

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

**MODELO DE FUSÃO DIRIGIDO POR
HUMANOS E CIENTE DE QUALIDADE DE
INFORMAÇÃO**

LEONARDO CASTRO BOTEGA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. REGINA BORGES DE ARAÚJO

São Carlos – SP
Janeiro/2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**MODELO DE FUSÃO DIRIGIDO POR
HUMANOS E CIENTE DE QUALIDADE DE
INFORMAÇÃO**

LEONARDO CASTRO BOTEGA

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 e Arquitetura de Computadores
Orientadora: Profa. Dra. Regina Borges de Araújo

São Carlos – SP

Janeiro/2016

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

B748m Botega, Leonardo Castro
Modelo de fusão dirigido por humanos e ciente de
qualidade de informação / Leonardo Castro Botega. --
São Carlos : UFSCar, 2016.
247 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2016.

1. Consciência situacional. 2. Fusão de
informações. 3. Gestão da qualidade de informações. 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 Doutorado do candidato Leonardo Castro Botega, realizada em 26/01/2016:



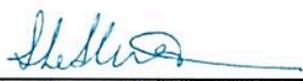
Profa. Dra. Regina Borges de Araujo
UFSCar



Profa. Dra. Vânia Paula de Almeida Neris
UFSCar



Prof. Dr. Mario Augusto de Souza Lizier
UFSCar



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



Prof. Dr. Leandro Aparecido Villas
UNICAMP

Dedico esta tese à minha família pelo apoio incondicional

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros votos de agradecimentos,

À Deus, aos meus pais João Luiz Botega e Salete P. de C. Botega e à minha esposa Claudia Cristina da S. C. Botega.

À minha Orientadora Dr^a Regina B. de Araújo pela paciência, dedicação e orientação.

À Polícia Militar do Estado de São Paulo, pela colaboração com o levantamento de requisitos e avaliação, especialmente ao 9º Batalhão da Polícia Militar do Interior, representado pelo Tenente Coronel Marcos Cesar G. Leite e pelo Sargento Valdeci de Oliveira.

Ao Centro de Processamento de Dados da Polícia Militar do Estado de São Paulo, representado pelo Comandante Reynaldo P. Neto e Capitão Márcio R. de Campos, Chefe da Seção de Arquitetura de Software, pela colaboração com o estudo de caso.

À Professora Dr^a Vânia Paula de A. Neris pelas valiosas recomendações na interface de usuários.

Aos meus amigos Allan C. M. Oliveira, Claudia B. Berti, Elvis Fusco, Fábio D. Pereira e Rodolfo B. Chiaramonte.

Aos alunos de iniciação científica do UNIVEM: Fábio R. Jorge, Jéssica O. de Souza, Valdir A. Jr, Matheus F. Sanches, Natália P. Oliveira, Caio S. Coneglian.

Aos colegas dos laboratórios de pesquisa WINDIS e COMPSI.

Ao UNIVEM pela confiança nos trabalhos do grupo e ao Departamento de Computação da UFSCar pelo suporte no desenvolvimento desta tese.

"O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são"

Aristóteles

LISTA DE FIGURAS

2.1	Modelo de Consciência Situacional de Endsley (Traduzido e Adaptado de Endsley, 1988)	37
2.2	Níveis de Consciência Situacional (Traduzido e Adaptado de Kokar <i>et al.</i> , 2007)	37
2.3	Processo de Fusão de Dados com as perspectivas de atuação do humano	52
3.1	Modelo Waterfall de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Markin <i>et al.</i> , 1998)	66
3.2	Modelo Trip de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Liggins <i>et al.</i> , 2009)	67
3.3	Modelo Visual de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Karakowski, 1998)	68
3.4	Modelo JDL+SAW de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Salerno <i>et al.</i> , 2004)	70
3.5	Modelo Omnibus de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Bedworth e O'Brien, 2000)	71
3.6	Modelo para Mapeamento de Fontes Humanas (Traduzido e adaptado de Hall <i>et al.</i> , 2011)	73
3.7	Modelo FASUR de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch e Plano, 2003)	75
3.8	Modelo DFIG de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch e Plano, 2005)	76
3.9	Diferenças entre HLIF e LLIF (Traduzido e Adaptado de Blasch <i>et al.</i> , 2012)	78
3.10	Modelo User-Fusion de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch, 2006)	81
3.11	Modelo InfoEx de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch, 2013)	83

