenvolvimento de JSTAs frente aos requisitos de outras metodologias da literatura, as quais não integram as quatro áreas abordadas neste trabalho. Desse modo, ainda não é possível concluir quantitativamente as vantagens de utilizar a metodologia criada. Entretanto, os estudos qualitativos realizados corroboram na existência da lacuna entre as áreas citadas e que este trabalho contribuiu para integrá-las permitindo criar um JSTA conforme proposto. Para superar esta limitação, estudos futuros deverão ser realizados para fornecer uma análise quantitativa e uma validação da metodologia. Além disto, trabalhos futuros deverão focar em:

1. **Validação da metodologia:** validação da metodologia por análise quantitativa.
2. **Relatórios de desempenho:** inclusão de outros elementos de jogos, tais como, pontuação e ranking para classificar e reportar o desempenho dos profissionais e possibilitar treinamento direcionado para as funções desempenhadas.
3. **Validação jogo sério para fins educacionais e de treinamento:** utilização do jogo sério *GLPSobControle* por um período maior e com amostras maiores para realizar a validação educacional externa e a avaliação do programa de treinamento nos níveis 3 (comportamento) e 4 (resultados) de Kirkpatrick.
4. **Personalização do jogo sério:** inclusão da adaptação do ritmo do jogo ao ritmo do aprendiz e da garantia dos pré-requisitos para avançar para a próxima fase.
5. **Ferramentas de apoio:** desenvolvimento de ferramentas de automatização e apoio a colaboração da equipe na produção de jogos sérios.
6. **Treinamento em equipes:** finalização do jogo sério para treinamento com equipes, bem como, uso completo da arquitetura distribuída. Além disso, uso e validação do JSTA multiusuário.
7. **Avaliação do desempenho em equipe:** inclusão de processamento de eventos complexos para avaliação de padrões incorretos não mapeados previamente e avaliação dos eventos espaço-temporais que já são capturados durante a execução do JSTA.
8. **Treinamento de habilidades não técnicas:** inclusão de outros tipos de treinamento, tais como, as de habilidades não técnicas de comunicação, tomada de decisão, percepção da situação e liderança.

7.4 Parcerias e Colaborações Futuras

Esta tese visa contribuir para o avanço do estado da arte em jogos sérios e áreas correlatas, e ao mesmo tempo na inovação dos cursos de aperfeiçoamento e treinamento em empresas e organizações, principalmente para os que envolvem alto risco à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente. Neste contexto, as seguintes parcerias foram e estão sendo realizadas para a continuidade deste projeto:

1. **Departamento de Ciência da Computação e Informação da Universidade de Linköping (LiU, Linköping, Suécia):** a continuação da parceria com a LiU visa a integração dos modelos formais de simulação com o processamento de eventos complexos para inferir e processar padrões em grandes fluxos de dados e detectar dependências espaciais, temporais e espaço-temporais para, de modo a realizar uma avaliação mais complexa do uso do protocolo operacional.

2. **Secretaria de Educação Pública do Corpo de Bombeiros:** a continuidade desta parceria visa realizar um novo treinamento com os alunos que estão fazendo a especialização de Tecnologia de Bombeiros. Além disso, o questionário aplicado na fase 7 do jogo será avaliado e adaptado para ser adotado em um curso a distância que contém animações e um jogo simples (todos em 2D), pois as avaliações das reações do participante e do programa de treinamento ainda não são feitas.

3. **Departamento de Ensino do Corpo de Bombeiros:** a parceria visa utilizar a metodologia gerada para criar novos treinamentos para os cursos a distância de Estágios de Aperfeiçoamento Profissional (EAP), de modo que serão analisadas as necessidades e prioridades para definir os futuros cenários. Dessa forma, a metodologia será utilizada novamente com o apoio do CB e será possível criar novos treinamentos completos. Caso o treinamento compreenda resgate e salvamento de vítimas, há ainda a possibilidade de parceria com o SAMU e com uma instituição de ensino que utiliza simuladores físicos para treinar seus alunos, de modo que o jogo sério poderá ser utilizado para treinar o protocolo antes da prática no simulador.

4. **Empresa desenvolvedora de jogos e jogos sérios de São Carlos:** a parceria visa aplicar a metodologia para o desenvolvimento de um simulador de operação de guindaste. Assim será possível validar e aprimorar o uso da metodologia em uma área de domínio de aplicação diferente, com uma outra equipe de desenvolvimento.

5. **Empresa distribuidora de botijões de GLP de São Paulo:** o objetivo desta

parceria é estender o jogo sério de controle de vazamento de GLP para usá-lo com os seus profissionais (técnicos, mas não bombeiros). Dessa forma, será possível avaliar e validar a flexibilidade e o reuso da arquitetura na criação de treinamentos para diferentes profissionais.

7.5 Principais Publicações e Trabalhos Correlatos

Durante este projeto, vários artigos e relatórios foram produzidos e publicados com diferentes relevâncias para esta tese. Outros trabalhos de iniciação científica e mestrado também foram desenvolvidos com a participação da autora desta tese. Dois estágios foram realizados na disciplina de graduação “Tópicos em Informática: Simulação Interativa Distribuída”, primeiro semestre de 2012 e de 2013, com supervisão da professora responsável e orientadora, referentes à disciplina de estágio do PESCD (Programa de Estágio Supervisionado de Capacitação Docente). No total, 20 modelos de simulações interativas foram criados pelos alunos sob orientação dos pesquisadores deste projeto maior. A seguir são listadas as publicações de artigos completos. Outras publicações e trabalhos relacionados a este projeto estão listados no Apêndice H.

1. ROCHA, R.V.; ARAUJO, R.B. *Avaliação de Desempenho Humano Como Parte Integrada da Metodologia de Criação de Jogos Sérios para Treinamento*. In: 24º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Campinas. 2013. p. 144-153.
2. ROCHA, R.V.; ARAUJO, R.B. *Metodologia de Design de Jogos Sérios para Treinamento: Ciclo de vida de criação, desenvolvimento e produção*. In: XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2013), São Paulo. 2013. p. 63-72.
3. ROCHA, R.V.; et al. *From Behavior Modeling to Communication, 3D Presentation and Interaction: an M&S life cycle for serious games for training*. In: The 16th IEEE/ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT 2012), Dublin. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2012. v. 16. p. 132-139.
4. ROCHA, R.V.; et al. *Sistema Integrado para Avaliação de Desempenho Humano em Simulações Interativas*. In: 22o Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2011), Aracaju, SE, 2011. p. 436-445.
5. ROCHA, R.V.; et al. *A. Understanding and Building Interoperable, Integrable and Composable Distributed Training Simulations*. In: ACM 14th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT 2010), Fairfax, VA. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2010. p. 121-128.
6. ROCHA, R.V.; et al. *HLA Compliant Training Simulations Creation Tool*. In: The 13-th

ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT 2009), Singapore, 2009. p. 192-198.

7. ROCHA, R.V.; ARAUJO, R.B. *Uma Arquitetura de suporte a modelagem de simulações de treinamento baseadas no HLA*. In: XXXV Conferência Latinoamericana de Informática (CLEI 2009), Pelotas, RS, 2009. p. 1-10 (CD-ROM).

REFERÊNCIAS

ABBAD, G. S.; BORGES-ANDRADE, J. E. Aprendizagem humana em organizações de trabalho. In: ZANELLI, J. C.; BORGES-ANDRADE, J. E.; BASTOS, A. V. B. (Orgs.) *Psicologia, Organizações e Trabalho no Brasil*. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 237-275.

ABBAD, G.S.; et al. *Medidas de Avaliação em Treinamento, Desenvolvimento e Educação: ferramentas para gestão de pessoas*. Porto Alegre: Artmed, 2012. 300 p.

ABNT. *NBR ISO 10015:2001 - Gestão da Qualidade: diretrizes para treinamento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 12 p.

ACUÑA, S.T.; FERRÉ, X. Software Process Modelling. In: *Proceedings World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics: Information Systems Development*, 2001. p. 237-242.

ADAMS, W.K.; et al. A Study of Educational Simulations Part I – Engagement and Learning. *Journal of Interactive Learning Research*, v. 12, 2007. p. 397-419.

AHDELL, R.; ANDRESEN, G. *Games and Simulation in Workplace eLearning*. M.Sc. Dissertation, Norwegian University of Science and Technology, Department of Industrial Economics and Technology Management, Norway. 2001.

AKILLI, G. K.; CAGILTAY, K. An Instructional Design/Development Model for the Creation of Game-Like Learning Environments: the FIDGE model. In M. Pivec (Ed.), *Affective and Emotional Aspects of Human-Computer Interaction: Game-Based and Innovative Learning*. IOS Press, 2006. p. 93-112.

ALDRICH, C. *Learning by doing: a comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences*. San Francisco, CA, USA: Pfeiffer, 2005. 400 p.

ALEXANDER; et al. *From Gaming to Training: A Review of Studies on Fidelity, Immersion, Presence, and Buy-in and Their Effects on Transfer in PC-Based Simulations and Games*. DARWARS Training Impact Group. 2005. Disponível em: http://www.aptima.com/publications/2005_Alexander_Brunye_Sidman_Weil.pdf. Acesso em: abr. 2013.

BALCI, O. Verification, validation, and certification of modeling and simulation applications. In: *Proceedings of 35th Conference on Winter Simulation: driving innovation*, 2003. p. 150-158.

_____. Golden Rules of Verification, Validation, Testing, and Certification of Modeling and Simulation Applications, In: *SCS M&S Magazine*, Oct. 2010, n. 4, The Society for Modeling and Simulation International (SCS), Vista, CA, 2010.

- _____. A Life Cycle for Modeling and Simulation. *Simulation*, v. 88, n. 7, 2012. p. 870-883.
- BALCI, O.; ARTHUR, J.D.; ORMSBY, W.F. Achieving reusability and composability with a simulation conceptual model. *Journal of Simulation*, v.5, 2011. p. 157–165.
- 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.
- BANKS, J.; et al. Discrete-Event System Simulation. 3rd. ed. New Jersey, USA: Prentice-Hall, 2001.
- BASIL, V.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. Goal Question Metric Paradigm. *Encyclopedia of Software Engineering*, v. 1, John Wiley & Sons, 1994. p. 528-532.
- BECKER, K.; PARKER, J. Serious Instructional Design: ID for digital simulations and games. In: P. RESTA (ED.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2012*. Chesapeake, VA: AACE, 2012. p. 2480-2485.
- BEE, R.; BEE, F. *Feedback*. Tradução de Maria Cristina F. Florez. São Paulo: Nobel, 2000. 62 p.
- BELLOTTI, F.; et al. Assessment in and of Serious Games: An Overview. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2013. p. 1-11.
- 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 ...*, Madrid: International Association for Development of the Information Society, 2004. p. 683-690.
- BLOOM, B.S. *Taxonomy of Educational Objectives: the classification of educational goals – Handbook I: Cognitive Domain*. New York, NY, USA: McKay, 1956.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *Mapeamento da Indústria Brasileira e Global de Jogos Digitais*. Relatório Final. 2014a. 121p. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/seminario/seminario_mapeamento_industria_games042014_Relatorio_Final.pdf. Acesso em: mai. 2014.
- _____. *I Censo da Indústria Brasileira de Jogos Digitais*. 2014b. 57p. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/seminario/seminario_mapeamento_industria_games042014_RelApoioCensoIndustriaBrasileiradeJogos.pdf. Acesso em: mai. 2014.
- BOOG, G.G. *Manual de Treinamento e Desenvolvimento: um guia de operação*. São Paulo: MAKRON Books, 2001. 284 p.
- BORGES-ANDRADE, J.E. Avaliação Somativa de Sistemas Instrucionais: integração de três propostas. *Tecnologia Educacional*, v. 11, n. 46, 1982. p. 29-39.

BORGES-ANDRADE, J.E.; ABBAD, G.S.; MOURÃO, L. Modelos de Avaliação e Aplicação em TD&E. In: ABBAD, G.S.; et al. *Medidas de Avaliação em Treinamento, Desenvolvimento e Educação: ferramentas para gestão de pessoas*. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 20-35.

QUEIROGA, F.; et al. Medidas de Aprendizagem em TD&E: fundamentos teóricos e metodológicos. In: ABBAD, G.S.; et al. *Medidas de Avaliação em Treinamento, Desenvolvimento e Educação: ferramentas para gestão de pessoas*. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 108-126.

BOYLE, E.; CONNOLLY, T.M.; HAINEY, T. The role of psychology in understanding the impact of computer games. *Entertainment Computing*, v. 2, n. 2, 2011. p. 69–74.

BRANSON, R.K. et al. *Interservice Procedures for Instructional Systems Development*. (5 vols.). Ft. Monroe, VA, USA: U.S. Army Training and Doctrine Command, 1975.

BRIGGS-MYERS, I.; MCCAULLEY, M. H. Manual: A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs Type Indicator. Palo Alto, CA, USA: Consulting Psychologists Press. 1985.

BYERS, C. Combining Instructional Design and Game Design. In: *Gaming and Simulation: concepts, methodologies, tools and applications*, v. I, Hershey, PA, USA: IGI Global, 2010. p. 359-372.

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.

CAMPOS, J.P.; GUIMARÃES, J.P. *Em busca da eficácia em treinamento: Norma ABNT NBR ISO 10015:2001 - gestão da qualidade – diretrizes para treinamento*. 2008. 107 p.

CHANDLER, H.M. *Manual de Produção de Jogos Digitais*. Tradução de Aldir J.C.C. Silva. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 478 p.

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

CLARK, D. Addie Timeline. Disponível em: http://www.nwlink.com/~donclark/history_isd/addie.htm. 2013. Acesso em: set., 2013.

CONNOLLY, T.M.; et al. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, v. 59, n. 2, 2012. p. 661–686.

COSTIKYAN, G. I have no words & I must design: Toward a critical vocabulary for games. In: MDIYRD, F. (Ed.), *Proceedings of the Computer Games and Digital Cultures Conference*. Tampere, Finland: Tampere University Press, 2002. p. 9-33.

DE GLORIA, A.; et al. Serious Games for Education and Training. In: *International Journal of Serious Games*, v. 1, n. 1, 2014. p. 1-15.

- DEMACHY, T. *Extreme Game Development: right on time, every time*. 2013. Disponível em: <http://www.gamasutra.com/view/feature/2827/extreme%20game%20development%20right%20on%20.php>. Acesso em: out. 2013.
- DICK, W.; CAREY, L. CAREY, J.O. *The Systematic Design of Instruction*. 6th ed. Allyn & Bacon, 2004. p. 1–12.
- DOD. 2010. *DoD Modeling and Simulation (M&S) Glossary*. Disponível em: http://www.msco.mil/documents/4_Final_Glossary.pdf. Acesso em: nov. 2011.
- DOMINGUES, D.G. *Protótipos para a criação de jogos digitais: aplicações no ensino de design de games*. 2011. 431 p. Tese (Doutorado em Design) - Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- DONOVAN, L. *The Use of Serious Games in the Corporate Sector: a state of the art report*. Learnovate Centre, 2012. Disponível em: http://www.learnovatecentre.org/wp-content/uploads/2013/06/Use_of_Serious_Games_in_the_Corporate_Sector_PRINT_FINAL.pdf. Acesso em: nov. 2013.
- DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. *Educar*, n. 24, Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 213-225.
- DURAND, T. L'alchimie de la compétence. *Revue Française de Gestion*, n. 127, jan./fev. 2000. p. 84-102.
- ECK, R.V. Building Artificially Intelligent Learning Games. In: GIBSON, D.; ALDRICH, C.; PRENSKY, M. (Eds.) *Games and Simulations in Online Learning: research & development frameworks*. Hershey, PA, USA: Idea Group, 2007, p. 271-307.
- EMS. 2006. *Essentials of Modeling & Simulation*. Disponível em: <http://nmso.navy.mil/ems/welcome.html>. Acesso em: fev. 2011.
- ENGSTRÖM, H.; et al. Making a Game of the Old Testament Balancing Authenticity, Education and Entertainment. *IADIS International Journal on WWW/Internet*, v. 9, n. 1, 2011. p. 1-17.
- FEINSTEIN, A. H.; CANNON, H. M. Constructs of Simulation Evaluation. *Simulation & Gaming*, v. 33, n. 4, 2002. p. 425-440.
- FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, v. 78 n. 7, 1988. p. 674-681.
- FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 17, n. 2, 2010. p. 421-431.
- FIELD, J.; et al. *Revised Crisis Management User and Training Requirements Report*. CRISIS - Critical incident management training system using and interactive simulation environment. 2010. Disponível em: http://idc.mdx.ac.uk/projects/crisis/files/2012/04/D3_1-Training_and_User_Requirements_Report-v0.31.pdf. Acesso em: jan. 2013.

FLOOD, K. *Game Unified Process (GUP)*. 2003. GameDev.net Articles. 2003. Disponível em: <http://www.gamedev.net/reference/articles/article1940.asp>. Acesso em: out. 2013.

FORD, F. *The Euclid RTP 11.13 SE Development & Exploitation Process (SEDEP)*. European Simulation Interoperability Workshops, 04E-SIW- 037, Edinburgh, Scotland, 2004, p. 1-10.

FOWLKES, J. E.; et al. Improving the Measurement of Team Performance: the TARGETs methodology. *Military Psychology*, n. 6, 1994. p. 47-61.

FREITAS, S.; JARVIS, S. A Framework for Developing Serious Games to meet Learner Need. *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*, 2006. p. 1-11.

FUJIMOTO, R. M. Parallel and Distributed Simulation. In: Winter Simulation Conference, December 05-08, 1999, Phoenix, Arizona. *Proceedings of the 31st Conference on Winter Simulation: Simulation - a bridge to the future*. New York, NY, USA: ACM, 1999. p. 122-131.

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

GILLEN, T. *Avaliação de Desempenho*. Tradução de André M. Andrade. São Paulo: Nobel, 2000. 63 p.

GODOY, A.; BARBOSA, E.F. *Game-scrum: an approach to agile game development*. In: Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2010. p. 292-295

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

GORDON, J., ZEMKE, R. (2000). The Attack on ISD. *Training Magazine*, v. 37, n. 4. p. 42.

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

GRUSENMEYER, D. *Developing Effective Standard Operating Procedures*. In: Dairy Farm Business Management Articles. 2003. Disponível em: <http://www.ansci.cornell.edu/pdfs/sopsdir.pdf>. Acesso em: set. 2013.

HALL, J.J.S.B. *Corporate Cartooning: the art, science and craft of computer business simulation design*. London, England: Hall Marketing, 2011. Disponível em: <http://www.simulations.co.uk/Corporate%20Cartooning.htm>. Acesso em: dez. 2013.

HAMBLIN, A.C. *Avaliação e Controle de Treinamento*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1978. 286 p.

HAYS, R.T. *The Effectiveness of Instructional Games: a literature review and discussion*. Naval Air Warfare Center Training Systems Division (Technical Report 2005 – 004). 2005.

HAYS, R. T.; SINGER, M. J. *Simulation Fidelity in Training System Design: bridging the gap between reality and training*, New York: Springer, 1989. 415 p.

HERZBERG, F. O Conceito da Higiene Como Motivação e os Problemas do Potencial Humano no Trabalho. In: HAMPTON, D.R. *Conceitos de comportamento na administração*. São Paulo: EPU, 1973. p. 53-62.

HOLLNAGEL, E. *FRAM: The Functional Resonance Analysis Method - modelling complex sociotechnical systems*. England: Ashgate, 2012. 142p.

HOLLNAGEL, E.; et al. *Resilience Engineering in Practice: a guidebook*. England: Ashgate, 2011. 322 p.

HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D.; MOTWANI, R. *Introdução à Teoria dos Autômatos, Linguagens e Computação*. Tradução de Vandenberg D. Souza. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002. 584 p.

IEC. *Fuzzy Control Programming - IEC 1131 - part 7 draft Programmable Controllers*. 1997. Disponível em: <http://jfuzzylogic.sourceforge.net/doc/iec_1131_7_cd1.pdf>. Acesso em: mar. 2011.

IEEE. *1278.1-1998 - IEEE Standard for Distributed Interactive Simulation: application protocols*. New York, NY, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 1998.

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

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

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

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

_____. *1516.4-2007 - Recommended Practice for Verification, Validation, and Accreditation of a Federation - an overlay to the high level architecture federation development and execution process*. IEEE Publication, Washington, DC. 2007.

_____. *1730-2010 - Distributed Simulation Engineering and Execution Process (DSEEP)*. IEEE Publication, Washington, DC. 2010.

KAPP, K.M. *The Gamification of Learning and Instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco, CA, USA: Wiley, 2012. 336 p.

KELLER, J. M. Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design. *Journal of Instructional Development*, v. 10 n. 3, 1987. p. 2-10.

_____. *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS model approach*. Springer, 2009. 345 p.

KELLY, H.; et al. How to Build Serious Games. In: *Communications of the ACM*. v. 50, n. 7, 2007. p. 45-49.

KEMP, J. *Instructional Design: a plan for unit and course development*. Belmont, USA: Fearon-Pitman Pub, 1977.

KHARRAZI, H.; FAIOLA, A.; DEFAZIO, J. Healthcare Game Design: behavioral modeling of serious gaming design for children with chronic diseases. In: *13th International Conference on Human-Computer Interaction*. Part IV: Interacting In Various Application Domains. Proceedings... Berlin: Springer-Verlag, 2009. p. 335-344.

KIRKLEY, S.; TOMBLIN, S.; KIRKLEY, J. Instructional Design Authoring Support for the Development of Serious Games and Mixed Reality Training. *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*. Bloomington, 2005.

KIRKLEY, J.; KIRKLEY, S.; HENEGHAN, J. Building Bridges Between Serious Game Design and Instructional Design. In: SHELTON, B.E.; WILEY, D. (Eds.), *The Design and Use of Simulation Computer Games in Education*, Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 2007. p. 61-83.

KIRKPATRICK, D.L.; Evaluation of training. In: CRAIG, R. (Org.) *Training and Development Handbook*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1976. p. 87-112.

KIRKPATRICK, D.L.; KIRKPATRICK, J.D. *Evaluating Training Programs: The Four Levels*. 3rd Edition. San Francisco, CA, USA: Berrett-Koehler, 2006. 568 p.

KOLB, A.Y.; KOLB, D.A. Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education. *Academy of Management Learning and Education*, v. 4, n. 2, 2005. p. 193-212.

KOLB, D.A. *Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall Inc., 1984. p. 20-38.

_____. *Learning Style Inventory: technical manual*. Boston, MA, USA: McBer and Company, 1985.

KORTELING, J.E., OPRINS, E.A.P.B.; KALLEN, V.L. Measurement of Effectiveness for Training Simulations. In: *RTO System Analysis and Studies Panel (SAS)*, RTO-MP-SAS-095. Amsterdam, The Netherlands, 2012. p. 1-14.

KUHL, F.; WEATHERLY, R.; DAHMANN, J. *Creating Computer Simulation Systems: an introduction to the high level architecture*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 1999. 212 p.

LAUBISCH, A.; CLUA, E. Scrum4Games: Uma aplicação do Scrum para projetos de games focada em game design. In: IX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames, 2010), Florianópolis. 2010. p 178-187.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation Modeling and Analysis*. 3rd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Higher Education, 2000. 760 p.

LIMA, R. H. P.; ARAUJO, R. B. *Interface de Visualização 3D em Dispositivos Móveis para Simulações de Treinamento*. Relatório Científico (Bolsa FAPESP de Iniciação Científica) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

MACIUSZEK, M.; WEICHT, M.; MARTENS, A. Seamless Integration of Game and Learning Using Modeling and Simulation. In: Winter Simulation Conference. *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*, 2012. p. 1611-1620.

MARFISI-SCHOTTMAN, I; GEORGE; S.; TARPIN-BERNARD, F. Tools and Methods for Efficiently Designing Serious Games. In: 4th European Conference on Games Based Learning, Copenhagen, Denmark, 21-22 October 2010, p. 226-234, 2010.

MARKLUND, B.B. *Games in Formal Educational Settings Obstacles for the Development and Use of Learning Games*. 213. 113 p. Licentiate Dissertation (Informatics), University of Skövde, Sweden, 2013.

MARTINS, M.E.G.; LOURA, L.C.C.; MENDES, M.F. Análise de Dados: texto de apoio para os professores do 1.o ciclo. Ministério da Educação, Lisboa, Portugal, 2013. 174 p.

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

MATTAR, J. *Games em Educação: como os nativos digitais aprendem*. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2010. 181 p.

MELIZA, L. L.; et al. *After Action Review in Simulation-Based Training*. U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. Orlando, Florida, 2007.

MESSINEO, L.; et al. Game-based Learning for Education and Training in the Health Sector. In: *4th International Conference of Education, Research and Innovation*, 2011. p. 3341-3353.

MICHAEL, D.; CHEN, S. *Serious Games: games that educate, train, and inform*. Boston, MA, USA: Thomson Course Technology, 2006. 287 p.

MIGUEL, P. A. C. *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 226 p.

MILLER, A.; IMRIE, B. W.; COX, K. Functions of Assessment. In: _____. *Student Assessment in Higher Education: a handbook for assessing performance*. London, UK: Kogan Page, 1998. p. 23-40.

MORAES, R.M.; et al. Serious Games and Virtual Reality for Education, Training and Health. In: CRUZ-CUNHA, M.M. (Ed) *Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business and Research Tools*. IGI Global, 2012. p. 315-336.

MOURÃO, L.; MENESES, P.P.M. Construção de Medidas em TD&E. In: ABBAD, G.S.; et al. *Medidas de Avaliação em Treinamento, Desenvolvimento e Educação: ferramentas para gestão de pessoas*. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 50-63.

MYERS, I.B.; MCCAULLEY, M.H. *Manual: A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs Type Indicator*, 5th edition. Palo Alto, CA, USA: Consulting Psychologists Press, 1985. 309 p.

NADOLSKI, R. J. et al. Serious Games for Higher Education: a framework for reducing design complexity. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 24, n. 5, 2008. p. 420-432.

NOVAK, J. *Desenvolvimento de Games*. Tradução de Pedro Cesar de Conti. São Paulo: Cengage, 2010. 443 p.

OLIVEIRA, M.; CROWCROFT, J.; SLATER, M. Component Framework Infrastructure for Virtual Environments. In: International Conference on Collaborative Virtual Environments. *Proceedings of the 3rd International Conference on Collaborative Virtual Environments*, San Francisco, CA, USA, 2000. p. 139-146.

_____. An Innovative Design Approach to Build Virtual Environments Systems. In: Workshop on Virtual Environments. *Proceedings of the Workshop on Virtual Environments*, Zurich, 2003. p. 143-151.

O'NEIL, H.F.; WAINESS, R.; BAKER, E.L. Classification of Learning Outcomes: Evidence From the Computer Games Literature, *The Curriculum Journal*, v. 16, n. 4, 2005. p. 455-474.

PACE, D.K. Ideas About Simulation Conceptual Model Development. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, v. 21, 2000, p. 327-336.

_____. Modeling and simulation verification and validation challenges. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, v. 25, n. 2, 2004. p. 163-172.

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.

PEREIRA, J.C.R. *Análise de Dados Qualitativos: estratégias metodológicas para as Ciências da Saúde, Humanas e Sociais*. 3a. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. 160 p.

PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas. 1999. 183 p.

PHELAN, T.D. *Emergency Management and Tactical Response Operations: bridging the gap*. Burlington, MA, USA: Elsevier, 2008. 289 p.