4.1	Representação do Modelo Quantify e o relacionamento entre seus processos internos	97
4.2	Processo de Aquisição de Dados HUMINT (cinza claro) e etapas adjacentes (cinza escuro)	102
4.3	Amostra de categorias contendo palavras-chaves durante a análise	103
4.4	PseudoCódigo detalhando a análise Objeto-Características	103
4.5	Processo de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações (cinza claro) e o relacionamento com os demais processos do modelo Quantify (cinza escuro) . .	104
4.6	Sequência de inferências de dimensões no processo interno de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações	105
4.7	Processo de Fusão de Informações com Critérios de Qualidade (cinza claro) e etapas adjacentes (cinza escuro)	106
4.8	Entrada multicritérios para o processamento da fusão	107
4.9	Parte do núcleo do algoritmo de mineração de dados	108
4.10	Parte do núcleo do algoritmo de associação multicritério	108
4.11	Exemplo de Hierarquia de classes da ontologia	111
4.12	Exemplo de Propriedades de objeto das classes da ontologia	111
4.13	Processo de representação do conhecimento situacional (cinza claro) e sua relação com as demais etapas do modelo Quantify (cinza escuro)	112
4.14	Exemplo de objeto JSON baseado na ontologia, contendo a estrutura dedicada a acomodar os resultados parciais e/ou finais das etapas de inferência de objetos e situações	113
4.15	Processo interno de “Interface de Usuários orientada a SAW” (cinza claro) e seu relacionamento com as demais etapas do modelo Quantify (cinza escuro) .	114
4.16	Interface de usuário dividida em três visões para a aquisição e manutenção de SAW em gerenciamento de emergências, sendo estas: Grafo da Situação (lado esquerdo), Tabela de Eventos (canto superior direito) e Mapa de Denúncias (canto inferior direito)	116
4.17	Tabela de Eventos da Interface de Usuário Orientada a SAW	117

4.18	Visualização do Mapa de Denúncias na Interface de Usuário Orientada a SAW .	117
4.19	Grafo da Situação contendo relações hierárquicas representadas na Interface de Usuário Orientada a SAW	118
4.20	Representação do Grafo da Situação, referenciando um objeto roubado ainda não identificado	119
4.21	Representação do resultado da fusão de dados no Grafo da Situação, com as informações de uma nova denúncia (informação de Nível 2 de SAW). Há a confirmação do roubo de um carro	120
4.22	Representação da incorporação de novas denúncias no Grafo da Situação, confirmando o roubo de um carro da cor preta	121
4.23	Representação do aumento da confiança do sistema (cores em tons de verde) com a incorporação da nova informação integrada ao Grafo da Situação (marca Mercedes)	121
4.24	Visões da Interface de Usuário Orientada a SAW representando informações complementares e que contribuem para a aquisição da SAW Global	123
4.25	Representação da expansão da Tabela de Eventos a fim de obter maiores informações sobre o evento	123
4.26	Representação do processo de inserção manual de uma parte de informação situacional diretamente no Grafo da Situação	128
5.1	Árvore de atributos que ilustra a hierarquia e dependência das informações situacionais de crime de roubo	134
5.2	Processo modular típico de sistema de fusão de dados e informações, ilustrando os índices locais de qualidade ao longo das entradas e saídas de cada módulo de acordo com a metodologia IQESA	137
5.3	Classes da ontologia e as suas respectivas propriedades de dados que representam as dimensões de qualidade	148
5.4	Resultado da avaliação de qualidade da informação de objetos e atributos à partir do Relato 1	150
5.5	Resultado da avaliação de qualidade da informação de objetos e atributos à partir do Relato 2	151