PISKURICH, G.M. *Rapid Instructional Design: learning ID fast and right*. 2nd ed. San Francisco, CA, USA: Pfeiffer, 2006. 508 p.

PISKURICH, G.; BECKSCHI P.; HALL, B. *The ASTD Handbook of Training Design and Delivery: a comprehensive guide to creating and delivering training programs: instructor-led, computer-based, or self-directed*. 2nd edition, New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2000. 640 p.

PONTES, B.R. *Avaliação de Desempenho: nova abordagem*. 7. ed. São Paulo: LTr, 1999.

PORTICO. 2010. *The poRTIco Project*. Disponível em http://porticoproject.org/index.php?title=Main_Page. Acesso em: dez. 2011.

POWELL, E.T.; NOSEWORTHY, J.R. *The Test and Training Enabling Architecture (TENA)*. United States Joint Forces Command Report. 2012. p. 1-28.

PRENSKY, M. *Digital Game-Based Learning*. USA: Paragon House, 2007. 464 p.

QUINN, C. N. *Engaging Learning: designing e-learning simulation games*. San Francisco, CA, USA: Pfeiffer, 2005. 240 p.

RANKIN, A.; et al. Training Systems Design: bridging the gap between users and developers using storyboards. In: *Proceedings of the 29th Annual European Conference on Cognitive Ergonomics*. ACM, New York, NY, USA, 2011. p. 205-212.

RANKIN, A.; FIELD, J. Resilience in the Cockpit: training for “surprises”. PhD Report - *Linköping University*, Department of Computer and Information Science, 2012, 13 p.

RANKIN, W. J.; GENTNER, F. C.; CRISSEY, M. J. After Action Review and Debriefing Methods: technique and technology. *Interservice/Industry Training Systems and Education Conference*, Albuquerque, New Mexico, 1995. p. 252-261.

RATWANI, K.L. *Game-Based Training Effectiveness Evaluation in an Operational Setting*. Study Report 2010-02. 2010. Disponível em: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA530660>. Acesso em: dez. 2013.

ROBINSON, S. *Conceptual Modelling for Simulation Part I: definition and requirements*. Journal of the Operational Research Society, vol. 59, 2007, pp. 278-290.

ROCHA, Rafaela V. *Uma Arquitetura de Suporte a Modelagem de Simulações de Treinamento Baseada na Arquitetura HLA (High Level Architecture)*. 2009. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

_____. *Projeto e Avaliação de um Ambiente de Simulações Distribuídas de Treinamento*. 2012. 158 p. Qualificação (Doutorado em Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

ROCHA, Rodrigo V. *Avaliação de Desempenho Humano Individual e em Equipe em Simulações Interativas Distribuída de Treinamento*. 2012. 147 f. Dissertação (Mestrado em

Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

ROCHA, Rafaela V.; ARAUJO, R. B. *Uma Arquitetura de Suporte a Modelagem de Simulações de Treinamento Baseadas no HLA*. In: XXXV Conferência Latinoamericana de Informática, 2009, Pelotas, RS.

_____. *Avaliação de Desempenho Humano Como Parte Integrada da Metodologia de Criação de Jogos Sérios para Treinamento*. In: 24º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2013, Campinas. Proceedings do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2013a. p. 144-153.

_____. *Metodologia de Design de Jogos Sérios para Treinamento: Ciclo de vida de criação, desenvolvimento e produção*. In: Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2013, São Paulo. Proceedings do XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2013b. p. 63-72.

ROCHA, Rafaela V.; CAMPOS, M. R.; ARAUJO, R. B. *Reusing Components to Build Emergency Response Training Simulations*. Relatório Técnico Interno - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2011.

ROCHA, Rafaela V.; et al. *HLA Compliant Training Simulations Creation Tool*. In: The 13-th ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications, 2009, Singapore. p. 192-198.

_____. *Understanding and Building Interoperable, Integrable and Composable Distributed Training Simulations*. In: The 14-th ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications, 2010, Fairfax, VA. p. 121-128.

ROCHA, Rodrigo V.; et al. *Sistema Integrado para Avaliação de Desempenho Humano em Simulações Interativas*. In: 22º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2011, Aracaju -SE. p. 436-445.

RODRIGUES, H.F.; MACHADO, L.S., VALENÇA, A.M. Definição e Aplicação de um Modelo de Processo para o Desenvolvimento de Serious Games na Área de Saúde. In: Proc. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - Workshop de Informática Médica, Belo Horizonte. 2010. p. 1532-1541.

ROSEN, M. A.; et al. Measuring Team Performance in Simulation-Based Training: adopting best practices for healthcare. *Simulation Healthcare*, v. 3, 2008. p. 33-41.

ROZA, M.; et al. *Generic Methodology for Verification and Validation for Training Simulations*. Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC), 2010. p. 1-12.

ROZA, M.; VOOGD, J.; SEBALJ, D. The Generic Methodology for Verification and Validation to support acceptance of models, simulations and data. *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. v. 10 n. 4, 2012. p. 347-365.

SALAS, E.; CANNON-BOWERS, J. A. The Science of Training: a decade of progress. *Annual Review of Psychology*, v. 52, 2001. p. 471-499.

SALAS, E.; et al. Performance Measurement in Simulation-Based Training: A Review and Best Practices, In: *Simulation Gaming*, v. 40, n. 3, 2009. p. 328-376.

_____. The Science of Training and Development in Organizations: what matters in practice. *Psychological Science in the Public Interest*, v. 13, n. 2, 2012. p. 74-101.

SALAS, E.; ROSEN, M.A. *Best Practices for Performance Measurement in Military Simulation-based Training: observations from the field*. Report - Department of Psychology, Institute for Simulation and Training, University of Central Florida, 2007. p. 1-29.

SÃO PAULO (Estado). Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. *Incêndio em GLP*. Procedimento Operacional Padrão POP-INC-002. São Paulo, 1997a. 1 p.

_____. *Incêndio em GLP*. Caderno de Treinamento do POP-INC-002. São Paulo, 1997b. 18 p.

_____. *Diretriz N° CCB-001/213/03. PPI- Plano Particular de Intervenção*. São Paulo. 2003.

_____. *Resgate e Emergências Médicas*. Coletânea de manuais técnicos de bombeiros, v. 12. São Paulo, 2006.

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

_____. *Emprego de Mangueiras, Esguichos e Acessórios Hidráulicos*. Coletânea de manuais técnicos de bombeiros, v. 23. São Paulo, 2006.

SARGENT, R.G. Verification and Validation of Simulation Models. Winter Simulation Conference. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*. 2010. p. 166-183.

SAUVÉ, L.; et al. Distinguishing Between Games and Simulations: a systematic review. *Educational Technology & Society*, v. 10 n. 3, 2007, p. 247-256.

SAVI, R. *Avaliação de Jogos Voltados para a Disseminação do Conhecimento*. 2011. 238 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SAVI, S.; et al. Proposta de um modelo para avaliação de jogos educacionais. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 8, n. 3, 2010. p. 1-10.

SCHUYTEMA, P. *Design de Games: uma abordagem prática*. Tradução de Cláudia M. Belhassof. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 447 p.

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.

SILVA, A.C. *Jogo Educacional para Apoiar o Ensino de Técnicas para Elaboração de Testes de Unidade*. 2010. 179 p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2010.

SIMONI, C.A.C.; BARANAUSKAS, M.C.C. *Pesquisa Qualitativa em Sistemas de Informação*. Relatório Técnico - Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Instituto de Computação (IC-03-002), 2003. Disponível em: <http://www.ic.unicamp.br/~reltech/2003/03-02.pdf>. Acesso em: nov., 2013.

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

STRASSBURGER, S.; SCHULZE, T.; FUJIMOTO, R. M. *Future Trends in Distributed Simulation and Distributed Virtual Environments*. Peer Study Final Report, 2008, p. 1-48.

_____. Future Trends in Distributed Simulation and Distributed Virtual Environments: results of a peer study. In: Winter Simulation Conference, December 07-10, 2008, Miami, Florida. *Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation*. Miami: Winter Simulation Conference, 2008. p. 777-785.

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.

TAYLOR, P.J.; O'DRISCOLL, M.P. A New Integrated Framework for Training Needs Analysis. *Human Resource Management Journal*, v. 8, n. 2, 1998. p. 29-50.

TAYLOR, S.J.E.; et al. Grand Challenges in Modeling and Simulation: expanding our horizons. In: Special Interest Group on Simulation - Principles of Advanced Discrete Simulation'13, Montréal, Québec, Canada. 2013. p. 409-414.

TOLK, A. Modeling and Simulation Development and Preparation Processes. In: *Engineering Principles of Combat Modeling and Distributed Simulation*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2012. p. 243-262.

TRIVIÑOS, A.N.S. *Introdução A Pesquisa Em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1995. 176 p.

TRYBUS, J. 2010. *Game-Based Learning: What it is, Why it Works, and Where it's Going*. NMI White Paper. New Media Institute, New York, New York. Disponível em: <http://www.newmedia.org/game-based-learning--what-it-is-why-it-works-and-where-its-going.html>. Acesso em: fev. 2013.

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

VAN DER PAL, J.; et al. *Revised Crisis Management User and Training Requirements Report*. Public Deliverables of CRISIS (Critical incident management training system using and interactive simulation environment), v.3. 2010.

VAN DER ZEE, D.J.; HOLKENBORGB, B.; ROBINSON, S. Conceptual modeling for simulation-based serious gaming. In: *Decision Support Systems*, v. 54, 2012. p. 33-45.

VARELA, L. *Valoraciones sobre la competición, el tratamiento de las reglas y las trampas de los participantes, no participantes y educadores del programa deportivo extraescolar "Deporte en el Centro"*. In: V Congreso Nacional de Ciencias del Deporte y Educación Física. Pontevedra (Universidad de Vigo), 2009.

VARGAS, M.R.M.; ABBAD, G.S. Bases Conceituais em Treinamento, Desenvolvimento e Educação - TD&E. In: BORGES-ANDRADE, J.E.; ABBAD, G.S.; MOURÃO, L. *Treinamento, Desenvolvimento e Educação em Organizações e Trabalho*. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 137-158.

VASCONCELOS, L.C.; PEREIRA, S.C.M. *Treinamento, Desenvolvimento e Educação*. Brasília: CETEB, 2007. 81 p.

WAINER, GA. *Discrete-Event Modeling and Simulation: a practitioner's approach*. Boca Raton, FL, USA: CRC Taylor, 2009. 520 p.

WANGENHEIM, C.G.; SAVI, R.; BORGATTO, A.F. DELIVER! An Educational Game for Teaching Earned Value Management in Computing Courses. *Information and Software Technology*. v. 54, n. 3, 2012. p. 286–298

WATTANASOONTORN V.; et al. Serious Games for Health. *Entertainment Computing*. v. 4, n. 4. 2013. p. 231–247.

WEISEL, E. W; PETTY, M. D.; MIELKE, R. R. A Survey of Engineering Approaches to Composability. In: *Proceedings of the 2004 Spring Interoperability*, 2004.

WHITNER, R. B.; BALCI, O. Guidelines for Selecting and Using Simulation Model Verification Techniques. In: *Proceedings of the 21st Conference on Winter Simulation*, 1989. p. 559-568.

YIN, R.K. *Estudo de Casos: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.

ZADEH, L.A. Fuzzy Sets. *Information and Control*, v. 8, n. 3, 1965. p. 338-353

ZEIGLER, B. *Theory of Modeling and Simulation*. New York, NY, USA: Wiley Interscience, 1976. 435 p.

ZEMKE, R.; ALLISON, R. A Hard Look at ISD. *Training Magazine*, v. 39, n. 2, 2002. p. 27-33.

ZERBINI, T.; BORGES-FERREIRA, M.F.; ABBAD, G.S. Medidas de Reação a Cursos a Distância. In: ABBAD, G.S.; et al. *Medidas de Avaliação em Treinamento, Desenvolvimento e Educação: ferramentas para gestão de pessoas*. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 91-107.

ZERBINI, T.; et al. Transferência de Treinamento e Impacto do Treinamento em Profundidade. In: ABBAD, G.S.; et al. *Medidas de Avaliação em Treinamento,*

Desenvolvimento e Educação: ferramentas para gestão de pessoas. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 127-144.

ZIN, N.A.M; JAAFAR, A.; YUE, W.S. Digital Game-Based Learning (DGBL) Model And Development Methodology For Teaching History. *WSEAS Transactions On Computers*, v.2, n.8, 2009. p. 322-333.

ZINOVIEFF, M.A. *Review and Analysis of Training Impact Evaluation Methods, and Proposed Measures to Support a United Nations System Fellowships Evaluation Framework*. Review Report. Department of Human Resources for Health. 2008.

Apêndice A

PROCESSOS DA METODOLOGIA DEVJSTA

A.1 – Elementos do processo (1) Planejamento

PROCESSO: (1) Planejamento
OBJETIVO: Elaborar um planejamento inicial, a partir das necessidades de treinamento, contendo a situação do mundo real que será simulada; os procedimentos e as competências que serão treinadas.
RESPONSABILIDADES: Treinador e especialista no domínio: elaborar um plano inicial com as necessidades de treinamento Profissionais do domínio: fornecer as necessidades de treinamento
ENTRADAS: Necessidades de treinamento do mundo real Informações de exercícios simulados reais Procedimentos operacionais padrão e normas reguladoras
ATIVIDADES: (1.1) Identificar o(s) protocolo(s) a ser(em) treinado(s) (1.2) Descrever as necessidades de treinamento: o que, quem, onde, como, quando, por que deve ser realizado o treinamento (1.3) Descrever os objetivos da simulação e cenários reais que podem ser utilizados para treinar as competências requeridas (cenários de treinamento) - qual é a tarefa a ser treinada - onde ela acontece (infraestrutura e objetos do cenário) - quem são os envolvidos na tarefa (pessoas, por exemplo, vítima, combatentes, etc.) - quais os recursos que são utilizados na realização da tarefa (equipamentos, veículos, objetos) - quais são as táticas, procedimentos, técnicas utilizadas na tarefa (1.4) Reunir informações sobre o que será treinado (normas, POPs, manuais, etc.)
RECURSOS DE APOIO: 1- Para analisar as necessidades de treinamento: normas do tipo NBR ISO 10015 (ABNT, 2001) e roteiros de exercícios simulados reais (São Paulo, 2003) 2- Para analisar as competências específicas de preparação e resposta a emergência: relatórios de competências a serem treinadas do tipo do relatório do projeto europeu CRISIS (Field et al., 2010) 3- Para auxiliar na descrição do planejamento: modelo apresentado no Quadro 4.1

SAÍDAS:

1- Documento de planejamento inicial: com descrição dos objetivos gerais e das competências a serem treinadas e informações de recursos que podem ajudar a compreender o cenário e operações que devem ser realizadas (documentos, vídeos, etc.)

A.2 – Elementos do processo (2) Análise**PROCESSO: (2) Análise**

OBJETIVOS: Compreender o domínio da tarefa a ser treinada.

Especificar os requisitos para criar o jogo sério de treinamento e avaliação: incluindo dados do jogo, da simulação, da arquitetura de suporte, e do treinamento e avaliação.

RESPONSABILIDADES:

Especialista no domínio: descrever os possíveis cenários de treinamento e validar os requisitos

Treinador, especialista em treinamentos e pedagogo (pode haver apenas um ou todos estes profissionais envolvidos): analisar requisitos do treinamento

Analista de sistema: analisar e especificar os requisitos de jogos, simulações e da arquitetura do sistema

Produtor: gerenciar a qualidade, orçamento, tempo e prazos

ENTRADAS:

Planejamento inicial

Informações do domínio, Normas, POPs, manuais, etc.

ATIVIDADES: *(obs.: podem ser realizadas em paralelo e de forma não-linear)*

(subprocesso 2.1) Analisar o contexto do treinamento e avaliação do desempenho do aprendiz

(2.1.1) A partir das competências a serem treinadas e dos cenários descritos, analisar os erros humanos que podem acontecer no protocolo que será treinado e descrever os erros e suas consequências

- qual é a sequência de ações para realizar a tarefa e quais erros podem acontecer na sua execução

- quais erros podem acontecer relacionados ao tempo de execução, duração, direção, velocidade, força e pressão da ação

- quais erros podem acontecer relacionados ao objeto em si ou sua distância (perto ou longe demais)

(2.1.2) Identificar nos cenários e erros humanos descritos quais são as prioridades de treinamento a partir das necessidades identificadas

(2.1.3) Discriminar estas prioridades em requisitos de treinamento e avaliação

- quais são as tarefas e principais erros que serão treinados

- quais são os cenários que vão ser simulados para abranger estes treinamento

(subprocesso 2.2) Analisar os cenários de treinamento e especificar os requisitos de fidelidade da simulação

(2.2.1) Especificar os requisitos de fidelidade comportamental da simulação

- que informações o aprendiz precisa para realizar a tarefa

- como ele obterá estas informações

- qual é a sequência de ações da tarefa (protocolo)

- como o aprendiz faz as ações na simulação (modos de interação)

- quais tipos de *feedback* serão apresentados se as ações forem realizadas corretamente ou incorretamente (durante e ao final da tarefa)

(2.2.2) Especificar os requisitos de fidelidade física de cada mundo e objetos da simulação

- quais são as características de representação dos mundos que serão utilizados

- quais são os objetos e suas características (arte, áudio, local)

(2.2.3) Especificar os requisitos de fidelidade psicológica da simulação

- o modelo deve despertar que tipo de envolvimento e quais reações

- como este envolvimento e reações podem ser alcançados

(subprocesso 2.3) Analisar e descrever os requisitos de jogos

<p>(2.3.1) Identificar os níveis e suas propriedades (gêneros; quais outras mídias podem ser utilizadas; mundos, mapas e cenários)</p> <p>(2.3.2) Definir as interfaces (dispositivos de entrada/saída e interface visual)</p> <p>(2.3.3) Descrever os personagens manipulados e não manipulados (NPCs) pelos jogadores</p> <p>(2.3.4) Definir o mundo do jogo e os mapas dos cenários descritos</p> <p>(2.3.5) Elaborar critérios de pontuações e de vidas</p> <p>(2.3.6) Definir recursos básicos e motores de jogos que serão utilizados para criar o jogo</p> <p>(2.3.7) Planejar a jogabilidade (referente às interfaces, níveis, etc.)</p> <p>(subprocesso 2.4) Analisar e descrever os requisitos de arquitetura de suporte</p> <p>(2.4.1) Descrever os requisitos do(s) cliente(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> - distribuição (plataforma e modo de jogador) - hardwares e softwares necessários <p>(2.4.2) Descrever os requisitos do(s) servidor(e) e outros elementos da arquitetura</p> <ul style="list-style-type: none"> - banco de dados - reuso, integração e interoperabilidade
<p>RECURSOS DE APOIO:</p> <p>1- Para compreender o domínio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informações de treinamentos existentes (simulados reais, videoaulas com instruções, etc.) - Ontologias: tais como a descrita por Rocha et al., (2010) que contém informações das infraestruturas, pessoas, equipamentos, veículos, objetos, e detalhes do treinamento e táticas utilizadas - Artefatos de treinamentos similares <p>2- Para analisar os erros que podem acontecer no treinamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teoria de dimensões de erros humanos (Hollnagel, 2012; Hollnagel et al., 2011) <p>3- Para analisar os cenários de treinamento e especificar os requisitos de fidelidade da simulação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procedimentos operacionais padrão - Modelos de simulação existentes <p>4- Para auxiliar na descrição da especificação: modelo apresentado no Quadro 4.3</p>
<p>FERRAMENTAS:</p> <p>Para criar e instanciar ontologias: editor de ontologia do tipo de Protégé©</p>
<p>SAÍDAS:</p> <p>1- Documento de especificações contendo informações do domínio e requisitos do jogo, da simulação, da arquitetura, e do treinamento e avaliação (identificação das competências a serem treinadas e principais erros humanos e consequências)</p> <p>2- Ontologias que descrevem os cenários de treinamento</p>

A.3 – Elementos do processo (3) Projeto

<p>PROCESSO: (3) Projeto</p>
<p>OBJETIVO: Transformar requisitos de jogo, simulação, arquitetura, treinamento e avaliação em projetos de jogo, simulação, arquitetura e programa de treinamento</p>
<p>RESPONSABILIDADES:</p> <p>Analista de sistema: criar os modelos formais da simulação a partir dos requisitos de treinamento e avaliação e especificar o modelo da arquitetura e ambiente de simulação (federação, caso for distribuída)</p> <p><i>Designer:</i> elaborar o projeto do jogo e das suas fases (programa de treinamento)</p> <p>Treinador e especialista no domínio: dar apoio para criar e validar cada projeto</p> <p>Produtor: gerenciar a qualidade, orçamento, tempo e prazos de cada projeto</p>
<p>ENTRADAS:</p> <p>Documento de requisitos</p> <p>Ontologias que descrevem os cenários de treinamento</p>

<p>Artefatos de treinamentos similares</p> <p>ATIVIDADES:</p> <p>(subprocesso 3.1) Criar os modelos formais da simulação (por exemplo, usando o modelo integrador avaliação- simulação de treinamento)</p> <p>(3.1.1) Analisar o problema e protocolo a ser modelado e verificar se o modelo de simulação envolve variáveis de tempo ou imprecisas. Se for impreciso, modelar sistema <i>Fuzzy</i>; se envolver tempo, modelar DEVS, caso contrário modelar DFA</p> <p>Se for DEVS ou DFA:</p> <p>(3.1.2) Modelar os procedimentos corretos. Para as entradas: declarar ações do protocolo ou declarar variáveis da simulação, sempre usando verbo na legenda (mesma ação = mesmo símbolo), por exemplo, digitar, acionar. Para os estados: definir os estados do procedimento (inicial, final e intermediários)</p> <p>(3.1.3) Modelar os procedimentos errados que levem a alguma consequência</p> <p>(3.1.4) Para DEVS, Avaliar e modelar condições de tempo: declarar transições de tempo em todos os estados (mesmo tempo = mesmo símbolo) e declarar tempo infinito se não houver tempo definido para uma transição</p> <p>(3.1.5) Avaliar e modelar todo o procedimento</p> <p>(3.1.6) Criar legendas de entradas, estados e tempo</p> <p>(3.1.7) Escrever o modelo formal (DEVS ou DFA)</p> <p>(subprocesso 3.2) Elaborar o projeto do jogo</p> <p>(3.2.1) Modelar objetos do jogo (arte, áudio, programação e interface) e suas relações (por exemplo, usando o diagrama integrador objeto-simulação)</p> <p>(3.2.2) Descrever fluxo de ações e interações corretas e incorretas (por exemplo, usando <i>storyboards</i>)</p> <p>(3.2.3) Modelar visualizações das interações e controles</p> <p>(3.2.4) Criar protótipos das interfaces</p> <p>(subprocesso 3.3) Elaborar programa de treinamento (fases do jogo)</p> <p>(3.3.1) Descrever os critérios para avaliação dos resultados</p> <p>(3.3.2) Descrever cada fase com informações sobre: objetivo, avaliação (tipo, objetivo e indicadores), gênero/ tipo de jogo na fase, e descrição do conteúdo</p> <p>(subprocesso 3.4) Especificar a arquitetura e ambiente de simulação (federação, caso for distribuída) e banco de dados</p> <p>(3.4.1) Analisar e especificar a arquitetura de suporte, e se for distribuída, planejar o ambiente de simulação</p> <p>(3.4.2) Analisar e especificar o banco de dados a partir dos que vai ser avaliado em cada fase (requisitos de avaliação e programa de treinamento)</p> <p>RECURSOS DE APOIO:</p> <p>1- Para criação de modelos e diagramas estruturados: diagrama integrado objeto jogo- simulação e outros do tipo UML®</p> <p>2- Para criação de modelos e diagramas comportamentais: modelos e diagramas do tipo UML®</p> <p>3- Para definição da arquitetura de suporte: arquitetura do tipo HLA/RTI (IEEE, 2000a; Portico, 2010)</p> <p>FERRAMENTAS:</p> <p>Para criação de <i>storyboard</i>: ferramentas como <i>ComicLife</i>®, <i>Bubblr</i>®, <i>The Tarquin Engine</i>®, <i>Microsoft Power Point</i>®</p> <p>Para modelagem UML: ferramentas do tipo <i>ASTAH</i>®, <i>ArgoUML</i>®, <i>StarUML</i>®</p> <p>Para modelagem de DFA: ferramentas como <i>JFLAP</i>®, <i>Automata Editor</i>®, <i>Automaton Sim</i>®</p> <p>Para modelagem de DEVS: ferramentas do tipo de <i>DEVSJava</i>®, <i>CD++ Toolkit</i>®.</p> <p>SAÍDAS:</p> <p>1- Projeto de jogo: Protótipos de interface, <i>storyboards</i>, diagramas baseados em UML (modelos integradores objetos do jogo- simulação)</p> <p>2- Projeto de simulação: modelos integradores avaliação- simulação de treinamento (com formalismos DEVS, DFA, <i>Fuzzy</i>);</p> <p>3- Projeto de arquitetura: modelo da arquitetura e especificação do ambiente de simulação (federação)</p> <p>4- Programa de treinamento: modelo integrador avaliação- programa de treinamento especifica cada fase do jogo, com a definição dos objetivos e formas de avaliação</p>

A.4 – Elementos do processo (4) Implementação

PROCESSO: (4) Implementação
OBJETIVO: Implementar os projetos criados na fase anterior.
RESPONSABILIDADES: Profissionais da equipe desenvolvedora: realizar suas funções comuns ao desenvolvimento de jogos, tais como: <ul style="list-style-type: none"> • Programadores: implementar os códigos baseados nas documentações e diagramas • Artistas gráficos, modeladores, animadores: modelar os cenários 2D/3D, personagens e objetos e criar suas animações e movimentos baseados nos <i>storyboards</i> e documentações • <i>Designers</i> de som: criar os recursos de áudio baseados nas documentações Treinador e especialistas no domínio: dar apoio para criar e validar cada projeto Diretor: administrar e supervisionar a implementação do jogo sério Produtor: gerenciar a qualidade, orçamento, tempo e prazos de cada projeto
ENTRADAS: Projeto de jogo Projeto de simulação Projeto de arquitetura Programa de treinamento
ATIVIDADES: (subprocesso 4.1) Implementar os recursos de arte (4.1.1) Criar recursos de arte: desenho, texturização, imagem 2D, objeto 3D, animação, sistema de partículas, etc. (4.1.2) Modelar cenários 2D/3D com os recursos de arte e áudio para cada fase (subprocesso 4.2) Implementar os recursos de áudio (4.2.1) Criar recursos de áudio: efeitos sonoros, música, diálogos falados, etc. (subprocesso 4.3) Programar códigos e criar banco de dados (4.3.1) Implementar códigos das classes e objetos (4.3.2) Criar tabelas de banco de dados (4.3.3) Especificar entradas para os componentes (tipo de linguagem de marcação XML - <i>Extensible Markup Language</i>)
RECURSOS DE APOIO: 1- Repositórios <i>on-line</i> para reusar recursos prontos Áudio: <i>websites</i> do tipo de <i>FreeSFX</i> ©, <i>FreeSound</i> ©, <i>SoundSnap</i> © Modelos 3D: <i>websites</i> do tipo de <i>CGPERSIA</i> ©, <i>Google 3D Warehouse</i> ©, <i>TurboSquid</i> © Itens de interfaces: <i>websites</i> do tipo de <i>OpenGameArt.Org</i> © 2- Componentes da arquitetura de suporte 3- Classes e objetos existentes
FERRAMENTAS E LINGUAGENS: 1- Para criação de recursos 2D: editores do tipo de <i>Gimp</i> ©, <i>Inkscape</i> ©, <i>Adobe Photoshop</i> ©, <i>Microsoft Power Point</i> © 2- Para criação de recursos 3D e animações: ferramentas de modelagem do tipo de <i>3DS Max</i> ©, <i>Blender</i> ©, <i>Maya</i> © 3- Para criação de vídeos: <i>softwares</i> do tipo de <i>Avid</i> ©, <i>Adobe Premiere</i> ©, <i>Camtasia Studio</i> © 4- Para criação de áudios: <i>softwares</i> do tipo de <i>Adobe Audition</i> ©, <i>Audacity</i> ©, <i>SFXR</i> © 5- Para criação de banco de dados: sistemas gerenciadores de banco de dados do tipo de <i>MySQL</i> ©, <i>PostgreSQL</i> © 6- Para implantação da arquitetura distribuída: implementação HLA/RTI do tipo de <i>PoRTico</i> ©, <i>CERTI</i> ©, <i>OpenHLA</i> © 7- Para criação dos cenários 2D/3D (ambiente virtual): motores de jogos do tipo de <i>Unity3D</i> © e outros descritos em Rocha, Rocha e Araujo (2010) 8- Para implementação dos códigos (classes e objetos): linguagens de programação do tipo <i>Java</i> ©