5.6	Resultado da avaliação da qualidade da informação da situação fundida entre objetos e atributos do Relato 1 e Relato 2	151
5.7	Resultado da avaliação de qualidade da informação de objetos e atributos à partir do Relato 3	152
6.1	Arquitetura orientada a serviços utilizada para o desenvolvimento do sistema ESAS, que implementa as soluções propostas pelo modelo Quantify	155
6.2	Interface do sistema orientado pelo modelo User-Fusion	156
6.3	Interface do sistema ESAS orientado pelo modelo Quantify	157
6.4	Situação 1 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Denúncia 1	159
6.5	Interface do sistema ESAS representando a Situação 1	160
6.6	Situação 2 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Denúncia 1 (Situação 1) integrados com a Denúncia 2	162
6.7	Interface do sistema ESAS representando a Situação 2.	162
6.8	Situação 3 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 2 integrados com a Denúncia 3	164
6.9	Interface do sistema ESAS representando a Situação 3	164
6.10	Situação 4 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 3 integrados com o Post 1	165
6.11	Interface do sistema ESAS representando a Situação 4	166
6.12	Situação 5 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 4 integrados com o Post 2 e os refinamentos manuais	167
6.13	Interface do sistema ESAS representando a Situação 5	168
6.14	Situação 6 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 5 integrados com o Post 3	169
6.15	Interface do sistema ESAS representando a Situação 6	170
6.16	Situação 7 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 6 após refinamentos finais no Objeto criminoso	170
6.17	Interface do sistema ESAS representando a Situação 7	171

6.18 Situação 8 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 7 após refinamentos finais no Objeto criminoso	172
6.19 Interface do sistema ESAS representando a Situação 8	172
6.20 Resultados da avaliação SART quanto ao componente Demanda de Atenção . . .	177
6.21 Resultados da avaliação SART quanto ao componente Oferta de Atenção	179
6.22 Resultados da avaliação SART quanto ao componente Entendimento da Situação	180
6.23 O resultado final da avaliação SART e avaliação de SAW	181
6.24 Resultado da avaliação de SAW sobre os sistemas de User-Fusion e Quantify, utilizando a metodologia SART, representada também por seus três componentes: Demanda (<i>Demand</i>), Oferta (<i>Supply</i>) e Entendimento (<i>Understanding</i>). . .	183
D.1 Árvore de decisão utilizada pela PMESP para orientar atendimentos a emergências - Parte 1	217
D.2 Árvore de decisão utilizada pela PMESP para orientar atendimentos a emergências - Parte 2	218
F.1 Diagrama Entidade-Relacionamento utilizando para o desenvolvimento dos protótipos de sistema de avaliação de situações.	247

LISTA DE TABELAS

1.1	Procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho de pesquisa	26
2.1	Fatores limitantes ao processo de SAW (Traduzido e adaptado de Endsley, 2011)	40
2.2	Aplicações de Fusão de Dados e Informações relacionadas ao domínio militar, suas aplicações, sensores e inferências (Traduzido de Hall e Jordan, 2010) . . .	46
3.1	Metodologias de qualidade do dado (Traduzido e adaptado de Batini <i>et al.</i> , 2009)	60
3.2	Metodologias de gestão da qualidade do dado e dimensões associadas (Traduzido e adaptado de Batini <i>et al.</i> , 2009)	62
3.3	Modelos de Fusão de Dados e Informações, suas características e seu posicionamento em relação à gestão da qualidade de dados e participação humana . . .	85
5.1	Critérios de qualidade de dados (Traduzido e adaptado de Wang e Strong, 1996)	135
5.2	Critérios de qualidade de informações (Traduzido e adaptado de Rogova e Bossé, 2010)	136
6.1	Objetos e atributos da Denúncia 1	159
6.2	Objetos e atributos da Denúncia 2	161
6.3	Objetos e atributos da Denúncia 3	163
6.4	Objetos e atributos do Post 1	165
6.5	Objetos e atributos do Post 2	167
6.6	Objetos e atributos do Post 3	168
6.7	Objetos e atributos do Post 4	169

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	20
1.1 Contexto, Motivação e Desafios	20
1.2 Questões de Pesquisa	22
1.3 Hipóteses	23
1.4 Objetivos	24
1.5 Contribuições da Tese	25
1.6 Metodologia de Pesquisa	26
1.6.1 Abordagem e Classificação da Pesquisa	26
1.6.2 Método de Pesquisa e Instrumentos para a Coleta de Dados	27
1.6.3 Amostra e Seleção dos Casos	28
1.6.4 Análise dos Dados	29
1.6.5 Descrição das Atividades Metodológicas	29
1.6.5.1 Análise do Estado da Arte	29
1.6.5.2 Definição do Modelo de Fusão de Informações, Metodologia de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações e de uma Arquitetura Computacional	30
1.6.5.3 Desenvolvimento de Sistemas de Avaliação de Situações com base em Modelos de Fusão	31
1.6.5.4 Avaliação do Modelo e Metodologia	31
1.7 Organização da Tese	31

**CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS CONCEITUAIS: CONSCIÊNCIA SITUACIONAL,
QUALIDADE E FUSÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES 34**

2.1	Consciência Situacional	34
2.1.1	O Modelo de Consciência Situacional de Endsley	36
2.1.2	Áreas de Aplicação de Consciência Situacional	38
2.1.3	Fatores Limitantes ao Processo de SAW	40
2.1.4	Avaliação de SAW	41
2.2	Qualidade de Dados e Informações	42
2.2.1	A Incerteza e Origens Associadas	42
2.2.2	A Representação Gráfica da Incerteza	43
2.3	Fusão de Dados e Informações	45
2.3.1	O Modelo JDL de Fusão de Dados	47
2.3.1.1	A Inclusão do Nível 0 (Pré-processamento) e do Nível 5 (Interface de Usuários)	47
2.3.2	Correspondência entre o Modelo JDL e o Modelo de Endsley	50
2.3.3	A Interação Humano-Computador no Processo de Fusão	50
2.3.3.1	Visão Geral da Participação Humana no Processo de Fusão	50
2.3.4	Perspectivas de Atuação do Humano na Fusão de Dados e Informações	52
2.3.5	A Gestão da Qualidade de Informações nos Processos de Fusão de Informações	53
2.4	Considerações Finais	55

**CAPÍTULO 3 – ESTADO DA ARTE EM METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DA INFORMAÇÃO E MODELOS DE FUSÃO COM PARTICIPAÇÃO
HUMANA 57**

3.1	Abordagens de Avaliação e Gestão da Qualidade de Dados e Informações	57
3.1.1	Metodologias de Gestão da Qualidade de Dados e Informações de Propósito Geral	58

3.1.2	Metodologias de Gestão da Qualidade de Dados para Apoiar a Tomada de Decisão	59
3.1.3	Dimensões de Qualidade de Dados e Informações	60
3.1.4	Considerações Sobre Abordagens de Gestão da Qualidade de Dados e Informações	64
3.2	Modelos de Fusão de Dados ou Informações com Suporte à Participação Humana no Processo	64
3.2.1	Modelos com Participação Humana Limitada ou Passiva	65
3.2.1.1	Modelo Waterfall	65
3.2.1.2	Modelo Trip	66
3.2.1.3	Modelo Visual de Fusão de Dados	67
3.2.1.4	Modelo JDL + Modelo SAW	69
3.2.1.5	Modelo Omnibus	70
3.2.1.6	Modelo para Mapeamento de Fontes Humanas	71
3.2.2	Modelos com Participação Humana Ativa e Especificada	73
3.2.2.1	Modelo Fuse-Act Situational User Refinement (FASUR)	73
3.2.2.2	Modelo do “Grupo de Fusão de Dados e Informação” (<i>Data and Information Fusion Group - DFIG</i>)	76
3.2.2.3	Modelo User-Fusion	79
3.2.2.4	Modelo de Fusão de Informações Empresariais	81
3.3	Sumário do Estado da Arte em Metodologias de Avaliação de Qualidade e Modelos de Fusão	82
3.4	Discussão	88
3.4.1	Os Desafios da Dinâmica das Interações Humanas e Construção de Situações	88
3.4.2	A Incorporação da Qualidade de Dados e Informações no Processo de Fusão	89

3.4.3	A Representação de Informações Imperfeitas em Benefício do Processo de Fusão de Dados e Informações	91
3.4.4	As Oportunidades e Desafios da Atuação Humana no Refinamento da Informação Situacional	92
3.4.5	Considerações Finais	93