(componentes, classes RTI e classes de acesso às ontologias), C#© (interfaces, controles, objetos simulados), PHP© (acesso ao banco de dados via Web), XML© (entradas dos componentes)

SAÍDAS:

- 1- Cenários 2D/3D com áudio e animações
- 2- Elementos da arquitetura incluindo as entradas para os componentes
- 3- Classes e objetos
- 4- Tabelas de banco de dados

A.5 – Elementos do processo (5) Integração e Teste

PROCESSO: (5) Integração e Teste
OBJETIVOS: Integrar e testar os artefatos e jogo sério completo
RESPONSABILIDADES: Profissionais da equipe desenvolvedora (principalmente testadores e programadores): realizar suas funções comuns ao desenvolvimento de jogos para integrar e testar os recursos desenvolvidos em cada fase Treinador e especialistas no domínio: dar apoio para criar e validar cada projeto Diretor: administrar e supervisionar a integração e os testes do jogo sério Produtor: gerenciar a qualidade, orçamento, tempo e prazos de cada projeto
ENTRADAS: cenários 2D/3D com áudio e animações, elementos da arquitetura incluindo as entradas para os componentes, classes e objetos, banco de dados
ATIVIDADES: (subprocesso 5.1) Integrar os recursos em cada fase (subprocesso 5.2) Realizar as tarefas de testes em cada fase e no jogo como um todo
RECURSOS DE APOIO: Arquitetura de suporte e seus elementos (componentes, RTI, etc.)
SAÍDAS: 1- Jogo final testado e arquivos executáveis 2- Banco de dados 3- Formulários web

A.6 – Elementos do processo (6) Execução

PROCESSO: (6) Execução
OBJETIVO: Utilizar o JSTA para treinamento e avaliação
RESPONSABILIDADES: Instrutor: fornecer informações básicas antes do treinamento, acompanhar e auxiliar os aprendizes durante o treinamento, realizar avaliação e fornecer <i>feedback</i> na revisão pós-ação Aprendizes: realizar o treinamento (JSTA) e fazer autoavaliação após ele (questionário)
ENTRADAS: JSTA pronto e questionários do perfil de aprendiz e de avaliação
ATIVIDADES: (subprocesso 6.1) Interagir com a simulação (JSTA) e treinar (subprocesso realizado pelo aprendiz) (6.1.1) Receber as instruções do instrutor (<i>briefing</i>) (6.1.2) Preencher questionário sobre o perfil do aprendiz (6.1.3) Realizar o treinamento com o JSTA (6.1.4) Avaliar o JSTA e realizar uma autoavaliação por meio do questionário de avaliação

(6.1.5) Realizar a revisão pós-ação em conjunto com o instrutor (<i>debriefing</i>) (subprocesso 6.2) Medir e dar <i>feedback</i> (subprocesso realizado pelo JSTA)
(6.2.1) Coletar e armazenar dados da simulação
(6.2.2) Processar interações e dar <i>feedback</i> imediato
(6.2.3) Gerar relatório ao final de cada fase
RECURSOS DE APOIO: Tutorial dentro do próprio JSTA
SAÍDAS: Informações armazenadas no banco de dados (referentes ao JSTA) Respostas dos formulários <i>web</i> (questionários)

A.7 – Elementos do processo (7) Avaliação

PROCESSO: (7) Avaliação
OBJETIVO: Avaliar o desempenho humano e o programa de treinamento
RESPONSABILIDADES: Instrutor: gerar relatórios da avaliação dos aprendizes Especialistas no domínio/Treinador: gerar relatórios do programa de treinamento
ENTRADAS: Banco de dados e respostas dos questionários (perfil de aprendiz e avaliação)
ATIVIDADES: (subprocesso 7.1) Avaliar o desempenho humano (7.1.1) Gerar relatórios com a avaliação do desempenho humano a partir dos dados coletados durante o treinamento (subprocesso 7.2) Avaliar o programa de treinamento (7.1.2) Gerar relatórios com a avaliação do desempenho humano e a reação dos aprendizes a partir dos dados coletados durante o treinamento
SAÍDAS: Relatórios individuais do desempenho humano contendo autoavaliação dos aprendizes e comparativos dos treinamentos Relatórios de avaliação do programa de treinamento

A.8 – Elementos do processo (8) Verificação e Validação

PROCESSO: (8) Verificação e Validação
OBJETIVO: Avaliar o desempenho humano e o programa de treinamento
RESPONSABILIDADES: Equipe desenvolvedora: verificar os artefatos produzidos ao final de cada fase Especialistas no domínio: validar os artefatos produzidos em relação a sua representação e comportamento para o uso intencionado ao final de cada fase Instrutores/Aprendizes: utilizar o JSTA – (os dados do treinamento com o JSTA serão usados para validá-lo educacionalmente)
ENTRADAS: Banco de dados e respostas dos questionários (perfil de aprendiz e avaliação)
ATIVIDADES: (subprocesso 8.1) Verificação (8.1.1) <i>Final da fase de planejamento</i> : verificar se as necessidades do mundo real foram planejadas corretamente (8.1.2) <i>Final da fase de análise</i> : verificar se o planejamento foi especificado corretamente em termos de análise de domínio e requisitos do treinamento, avaliação, simulação, jogo e arquitetura

(8.1.3) *Final da fase de projeto*: verificar se as especificações foram projetadas corretamente em programa de treinamento e avaliação, simulação, jogo, e arquitetura e banco de dados

(8.1.4) *Final da fase de implementação*: verificar se os projetos foram implementados corretamente na arte, áudio e programação

(8.1.5) *Final da fase de integração e teste*: verificar se as implementações foram corretamente integradas e testadas

(8.1.6) *Final da fase de execução*: verificar se o JSTA final testado foi executado corretamente, em termos de jogo, simulação, treinamento, medição, *feedback* e avaliação

(8.1.7) *Final da fase de avaliação*: verificar se a execução do JSTA foi avaliada corretamente, em termos de desempenho humano e programa de treinamento

(subprocesso 8.2) Validação representacional e comportamental do modelo de simulação

(8.2.1) *Final da fase de planejamento*: validar se o planejamento inicial atende às necessidades do mundo real (uso intencionado) em sua representação e comportamento

(8.2.2) *Final da fase de análise*: validar se a especificação de domínio e requisitos do treinamento, avaliação, simulação, jogo e arquitetura atende às necessidades do mundo real (uso intencionado) em sua representação e comportamento

(8.2.3) *Final da fase de projeto*: validar o projeto (programa de treinamento e avaliação, simulação, jogo, e arquitetura e banco de dados) atende às necessidades do mundo real (uso intencionado) em sua representação e comportamento

(8.2.4) *Final da fase de implementação*: validar se a implementação (arte, áudio e programação) atende às necessidades do mundo real (uso intencionado) em sua representação e comportamento

(8.2.5) *Final da fase de integração e teste*: validar se o JSTA integrado e testado (arte, áudio e programação) atende às necessidades do mundo real (uso intencionado) em sua representação e comportamento

(8.2.6) *Final da fase de execução*: validar se a execução do JSTA integrado e testado (jogo, simulação, treinamento, medição, *feedback* e avaliação) atende às necessidades do mundo real (uso intencionado) em sua representação e comportamento

(8.2.7) *Final da fase de avaliação*: validar se a avaliação do desempenho humano e programa de treinamento atende às necessidades do mundo real (uso intencionado) em sua representação e comportamento (validade R-C interna)

(8.2.7) *Um período depois do treinamento*: validar externamente o JSTA (validade R-C externa) (os aprendizes conseguem relacionar o que treinaram no domínio do mundo real?)

(subprocesso 8.3) Validação educacional do JSTA

(8.3.1) *Ao final do treinamento*: validar o JSTA como método de aprendizagem experiencial (validade interna) (os participantes treinaram suas competências durante o JSTA?), a partir das avaliações de desempenho dos aprendizes e de suas reações

(8.3.2) *Ao final do treinamento*: validar o JSTA como instrumento de avaliação das competências dos aprendizes, a partir das avaliações de desempenho dos aprendizes e de suas reações

(8.3.3) *Um período depois do treinamento*: validar educacionalmente o JSTA (validade externa) (as experiências no treinamento alteraram as atitudes dos aprendizes no mundo real?)

RECURSOS DE APOIO:

Para verificação e validação R-C: técnicas de V&V, tais como, as descritas por Balci (2012)

Para validação educacional: projeto experimental de avaliação da eficácia do programa de treinamento, tais como, os descritos por Korteling, Oprins e Kallen (2009)

SAÍDA:

Artefatos verificados e validados

Documentos com informações sobre as verificações e validações

Apêndice B

CRITÉRIOS PARA CONSTRUÇÃO DE JSTAs

B.1 – Critérios para construção de cenários e fases do JSTA

Critério	Descrição do Critério	Referências
Relevância e fidelidade de cenários	Criar cenários com exemplos concretos a partir da realidade.	Atenção [3.2]
	Planejar o grau de fidelidade representacional, comportamental e psicológica de acordo com as competências a serem treinadas (por ex., treinar conhecimentos e habilidades operacionais, então deve ter um grau alto de fidelidade do comportamento para as ações do procedimento).	Fidelidade [1.1]
	Criar cenários explorando as dimensões de erros humanos	Teoria de dimensões de erros [4.1]
	Utilizar POPs, manuais, treinamentos existentes para definir o conteúdo dos cenários	POPs [4.2, 4.4]
Variedade de fases do programa de treinamento	Definir contexto significativo com objetivos claros das competências que devem ser praticadas (conhecimentos, habilidades, atitudes)	Programa de treinamento e competências treinadas [2.1, 4.3]
	Incluir vários formatos de conteúdos e interações.	Atenção [3.2]
	Incorporar os requisitos de aprendizagem.	Confiança [3.2]
	Explorar a experiência prévia e interesses do jogador ao conteúdo.	Relevância [3.2]
	Permitir que o jogador utilize a habilidade adquirida em um novo cenário.	Satisfação [3.2]
	Adaptar as fases ao nível de competências prévias de cada aprendiz.	Níveis [3.1]
Criar fases que garantam que o aprendiz pratique até que o conhecimentos e habilidades se tornem automatizados e consolidados na memória (domínio completo dos objetivos).	Prática das competências [3.1]	

	Balancar conteúdo de aprendizagem, simulação e jogabilidade	Equilíbrio do jogo-conteúdo- simulação[3.4]
	Incluir avaliação da reação do aprendiz	Nível 1 da Teoria de avaliação do programa de treinamento [2.7]
	Incluir avaliação do aprendizado/ desempenho do aprendiz	Nível 2 da teoria de avaliação do programa de treinamento [2.7]
	Incluir diversos tipos de avaliação do desempenho do aprendiz (diagnóstica, formativa, somática, autoavaliação)	Avaliação do desempenho humano [2.4]

B.2 – Critérios para a descrição de objetivos e instruções no JSTA

Critério	Descrição do Critério	Referências
Clareza e progressão dos objetivos e desafios	Incluir objetivos que são além às competências do jogador.	Desafio [3.2]
	Incluir conflitos.	Atenção [3.2]
	Aumentar o nível de dificuldade dos desafios.	Confiança [3.2]
	Níveis e desafios com incremento gradual da complexidade (para explorar motivação e experiência)	Taxonomia de Bloom [2.2, 3.5]
	Definir fases com objetivos claros e dificuldade incremental.	Objetivos e pré-requisitos claros [3.1]
	Progredir as fases conforme o ritmo de cada aprendiz (rápido ou devagar, novato ou especialista).	Níveis [3.1]
	Reforçar a motivação intrínseca (razão pessoal em fazer a atividade), como por exemplo, passar para níveis mais complexos pode aumentar a autoestima e motivação devido a uma maior competência.	Motivação [3.1]
Relevância e clareza de instruções e informações	Apresentar os méritos do conteúdo a ser treinado/aprendido e relacioná-los com objetivos futuros (pessoais e do próprio jogo).	Relevância [3.2]
	Explicar os critérios de avaliação de desempenho.	Confiança [3.2]

B.3 – Critérios para a definição da interface e controle do JSTA e exploração da participação e independência do aprendiz.

Critério	Descrição do Critério	Referências
Clareza e simplicidade na interface e controle do jogo	Possibilitar fácil manipulação do jogo conforme as ações intencionadas sobre a interface e com os controles do jogo.	Controle [3.3]
	Possibilitar que o jogador aprenda as habilidades necessárias (de controle e interação) para explorar e atingir os objetivos do jogo.	Competência [3.3]

	Fornecer oportunidades de interações e escolhas para realizar um objetivo.	Relevância [3.2]
Participação e independência do aprendiz	Criar tarefas práticas que exijam aprendizagem ativa.	Aprendizagem ativa [3.1]
	Estimular a exploração e participação do jogador.	Atenção [3.2]
	Possibilitar autoconfiança e independência no aprendizado e prática, de modo que estes elementos possam impulsionar a confiança e a progressão no treinamento.	Confiança [3.2]
	Explorar atenção e envolvimento do jogador no jogo.	Imersão [3.3]

B.4 – Critérios para a elaboração de avaliações e *feedback*

Critério	Descrição do Critério	Referências
Objetividade e amplitude da avaliação	Incluir diversos tipos de avaliação do desempenho do aprendiz (diagnóstica, formativa, somática, autoavaliação)	Avaliação do desempenho humano [2.4]
	Fornecer ferramentas de autoavaliação baseada em objetivos bem definidos.	Confiança [3.2]
	Incluir medições e avaliações contínuas do processo (o que o jogador está fazendo) e do resultado (final do jogo)	Sistema de medição de desempenho [2.5]
	Realizar avaliação do programa de treinamento	Teoria de avaliação do programa de treinamento [2.7]
	Avaliar todas as dimensões de erros humanos	Teoria de dimensões de erros humanos [4.1]
Objetividade e amplitude do <i>feedback</i>	<i>Feedback</i> imediato ao longo do treinamento e ao final (para reforçar os acertos e corrigir os erros)	Sistema de medição de desempenho [2.6]
	Reforçar a motivação extrínseca com recompensas verbais ou tangíveis, como por exemplo, pontuação e <i>feedback</i> positivo.	Motivação [3.1]
	Reforçar a motivação extrínseca com recompensas verbais ou tangíveis, como por exemplo, pontuação e <i>feedback</i> positivo.	Motivação [3.1]
	Atribuir sucessos e falhas ao jogador.	Confiança [3.2]
	Reforçar o sucesso do aprendiz em completar uma tarefa.	Satisfação [3.2]
	Dar recompensas inesperadas, de modo que o jogador fique satisfeito com o jogo, o treinamento realizado (desempenho pessoal) e <i>feedback</i> fornecido.	Satisfação [3.2]

B.5 - Referências dos critérios para criação dos JSTAs

(1) Simulação:

[1.1] Fidelidade: física, funcional e psicológica (conforme Feinstein e Cannon, 2002);

(2) Aprendizagem e Treinamento: inclui teorias de aprendizagem e instrucional, programa de treinamento, medições, avaliações e feedback:

[2.1] Elaboração do programa de treinamento com contexto significativo e objetivos claros das competências a partir da identificação das necessidades da instituição (conforme ABNT, 2001);

[2.2] Teoria instrucional: taxonomia de Bloom para planejar as atividades com progressão de dificuldade (conforme Bloom, 1956);

[2.3] Teoria de aprendizagem experiencial e estilo de aprendizagem (conforme Kolb e Kolb, 2005);

[2.4] Diversos tipos de avaliação do desempenho do aprendiz (diagnóstica, formativa, somativa, autoavaliação) (conforme Miller, Imrie e Cox, 1998 e Piskurich, Beckschi e Hall, 2000);

[2.5] Medições e avaliações contínuas: do processo (o que o aprendiz está fazendo) e do resultado (final do jogo) (conforme Salas et al., 2009);

[2.6] *Feedback* imediato ao longo do treinamento e ao final (para reforçar os acertos e corrigir os erros) (conforme Salas et al., 2009);

[2.7] Teoria de avaliação do programa de treinamento (abrangendo apenas reação e aprendizado) (conforme Kirkpatrick e Kirkpatrick, 2006);

(3) Jogos:

[3.1] Princípios de aprendizagem efetiva em jogos sérios (conforme Trybus, 2014): níveis, aprendizagem ativa, *feedback* imediato, prática das competências, motivação extrínseca (*feedback* positivo) e intrínseca (níveis mais complexos), objetivos e pré-requisitos claros, vários cenários ou problemas;

[3.2] Teoria expectativa-valor (conforme Keller (2009), valor: atenção e relevância; e expectativa: confiança e satisfação; visa incluir estas quatro categorias como estratégias motivacionais em conteúdos instrucionais e também em jogos educacionais).

[3.3] Experiência de usuários em jogos (conforme Novak, 2010; e Savi et al., 2010).

[3.4] Balanceamento de conteúdo de aprendizagem e jogabilidade (conforme Engström et al., 2011) e simulação;

[3.5] Taxonomia de Bloom para planejar os níveis e desafios (atividades com progressão de dificuldade) (conforme Bloom, 1956);

(4) Domínio (utilizado o domínio de preparação e resposta a emergências):

[4.1] Teoria de dimensões de erros humanos (da área de engenharia cognitiva) (conforme Hollnagel, 2012; e Hollnagel et al., 2011).

[4.2] Procedimentos Operacionais Padrão.

[4.3] Análise das competências que devem ser treinadas pelos profissionais

[4.4] Análise de como são criados os exercícios simulados reais e os treinamentos a distância.

Apêndice C

TERMOS UTILIZADOS PARA AUTORIZAÇÃO DA EXECUÇÃO DO TREINAMENTO E COLETA DE DADOS

C.1 – Termo de Autorização Institucional

São Carlos, 16 de Dezembro de 2013.

Ilustríssimo(s) Senhor(es)

Eu, **Rafaela Vilela da Rocha**, responsável principal pelo projeto de doutorado de “Metodologia para Desenvolvimento de Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação do Desempenho Humano”, orientada pela Professora Regina Borges de Araujo, do Departamento da Computação na Universidade Federal de São Carlos, venho pelo presente termo solicitar autorização para realizar um estudo de caso no **Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo**, no setor da **Secretaria Estadual da Segurança Pública de São Paulo**, referente ao

jogo de Controle de Vazamento de Gás de Cozinha (*GLPSobControle*).

O projeto de pesquisa de doutorado objetiva especificar e repensar uma metodologia de desenvolvimento de jogos que integra as áreas de *design* de jogo, modelagem & simulação, treinamento & avaliação com o domínio de preparação e resposta a emergências. Os procedimentos adotados serão: (1) apresentar a metodologia e entrevistar o chefe da seção de educação e treinamento, com o objetivos de avaliar a metodologia proposta, o jogo desenvolvido e os questionários utilizados; (2) aplicar o jogo *GLPSobControle* a uma equipe de 8 a 10 participantes objetivando treinar e avaliar seus desempenhos, além da avaliação e validação do jogo proposto e; (3) apresentar os resultados do treinamento. Estas atividades não apresentam riscos aos participantes, sendo que eventuais desconfortos são relacionados à duração das atividades e serão minimizados da melhor forma possível. O período previsto para coleta de dados é de Fevereiro de 2014 a Maio de 2014.

Espera-se com esta pesquisa que o jogo desenvolvido (*GLPSobControle*) possa ser avaliado e posteriormente aperfeiçoado para futuro uso gratuito por parte da instituição, bem como a metodologia especificada e todos os outros produtos criados como resultado desta pesquisa. Qualquer informação adicional poderá ser obtida com a pesquisadora responsável.

A qualquer momento o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo poderá solicitar esclarecimento sobre o desenvolvimento do projeto de pesquisa que está sendo realizado e, sem qualquer tipo de cobrança, poderá retirar sua autorização. Os pesquisadores estão aptos a esclarecer estes pontos e, em caso de necessidade, dar indicações para solucionar ou contornar qualquer mal estar que possa surgir em decorrência da pesquisa.

Os dados obtidos nesta pesquisa serão utilizados na publicação de artigos científicos e que, assumimos a total responsabilidade de não publicar qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes da instituição como nome, endereço e outras informações pessoais. Na eventualidade da participação nesta pesquisa causar qualquer tipo de dano aos participantes, nós pesquisadores nos comprometemos em reparar este dano, e ou ainda prover meios para a reparação. A participação será voluntária e não fornecemos por ela qualquer tipo de pagamento.

Autorização Institucional

Eu, Capitão Miguel Jodas, responsável pela instituição **Secretaria Estadual da Segurança Pública de São Paulo - Polícia Militar Corpo de Bombeiros** declaro que fui informado dos objetivos da pesquisa acima e concordo em autorizar a execução da mesma nesta instituição. Caso necessário, a qualquer momento como instituição CO-PARTICIPANTE desta pesquisa poderemos revogar esta autorização, se comprovada atividades que causem algum prejuízo à esta instituição ou ainda, a qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes desta instituição. Declaro também, que não recebemos qualquer pagamento por esta autorização bem como os participantes também não receberão qualquer tipo de pagamento.

Pesquisadora responsável	Responsável pela Instituição
--------------------------	------------------------------

Documento em duas vias:

1ª via instituição

2ª via pesquisadores

C.2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Esta é uma pesquisa sobre “Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação” que faz parte do projeto de doutorado em Ciência da Computação da aluna Rafaela Vilela da Rocha, sob orientação da professora Regina Borges de Araujo, ambas da Universidade Federal de São Carlos.

Todas as respostas serão anônimas e todos os resultados obtidos serão utilizados somente para fins acadêmicos.

Ao aceitar participar você está ciente e concorda com os itens a seguir:

1. Você está sendo convidado para participar do treinamento "Controle de Gás Liquefeito de Petróleo - *GLPSobControle*".

2. Você foi selecionado para ser voluntário e sua participação não é obrigatória.

3. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento.

4. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com os pesquisadores e instituições.

5. Essa pesquisa tem por objetivo principal a obtenção de dados relativos ao treinamento com um jogo de controle de vazamento de gás de cozinha.

6. Sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar um treinamento e responder aos questionários.

7. A sua participação na pesquisa pode envolver algum desconforto relacionado ao tempo despendido com a realização do treinamento e preenchimento de questionários, sendo que faremos o possível para minimizá-lo. Em relação ao conteúdo dos questionários, os mesmos foram planejados de modo a evitar possíveis constrangimentos, e caso ocorram, você pode se recusar a responder ou mesmo interromper a sua participação a qualquer momento, sem qualquer prejuízo em sua relação com as instituições ou com os pesquisadores.

8. Os benefícios relacionados à sua participação são os descritos no item 5 deste termo e você terá acesso aos resultados da pesquisa por meio de artigos científicos.

9. As informações obtidas por meio desta pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.

10. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação.

11. Esta é uma cópia do termo onde constam os dados da responsável pela pesquisa,

com a qual você pode dirimir dúvidas sobre o projeto e sua participação a qualquer momento.

Rafaela Vilela da Rocha
rafaela.vilela@gmail.com



Laboratório WINDIS

(Wireless Networking and Distributed Interactive Simulation)

<http://www.dc.ufscar.br/windis>

Departamento de Computação (DC)

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Apêndice D

QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NO TREINAMENTO USANDO O JSTA

D.1 Questionário de perfil participante

Este formulário faz parte de uma pesquisa sobre “Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação”, o qual faz parte do projeto de doutorado em Ciência da Computação da aluna Rafaela Vilela da Rocha; sob orientação da professora Regina Borges de Araujo, ambas da Universidade Federal de São Carlos.

O formulário visa coletar dados sobre o perfil dos participantes. Ele está dividido em três partes: dados do participante; experiência em ocorrências de vazamento de GLP; e experiência em usar computadores e jogos.

Todas as respostas serão confidenciais e sigilosas e todos os resultados obtidos serão utilizados somente para fins acadêmicos, sem a identificação dos participantes.

Agradecemos sua colaboração!

* Perguntas obrigatórias

1. Dados do participante

a. Nome do usuário*: _____

Email: _____

b. Faixa etária*:

Menos de 25 anos

De 25 a 35 anos

- De 36 a 45 anos Acima de 45 anos
- c. Sexo*:
- Feminino Masculino
- d. Escolaridade*:
- Ensino médio incompleto Graduação incompleta
- Ensino médio completo Graduação completa
- Ensino técnico Pós-graduação
- e. Profissão*:
- Soldado Tenente
- Cabo Capitão
- Sargento Outro: _____
- f. Organização que trabalha*:
- Corpo de Bombeiros Outro: _____
- g. Cidade de atuação: _____
- h. Ano de ingresso na PM/CB: _____
- i. Tempo de experiência no CB (anos): _____

2. Experiência em ocorrências de vazamento de GLP

- a. Sobre o protocolo de controle de vazamento de GLP*:
- 0: Não conheço o protocolo
- 1: Conheço o básico do protocolo
- 2: Conheço bem o protocolo
- b. Sobre o atendimento em ocorrências de vazamento de GLP*:
- 0: Nunca atendi a este tipo de ocorrência
- 1: Já atendi, mas poucas ocorrências - de 1 a 4
- 2: Já atendi várias ocorrências - de 5 a 9
- 3: Já atendi muitas ocorrências - mais de 10

3. Experiência em usar computadores e jogos

- a. Qual o grau de conhecimento/habilidade você tem em utilizar o computador*?
- 0: não sei utilizar 3: sei utilizar mais ou menos
- 1: sei utilizar muito pouco 4: sei utilizar
- 2: sei utilizar pouco 5: sei utilizar muito

b. Qual o grau de conhecimento/habilidade você tem em utilizar jogos eletrônicos*?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 0: não sei utilizar | <input type="checkbox"/> 3: sei utilizar mais ou menos |
| <input type="checkbox"/> 1: sei utilizar muito pouco | <input type="checkbox"/> 4: sei utilizar |
| <input type="checkbox"/> 2: sei utilizar pouco | <input type="checkbox"/> 5: sei utilizar muito |

c. Você acredita que o uso de jogos eletrônicos ajudaria no treinamento de profissionais*?

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> Talvez | |

Por que? _____

d. Você tem alguma experiência no desenvolvimento de jogos*?

- | |
|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim |
| <input type="checkbox"/> Não |

Quais? _____

D.2 Questionário de avaliação do JSTA

Este formulário faz parte de uma pesquisa sobre “Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação”, o qual faz parte do projeto de doutorado em Ciência da Computação da aluna Rafaela Vilela da Rocha; sob orientação da professora Regina Borges de Araujo, ambas da Universidade Federal de São Carlos.

O formulário visa coletar dados referentes à avaliação e reação dos participante quanto ao jogo. São 47 afirmações que devem ser avaliadas e pontuadas. Elas estão divididas em 4 tópicos: jogo; simulação; aprendizagem com o jogo; e aprendizagem durante as fases.

1: discordo totalmente

2: discordo

3: neutro

4: concordo

5: concordo totalmente

Todas as respostas serão confidenciais e sigilosas e todos os resultados obtidos serão utilizados somente para fins acadêmicos, sem a identificação dos participantes.

Agradecemos sua colaboração!

* Perguntas obrigatórias

Nome do usuário*: _____

Email: _____

Reação do usuário à Simulação

Avalie cada afirmativa a seguir pontuando: 1: discordo totalmente 2: discordo 3: neutro 4: concordo 5: concordo totalmente

1.1 O jogo possibilitou meu aprendizado e treinamento por meio de experimentação de soluções corretas e incorretas.

1.2 Consegui por meio da experiência no jogo melhorar minhas habilidades em usar o protocolo.

Espaço para comentário sobre as questões 1.1 e 1.2 (experiência)

1.3 As interações permitidas no jogo condizem com as interações possíveis no cenário de emergência real.

1.4 As reações apresentadas pelo jogo às minhas interações representam satisfatoriamente os comportamentos da emergência no domínio real.

Espaço para comentário sobre as questões 1.3 e 1.4 (interações)

1.5 O jogo forneceu *feedback* constante dos meus acertos e erros durante e ao final.

1.6 As diversas formas de *feedback* no jogo (áudios, textos, imagens e animações) são relevantes e contribuíram para o meu aprendizado.

Espaço para comentário sobre as questões 1.5 e 1.6 (*feedback*)

1.7 O ambiente do jogo representa satisfatoriamente a realidade do cenário de emergência.

1.8 Os objetos e cenários simulam a realidade de maneira satisfatória.

1.9 O jogo possibilitou um envolvimento psicológico satisfatório de acordo com a emergência real.

1.10 A similaridade do jogo com a realidade permitiu um treinamento satisfatório.

1.11 As simulações estão alinhadas com o protocolo.

Espaço para comentário sobre as questões de 1.7 a 1.11 (realismo e similaridade do jogo à emergência real e protocolo treinado)

Reação do usuário à Aprendizagem com o jogo

Avalie cada afirmativa a seguir pontuando: 1: discordo totalmente 2: discordo 3: neutro 4: concordo 5: concordo totalmente

2.1 Eu acredito que este jogo contribuiu muito para reforçar meu conhecimento sobre o protocolo.

2.2 Eu acredito que este jogo foi eficiente na aprendizagem e prática do conteúdo.

2.3 Eu consigo relacionar o que aprendi com a realidade.

2.4 Eu acredito que a experiência adquirida no jogo irá contribuir para um melhor desempenho na prática.

Espaço para comentário sobre as questões 2.1 a 2.4 (aprendizagem e prática do conteúdo)

2.5 O jogo possibilitou-me fazer e aplicar o protocolo no ambiente de treinamento.

2.6 O jogo possibilitou-me observar o cenário e a aplicação do protocolo treinado.

2.7 O jogo possibilitou-me criar conceitos teóricos e lógicos referentes ao protocolo treinado.

2.8 O jogo possibilitou-me experimentar o cenário do treinamento proposto.

Espaço para comentário sobre as questões 2.5 a 2.8 (aprendizagem experiencial)

2.9 Eu adquiri mais conhecimentos sobre o protocolo treinado durante o jogo.

2.10 Eu desenvolvi habilidades técnicas conceituais em usar corretamente o protocolo treinado.

2.11 Eu consolidei atitudes corretas quanto a controlar, ventilar, salvar e deixar o local em segurança usando o protocolo durante o jogo.

Espaço para comentário sobre as questões 2.9 a 2.11 (competências praticadas: conhecimentos, habilidades e atitudes)

Reação do usuário ao Jogo

Avalie cada afirmativa a seguir pontuando: 1: discordo totalmente 2: discordo 3: neutro 4: concordo 5: concordo totalmente

3.1 O jogo conseguiu estimular minha atenção.

3.2 A variação da forma, conteúdo e atividades ajudou-me a manter a atenção e motivação no jogo.

Espaço para comentário sobre as questões 3.1 e 3.2 (atenção estimulada durante o jogo)

3.3 O conteúdo do jogo é relevante para as minhas funções de bombeiros.

3.4 O conteúdo do jogo potencializou os conhecimentos que eu já possuía.

Espaço para comentário sobre as questões 3.3 e 3.4 (relevância do conteúdo do jogo)

3.5 Foi fácil entender o jogo.

3.6 Foi fácil usar o jogo como material de aprendizagem.

3.7 Eu estou confiante com o aprendizado e a prática que obtive no jogo.

Espaço para comentário sobre as questões 3.5 a 3.7 (facilidade e confiança em usar o jogo)

3.8 Eu estou satisfeito com a oportunidade de jogar.

3.9 Eu estou satisfeito com as respostas de *feedback* que me possibilitaram reforços positivos durante e depois do jogo.

3.10 Eu estou satisfeito com o meu treinamento no jogo.

Espaço para comentário sobre as questões 3.8 a 3.10 (satisfação)

3.11 Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava.

3.12 Foi estimulante jogar e aprender com o jogo e esforcei-me em ter bons resultados.

3.13 Eu gostei do jogo e não me senti ansioso ou entediado por causa dele.

Espaço para comentário sobre as questões 3.11 e 3.13 (imersão)

3.14 Este jogo é adequadamente desafiador para mim e as tarefas são equilibradas.

3.15 Houve progresso durante o jogo.

3.16 Meu interesse aumentou com a superação dos desafios.

3.17 Eu esforcei-me em ter bons resultados

Espaço para comentário sobre as questões 3.13 a 3.17 (desafio e progresso)

3.18 Eu recomendaria este jogo aos meus colegas e jogaria em produtos similares.

Espaço para comentário sobre a questões 3.18

Reação do usuário à Aprendizagem durante as fases

Avalie cada afirmativa a seguir pontuando: 1: discordo totalmente 2: discordo 3: neutro 4: concordo 5: concordo totalmente

4.1 Depois da fase 2 (residência sem vítimas e com dicas na tela) eu consigo lembrar de mais informações relacionadas ao protocolo.

4.2 Eu compreendo melhor o protocolo treinado ao finalizar a fase 3 (residência sem vítimas e sem dicas na tela).

4.3 Eu consigo aplicar melhor o protocolo após a fase 4 (residência com uma vítima) devido às diferentes simulações apresentadas até esta fase.

4.4 Depois da fase 5 (vídeo) eu consigo analisar melhor os cenários de emergência referente ao protocolo treinado.

4.5 Após a fase 6 (combinar cartas evitando os principais erros) eu consigo planejar melhor quais são os passos do protocolo que devem ser realizados.

4.6 Ao finalizar o jogo eu consigo avaliar melhor o procedimento treinado.

4.7 As fases do jogo contribuíram para aumentar meu conhecimento de forma gradual e desafiadora.

Espaço para comentário sobre as questões 4.1 a 4.7 (fases do jogo)

4.8 Qual é o grau da sua satisfação com as fases do jogo*?

Por favor, avalie cada fase de 1 a 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fase 1: três atividades para colocar cartas em sequência	<input type="checkbox"/>									
Fase 2: simulação em residência sem vítimas e com dicas na tela	<input type="checkbox"/>									
Fase 3: simulação em residência sem vítimas e dicas	<input type="checkbox"/>									
Fase 4: simulação em residência com uma vítima	<input type="checkbox"/>									
Fase 5: vídeo	<input type="checkbox"/>									
Fase 6: combinação de cartas	<input type="checkbox"/>									
Fase 7: formulário de avaliação	<input type="checkbox"/>									

Espaço para comentário sobre a questão 4.8 (avaliação das fases)

Faça comentários

O que você mais gostou ou apreciou no jogo?

O que você não gostou ou não apreciou no jogo?

Você tem sugestões para melhorar o jogo?

Você tem algum outro comentário?

Apêndice E

DESENVOLVENDO O JSTA

GLPSobControle

E.1 Considerações iniciais

Para avaliar, validar e ilustrar o uso de nossa metodologia, é apresentado todo o ciclo de desenvolvimento de um JSTA a partir do seu POP. O treinamento selecionado foi o uso do protocolo de controle de vazamento de gás de cozinha (Gás Liquefeito de Petróleo – GLP) para controlar, ventilar, salvar vítimas e deixar o local de vazamento em segurança (São Paulo, 1997a e 1997b). Ele foi selecionado pois o índice de ocorrência deste tipo de emergência é alto no Estado de São Paulo, com média de atendimento de 12 ocorrências por dia no estado. O protocolo é menor, comparado aos outros, de modo que foi possível desenvolvê-lo com os recursos disponíveis (equipe de desenvolvimento, tempo e orçamento). Além disto, o protocolo é de fácil entendimento, o que facilitará o seu uso ilustrativo por profissionais que querem desenvolver treinamentos em outros domínios. O JSTA foi nomeado de *GLPSobControle*. Os processos são descritos a seguir.

E.2 Atores do Desenvolvimento

A desenvolvedora do JSTA *GLPSobControle* é a autora desta tese, ao passo que a equipe de clientes é representada por dois oficiais bombeiros (especialistas no domínio). O primeiro atuou durante todo o desenvolvimento, auxiliando na identificação do treinamento e

nas validações dos modelos. O segundo atuou ao final, auxiliando na validação do JSTA pronto (conforme descrito no Capítulo 5).

E.3 Planejamento Inicial do JSTA *GLPSobControle*

O primeiro processo visa o entendimento e planejamento do treinamento: coleta de informações do mundo real que serão simuladas no JSTA (mundo virtual). Neste caso, foi identificado junto com o especialista no domínio as necessidades do mundo real e a partir do seu conhecimento e experiência, foram descritos os cenários que podem ser simulados para abranger o problema identificado. Os dados do planejamento do treinamento e simulação estão descritos no Quadro E.1 (que é referente ao preenchimento do Quadro 4.1).

Quadro E.1 – *GLPSobControle*: documento de planejamento inicial do JSTA.

1. Planejamento	
➤ Protocolo(s)	Vazamento de GLP
➤ Treinamento	
Problema real (o que)	A emergência de vazamento de gás pode causar asfixia e explosão dependendo do seu tipo e de suas propriedades. O GLP é um exemplo de combustível gasoso que requer bastante cuidado. Ele não é tóxico, porém é classificado como asfixiante, pois pode deslocar o ar e tomar o seu lugar no ambiente, o que causará sufocamento nas pessoas em espaços confinados se o oxigênio contido no ar ambiente atingir concentrações abaixo de 8%. Para minimizar o risco, o gás vazado e que está depositado no ambiente pode ser dissipado por ventilação. Por outro lado, se a quantidade de GLP no ambiente for a ideal e houver uma ignição de energia então essa quantidade explodirá. A energia pode ser gerada por diferentes tipos de ignição: estática (tais como, bater palmas e correr), elétrica (por exemplo, ligar o ventilador ou o interruptor de luz, ou a ignição de faísca de algum equipamento elétrico em funcionamento), ou por calor (tais como, ignição de isqueiro ou fósforo). Assim, o controle do vazamento de GLP requer o cuidado em seguir o protocolo e não gerar energia pois se isto acontecer nas condições ideais de quantidade de gás vazado ocasionará uma explosão.
Alvo do treinamento (quem)	Bombeiros (soldados, cabos, sargentos) que atuam no combate ao vazamento de gás de cozinha e posteriormente outras pessoas que podem estar envolvidas neste tipo de acidente.
Objetivos de treinamento / Competências a serem treinadas (por que)	<i>Conhecimentos</i> : conhecer o protocolo de controle de vazamento de GLP <i>Habilidades técnicas operacionais</i> : usar corretamente o protocolo de controle de vazamento de GLP para controlar, ventilar, salvar vítimas e deixar o local de vazamento de GLP em segurança. <i>Atitudes</i> : garantir o acesso seguro, controlar e extinguir o vazamento, ventilar o ambiente e deixá-lo em segurança
Método de treinamento	<i>Como</i> : Jogo sério de treinamento e avaliação <i>Onde</i> : quartéis do bombeiro <i>Quando</i> : frequentemente – quando necessário relembrar o protocolo

➤ Simulação	
Objetivo da simulação (<i>por que</i>)	Capacitar e treinar bombeiros para combater vazamento de gás de cozinha (Gás Liquefeito de Petróleo) sem riscos reais conforme objetivos de treinamento.
Possíveis cenários para simulações	<p><i>O que</i>: vazamento de gás de cozinha</p> <p><i>Avaliação de risco preliminar</i>: risco de explosão e asfixia</p> <p><i>Como</i>: usando o protocolo de combate ao vazamento de GLP</p> <p>Cenário 1:</p> <p><i>Quem (participantes virtuais)</i>: Bombeiro (soldado, cabo e/ou sargento)</p> <p><i>Onde</i>: residência (espaço confinado), com quadro de força fora da cozinha da residência</p> <p><i>Quando</i>: período diurno</p> <p><i>Objetos na cena</i>: quadro de força, interruptor de luz, porta, janela, botijão, registro do botijão, ventilador, isqueiro</p> <p>Cenário 2:</p> <p><i>Quem (participantes virtuais)</i>: Bombeiro (soldado, cabo, sargento) e vítima</p> <p><i>Onde</i>: residência (espaço confinado), com quadro de força dentro da cozinha da residência</p> <p><i>Quando</i>: período diurno</p> <p><i>Objetos na cena</i>: vítima, quadro de força, interruptor de luz, porta, janela, botijão, registro do botijão, ventilador, isqueiro</p>
➤ Anexos	<p>1.Procedimento operacional padrão para vazamento de GLP</p> <p>2.Vídeos com instruções de combate a vazamento de GLP</p>

É importante destacar que este planejamento serve de base para os próximos processos, porém ele também pode ser alterado e melhorado ao longo do ciclo de vida de desenvolvimento, com por exemplo, a adição da descrição do cenário 2 neste planejamento para cobrir requisitos de avaliação de desempenho que foram identificados durante a Análise.

E.4 Análise de Domínio e Requisitos do JSTA GLPSobControle

A partir do planejamento inicial do treinamento, a especificação do JSTA deve ser realizada, em conjunto com especialistas no domínio, utilizando os procedimentos, normas e recursos disponíveis. Esta especificação foi dividida em quatro dimensões que são interconectadas: treinamento & avaliação, jogo, simulação, e arquitetura que são apresentados nos quadros E.2, E.3, E.4 e E.5. Estes quadros são referentes ao preenchimento do Quadro 4.2, que foi subdividido para melhor disposição dos textos que os descrevem.

- Análise de domínio e requisitos de treinamento & avaliação

A partir do planejamento inicial, principalmente das informações sobre das competências a serem treinadas e dos cenários de simulação, devem ser analisados quais erros humanos podem e vão ser avaliados no protocolo treinado. Esta análise deve ser feita a partir

das necessidades e prioridades da organização e em conjunto com um especialista do domínio que tem experiência sobre os principais erros cometidos pelos profissionais que exercem a função do protocolo que será utilizado. Os critérios de escolha dos erros podem ser maior frequência, maior desafio de realizar a técnica corretamente, maiores riscos envolvidos, etc., conforme as prioridades da organização. Esta análise sobre o POP de controle de vazamento de GLP foi realizada e descrita em conjunto com um oficial bombeiro, conforme é apresentado no Quadro E.2.

Dado que o objetivo do treinamento é que o aprendiz utilize o protocolo na sequência correta dentro de um prazo determinado, então os requisitos de treinamento e avaliação de desempenho compreendem capturar as interações do aprendiz com a simulação (sequência de ações) e seus parâmetros, bem como os resultados do treinamento (erros e acertos) e o seu tempo de execução. Além da sequência, é importante verificar em quais locais são colocados o botijão e a vítima (nos cenários que possuem estes objetos). A partir desta análise, é necessário planejar os cenários para que eles contenham: vítima, quadro de força na cozinha próximo ao gás vazado, interruptor de luz, ventilador, isqueiro, além do botijão e seu registro dentro da cozinha.

Quadro E.2 – GLPSobControle: documento de especificação do domínio e requisitos (parte: treinamento e avaliação).

2. Especificação do Domínio e Requisitos		
❖ Especificação de Treinamento e Avaliação		
➤ Erros humanos a serem avaliados no protocolo sendo treinado		
Dimensões dos erros humanos	Erros	Consequências
Tempo: ação realizada cedo ou tarde demais, ou omitida	O bombeiro demora muito para salvar uma vítima, ou não salva	Morte de vítima por asfixia
Distância: objeto ou controle foi movido para perto ou longe demais	A vítima foi removida para local inseguro e não ventilado. O botijão foi removido para um local não ventilado	Risco de asfixia (morte) ou queimaduras (em caso de incêndio) Risco de explosão
Objeto: ação foi realizada com objeto errado; no objeto errado (parte ou todo); objeto pode estar perto, ser similar ou não	O bombeiro gera energia elétrica (ascende a luz, liga o ventilador), estática (corre dentro da cozinha) ou por calor (liga o isqueiro)	Explosão
Sequência: erros na ordem das ações que podem variar		
-Repetição: uma parte da sequência é repetida por erro	O bombeiro desliga, liga, e desliga novamente o registro de botijão	Atraso no controle e extinção do vazamento
-Omissão e esquecimento: uma parte da sequência foi esquecida ou pulada	O bombeiro retira o botijão da cozinha antes de retirar a vítima	Morte de vítima por asfixia
-Inversão: duas partes da sequência são trocadas	O bombeiro retira a vítima antes de desligar o botijão de gás	Risco de explosão
-Ações erradas:	O bombeiro desliga o quadro de força que está dentro da cozinha próximo do gás vazando	Explosão

- Análise de domínio e requisitos de design de jogo

A especificação do jogo inclui informações sobre os níveis, as interfaces, os personagens e outras propriedades do jogo. Estes requisitos foram especificados por esta pesquisadora, conforme é apresentado no Quadro E.3, e validados por um oficial bombeiro. As fases foram planejadas com o “modelo integrador avaliações- programa de treinamento” criado e serão projetadas e especificadas durante o Processo de Projeto.

Quadro E.3 – GLPSobControle: documento de especificação do domínio e requisitos (parte: jogo).

2. Especificação do Domínio e Requisitos (continuação)	
❖ Especificação de jogo	
➤ Níveis	
Gêneros das fases	Simulações em 3D; quebra-cabeças em 2D
Outras mídias utilizadas	Vídeo, formulários <i>online</i>
Mundo do jogo e mapas	Cenários (1 e 2) de residência com cozinha
Descrição das fases	Sete fases: 1- Diagnosticar (atividades em 2D) 2- Lembrar (com cenário 1 - simulação em 3D) 3- Compreender (com cenário 1 - simulação em 3D) 4- Aplicar (com cenário 2 - simulação em 3D) 5- Analisar (com vídeo) 6- Sintetizar (atividades em 2D) 7- Avaliar (com formulário <i>online</i>)
➤ Interfaces	
Interface de interação (entrada) e saída	<i>Entradas:: teclado e mouse</i> botões na tela; botões do teclado e do <i>mouse</i> <i>Saídas::</i> monitor, som
Interface visual	<i>Interface ativa:: botões</i> <i>Interface passiva::</i> - <i>Durante toda a fase::</i> nome do aprendiz, número da atividade e fase, tempo - <i>Acionada ao longo das fases::</i> caixas de mensagens (informações iniciais, <i>feedback</i> de alerta, resultado final) e relatório da fase
➤ Personagens	
Personagens	Bombeiro
Ponto de vista	Primeira pessoa
NPC	Vítima
➤ Jogo	
Pontuações e vidas	Não haverá inicialmente
Motor de jogos	Unity3D
Recursos utilizados na criação dos jogos	Áudio, texturas, imagens, modelos 3D, animações
Jogabilidade	1. Interface simples e fácil de entender 2. Duas fases 3D com mundos distintos para os cenários 1 e 2

- Análise de domínio e requisitos de simulação

A dimensão funcional deve abranger informações comportamentais do protocolo simulado como um todo: informações/relatórios, ações/interações e resultados/*feedback*; ao

passo que a dimensão física abrange as características próprias de representação dos objetos e dos cenários do protocolo simulado. A especificação da simulação foi descrita por esta pesquisadora e validada pelo oficial do bombeiros, conforme apresentado no Quadro E.4. Este documento é base para a modelagem da simulação durante o Processo de Projeto (na qual será utilizado o modelo formal DFA pois não há influência de tempo na simulação). Não houve a necessidade de detalhar os mundos virtuais e seus objetos pois eles foram criados a partir do reuso de modelos gratuitos na Web. Assim, apenas foram descritas informações básicas (arte, áudio, e local) sobre o nível de fidelidade física. Também não foi o foco deste trabalho abordar a fidelidade psicológica, apenas para referência foram adicionados dois campos relacionados que devem ser explorados em trabalhos futuros.

Quadro E.4 – GLPSobControle: documento de especificação do domínio e requisitos (parte: simulação).

2. Especificação do Domínio e Requisitos (continuação)	
❖ Especificação de simulação	
➤ Nível de fidelidade - Dimensão Funcional	
Informações iniciais fornecidas ao aprendiz	<p>Informações sobre a emergência de vazamento de GLP e sua situação atual</p> <p>Texto inicial - Cenário 1: “Ocorrência: Vazamento de GLP dentro de cozinha da residência” “Informações: <ol style="list-style-type: none"> 1. a RESIDÊNCIA está fechada 2. o QUADRO DE FORÇA está do lado de fora 3. não há VÍTIMAS 4. não há INCÊNDIO” Texto inicial - Cenário 2: “Ocorrência: Vazamento de GLP dentro de cozinha da residência” “Informações: <ol style="list-style-type: none"> 1. a RESIDÊNCIA está fechada 2. o QUADRO DE FORÇA está do lado de fora 3. há 01 VÍTIMA 4. não há INCÊNDIO” </p>
Forma de apresentação das informações iniciais	Apresentação de uma breve descrição do cenário (texto) e visualização da cena (ambiente virtual 3D)
Ações esperadas do aprendiz para concluir a tarefa	<p>Realizar o protocolo de combate ao vazamento de GLP na sequência correta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se o quadro de força estiver do lado de fora, cortar a energia elétrica - Entrar e abrir portas e janelas (ventilar o ambiente) - Fechar o registro do botijão de gás - Retirar o botijão de gás para um local seguro e ventilado
Modos de interação	<p><i>Interação com o ambiente virtual 3D::</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - clique do <i>mouse em:</i> portas, janelas, quadro de força, botijão e registro de gás, isqueiro, ventilador, interruptor de luz - movimento do <i>mouse</i> para os lados para direcionar campo de visão

	<p><i>Interface 2D</i>:: clique em botões na tela:</p> <ul style="list-style-type: none"> - “GLPSobControle” (para ver tutorial) - “Ver resultado” - “Reiniciar esta fase” - “Próxima fase” <p><i>Teclado</i>::</p> <ul style="list-style-type: none"> - setas para caminhar: W e <i>up</i> para frente; S e <i>down</i> para trás; A e <i>left</i> para o lado esquerdo; e D e <i>right</i> para o lado direito - botão ESC para colocar botijão ou vítima no chão
Resultados das ações	<p><i>Representações 3D/animações</i>::</p> <ul style="list-style-type: none"> - portas e janelas abrindo ou fechando - ventilador, interruptor e quadro de força ligados ou desligados <p><i>Sistema de partículas</i>:: fogo, vazamento, explosão</p> <p><i>Informação textual</i>:: de alerta ou fim de jogo (sobre sucessos e erros), conforme especificados a seguir</p> <p><i>Efeitos sonoros</i>:: explosão, vazamento de GLP, portas e janelas abrindo e fechando</p>
Ações erradas que o aprendiz poderá cometer e os resultados destes erros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gerar ignição elétrica quando não desligou quadro de força: explosão – fim de jogo: <i>feedback FInsucesso1</i> 2. Gerar ignição estática ou por calor: explosão - fim de jogo <i>feedback FInsucesso1</i> 3. Não salvar a vítima antes de retirar o botijão: morte da vítima por asfixia – fim de jogo <i>feedback FInsucesso2</i> 4. Realizar ações fora da sequência de combate ao vazamento de GLP: erro na sequência, mostra o <i>feedback</i> descrito a seguir por 10 segundos e continua o treinamento; e informa o(s) erro(s) ao final do jogo (<i>feedback FSucessoParcial</i>) <ul style="list-style-type: none"> - Não cortar a energia elétrica quando o quadro de força estiver do lado de fora: somente <i>feedback</i> de alerta FA1 caso não gere ignição elétrica - Retirar o botijão sem fechar o registro: <i>feedback</i> de alerta FA2 - Realizar alguma outra ação fora da ordem: <i>feedback</i> de alerta FA3
<i>Feedback</i> de alerta	<p>FA1. “Atenção: QUADRO DE FORÇA está ligado qualquer faísca pode causar uma explosão”</p> <p>FA2. “Atenção: o REGISTRO está aberto! Há vazamento de GLP”</p> <p>FA3: “Atenção: verifique se você está seguindo a ordem de ações do protocolo”</p>
<i>Feedback</i> de fim da fase (resultado da fase)	<p>FSucesso: “Parabéns! Você controlou o vazamento com sucesso!”</p> <p>FSucessoParcial: “Você retirou o botijão com sucesso. Verifique as ações a fazer e a evitar”</p> <p>FInsucesso1: “GAME OVER: houve uma explosão! Tente novamente...”</p> <p>FInsucesso2: “GAME OVER: a vítima não foi salva! Tente novamente...”</p>
Relatório no final da fase	<p><i>Dados do cenário</i>:: ocorrência, local da ocorrência, nro de vítimas, avaliação de risco preliminar, objetivo</p> <p><i>Dados do treinamento realizado</i>:: duração do treinamento, resultado da fase, ações a fazer com informação se foi realizada ou não, nro de correções ou avisos de precauções, e ações a evitar com informações se foi realizada ou não</p>

➤ <i>Nível de fidelidade - Dimensão Física</i>			
<i>Mundos</i>	<i>Características</i>		
Cenário 1	Residência com quadro de força do lado de fora, portas, janelas e interruptores, com cozinha comum contendo botijão com registro, ventilador, isqueiro		
Cenário 2	Residência com quadro de força dentro da cozinha, contendo também botijão com registro, ventilador, isqueiro e uma vítima; além de portas, janelas e interruptores espalhados pela residência		
<i>Objetos principais</i>	<i>Arte</i>	<i>Áudio</i>	<i>Local</i>
Botijão de gás	Objeto 3D	-	Cozinha
Registro de botijão	Objeto 3D	-	
Mangueira de gás	Objeto 3D	-	
GLP	Sistema de partículas	Vazamento	
Explosão	Sistema de partículas	Explosão	
Isqueiro	Objeto 3D	-	
Ventilador	Objeto 3D com botão para ligar/desligar	-	
Quadro de força	Objeto 3D com botão do disjuntor	Liga e desliga	Fora da residência ou na cozinha
Interruptor de luz	Objeto 3D com botão do interruptor	Liga e desliga	Em cada cômodo
Janela	Objeto 3D	Abre e fecha	
Porta	Objeto 3D	Abre e fecha	
➤ <i>Nível de fidelidade - Dimensão Psicológica</i>			
Tipo de envolvimento e reações que devem ser despertadas	Não haverá inicialmente		
Como alcançar este envolvimento e reações	Não haverá inicialmente		

- *Análise de domínio e requisitos de arquitetura de suporte*

A arquitetura cliente-servidor foi utilizada em conjunto com parte da arquitetura de software criada e descrita no Capítulo 4. Por limitações dos recursos de desenvolvimento (tempo, dinheiro e pessoas), o JSTA criado é mono-jogador com acesso *on-line* e foi utilizado um servidor gratuito para hospedá-lo, conforme informações apresentadas no Quadro E.5.