CAPÍTULO 4 – MODELO DE FUSÃO DIRIGIDO POR HUMANOS E CIENTE DE QUALIDADE DE INFORMAÇÃO 96

4.1	Introdução ao modelo Quantify	96
4.1.1	Processo Completo para a Avaliação de Situações em Cenários Complexos	98
4.1.2	Representação da Evolução da Informação Situacional	99
4.1.3	Operação Cíclica, Iterativa e Interativa	99
4.1.4	Suporte a Arquitetura Orientada a Serviços	100
4.1.5	Processo de Avaliação de Qualidade de Dados e Informações	100
4.1.6	Refinamento Proativo por operadores humanos	100
4.2	Processos Internos do Modelo Quantify	100
4.2.1	Aquisição de Dados HUMINT	101
4.2.1.1	Obtenção de Sentenças	101
4.2.1.2	Análise Gramatical de Sentenças	102
4.2.1.3	Busca e Identificação de Objetos Relevantes	103
4.2.2	Avaliação de Qualidade de Dados e Informações	104
4.2.3	Fusão de Informações com Critérios de Qualidade	106
4.2.3.1	Busca por Informações Sinérgicas	106
4.2.3.2	Associação Multicritérios	108
4.2.4	Representação do Conhecimento Situacional	110
4.2.5	Interface de Usuário Orientada a SAW	114
4.2.6	Desenvolvimento da Interface de Usuário Orientada a SAW	115

4.2.6.1	Organizar as Informações de Acordo com os Objetivos . . .	115
4.2.6.2	Apresentar o Nível 2 de SAW Diretamente	118
4.2.6.3	Suportar a Consciência Situacional Global	122
4.2.6.4	Filtrar a Informação	122
4.2.6.5	Indicar Explicitamente a Imperfeição da Informação	124
4.2.6.6	Suportar a Verificação da Confiança da Informação Local e Composta	124
4.2.6.7	Representar Eventos Históricos para Acompanhar a Evolução da Informação	125
4.2.6.8	Suportar a Atualização dos Níveis de Qualidade de dados e Informações e o Gerenciamento da Incerteza	126
4.3	Considerações Finais	128

CAPÍTULO 5 – METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS E INFORMAÇÕES NO CONTEXTO DE CONSCIÊNCIA SITUACIONAL DE EMERGÊNCIAS **130**

5.1	Introdução à Metodologia IQESA	130
5.1.1	Elucidação dos Requisitos de Qualidade de Dados e Informações . . .	132
5.1.2	Modelagem e Aplicação de Funções e Métricas para Quantificar Di- mensões de Qualidade	135
5.1.2.1	Avaliação de Precisão Sintática	138
5.1.2.2	Avaliação de Completude	139
5.1.2.3	Avaliação de Atualidade	142
5.1.2.4	Certeza da Situação: Medida Global de Qualidade	143
5.1.2.5	Avaliação de Consistência e Relevância	144
5.1.3	Representação do Conhecimento Situacional Qualificado	147
5.2	Exemplos da Avaliação da Qualidade de Informações Situacionais de Roubo . .	148
5.3	Considerações Finais	153

CAPÍTULO 6 – ESTUDO DE CASO E AVALIAÇÃO	154
6.1 Arquitetura e Sistemas Desenvolvidos	154
6.2 Estudo de Caso: Gerenciamento de Situação de Emergência de Roubo	156
6.2.1 Processo e Resultados do Estudo de Caso	158
6.3 Avaliação com Operadores	172
6.3.1 Participantes	173
6.3.2 Materiais	173
6.3.3 Variáveis de Estudo	174
6.3.4 Design do Experimento	175
6.3.5 Procedimento do Experimento	176
6.4 Resultados da Avaliação e Discussão	177
6.4.1 Demanda de Atenção	177
6.4.2 Oferta de Atenção	178
6.4.3 Entendimento da Situação	180
6.5 Discussão	182
6.5.1 Considerações Finais	187
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES	188
7.1 Atendimento às proposições de pesquisa	189
7.2 Limitações da Pesquisa	191
7.2.1 A ausência de informações de Nível 3 de SAW	191
7.2.2 Suporte a um conjunto limitado de denúncias	192
7.3 Contribuições	192
7.3.1 Publicações	193
7.4 Trabalhos Futuros	194
REFERÊNCIAS	196

GLOSSÁRIO	207
ANEXO A – ANÁLISE DE TAREFAS DIRIGIDA POR OBJETIVOS (<i>GOAL-DRIVEN TASK ANALYSIS - GDTA</i>)	208
ANEXO B – QUESTIONÁRIO PARA ESPECIFICAR A QUALIDADE DE DADOS E INFORMAÇÕES EM CRIME DE ROUBO	211
ANEXO C – TÉCNICA DE PONTUAÇÃO DE CONSCIÊNCIA SITUACIONAL (<i>SITUATION AWARENESS RATING TECHNIQUE - SART</i>)	213
ANEXO D – ÁRVORE DE DECISÃO DA PMESP	216
ANEXO E – ONTOLOGIA PARA GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS	219
ANEXO F – MODELAGEM DE DADOS DOS PROTÓTIPOS DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE SITUAÇÕES	246