Quadro E.5 – GLPSobControle: documento de especificação do domínio e requisitos (parte: arquitetura).

2. Especificação do Domínio e Requisitos (continuação)	
❖ Modelo de Especificação da Arquitetura	
➤ Cliente	
Plataforma de distribuição	<i>On-line</i> : rede web cliente-servidor
Modo de jogador	<i>Nro de pessoas</i> :: um <i>Forma de acesso</i> :: <i>on-line</i>
Hardwares necessários para execução	<i>Processador</i> :: Dual Core de 2 GHz (ou superior) <i>Memória RAM</i> :: 2 Gb (ou superior) <i>Resolução de vídeo</i> :: 1024 x 768 (ou superior) <i>Placa de vídeo</i> :: 256 Mb (ou superior) <i>Espaço livre em disco</i> :: 1 Gb

	<i>Sistema operacional::</i> Windows, MAC-OS e Linux
Softwares necessários para execução	<i>Navegador web::</i> preferencialmente Chrome ou Safari <i>Plug-in::</i> Web Unity
➤ Servidor	
Hospedagem	<i>Web::</i> http://glpsobcontrole.url.ph/ <i>Servidor::</i> http://www.hostinger.com.br (gratuito) <i>Processador::</i> Xeon E3-1230 <i>Memória RAM::</i> 8 Gb <i>Espaço em disco::</i> 2 Gb <i>Sistema operacional::</i> Centos 6.2 <i>Velocidade de rede do servidor::</i> 10 mbps <i>Linguagem::</i> PHP v.5.4
Banco de dados	MySQL v.5.1
Protocolo de interoperabilidade	Não há nesta versão
Arquitetura de suporte e reuso	<i>Arquitetura utilizada::</i> componentes da arquitetura criada <i>Reuso::</i> componente de processamento de DFA e recursos do jogo <i>Elementos que devem ser integrados::</i> objetos 3D, classes, banco de dados <i>Elementos interoperáveis::</i> não há nesta versão

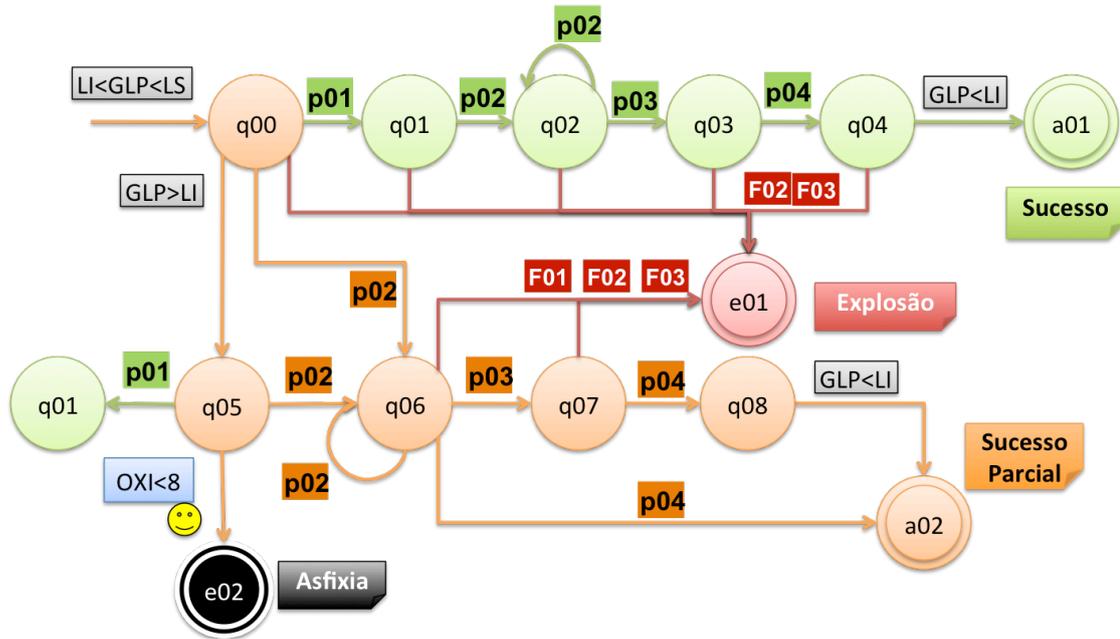
A seguir é descrito o Processo de Projeto que foi elaborado a partir destas quatro partes de especificação (jogo, simulação, treinamento, treinamento).

E.5 Projeto do JSTA *GLPSobControle*

O jogo sério foi projetado a partir da análise realizada na fase anterior. Isto foi projetado em quatro dimensões que são interconectadas: modelagem da simulação, *design* do jogo, *design* da arquitetura e banco de dados, e programa de treinamento e avaliação, conforme apresentadas a seguir.

- *Modelagem da simulação*

A modelagem da simulação (protocolo de treinamento) foi criada com o modelo integrador avaliação- simulação usando DFA, pois a ocorrência de vazamento de GLP não envolve o fator tempo. Este formalismo foi descrito e modelado, conforme é apresentado em seu diagrama de transição de estados na Figura E.1, para representar o comportamento da simulação e avaliação de desempenho, a partir da sequência de ações que o aprendiz pode realizar.



- Legenda:

Procedimento correto:

- p01- Cortar energia elétrica
- p02- Abrir portas e janelas
- p03- Fechar o registro do botijão de gás
- p04- Retirar o botijão de gás para um local seguro

Ações erradas:

- F01*- Gerar ignição elétrica** (ascender luz, ligar ventilador, etc.)
- F02*- Gerar ignição estática (correr, etc.)
- F03*- Gerar ignição por calor (ascender isqueiro, etc.)

* supondo que o oxigênio e o GLP estão nas condições ideais para explosão

** e o quadro de força está ligado

Variáveis:

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo =%

- LI: Limite inferior do GPL
- LS: Limite superior do GPL

OXI: Oxigênio = %

- Modelo formal:

$M = (Q, \Sigma, \delta, q00, F)$, onde: $Q = \{q00, q01, q02, q03, q04, q05, e06, q07, q08, a01, e01, e02\}$;

$\Sigma = \{p01, p02, p03, p04, F01, F02, F03, GLS, GLI, OLI\}$; $\delta = Q \times \Sigma \rightarrow Q$ (diagrama); $F = \{a01, e01, e02\}$

Figura E.1 – Design de M&S: modelo formal e diagrama de transição de estados.

Quadro E.6 – Design de M&S: legenda de estados.

Estado	Descrição
q00	Estado inicial com quantidade de GLP <i>ideal</i> (entre limite inferior e superior $LI < GLP < LS$), quadro de força <i>ligado</i> , portas e janelas fechadas e GLP <i>vazando</i> dentro da cozinha
q01	Quantidade de GLP <i>ideal</i> , quadro de força <i>desligado</i> (ambiente somente com iluminação natural –dia ou noite), portas e janelas <i>fechadas</i> e GLP <i>vazando</i> dentro da cozinha
q02	Quantidade de GLP <i>ideal</i> , quadro de força <i>desligado</i> , portas e janelas <i>abertas</i> e GLP <i>vazando</i> dentro da cozinha
q03	Quantidade de GLP <i>ideal</i> , quadro de força <i>desligado</i> , portas e janelas <i>abertas</i> e registro de botijão <i>fechado</i> dentro da cozinha (GLP não vazando mais)

Estado	Descrição
q04	Quantidade de GLP <i>ideal</i> , quadro de força <i>desligado</i> , portas e janelas abertas e botijão de GLP <i>retirado</i> do interior da casa
q05	Quantidade de GLP <i>maior</i> que limite superior (GLP>LS), quadro de força <i>ligado</i> , portas e janelas <i>fechadas</i> e GLP <i>vazando</i> dentro da cozinha
q06	Quantidade de GLP <i>ideal</i> , quadro de força <i>ligado</i> , portas e janelas <i>abertas</i> e GLP <i>vazando</i> dentro da cozinha
q07	Quantidade de GLP <i>ideal</i> , quadro de força <i>ligado</i> , portas e janelas <i>abertas</i> e registro do botijão <i>desligado</i>
q08	Quantidade de GLP <i>ideal</i> , quadro de força <i>ligado</i> , portas e janelas <i>abertas</i> e botijão de GLP <i>retirado</i> do interior do ambiente
a01	Estado final de <i>sucesso</i> com quantidade de GLP <i>menor</i> que o seu limite inferior de inflamabilidade (GLP<GLI)
a02	Estado final de <i>sucesso parcial</i> com quantidade de GLP <i>menor</i> que o seu limite inferior de inflamabilidade (GLP<GLI)
e01	Estado final de <i>erro com explosão</i> com quantidades de oxigênio e GLP ideais (OLI<OXI<OLS e GLI<GLP<GLS)
e02	Estado final de <i>erro</i> com quantidade de oxigênio insuficiente para respiração (oxigênio < 8%) – com morte de vítima por asfixia (na fase que tem vítima)

- Design do jogo

Para projetar o jogo foram utilizados: (1) diagrama integrador jogo- simulação: que é um diagrama de classe expandido que representa a estrutura dos modelos de objetos simulados (os quais o aprendiz pode interagir – botijão, quadro de força, ventilador, porta, etc., conforme ilustrado na Figura E.2); e (2) *storyboards*: possibilita definir os cenários e visualizar as interfaces de interações em conjunto com o especialista do domínio, conforme apresentados nas figura E.3 e E.4. O *software Microsoft Power Point*© foi utilizado para um rápido planejamento e descrição das interações com os objetos, possibilitando assim uma compreensão do cenário, da simulação e da sequência básica de ações para controle do jogo com sucesso ou fracasso. Embora, tenham sido modeladas duas sequências principais do uso do protocolo (correta e incorreta), as ações especificadas podem ser realizadas em diferentes sequências ocasionando um conjunto de consequências que são melhores projetadas nos modelos formais (pois são não lineares).

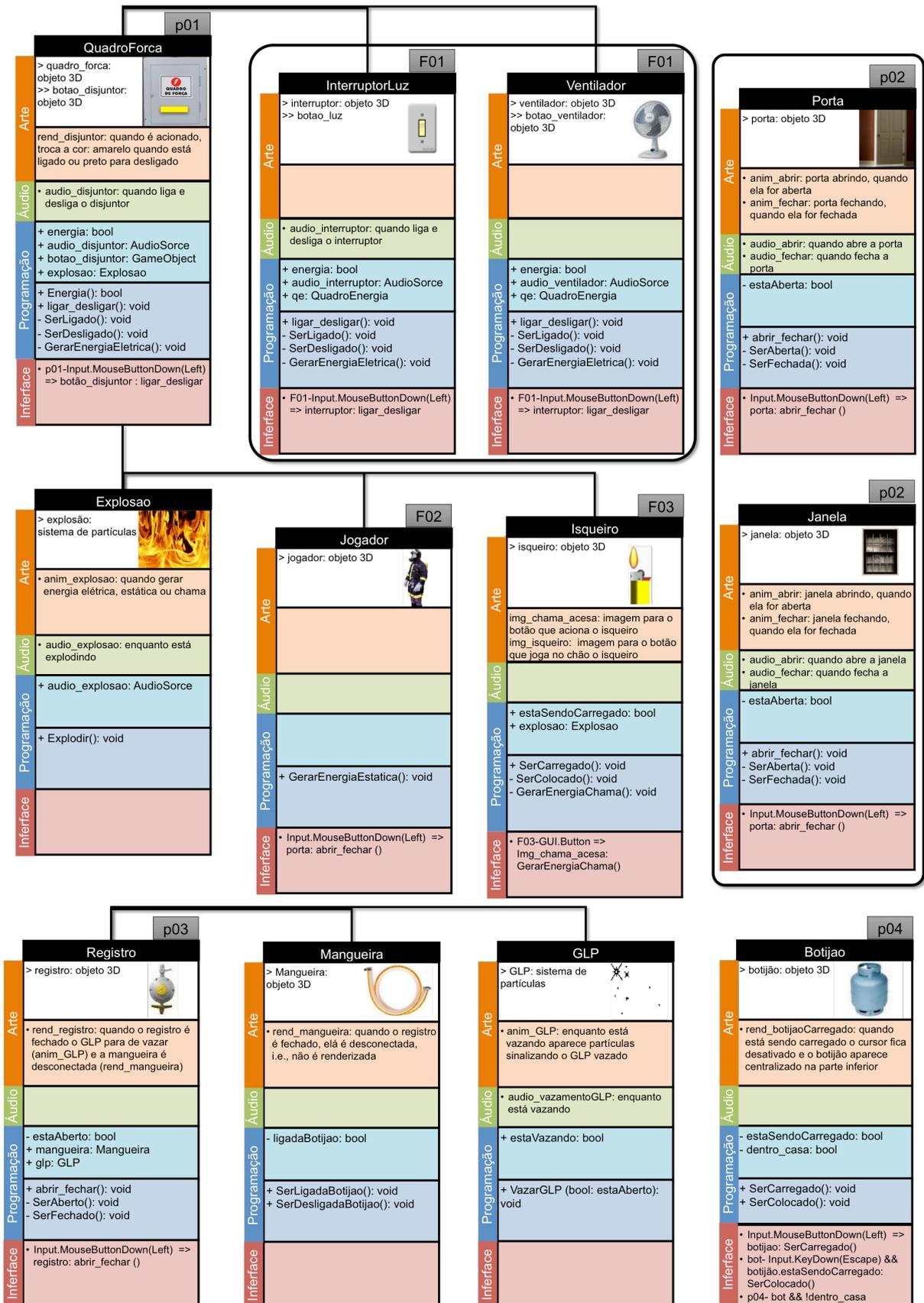


Figura E.2 – Design de modelo de simulação: modelagem estruturada de objetos.

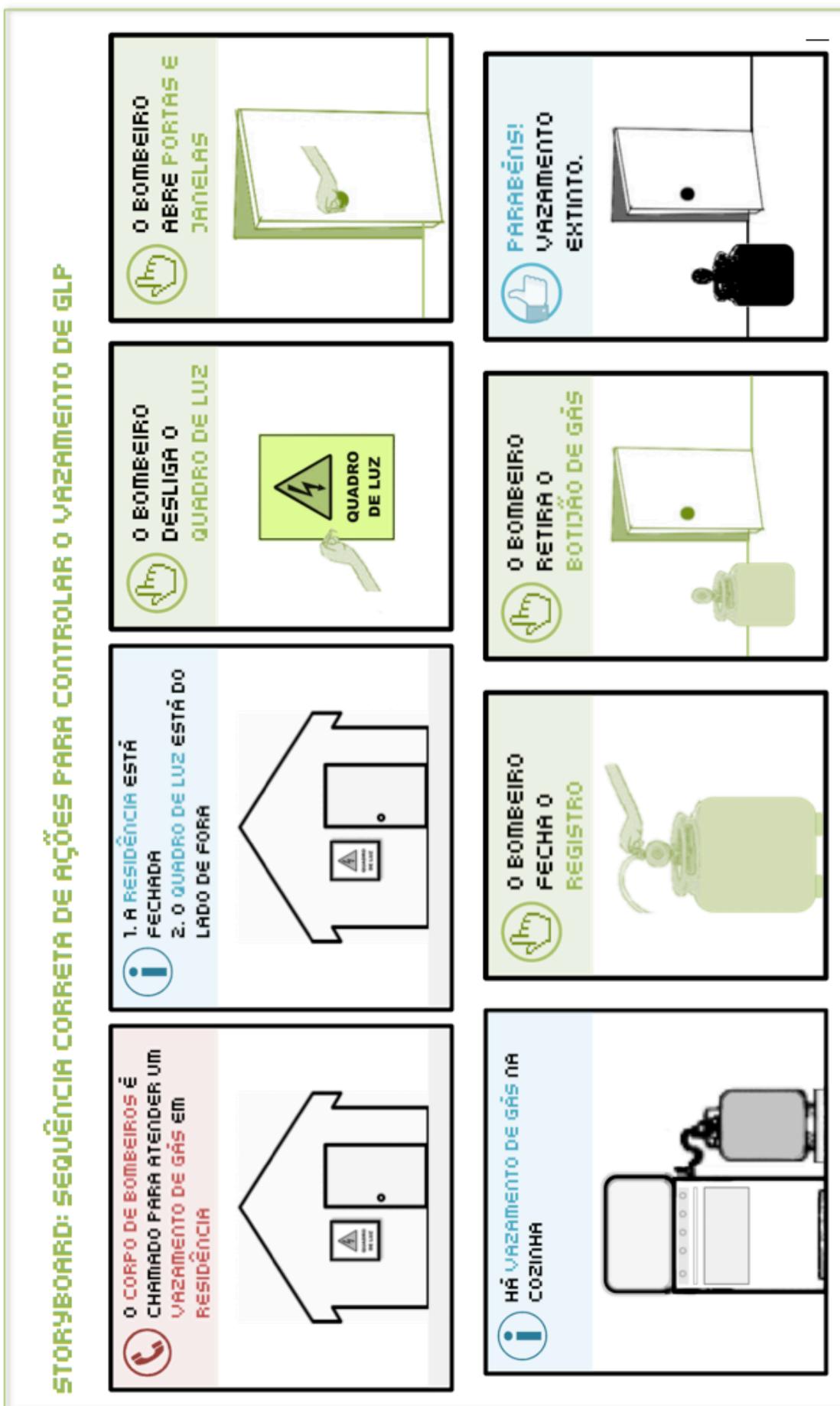


Figura E.3 – Design de interface e interação: *storyboard* das sequências feitas corretamente para controlar o vazamento de GLP. treinamento usando JSTA.

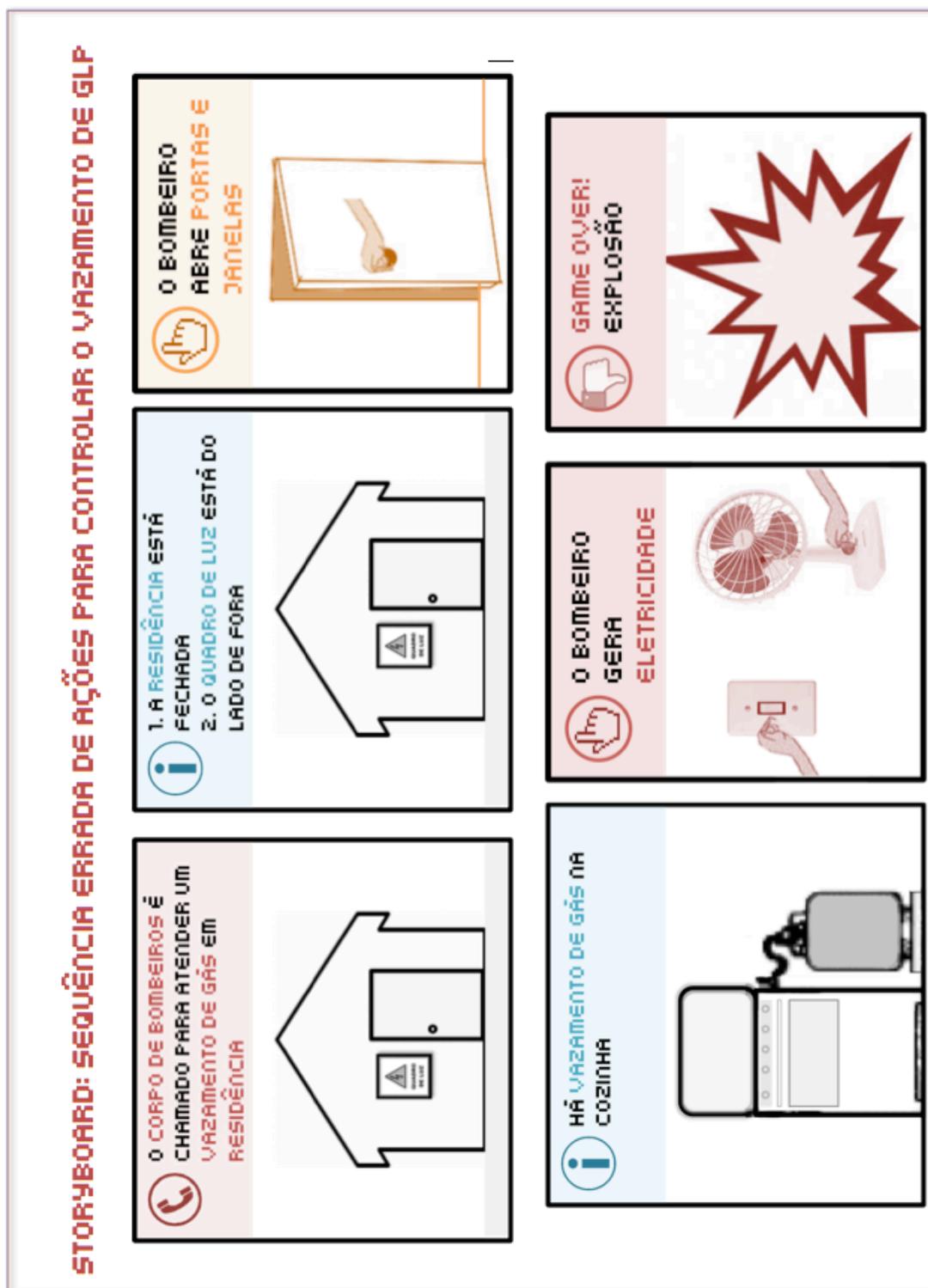


Figura E.4 – *Design* de interface e interação: *storyboard* das seqüências feitas incorretamente para controlar o vazamento de GLP.

- Programa de treinamento

O programa de treinamento tem o objetivo e público-alvo conforme descrito nas fases anteriores. Outras informações pertinentes, conforme NBR ISO 10015, estão na seção de descrição geral do Quadro E.7.

Quadro E.7 – JSTA GLPSobControle: programa de treinamento

❖ Programa de treinamento	
➤ Descrição Geral	
Critérios para avaliação dos resultados	O aprendiz é avaliado, em cada fase, durante o processo e pelo seu resultado final. Para cada ação que pode ser realizada serão armazenados se ela foi realizada corretamente ou incorretamente. Serão avaliados também a quantidade total de acertos e erros, e a duração de cada fase.
➤ Fase 1 - Diagnosticar	
Objetivo	Diagnosticar o que o aprendiz já sabe sobre o que vai ser treinado (principais pontos).
Avaliação	<i>Tipo:</i> diagnóstica <i>Objetivo:</i> apenas para verificar se o trainee possui algum conhecimento sobre o procedimento <i>Indicador de conhecimento prévio:</i> quantidade de respostas corretas e incorretas
Gênero	Jogo simples 2D com cartas
Descrição do conteúdo	Em um cenário de vazamento de gás de cozinha, sem incêndio e sem vítimas, dentro da cozinha de uma residência: (a) Qual é a sequência básica para controlar o vazamento de GLP? Coloque apenas as cartas corretas na sequência correta: 1. abrir portas e janelas 2. ligar o ventilador 3. levar o botijão para fora 4. fechar o registro do botijão 5. acender a luz 6. acender uma chama - não sei a resposta Resposta: 1-4-3 (b) Se o quadro de força estiver na cozinha da residência, próximo do vazamento de GLP, o que deve ser feito: 1. desligar o quadro de força 2. não fazer nada com o quadro de força Resposta: 1 – desligar ou ligar qualquer equipamentos elétricos pode gerar faíscas que podem causar explosões (c) Em um vazamento de GLP, se tiver vítimas e incêndio, o que você deve fazer primeiro? Coloque as cartas na sequência correta: 1. fechar o registro de botijão 2. extinguir o incêndio 3. resgatar a vítima - não sei a resposta Resposta: 1-3-2
➤ Fase 2 - Lembrar	
Objetivo	Que o aprendiz aprenda ou relembre o protocolo básico. Ele deve ser guiado por informações de “o que” e “como” fazer, com explicações para alterações no cenário.
Avaliação	<i>Tipo:</i> formativa <i>Objetivo:</i> dar um <i>feedback</i> ao aprendiz, e assim permitir que ele aprimore suas habilidades conceituais técnicas <i>Indicador de bom desempenho:</i> vazamento extinto <i>Indicador mal desempenho:</i> explosão
Gênero	Simulação
Descrição do conteúdo	Cenário 1 de vazamento de gás de cozinha, sem incêndio e sem vítimas, dentro da cozinha de uma residência, com quadro de força do lado de fora. Explicações para: - Em caso de vítimas no local, resgatá-las em primeiro lugar - Em caso de incêndio, fechar o registro do botijão só depois extinguir o incêndio

	- Se o quadro de força estiver dentro da área gaseada, não desligá-lo, pois acontecerá uma explosão devido a faísca que será gerada
➤ Fase 3 - Compreender	
Objetivo	Avaliar se o aprendiz compreendeu o uso do protocolo
Avaliação	<i>Tipo:</i> formativa <i>Objetivo:</i> mesmo que na fase 2 <i>Indicador de bom desempenho:</i> vazamento extinto <i>Indicador mal desempenho:</i> explosão
Gênero	Simulação
Descrição do conteúdo	Mesmo cenário que a fase 2 mas sem informações e explicações sobre “o que” e “como” fazer.
➤ Fase 4 - Aplicar	
Objetivo	Que o aprendiz aplique o conhecimento adquirido em outro cenário de treinamento
Avaliação	<i>Tipo:</i> formativa <i>Objetivo:</i> mesmo que na fase 2 <i>Indicador de bom desempenho:</i> vazamento extinto <i>Indicador mal desempenho:</i> explosão e morte da vítima por asfixia
Gênero	Simulação
Descrição do conteúdo	Cenário 2 de vazamento de gás de cozinha em uma residência, sem incêndio e com 1 vítima desmaiada próxima a cozinha, com chave geral dentro da residência
➤ Fase 5 - Analisar	
Objetivo	Que o aprendiz analise o comportamento de outro bombeiro
Avaliação	<i>Tipo:</i> somativa <i>Objetivo:</i> avaliar se o aprendiz consegue analisar o uso do protocolo e identificar ações erradas <i>Indicador de bom desempenho:</i> análise correta sobre o comportamento do outro bombeiro <i>Indicador mal desempenho:</i> análise incorreta
Gênero	Jogo simples 2D com vídeo
Descrição do conteúdo	Analise as ações de outra pessoa realizando o protocolo e assinale as ações realizadas incorretamente. () 1. O quadro de força estava do lado de fora da residência mas não foi desligado () 2. O quadro de força estava do lado de fora da residência mas só foi desligado depois de começar a ventilar o ambiente () 3. Foi gerado (ou tentou gerar) faísca por ignição elétrica () 4. Foi gerado (ou tentou gerar) faísca por ignição estática () 5. Foi gerado (ou tentou gerar) faísca por ignição por calor () 6. A vítima não foi salva em primeiro lugar () 7. Houve uma explosão Resposta: 2, 4 e 7
➤ Fase 6 - Sintetizar	
Objetivo	Que o aprendiz sintetize seu conhecimento combinando sentenças corretamente sobre o protocolo treinado
Avaliação	<i>Tipo:</i> somativa <i>Objetivo:</i> avaliar se o aprendiz consegue identificar e sintetizar todas as ações erradas <i>Indicador de bom desempenho:</i> acerta tudo <i>Indicador mal desempenho:</i> erra algum item (principais erros no protocolo)
Gênero	Jogo simples 2D com cartas
Descrição do conteúdo	Combine as cartas a seguir evitando os principais erros que podem ser realizados no controle a vazamento de GLP. <i>Cartas a arrastar:</i> 1. resgatar vítima 2. acender uma chama

	3. extinguir incêndio 4. desligar o quadro de força 5. acender a luz 6. ligar o ventilador <i>Espaços para combinações:</i> A– esta ação não deve ser feita B– esta ação não deve ser feita C– esta ação não deve ser feita D– só depois que fechar o registro de botijão E– só quando estiver fora da residência F– é prioridade Resposta: 2A, 5B, 6C, 3D, 4E, 1F
➤ Fase 7 - Avaliar	
Objetivo	Que o aprendiz se autoavaleie e avalie o treinamento (simulação, jogo, aprendizagem e fases do jogo)
Avaliação	<i>Tipo:</i> autoavaliação e avaliação do programa de treinamento <i>Objetivo:</i> coletar a reação do aprendiz <i>Indicador de bom desempenho:</i> concorda com as afirmativas <i>Indicador mal desempenho:</i> discorda das afirmativas
Gênero	Questionário
Descrição do conteúdo	Apêndice D.2

- Design da arquitetura e banco de dados

Conforme especificado na fase anterior, o JSTA *GLPSobControle* será executado isoladamente e *on-line* em rede *web* cliente-servidor, conforme é apresentado na Figura E.5. O computador cliente (do aprendiz) acessa o servidor para carregar o JSTA e para armazenar os resultados no banco de dados. O banco de dados armazena informações de cada fase, conforme apresentado na Figura E.6.

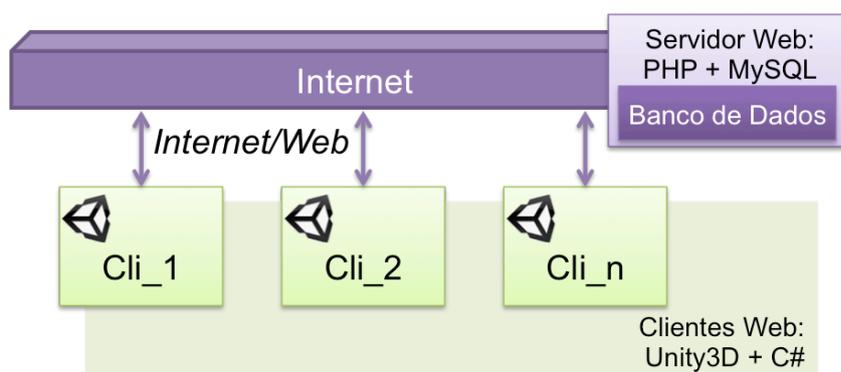


Figura E.5 – Visão geral da arquitetura cliente-servidor.

<pre> u965907369_unity.afase1 id : int(10) duracao : varchar(8) # respondeu : int(11) # acertos : int(11) # erros : int(11) # porta : int(11) # registro : int(11) # botijao : int(11) # luz : int(11) # chama : int(11) # ventilador : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>	<pre> u965907369_unity.bfase1 id : int(11) duracao : varchar(8) # quadro : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>	<pre> u965907369_unity.cfase1 id : int(11) duracao : varchar(8) # respondeu : int(11) # acertos : int(11) # erros : int(11) # vitima : int(11) # incendio : int(11) # registro : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>	<pre> u965907369_unity.fase2 id : int(10) duracao : varchar(8) # respondeu : int(11) # n_correcoes : int(11) sequencia : text # quadro : int(11) # porta : int(11) # janela : int(11) # registro : int(11) # botijao : int(11) # luz : int(11) # chama : int(11) # ventilador : int(11) # pular : int(11) # vitima : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>
<pre> u965907369_unity.fase3 id : int(10) duracao : varchar(8) # respondeu : int(11) # n_correcoes : int(11) sequencia : text # quadro : int(11) # porta : int(11) # janela : int(11) # registro : int(11) # botijao : int(11) # luz : int(11) # chama : int(11) # ventilador : int(11) # pular : int(11) # vitima : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>	<pre> u965907369_unity.fase4 id : int(10) duracao : varchar(8) # respondeu : int(11) # n_correcoes : int(11) sequencia : text # quadro : int(11) # porta : int(11) # janela : int(11) # registro : int(11) # botijao : int(11) # luz : int(11) # chama : int(11) # ventilador : int(11) # pular : int(11) # vitima : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>	<pre> u965907369_unity.fase5 id : int(11) duracao : varchar(8) # respondeu : int(11) # acertos : int(11) # erros : int(11) # quadro1 : int(11) # quadro2 : int(11) # eeletrica : int(11) # eestatica : int(11) # calor : int(11) # vitima : int(11) # ventilacao : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>	<pre> u965907369_unity.fase6 id : int(11) duracao : varchar(8) # respondeu : int(11) # acertos : int(11) # erros : int(11) # vitima : int(11) # quadro : int(11) # incendio : int(11) # chama : int(11) # luz : int(11) # ventilador : int(11) # user_id : int(11) data : datetime </pre>

Figura E.6 – Estrutura do banco de dados.

E.6 Implementação dos Artefatos do JSTA *GLPSobControle*

Áudios e texturas foram reusados de repositórios gratuitos encontrados na *Internet*.

Modelos 3D foram reusados a partir do repositório do *3DWarehouse*© (*Google* - <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>). Foram criadas animações simples para as portas e o quadro de força, e usados sistemas de partículas do motor de jogos *Unity3D* (*Unity Technologies* - <http://unity3d.com/>) para representar a explosão e o vazamento de gás.

O motor de jogos *Unity3D*© foi utilizado em conjunto com a linguagem *C#* para programação dos modelos de simulação, apresentados nos diagramas de classes e diagrama de transição de estados, e acesso ao banco de dados do cliente. O banco de dados foi

desenvolvido em linguagem MySQL com acesso implementado em PHP. O questionário da fase 7 do jogo (avaliação) foi criado usando o Google Docs©.

E.7 Integração e Teste do JSTA *GLPSobControle*

Na atividade de integração, todos os artefatos do jogo e códigos de simulação (*scripts*) foram integrados. Na atividade de teste foram realizados testes de interface e interação, teste de colisão, teste de efeitos sonoros, teste de jogabilidade, para garantir que todas as funcionalidades estavam funcionando corretamente.

Após a integração e testes todas as fases do JSTA de vazamento de GLP foram concluídas, conforme pode ser visto nas figuras E.7 (fase 2), E.8 (fase 4), E.9 (fase 5) e E.10 (fase 6).

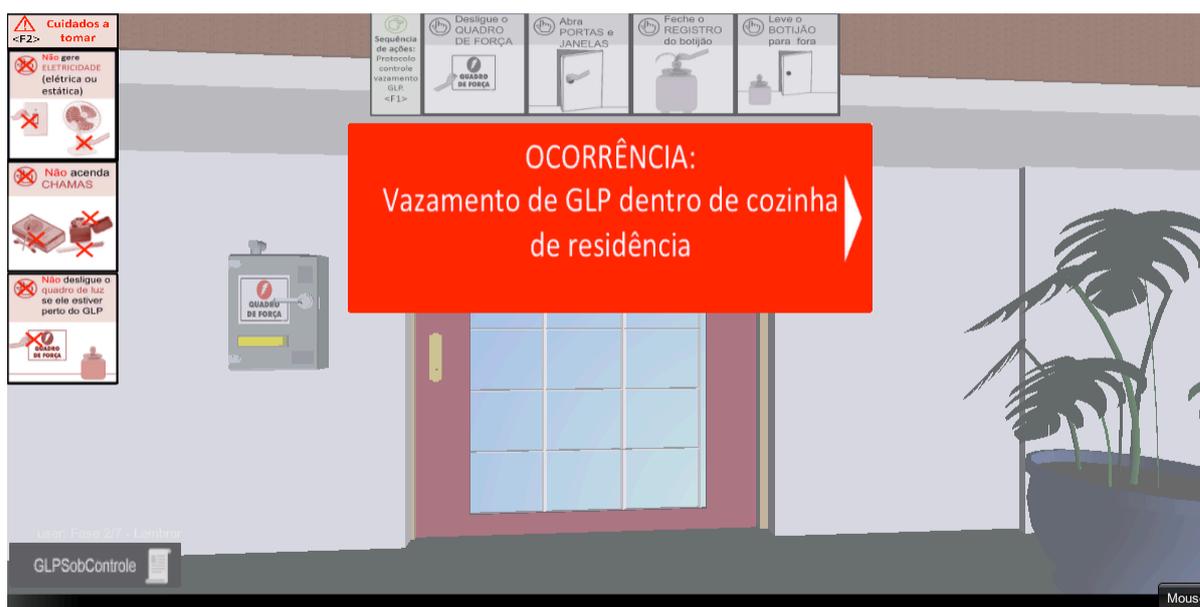


Figura E.7 – JSTA *GLPSobControle*: visão da tela inicial da fase 2.



Figura E.8 – JSTA *GLPSobControle*: visão da tela inicial da fase 4.

Análise as ações de outra pessoa realizando o protocolo e assinale as ações realizadas incorretamente.

- O quadro de força estava do lado de fora da residência mas não foi desligado.
- O quadro de força estava do lado de fora da residência mas só foi desligado depois de começar a ventilar o ambiente.
- Foi gerado (ou tentou gerar) faísca por ignição elétrica.
- Foi gerado (ou tentou gerar) faísca por ignição estática.
- Foi gerado (ou tentou gerar) faísca por calor.
- A vítima não foi salva em primeiro lugar.
- Houve uma explosão.

Envie resposta

Figura E.9 – JSTA *GLPSobControle*: visão da tela inicial da fase 5.

Combine as cartas a seguir, evitando os principais erros que podem ser realizados no controle de vazamento de GLP.

<p>Resgatar vítima</p> <p><small>*arraste com o mouse</small></p>	<p>Acender uma CHAMA</p> <p><small>*arraste com o mouse</small></p>	<p>Extinguir o incêndio</p> <p><small>*arraste com o mouse</small></p>	<p>Desligar o QUADRO DE FORÇA</p> <p><small>*arraste com o mouse</small></p>	<p>Acender a LUZ</p> <p><small>*arraste com o mouse</small></p>	<p>Ligar o VENTILADOR</p> <p><small>*arraste com o mouse</small></p>
<p>Não deve ser feita</p>	<p>Não deve ser feita</p>	<p>Não deve ser feita</p>	<p>Só depois que fechar o registro do botijão</p>	<p>Só quando estiver fora da residência</p>	<p>É prioridade</p>

Reiniciar esta fase Não sei a resposta Enviar resposta

Figura E.10 – JSTA *GLPSobControle*: visão da tela inicial da fase 6.

E.8 Execução do JSTA GLPSobControle

Nesta fase, os aprendizes já podem usar a simulação para treinamento e os resultados de suas ações serão visualizados no ambiente virtual 3D, conforme pode ser visto nas figuras E.11 (com três cartas posicionadas pelo aprendiz) e E.12 (aprendiz retirando o botijão de gás). Registros de todas as ações e dos resultados são armazenados para posterior análise. A avaliação se o procedimento foi realizado correto ou não é apresentado no final do treinamento (figuras E.11 a E.15).

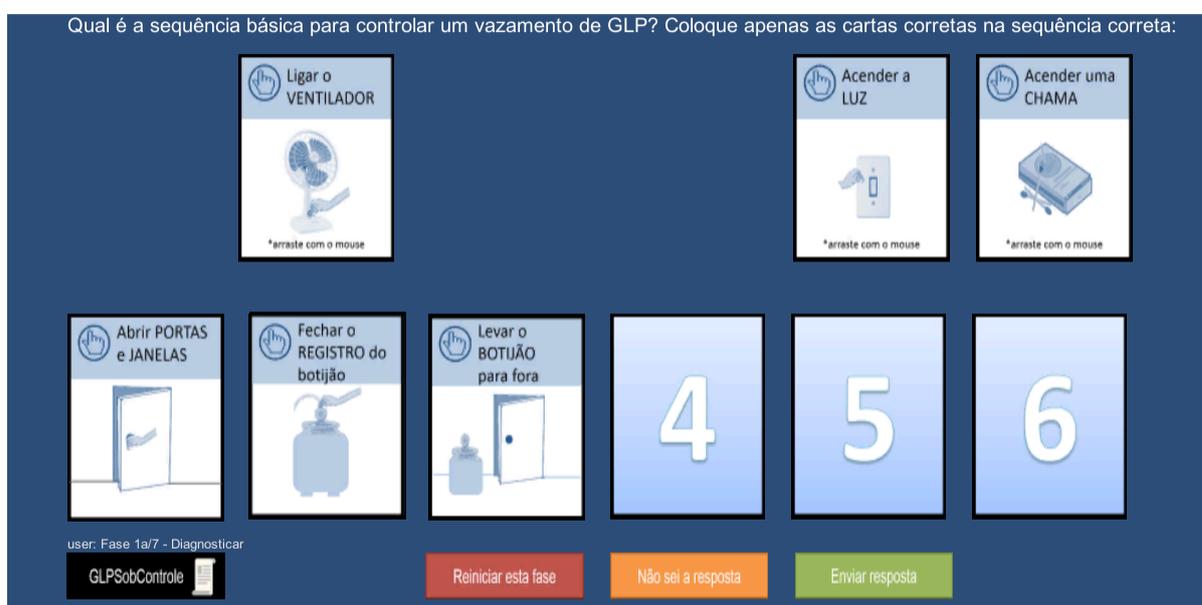


Figura E.11 – JSTA GLPSobControle: visão da execução durante a fase 1.



Figura E.12 – JSTA GLPSobControle: visão da execução durante a fase 2.



Figura E.13 – JSTA *GLPSobControle*: visão da tela de “game over” durante a fase 3.



Figura E.14 – JSTA *GLPSobControle*: visão da tela de resultado da fase 3.

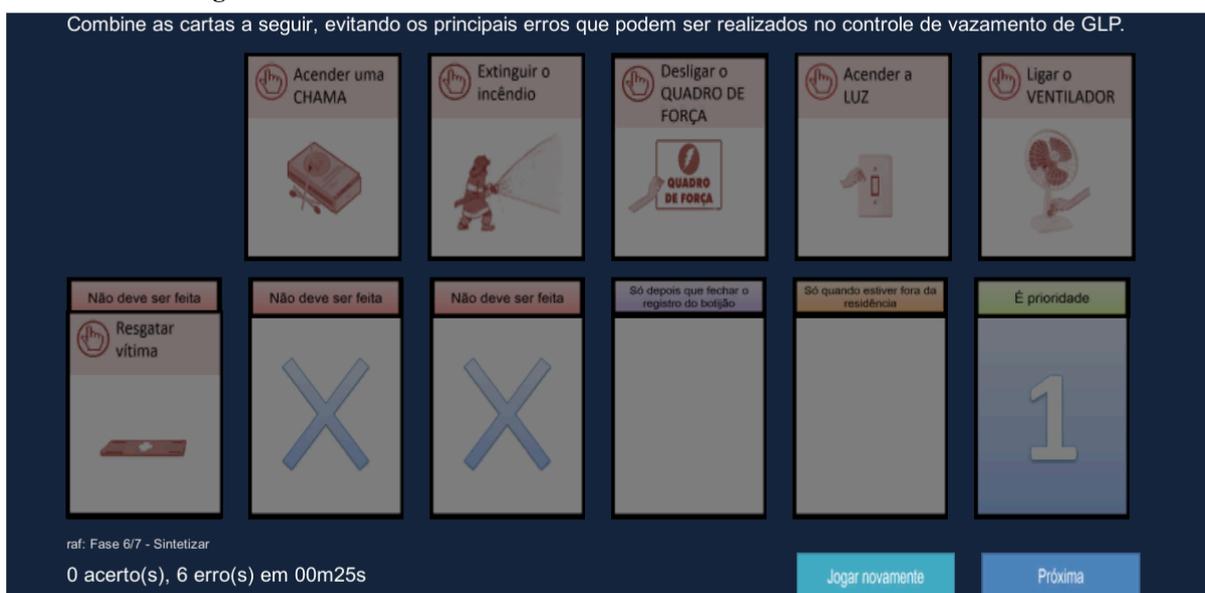


Figura E.15 – JSTA *GLPSobControle*: visão da tela de resultado da fase 6 (erros ficam em vermelho e acerto em verde).

E.9 Avaliações do Desempenho dos Participantes e dos Treinamentos

As avaliações do desempenho dos aprendizes, bem como suas reações e todos os resultados do treinamento são apresentadas no Apêndice G.

E.10 Verificações e Validações do JSTA *GLPSobControle*

As verificações e validações servem como pontos de controle no final de cada processo. Os resultados das validações com bombeiros oficiais e aprendizes são apresentados nos apêndices F e G.

Apêndice F

RESULTADOS DAS VALIDAÇÕES DO JSTA COM OFICIAIS BOMBEIROS

F.1 Dados sobre os oficiais bombeiros

Os especialistas no domínio de preparação e resposta a emergências consultados são três oficiais do Corpo de Bombeiros (CB). Todos são graduados em Administração de Segurança Pública e especialistas em Tecnologia de Bombeiros; e possuem mais de 10 anos de experiência no CB. As entrevistas com estes especialistas foram presenciais ou por meio de computador, conforme os métodos descritos no Quadro F.1.

Quadro F.1 – Perfis dos oficiais bombeiros e métodos de entrevistas.

	Pós-graduação	Experiência no CB	Proposta	Método
O1	Mestre em Ciência da Computação e doutorando em Eng. de Produção	13 anos	Avaliação do JSTA criado com a metodologia e validação do modelo de simulação	Participação constante durante toda a pesquisa e processo de desenvolvimento
O2	Doutorando em Ciências Médicas	19 anos		Entrevistas não estruturadas ao final do desenvolvimento
O3	-	25 anos		Entrevistas não estruturadas eventuais durante o processo de desenvolvimento.

F.2 Resultados da validação do modelo de simulação

Os oficiais O1 e O2 avaliaram que o modelo de simulação é uma representação física

e comportamental do cenário e da parte do POP que foi planejado implementar. Isto inclui os ambientes e objetos simulados, as interações possíveis, as reações e *feedback* apresentados. Inclusive, o desenvolvimento do modelo de simulação, e dos diversos cenários 3D que utilizam este modelo, possibilitaram verificar uma oportunidade de melhoria no protocolo que não tinha sido observada anteriormente pelo CB (apenas com o documento que descreve o protocolo). Isto ocorre quando a vítima e o recipiente de gás estão próximos ou o recipiente é alcançado antes da vítima. No POP, a sequência de ações é salvar vítimas e depois cortar o fluxo de gás. Além disto, é descrita a prioridade de remover a vítima antes de qualquer outra ação. Entretanto, quando as situações descritas anteriormente acontecem, é mais seguro cortar o fluxo de gás antes de salvar as vítimas. Dessa forma, esta sequência foi alterada no modelo de simulação e deve ser atualizada na descrição do POP pelo CB.

F.3 Resultados da validação do JSTA *GLPSobControle*

O JSTA *GLPSobControle* foi utilizado e validado pelos oficiais bombeiros O1 e O2. A análise foi feita com o modelo de simulação; os conteúdos das fases; os cenários, objetos e animações do jogo; as instruções de cada fase; a interface de interação e controle do jogo; as condições de vitórias e fracassos; as informações e *feedback* apresentados; o fluxo do jogo como um todo (informações iniciais, tutoriais, resultados de cada fase, avanço de fases).

A análise resultou na alteração da sequência da ação de “salvar a vítima” para depois da ação de “desligar o registro do botijão de GLP”, conforme descrito na Subseção 6.4.2. Também foram sugeridas alterações e inclusões para melhorar a interface de interação, orientar melhor o aprendiz e garantir a sequência do jogo. As sugestões foram aceitas e realizadas: (1) inclusão do tutorial antes de cada fase dentro do jogo (antes estava apenas em um documento no *website*); (2) inclusão das informações iniciais: observação de que o botijão está guardado em local incorreto para fins de treinamento e informações sobre a maneira correta de armazená-lo; (3) alterações nas interfaces e controles das ações “pegar” e “colocar no chão” o botijão e a vítima, nas fases com simulações 3D (2, 3 e 4), para permitir carregar apenas um item por vez e deixar as representações 3D mais próximas da realidade; e (4) alteração para permitir que o aprendiz passe para a próxima fase apenas após ver o resultado.

Os oficiais destacaram a relevância do jogo e que por meio dele é possível treinar controlar, ventilar, salvar e deixar o local em segurança. Além de que, eles gostaram das

diferentes formas de atuar utilizando o protocolo, que são resultantes da Taxonomia de Bloom e Teorias de Kolb (como por exemplo, a análise do vídeo na fase 5 possibilitou ver itens que não tinham sido observados; além disso, foi possível praticar e em outro momento observar ou pensar sobre o procedimento de forma gradual). As sugestões para trabalhos futuros foram: (1) melhorar a interface gráfica e de interação; (2) adicionar elementos para possibilitar um maior envolvimento psicológico (por exemplo, sons mais altos para aumentar a percepção dos riscos); e (3) personalizar as fases do jogo e a quantidade de informações de acordo com o níveis de conhecimento do protocolo e habilidade em jogar.

O questionário de avaliação referente a fase 7 do JSTA (avaliação) foi validado semanticamente pelos oficiais O1 e O2. A análise semântica visa a identificação e correção de falhas de precisão, clareza, objetividade e variedade das assertivas e instruções (conforme Mourão e Meneses, 2012; e Zerbini, Borges-Ferreira e Abbad, 2012). A validação foi realizada por meio de entrevista não estruturada com os dois oficiais que analisaram criticamente cada assertiva e instrução. Esta validação foi importante para garantir a compreensão e precisão dos itens. A partir disto, alguns ajustes foram feitos para equacioná-los ao vocabulário técnico dos bombeiros e eliminar imprecisões.

Apêndice G

RESULTADOS DAS VALIDAÇÕES DO JSTA COM APRENDIZES

G.1 Dados sobre os bombeiros

É importante destacar que os aprendizes já possuem algum treinamento convencional no protocolo treinado, como por exemplo, exposição em sala de aula, leitura de manuais e protocolos, ou exercícios simulados reais. Além de que, alguns já realizaram a tarefa no ambiente real atuando no CB. Os bombeiros foram identificados como muitos experientes na habilidade técnica treinada (com mais de 10 ocorrências reais – grupos 1 e 2) ou iniciantes (conhecem o protocolo mas têm pouca ou nenhuma experiência – grupos 3 e 4), conforme Quadro G.1. Como na realização da tarefa treinada no ambiente real existem riscos reais à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente, então não houve grupo de controle e será utilizado o método de transferência inversa, com os bombeiros que já realizaram a tarefa no real, para medir a eficácia do programa de treinamento usando o JSTA.

Quadro G.1 – Perfis dos bombeiros divididos em quatro grupos.

Aprendizes	Grupo1		Grupo2		Grupo3		Grupo4	
	Sg1	Sd2	Sg2	Sd1	Sd3	Ten	Sd4	Cb
Experiência prática em ocorrências reais com vazamento de gás GLP	Muita		Muita		Poucas (de 1 a 4)		Pouca ou nenhuma	
Habilidade em usar computador	Sabe		Não sabe ou sabe pouco		Um pouco		Sabe utilizar e sabe muito	

O primeiro grupo compreende os profissionais com experiência prática com atendimento de mais de 10 ocorrências reais e que se declararam conhecer bem o protocolo e

ter habilidade em usar o computador (grupo 1: sg1 e sd2), seguido dos que também têm a mesma experiência mas declaram que apenas conhecem o protocolo e têm poucas habilidades de usar o computador (grupo 2: sg2 e sd1). O terceiro e quarto grupos compreendem os que declararam ter pouca ou nenhuma experiência prática divididos por quem têm bastante habilidade em usar computador (grupo 2: Sd4 e Cb) e os que têm pouca (grupo 4: Sd3 e Ten).

G.2 Resultados da observação desta pesquisadora

Esta pesquisadora observou as interações e o envolvimento dos aprendizes com o jogo, as dificuldades encontradas, as interações aprendiz-instrutor e instrutor-aprendiz e as reações dos aprendizes após o jogo.

As reações dos aprendizes após o jogo foram positivas em ambas as coletas de dados. No primeiro dia, eles enfatizaram a percepção de atuarem em diferentes perspectivas durante as fases, por exemplo, atuando como bombeiro nas fases 2 a 4, e atuando como observador e analisador durante a fase 5. Eles ressaltaram também o envolvimento com o jogo de modo que não perceberam o tempo passar. As sugestões e pedidos foram para adicionar novas fases e desafios de modo a abranger gás encanado e incluir novos cenários (por exemplo, favela e prédio). Os pontos fracos apontados foram a dificuldade inicial de interação (usar teclado e *mouse*) e estética do jogo (qualidade das imagens). Entretanto, eles afirmaram que estes pontos não prejudicaram o propósito do jogo de treinar e avaliar o desempenho dos aprendizes. No segundo dia, todos enfatizaram a preferência pelo uso de jogos para treinamento comparado às aulas presenciais ou a distância (com vídeos, slides e animações 2D simples), inclusive um bombeiro que declarou não gostar de jogar (e respondeu que “talvez” jogos ajudariam no treinamento).

Em ambos os dias, os aprendizes apresentaram-se bastante envolvidos com o jogo. As interações aprendizes-instrutor foram para elucidar dúvidas sobre interfaces manuais (teclado-*mouse*) e visuais (ativas: botão de controle da sensibilidade do *mouse* e interação com o botijão de gás; e passivas: painéis de mensagens e informações). As interações instrutor - aprendizes foram realizadas principalmente no início das fases e ao final na tela do relatório. Durante o início das fases, o instrutor apontou os detalhes que deviam ser observados, tais como, os painéis de ações e os textos informativos contendo os enunciados e informações do jogo e de controle. Algumas vezes o instrutor enfatizou os erros cometidos pelo aprendiz

informados durante o relatório da fase.

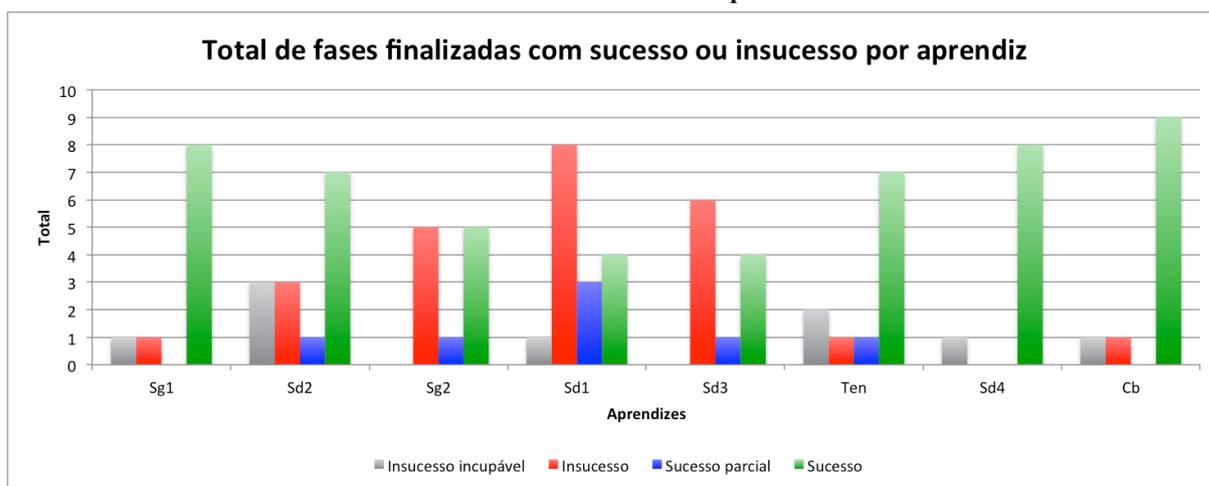
As dúvidas dos aprendizes e respostas são descritas a seguir. O tutorial também contém as informações necessárias para evitá-las, porém, após a primeira coleta de dados elas foram adicionadas na tela principal. Entretanto, no segunda dia houveram as mesmas dúvidas e interações aprendiz-instrutor para elucidá-las, apresentadas nos quatro itens a seguir: (1) Fases 1 e 6 com cartas: deve arrastar a carta bem em cima de um dos locais indicados até sumir a frase "arraste com o *mouse*"; (2) fases 2 a 4: para conseguir jogar é preciso usar a seta direita para ver todas as informações iniciais da fase. No final da fase quando aparecer a mensagem de fim da fase é preciso clicar no botão "ver resultado" para depois aparecer o botão "próxima fase"; (3) as fases 2 a 4: as setas do teclado possibilitam a movimentação no cenário (como se fossem os pés do jogador). O *mouse* possibilita olhar ao redor do cenário (como se fosse a visão do jogador); (4) em todas as fases: para ver o tutorial clique no botão "GLPSobControle". Caso o *plug-in* trave, por favor, entre novamente no *website* com o usuário e senha.

G.3 Resultados dos desempenhos dos bombeiros por grupo

A análise do desempenho dos aprendizes, autoavaliação e reação ao jogo será descrita dividida pelos grupos. O Gráfico G.1 apresenta um resumo das fases finalizadas com sucesso ou não por aprendiz. O equilíbrio entre sucessos e erros cometidos refletem as oportunidades que os bombeiros tiveram de aprender fazendo, acertando ou errando e corrigindo seus erros. Entretanto, uma maior ou igual porcentagem de erros apresenta os que tiveram dificuldades e talvez não conseguiram superá-las necessitando de uma maior atenção e análise do instrutor para auxiliá-los e corrigi-los (por exemplo, os soldados Sd1 e Sd3 no Gráfico G.1).

Os aprendizes e os resultados por fases são detalhados no Quadro G.2. Neste quadro é possível observar que o Sd3 foi o que mais passou de fase sem concluí-las com sucesso total ou parcial (atividades "1b", "2" e "5"); e o Sd1 realizou a fase 6 três vezes apenas com insucesso. Os soldados 1 e 3 e o sargento 2 tiveram as maiores quantidades de erro (Sd1: 8; Sd3: 6; Sg2: 5), bem como não conseguiram realizar com sucesso algumas fases. Além disto, na fase 5 (vídeo), a com maior número de bombeiros que erraram (cinco de oito), apenas dois destes cinco jogaram novamente com sucesso (Ten e Cb), sendo que os outros três passaram para a próxima fase sem tentar de novo (Sd1, Sd3 e Sg2).

Gráfico G.1– Resultados das fases por bombeiro.



Quadro G.2 – Resultados das fases por bombeiro.

Fases	Aprendizes								Resultados				
	Sg1	Sd2	Sg2	Sd1	Sd3	Ten	Sd4	Cb	✓	■	◆	⊗	T
1a (cartas)	✓	◆✓	⊗✓	⊗⊗✓	⊗⊗✓	◆◆	✓	◆✓	7		4	5	16
1b (cartas)	✓	✓	✓	✓	⊗	✓	✓	✓	7			1	8
1c (cartas)	◆✓	◆◆✓	✓	◆✓	✓	✓	◆✓	✓	8		5		13
2 (tutorial e s/v)	⊗✓	■✓	⊗✓	⊗■	⊗⊗	✓	✓	✓	6	2		5	13
3 (s/t e s/v)	✓	✓	■	■	■	✓	✓	✓✓	6	3			9
4 (com vítima)	✓	⊗	⊗	⊗■✓	✓	■✓	✓	✓	6	2		3	11
5 (vídeo)	✓	✓	⊗	⊗	⊗	⊗✓	✓	⊗✓	5			5	10
6 (cartas)	✓	⊗⊗✓	⊗✓	⊗⊗⊗	✓	✓	✓	✓	7			6	13
Total									52	7	9	25	93
Resultados	Sg1	Sd2	Sg2	Sd1	Sd3	Ten	Sd4	Cb	T				
✓	8	4	5	4	4	7	8	9	52				
■		1	1	3	1	1			7				
◆	1	3		1		2	1	1	9				
⊗	1	3	5	8	6	1		1	25				
Total	10	14	11	16	11	11	9	11	93				

Legenda: s/v: sem vítima; s/t: sem tutorial passo-a-passo do protocolo
 ✓ sucesso; ■ sucesso parcial; ■ sucesso parcial pois não salvou vítima;
 ◆ insucesso inculpável; ⊗ insucesso;

Para classificar e analisar os resultados foram atribuídos pesos para cada atividade de acordo com o seu objetivo de avaliação (diagnóstica, formativa e somativa) e o níveis da taxonomia de Bloom. Se elas forem apenas realizadas com insucesso, a pontuação é zero. Para as atividades “a”, “b”, e “c” da fase 1, que é apenas diagnóstica, foram atribuídos os pesos “6”, “1” e “3” respectivamente. Para as fases 2 (lembrar), 3 (compreender) e 4 (aplicar), com avaliação formativa, as pontuações atribuídas são “10”, “10” e “20” se finalizadas com

sucesso ou “5”, “5” e “10” se realizadas com alguma falha não grave (caso não houver explosão ou morte). Para as fases 5 (avaliar) e 6 (sintetizar), com avaliação somativa, as pontuações atribuídas são “25” para cada fase com sucesso total. A classificação dos resultados é: “Ótimo” desempenho se obteve pontuação total entre 90-100; “Bom” para 70-90; “Regular” para 50-70; e “Ruim” para abaixo de 50.

O Quadro G.3 apresenta as pontuações obtidas por cada aprendiz. Além disso, é indicado também as notas atribuídas por cada bombeiro às suas habilidades em usar computadores e jogos eletrônico (0: não sei utilizar; 1 [+]: sei utilizar muito pouco; 2 [++]: sei utilizar pouco; 3 [+++]: sei utilizar mais ou menos; 4 [++++]: sei utilizar; 5 [+++++]: sei utilizar muito). É possível observar que quem declarou que sabe utilizar o computador teve um desempenho melhor do que quem declarou que sabe mais ou menos ou pouco, porém não dá para estabelecer um relacionamento destas duas variáveis, ainda mais um dos que declararam que sabe mais ou menos obteve um bom desempenho. Em relação as funções (hierarquia militar: (1) praças: soldado, cabo, sargento; (2) oficiais: tenente, capitão), cada soldado obteve uma classificação (Sd1: “Ruim”; Sd3: “Regular”; Sd2: “Bom”; Sd4; “Ótimo”); bem como os sargentos (Sg2: “Regular” e Sg1: “Ótimo”); ao passo que o cabo e tenente obtiveram classificação “Ótimo”.

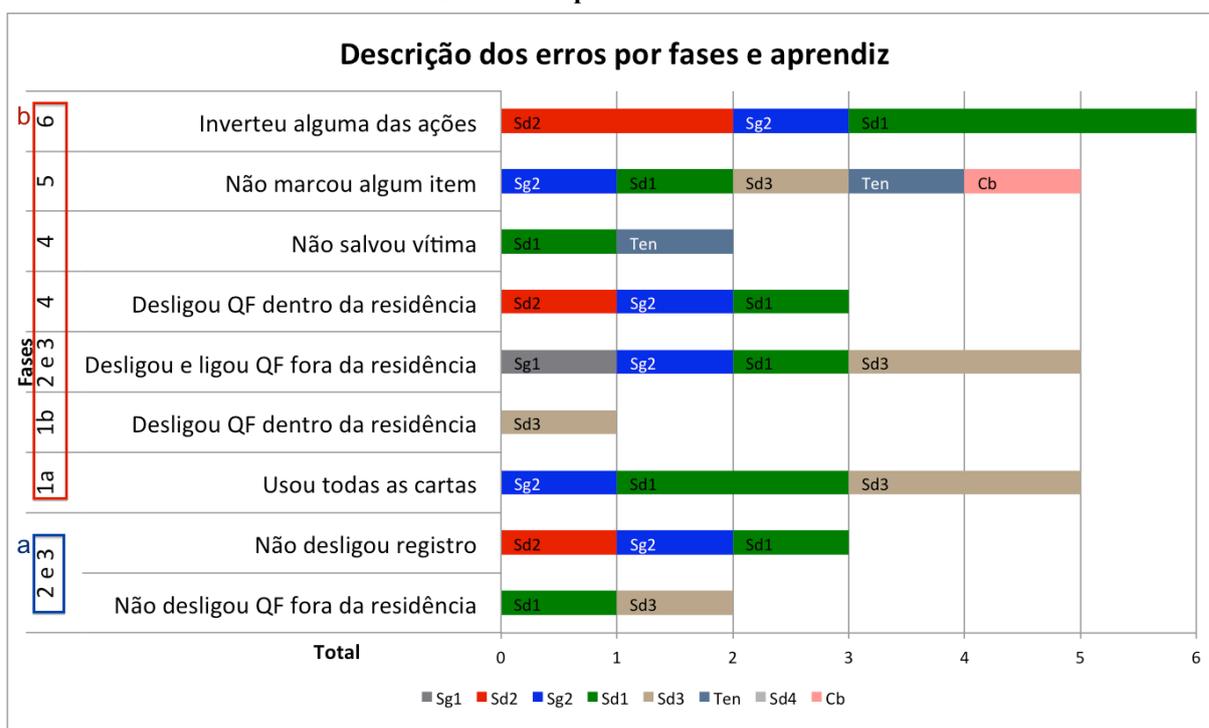
Quadro G.3 – Pontuações obtidas nas atividades por cada bombeiro.

	Grupo1		Grupo2		Grupo3		Grupo4	
Habilidades	Sg1	Sd2	Sg2	Sd1	Sd3	Ten	Sd4	Cb
Prática	Muita				Poucas (de 1 a 4)		Pouca ou nenhuma	
Computador	++++	++++	+++	++	++	+++	+++++	++++
Jogos eletrônicos	++	++++	0	++++	++	++	+++++	++++
Resultado	Ótimo 100	Bom 80	Regular 50	Ruim 40	Regular 59	Ótimo 94	Ótimo 100	Ótimo 100
Atividades	Pontuações por atividades							
1a	6	6	6	6	6		6	6
1b	1	1	1	1		1	1	1
1c	3	3	3	3	3	3	3	3
2	10	10	10	5		10	10	10
3	10	10	5	5	5	10	10	10
4	20			20	20	20	20	20
5	25	25				25	25	25
6	25	25	25		25	25	25	25

Os erros e sua quantidade por bombeiros são discriminados no Gráfico G.2. Eles são referentes às 32 vezes de conclusão das fases com insucesso ou sucesso parcial (☒ ●☒▲; ■●▲; ■●☒). Os dois primeiros erros referentes às fases 2 e 3, que estão dentro do retângulo azul “a”, não são erros graves e assim o resultado da fase é de sucesso parcial. Por

outro lado, os outros erros, que estão dentro do retângulo vermelho “b”, são erros graves que levam ao insucesso das fases 1b, 2, 3 e 4, ou a contabilização dos erros nas fases 1 (atividade “a”), 5 e 6, também pontuadas como fracasso (zero ponto). A seguir são descritos os resultados de cada bombeiro.

Gráfico G.2 – Erros por atividades e bombeiros.



Legenda: QF: Quadro de força

- Grupo 1: experientes e sabem usar computador

O Sg1 declarou ter pouca habilidade de usar jogos, não gostar de jogar e inicialmente que acreditava que talvez jogos poderiam ajudar em treinamentos pois “*existem algumas diferenças entre teoria e realidade e nenhuma ocorrência é igual a outra*”. Porém ao final do jogo, o Sg1 respondeu que ele gostou muito do jogo, inclusive pontuou todas as fases com "10" e descreveu que apreciou o seu tom de realismo. Ele também sugeriu criar mais fases com outros ambientes (tais como, comércio e indústria). O Sg1 realizou todo o treinamento com sucesso (“Ótimo” desempenho), apenas inverteu duas ações na atividade “1c” e desligou e ligou o quadro de força na primeira vez que realizou a fase 2.

O Sd2 respondeu acreditar que jogos podem ser utilizados em treinamento pois eles despertam a atenção dos participantes possibilitando maior aprendizado e memorização. O Sd2 realizou um treinamento ótimo também. Ele teve dificuldades em encaixar as cartas corretamente na atividade “1a” e “1c”; não conseguiu desligar o registro na primeira vez (fase 2), mas ao tentar novamente obteve sucesso; da mesma forma só obteve sucesso na fase 6

após realizá-la pela terceira vez; entretanto, na fase 4, desligou o quadro de força que estava dentro da cozinha, ocasionando uma explosão e não a jogou novamente. Ao final do jogo, o Sd2 respondeu que gostou do jogo (pontuações “8” para as fases 1 e 4 e “9” para as outras). As observações foram que as informações tinham que estar mais claras no jogo e que seria melhor ter narrações (áudios) das informações e orientações sobre o que e como fazer, pois *"geralmente as pessoas querem algo mais intuitivo e não leem os manuais"*, além de destaques para os objetos que devem ser manipulados, incluindo avisos sonoros para despertar os possíveis erros.

- Grupo 2: experientes porém sabem usar computador pouco ou mais ou menos

O Sg2 relatou no *debriefing* que quando os bombeiros ficam um tempo fora do ambiente operacional geralmente eles esquecem os POPs, e para ele *"o jogo possibilitou lembrar o POP de vazamento de GLP e corrigir algumas posturas incorretas"*. A pontuação dada para as fases do jogo foi: “7” para a última fase (questionário de avaliação), “8” para a fase 5 (vídeo) e “9” para as demais. Quanto aos erros, na fase 1, ele colocou as seis cartas na sequência (três são ações incorretas), mas corrigiu na segunda vez. A segunda e a sexta fases foram realizadas corretamente na segunda vez. A terceira etapa foi concluída sem fechar o registro. A fases 4 e 5 foram realizadas incorretamente: na fase 4 o quadro de força que estava dentro da cozinha foi desligado; e na fase 5 (vídeo) o aprendiz observou que apenas houve explosão e não apontou os outros erros. O desempenho do Sg2 foi regular, entretanto, a pesquisadora observou que este participante estava com pressa/preocupado em voltar a fazer suas funções (inclusive respondeu que percebeu o tempo passar enquanto jogava, na questão “3.11”).

O Sd1 respondeu que gostou muito do jogo, que ele é um material muito útil, e atribuiu pontuação "10" para todas as fases. Entretanto o seu desempenho foi ruim inclusive refletindo em sua autoavaliação em atribuir 11 pontuações em “3 – neutra”, principalmente relacionadas à aprendizagem e não responder 7 questões sobre a simulação e o jogo (inclusive a “3.12 Eu esforcei-me em ter bons resultados”). Ele também utilizou todas as cartas na fase 1 (atividade “a”), acertando apenas na terceira vez. Na primeira vez que jogou a fase 2, ele desligou e ligou o quadro de força causando uma explosão (que pode estar ligada a pouca habilidade de usar o computador), e na segunda vez ele a concluiu sem desligá-lo. Na fase 3 concluiu sem desligar o registro e errou na fase 4 ao desligar o quadro de força que estava na cozinha. Na fase 5, só observou a explosão, e não conseguiu concluir a fase 6 com sucesso (combinação dos erros referentes ao quadro de força e ventilador) com três tentativas. Isto

pode indicar que ele não conseguiu identificar quando deve ou não desligar o quadro de força. Outras opções são: ele poderia não ter entendido a proposta da questão assim como na atividade 1; ou ainda teria errado devido a pouca habilidade com o computador. Entretanto, ele respondeu neutro para as questões “3.7 Eu estou confiante com o aprendizado e a prática que obtive no jogo” e “2.11 Eu consolidei atitudes corretas quanto a controlar, ventilar, salvar e deixar o local em segurança usando o protocolo durante o jogo” e não respondeu a questão “3.10 Eu estou satisfeito com o meu treinamento no jogo” (que corrobora com que o aprendizado e treinamento não foram satisfatórios). As saídas do jogo em conjunto com os dados da avaliação são indicadores do sucesso ou não do treinamento, assim a partir de uma análise eles podem ser úteis para o instrutor no *debriefing*, possibilitando realizar o esclarecimento de dúvidas e correção de desempenhos insuficientes. No *debriefing*, ele apenas relatou como sugestão destacar os objetos em que as ações devem ser feitas, além de estender o treinamento incluído a vestimenta do equipamento de proteção antes de iniciar o jogo.

- Grupo 3: iniciantes e sabem usar computador pouco ou mais ou menos

O Sd3 relatou que gostou da oportunidade de utilizar o ambiente 3D porém que teve dificuldade em desligar o quadro de força na fase 2 por isso ocorreram duas explosões e ele avançou para a fase 3 sem concluí-la com sucesso; e a fase 3 ele concluiu com sucesso mas sem desligá-lo também. Provavelmente foram clicadas duas vezes, desligando e ligando o quadro de força, e assim, ocasionando uma explosão. Na atividade “a” da fase 1 ele também só acertou na terceira vez e errou a atividade “1b” sobre desligar o quadro de força próximo ao gás vazado, porém ele acertou a fase 4 salvando a vítima e não desligando a energia. Na fase 5 ele acertou seis de sete itens pois não marcou que o quadro foi desligado apenas depois de abrir a porta; entretanto realizou a fase 6 com sucesso. O Sd3 obteve um desempenho regular (59 pontos) devido a falta de habilidade de usar o computador, pois com os erros nas fases 2 e 3 ele não obteve 15 dos 20 pontos válidos. O Sd3 atribuiu pontuação “9” para a fase 1 e “10” para todas as outras fases. No questionário e no *debriefing* ele sugeriu adicionar atividades maiores e a oportunidade de realizá-las em equipe com usuários em rede e relatou que não gostou que a movimentação do jogador está muito devagar.

O tenente (Ten) relatou que gostou de usar o jogo pois possibilitou lembrar e fixar o protocolo; que as fases possuem desafios graduais; e que o treinamento é válido. Seu desempenho no treinamento foi “Ótimo”. Ele teve dificuldade em encaixar as cartas na atividade “1a” e assim atribuiu pontuação “8” a ela. As fases 2, 3 e 6 foram concluídas com sucesso na primeira vez e as fases 4 e 5 na segunda vez. Na primeira vez a vítima não foi

salva na fase 4; ao passo que na fase 5 foi trocado a alternativa correta de “ignição por calor” por “ignição elétrica”. Ele atribuiu pontuação “9” para a fase 2; “10” para as fases 3 a 6; e “8” para a fase 7 (avaliação).

- Grupo 4: iniciantes porém sabem usar bem o computador

O Sd4 obteve um ótimo desempenho, concluindo todas as fases com sucesso na primeira vez (apenas teve uma falha por causa do encaixe das cartas nos quadros na atividade “1c”). Ele pontuou a fase 1 e 7 com “8”, “9” para a fase 2 e “10” para as outras. Ele sugeriu melhorar a parte gráfica 2D, entretanto apreciou os cenários 3D das residências. No *debriefing*, ele sugeriu a criação de novas fases e dificuldades para cobrir outros itens do protocolo, tais como, outros tipos de botijões e locais (inclusive mais próximo da realidade brasileira: por exemplo favelas), gás encanado (para residências) e incêndio no gás vazado.

O cabo (Cb) relatou que gostou da parte gráfica, das interações, do *feedback* e da possibilidade de reiniciar as fases. Ele respondeu que ficou satisfeito com o jogo, não teve algo que não gostou, e pontuou cada fase com “10”. Ele acertou a atividade “1a” na segunda vez, bem como a “5” (vídeo) pois não incluiu os itens “explosão” e “quadro de força desligado depois de abrir a porta”. Entretanto, seu desempenho foi ótimo conseguindo finalizar com sucesso todas as fases, inclusive jogou a fase 3 duas vezes. Na próxima seção são apresentados os resultados dos desempenhos dos aprendizes por fases.

G.4 Resultados dos desempenhos dos bombeiros por fases

A partir das saídas do jogo, onze diferentes erros foram identificados, dos quais três erros graves que levaram a explosão ou morte da vítima: (1) quatro aprendizes desligaram o quadro de força dentro da residência (um na fase 1 atividade “b” e três na fase 4); (2) quatro aprendizes desligaram e ligaram o quadro de força fora da residência (fases 2) cinco vezes; e (3) dois não salvaram a vítima na fase 4; conforme apresentado no Gráfico G.3. Porém, houve uma melhoria da fase 2 para 3, sendo que não houve explosões na fase 3. Entretanto, na fase 4 três aprendizes erraram e desligaram o quadro de força que estava dentro da cozinha. Na fase 5, cinco aprendizes erraram e apenas dois refizeram a fase. Na fase 6, três aprendizes erraram a primeira vez a combinação das cartas com os principais erros a evitar sendo que um não conseguiu chegar na combinação adequada. O Gráfico G.4 apresenta as frequências

acumuladas percentuais dos resultados por fases.

Gráfico G.3 – Descrição e total de erros e consequências.

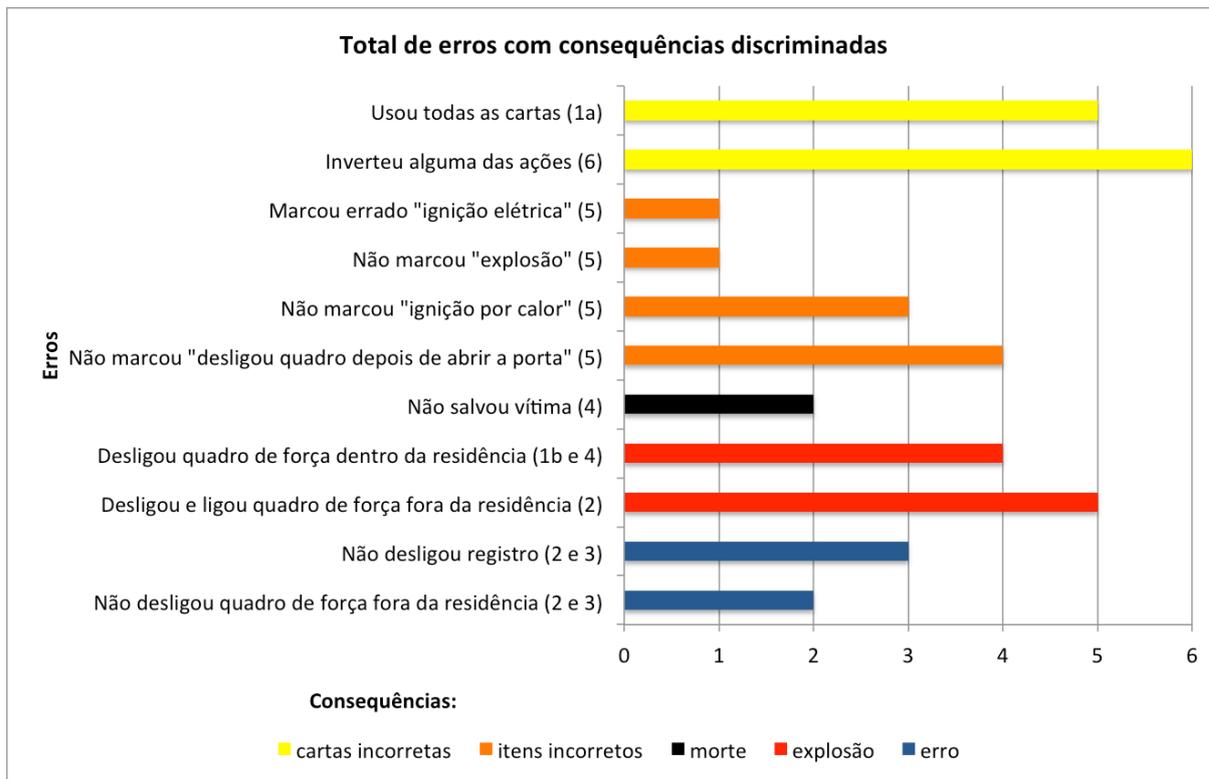
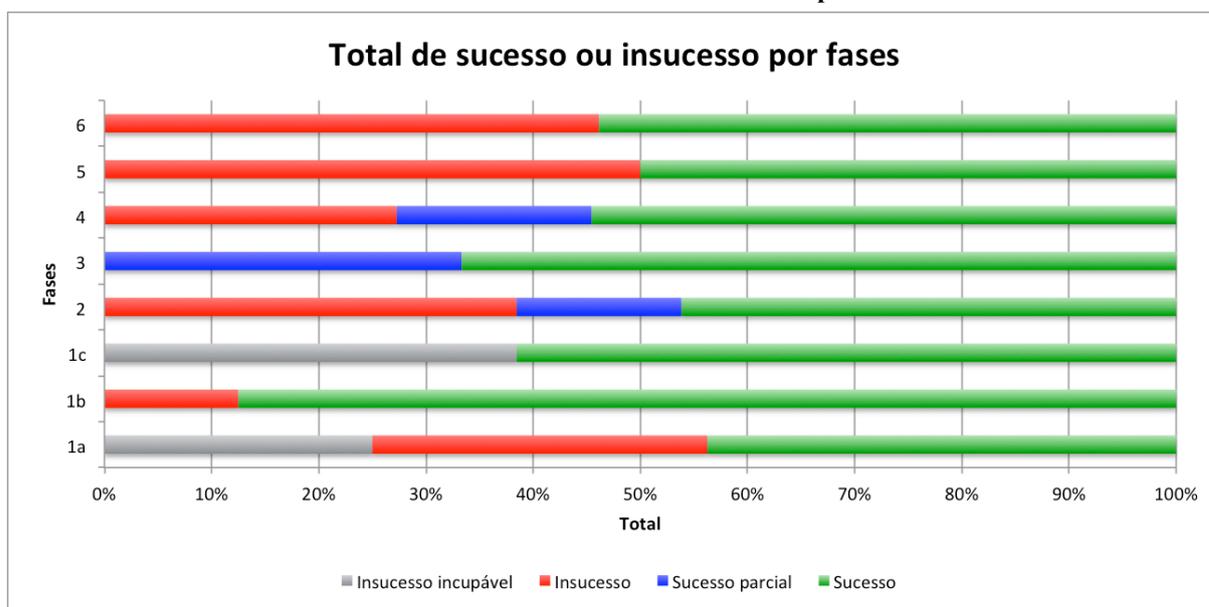


Gráfico G.4 – Erros e acertos dos bombeiros por fases.



Na fase 1 ocorreram insucessos devidos a falta de habilidades de uso do jogo (atividade “1a” 25% e “1c” 40% do total de vezes jogadas), ao passo que as porcentagens de erros cometidos foram baixas (cinco erros na atividade “1a” e um erro na “1b”). Isto indica que a fase 1 deve ser melhorada para garantir que o aprendiz não erre devido a falta de

habilidades em usar o jogo (insucesso sem culpa). As fases 2, 4, 5 e 6 foram realizadas de 25% a 50% das vezes jogadas com resultado de fracasso. Isto indica que houve a exploração do jogo e a oportunidade de aprender com os erros além dos acerto. Além disso, não houve insucesso na fase 3 que é a mesma que a fase 2 porém sem as informações do protocolo na interface. Isto indica que os bombeiros conseguiram um bom desempenho ao realizar o procedimento novamente sem ajuda.

Na próxima seção são apresentados os resultados das reações dos aprendizes.

G.5 Resultados do questionário da reação dos bombeiros

A escala de Likert de cinco pontos possibilita uma mensuração qualitativa de eventos com o reconhecimento de situações contrárias, gradientes e intermediária; e com o equilíbrio de precisão e acurácia (Pereira, 2004). Assim, uma escala nominal (de 1 a 5) baseada na escala Likert foi utilizada para mensurar qualitativamente a reação dos aprendizes. Como a escala é categórica ordinal, então moda e mediana podem ser calculadas (medidas que resumem o resultado). A mediana e a moda são medidas singulares de tendência central que destacam valores específicos (Pereira, 2004). A moda é o valor mais frequente da série; ao passo que a mediana é o valor central da série ordenada (caso for série com número par, então é a média dos valores centrais). Isto significa que metade dos valores são menores ou iguais e a outra metade são maiores ou iguais ao valor da mediana (Martins, Loura e Mendes, 2007). Os gráficos de barras horizontais G.5, G.6, G.7 e G.8 apresentam as frequências acumuladas das categorias qualitativas ordinais e as medidas de tendência central mediana e moda para cada questão. A seguir são descritos os resultados.

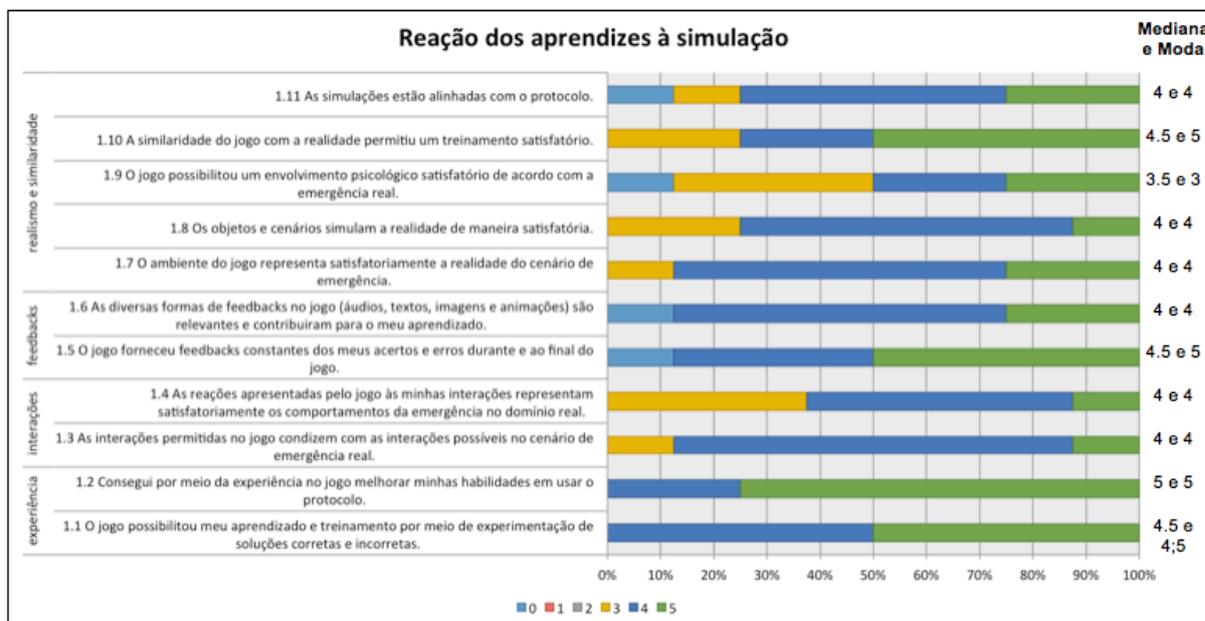
Os aprendizes conseguiram perceber positivamente suas experiências no jogo para o treinamento e desenvolvimento de habilidades (questões 1.1 e 1.2 do Gráfico G.5). Quanto às interações (1.3) e suas reações (1.4), elas condizem com a emergência real, porém eles ressaltaram que há outras interações e variáveis que poderiam ser adicionadas e que estão discriminadas no protocolo, tais como, vestimenta de Equipamento de Proteção Individual (EPI) e Equipamento de Proteção Respiratória (EPR), controle de fogo em caso de incêndio, outros tipos de recipientes que são utilizados em outros locais (comércio, indústria, etc.).

Na visão dos aprendizes, as diversas formas de *feedback* são relevantes, constantes (1.5), e contribuíram para o aprendizado (1.6), porém as formas sonora e textual poderiam ter

sido mais exploradas no *feedback*. Por exemplo, poderia ter a emissão de sons para alertas durante o jogo, e destacados os erros no relatório.

Os aprendizes relataram que o ambiente do jogo e objetos simulados representam a realidade do cenário real (1.7 e 1.8), entretanto outros cenários podem ser abordados, inclusive para ambientes residenciais, tais como, prédios, favelas, etc., que pertencem a realidade brasileira. O cenário real em ambiente fechado geralmente está mais escuro, geralmente os botijões de GLP instalados dentro da cozinha são em residências de mais baixa renda, ao passo que as residências com média e alta rendas possuem gás GLP encanado. Sobre o envolvimento psicológico (1.9), 50% dos aprendizes ficaram satisfeitos. Os outros sugeriram algumas melhorias: sons mais altos, a missão sendo passada por meio sonoro e a interação no ambiente com outros personagens. A similaridade da simulação permitiu um treinamento satisfatório (1.10), bem como as simulações estão alinhadas com o protocolo (1.11). Como observações estão as descrições acima de possíveis extensões à simulação deste protocolo: inclusão de EPI e EPR, incêndio, diferentes botijões e locais de ocorrência.

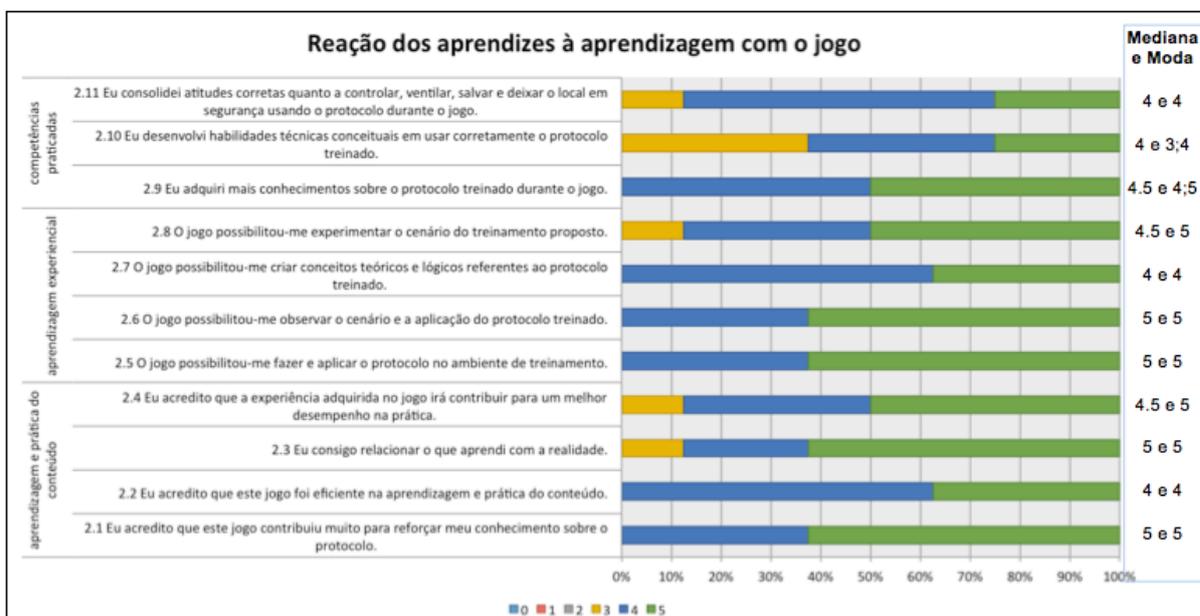
Gráfico G.5 – Reação dos bombeiros à simulação.



Quanto a aprendizagem com o jogo, os aprendizes perceberam que o jogo contribuiu muito para reforçar seus conhecimentos (questão 2.1 do Gráfico G.6), e que ele foi eficiente (2.2). As solicitações foram mais fases e cenários para praticar, e a oportunidade de jogar outras vezes (o jogo ficar a disposição para treinamentos futuros). Em relação a relacionar aprendizado-realidade (2.3) e aplicar o conteúdo na prática (2.4) apenas um respondeu “neutro”, porém em seu treinamento ele não obteve sucesso, sendo assim não houve como ele

fazer esta análise, entretanto todos os outros participantes concordaram com esta afirmativa.

Gráfico G.6 – Reação dos bombeiros à aprendizagem com o jogo.

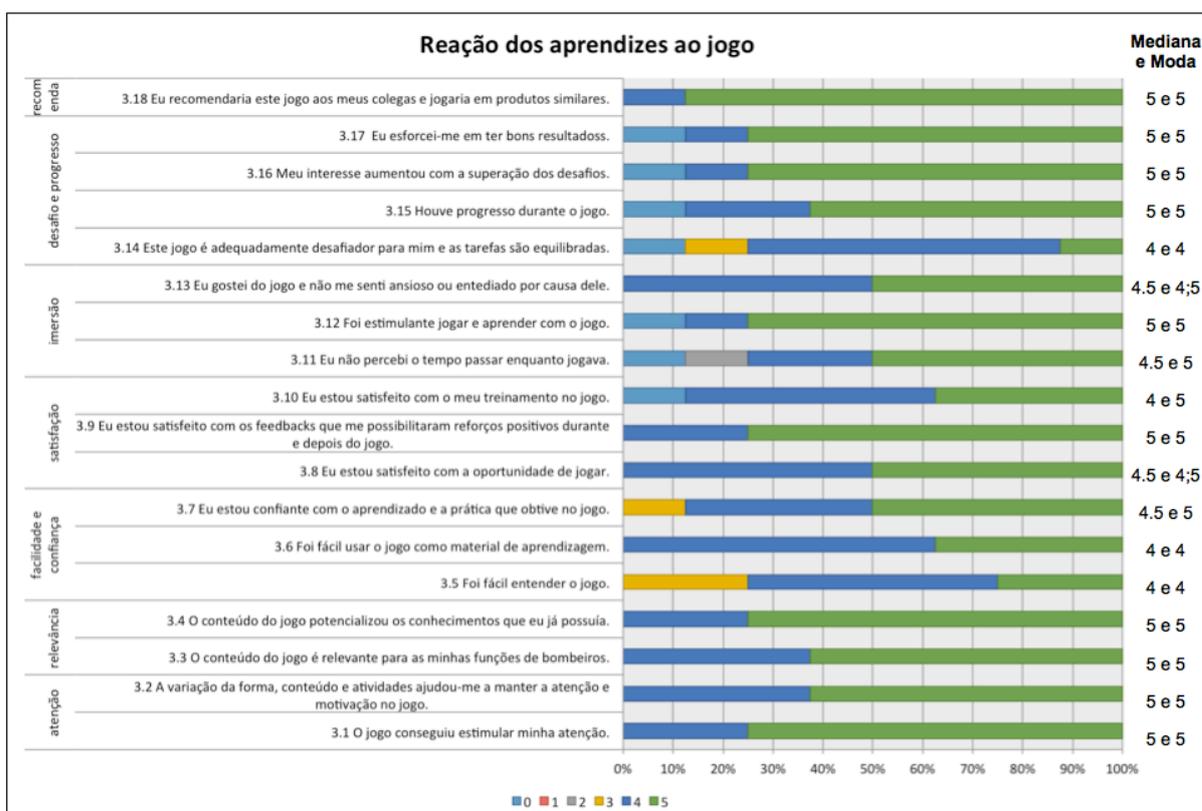


Os aprendizes também tiveram uma percepção positiva sobre a aprendizagem experiencial explorada (2.5 a 2.8); eles concordaram com as afirmativas e comentaram no *debriefing* que foi interessante fazer vários papéis durante o jogo (por exemplo, fazer o papel do bombeiro operacional, durante as fases 2 e 3, realizando o procedimento; e depois fazer o papel do bombeiro comandante, na fase 5, observando e corrigindo os erros de outra pessoa). Quanto as competências praticadas, todos concordaram que adquiriram mais conhecimentos sobre o protocolo (2.9), 60% concordaram que desenvolveram habilidades técnicas conceituais (os outros 40% ficaram neutros por causa de dúvidas quanto ao envolvimento de habilidades motoras que não é o escopo deste trabalho). Quanto a consolidação de atitudes corretas, apenas um respondeu “neutro” (o que não obteve sucesso no treinamento), todos os outros concordaram.

Quanto à reação ao jogo, mais de 60% concordaram totalmente com a relevância do conteúdo do jogo (3.3 e 3.4) e que o jogo conseguiu estimular e manter a atenção (3.1. e 3.2), conforme apresentado no Gráfico G.7. Eles concordaram também que foi fácil de entendê-lo (3.5 – com 25% neutros) e usá-lo (3.6). Apenas um que não obteve sucesso no treinamento ficou neutro quanto a sua confiança com o aprendizado (3.7), porém todos os outros que obtiveram êxito no treinamento ou erraram mas conseguiram refazer com sucesso (alguns tirando dúvidas sobre a interação com o jogo) responderam estar confiantes com o aprendizado (3.7: moda 5).

Os aprendizes ficaram satisfeitos com a oportunidade de jogar (3.8: moda 4 e 5), muitos satisfeitos com o *feedback* (3.9) e com os resultados dos seus treinamentos (3.10). Apenas o bombeiro que não teve êxito não respondeu sobre a satisfação com o seu treinamento (3.10), e as questões 3.11 e 3.12 sobre imersão, e de 3.14 a 3.16 sobre desafio e progresso. Os outros aprendizes reagiram positivamente quanto a imersão, desafio e progresso, bem como a recomendar o jogo a outros colegas (3.17).

Gráfico G.7 – Reação dos bombeiros ao jogo.



As questões sobre a aprendizagem durante as fases (4.1 a 4.7) e a questão 4.8 (para pontuar de 1 a 10 cada fase) visam avaliar a adequação da fase ao objetivo de aprendizagem referente a um nível da taxonomia de Bloom e o quanto isto contribuiu para o treinamento e a satisfação do aprendiz. Todos concordaram ou concordaram totalmente (respostas 4 e 5) com as afirmativas 4.1 a 4.7, conforme apresentado no Gráfico G.8. e a pontuação foi “7” ou maior para todas as fases (aproximadamente 60% atribuíram “10” para as fases 3 a 6), conforme Gráfico G.9. Isto indica uma adequação e percepção da contribuição ao treinamento. As menores pontuações “7” e “8” foram para a fase 1 (as três atividades para colocar cartas em sequência) e fase 7 (formulário de avaliação) devido às dificuldades iniciais em usar o jogo e ao formulário ser longo.

Gráfico G.8 – Reação dos bombeiros à aprendizagem durante as fases.

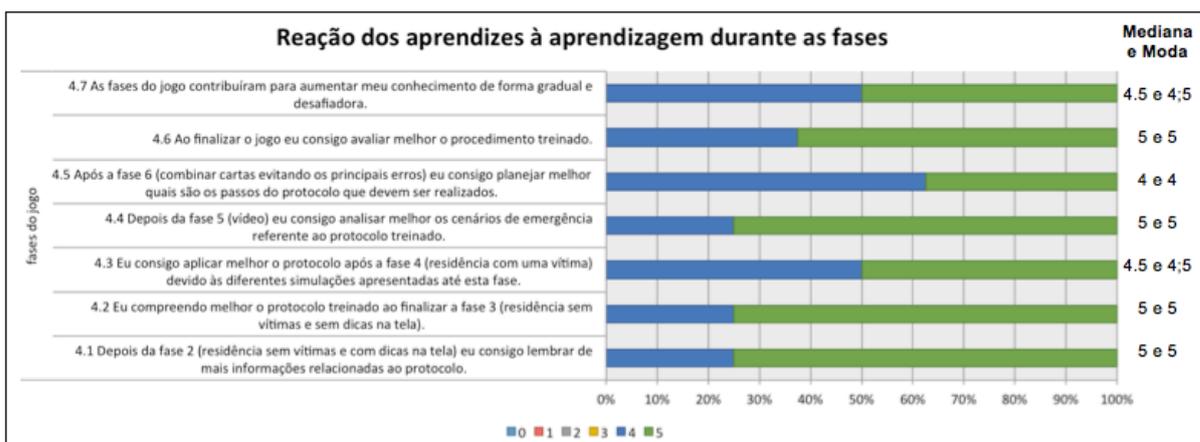
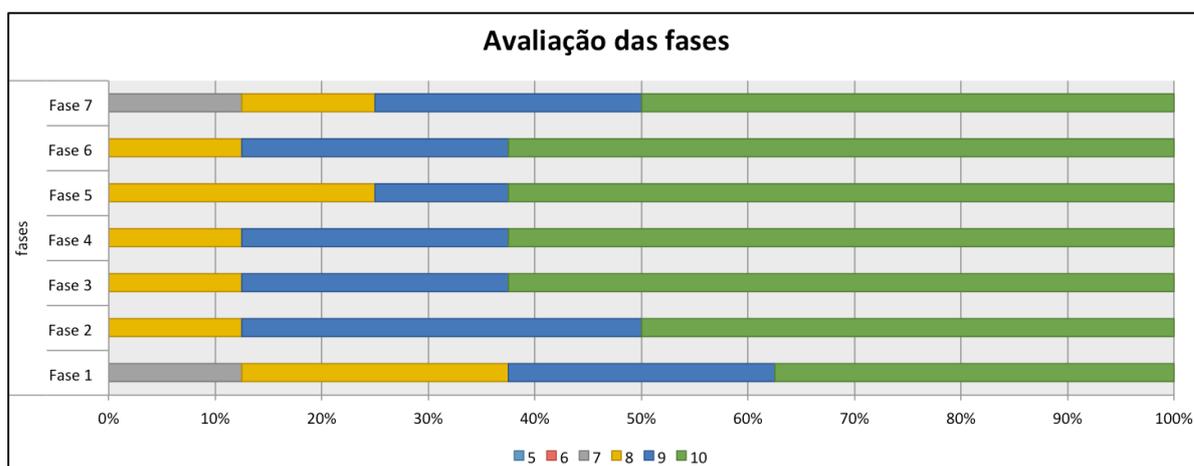


Gráfico G.9 – Pontuação das fases.



Apêndice H

PUBLICAÇÕES E TRABALHOS CORRELATOS

H.1 Publicações de artigos curtos, resumos e relatórios

1. ARAUJO, R.B.; ROCHA, R.V.; OLIVEIRA, A.C.M.; BOTEGA, L. *WINDIS Lab The cyber world that surrounds us*. SBC Journal on 3D Interactive Systems (JIS 2011), v. 2, p. 102-105, 2011.
2. LIMA, R. H. P.; ARAUJO, R. B.; ROCHA, R. V. *Interface de Visualização 3D em Dispositivos Móveis para Simulações de Treinamento*. In: XIX Congresso de Iniciação Científica da UFSCar. 19^a Ed., 2011, São Carlos.
3. OLIVEIRA, M. A. D.; ARAUJO, R. B.; ROCHA, R. V. *Interface de Visualização 3D para Simulações de Treinamento*. In: XIX Congresso de Iniciação Científica da UFSCar. 19^a Ed., 2011, São Carlos.
4. ROCHA, R. V.; CAMPOS, M. R.; ARAUJO, R. B. *Reusing Components to Build Emergency Response Training Simulations*. Relatório Técnico Interno - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2011.
5. ROCHA, R.V.; ARAUJO, R.B.; AZZEDINE, B. *A Tool for the Creation of HLA Compliant Training Simulations*. Activity Report – The Brazilian National Institute for Science and Technology on Embedded Critical Systems, São Carlos: INCT-SEC, 2010.
6. ROCHA, R.V.; ROCHA, R.V.; ARAUJO, R.B. *Selecting the Best Open Source 3D Games Engines* (Short paper) In: IX Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames 2010), 2010, Florianopolis, SC. IX Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment - Computing Track - Short Papers, 2010. p. 333-336.

7. ROCHA, R.V. *STARTSim: simulação interativa para triagem de múltiplas vítimas utilizando o protocolo START (Simple Triage and Rapid Treatment)*. Relatório Técnico Interno - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2010.

8. ROCHA, R.V.; ARAUJO, R.B.; CAMPOS, M.R.; BOUKERCHE, A. *An Architecture to Support the HLA Compliant Training Simulations (Short Paper)*. In: 8th International Information and Telecommunication Technologies Symposium (I2TS 2009), 2009, Florianópolis, SC. Proceedings of 8th I2TS - Doctoral Colloquium, 2009. p. 1-4.

H.2 Relatórios produzidos em estágio de doutorado no exterior

ROCHA, R.V. *Avaliação de Metodologias Atuais Para Apoiar M&S de Jogos Sérios (Treinamento em Resposta a Emergência)*. Relatório Científico (Bolsa INCT-SEC/CNPQ CsF de Doutorado Sanduíche 2012-2013) - Universidade Federal de São Carlos- Universidade de Linköping, 2013.

ROCHA, R.V. *Modeling CRISIS Scenario with DFA Formalism*. Sandwich PhD Report - Department of Computer and Information Science, Linköping University, Linköping, Sweden: LiU, 2013, p.1-5.

ROCHA, R.V. *Integrating Complex Events Processing and Modeling Formalisms to Enrich Training Simulations*. Sandwich PhD Report - Department of Computer and Information Science, Linköping University, Linköping, Sweden: LiU, 2013, p.1-8.

ROCHA, R.V.; CAMPOS, M.R. *Modeling Functions with FRAM for Emergency Management Training (Anticipation, Response and Monitor Abilities)*. Resilience Course Report - Department of Computer and Information Science, Linköping University, Linköping, Sweden: LiU, 2012, p.1-12.

H.3 Dissertações de mestrado relacionadas ao projeto da tese

CAMPOS, M. R. *Projeto e Implementação de um Serviço de Interpretação de Contexto em apoio à Preparação e Resposta a Emergências*. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 2011.

ROCHA, R. V. *Avaliação de Desempenho Humano Individual e em Equipe em Simulações Interativas Distribuída de Treinamento*. 2012. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

H.4 Trabalhos de iniciação científica vinculados ao projeto da tese

1. OLIVEIRA, M. A. D.; ARAUJO, R. B. 2013. *Interface de Visualização 3D para Simulações de Treinamento*. Relatório Científico (Bolsa CNPQ de Iniciação Científica 2010-2012) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.
2. LIMA, R. H. P.; ARAUJO, R. B. 2013. *Interface de Visualização 3D em Dispositivos Móveis para Simulações de Treinamento*. Relatório Científico (Bolsa FAPESP de Iniciação Científica 2011-2012) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.
3. NOGUEIRA, F.A.M. ARAUJO, R. B. 2013. *Interface de Visualização 3D para Simulações de Treinamento: prova de conceito com restaurante universitário da UFSCar*. Relatório Científico (Bolsa CNPQ de Iniciação Científica 2012-2013) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

H.5 Projetos da disciplina de Simulação Interativa Distribuída – 1/2012

1. BORGES, D.C., WEBER, R. *Simulação Interativa de Triagem CRAMP*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.
2. CASTRO, L.F.; OLIVEIRA, B.C. *Simulação Interativa de Combate a Incêndio por Ataque Direto*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.
3. CARVALHO, D.C.; NAKAO, E.K. *Simulação Interativa de Combate a Incêndio por Ataque Indireto*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.
4. COLNAGO, J.H.; LIMA, R.H.P; PEREIRA, S.S. *Simulação Interativa de Operação do Painel de Controle da Bomba de Água da Viatura de Bombeiro*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.
5. RODRIGUES, B.F.; RECIO, GUILHERME R. *Simulação Interativa de Atendimento ao Queimado*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.
6. KATO, C.S.Y.; MARTINS, F.F.C.; FARIA, R.T. *Simulação Interativa de Reanimação*

Cardiopulmonar (RCP). Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.

7. UCHIDA, L.O.; OLIVIO, M.D. *Simulação Interativa de Realização da Manobra de Heimlich*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.

8. LAINE, C.A.; PONTIM, M.; FERNANDES, S. *Simulação Interativa de Atendimento de Trauma de Crânio*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.

9. ROSSETTO, C.R.; SANTOS, R.R.; ALMEIDA, T.M. *Simulação Interativa de Salvamento de Vítimas Afogadas*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.

10. COSTA, A.F.Q.; POMIN, G.L. *Simulação Interativa de Classificação de Afogamento*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.

11. POZZER, F.; ALMEIDA, G. *Simulação Interativa do Estado da Vítima de Afogamento*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.

12. ANDRADE, K.P.; GASTALDI, T. *Simulação Interativa do Estado da Vítima em Parada Cardiorrespiratória*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2012.

H.6 Projetos da disciplina de Simulação Interativa Distribuída – 1/2013

1. FURLAN, C. *Simulação Interativa de Combate Direto por Espuma contra Incêndio em Turbina de Avião*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

2. PUPO, F.A.S. *Simulação Interativa de Comando de Bombeiros em Incêndio com Vítimas em Aeroporto*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

3. CABRAL, F.O. *Simulação Interativa de Reanimação Cardiopulmonar*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação,

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

4. PEREIRA, D. *Simulação Interativa de Triagem de Vítimas em Incêndio em Aeroporto*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

5. CUNHA, T. *Simulação Interativa de Coordenação de Triagem de Vítimas*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

6. BASSANI, N.R.F.S. *Simulação Interativa de Trânsito para Criança Pegando Ônibus*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

7. OLIVEIRA, J.C.S. *Simulação Interativa de Trânsito para Criança a Pé*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

8. OLIVEIRA, N.R.F.S. *Simulação Interativa de Trânsito para Criança de Bicicleta*. Documentação do Projeto da Disciplina de Simulação Distribuída Interativa - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.