RESUMO

Consciência Situacional (*Situational Awareness - SAW*) é um processo cognitivo amplamente difundido em áreas que demandam a tomada de decisão crítica e se refere ao nível de consciência que um indivíduo ou equipe detém sobre uma situação. No domínio de gerenciamento de emergências, a informação situacional inferida por sistemas de apoio à decisão afeta a SAW de operadores humanos, a qual é também influenciada pela dinamicidade e natureza crítica dos eventos. Falhas de SAW, tipicamente provocadas pelo alto nível de stress, sobrecarga de informação e pela inerente necessidade de realização de múltiplas tarefas, podem induzir operadores humanos a erros no processo decisório e acarretar riscos à vida, ao patrimônio ou ao meio ambiente. Processos de fusão de dados apresentam oportunidades para aprimorar a SAW de operadores humanos e enriquecer o seu conhecimento sobre situações. Entretanto, problemas referentes à qualidade da informação podem gerar incertezas, principalmente quando operadores humanos são também fontes de informação, demandando assim a reestruturação do processo de fusão. O estado da arte em modelos de fusão de dados e informações apresenta abordagens com limitada participação de humanos, tipicamente reativa, além das soluções serem restritas em mecanismos para gerir a qualidade da informação. Assim, este trabalho apresenta um novo modelo de fusão de informações, denominado Quantify (*Quality-Aware Human-Driven Information Fusion Model*), cujos principais diferenciais são a intensificação da participação humana e o emprego contínuo da gestão da qualidade da informação ao longo do processo de fusão. Em suporte ao modelo Quantify, foi desenvolvida uma metodologia inovadora para a avaliação e representação da qualidade de dados e informações, denominada IQESA (*Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situation Awareness*), especializada no contexto de consciência situacional de emergências e que também envolve o operador humano. Para validar o modelo e a metodologia, uma arquitetura orientada a serviços e dois sistemas de avaliação de situações de emergência foram desenvolvidos, um deles orientado pelo modelo Quantify e outro dirigido pelo modelo do estado da arte (User-Fusion). Em estudo de caso, eventos de roubo relatados ao serviço de atendimento a emergências da Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP) foram submetidos aos sistemas e avaliados por operadores da PMESP, revelando índices superiores de SAW pelo emprego do modelo Quantify. Tais resultados positivos corroboram com a necessidade deste novo modelo e metodologia, além de revelar uma oportunidade de enriquecimento do sistema atual de atendimento a emergências utilizado pela PMESP.

Palavras-chave: Consciência Situacional, Fusão de Informações, Gestão da Qualidade de Informações

ABSTRACT

Situational Awareness (SAW) is a cognitive process widely spread in areas that require critical decision-making and refers to the level of consciousness that an individual or team has about a situation. In the emergency management domain, the situational information inferred by decision support systems affects the SAW of human operators, which is also influenced by the dynamicity and critical nature of the events. Failures in SAW, typically caused by high levels of stress, information overload and the inherent need to perform multiple tasks, can induce human operators to errors in decision-making, resulting in risks to life, assets or to the environment. Data fusion processes present opportunities to improve human operators' SAW and enrich their knowledge on situations. However, problems related to the quality of information can lead to uncertainties, especially when human operators are also sources of information, requiring the restructuring of the fusion process. The state of the art of data and information fusion models presents approaches with limited participation of human operators, typically reactive, besides solutions that are restricted in mechanisms to manage the quality of information throughout the fusion process. Thus, the present work presents a new information fusion model, called Quantify (Quality-aware Human-driven Information Fusion Model), whose major differentials are the greater involvement of human operators and the use of the information quality management throughout the fusion process. In order to support the Quantify model, an innovative methodology was developed for the assessment and representation of data and information quality, called IQESA (Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situation Awareness) specialized in the context of emergency situational awareness and which also involves the human operator. In order to validate the model and the methodology, a service-oriented architecture and two emergency situation assessment systems were developed, one guided by the Quantify model and another driven by the state-of-the-art model (User-Fusion). In a case study, robbery events reported to the emergency response service of the São Paulo State Military Police (*Polícia Militar do Estado de São Paulo - PMESP*) were submitted to the systems and then evaluated by the PMESP operators, revealing higher rates of SAW by the application of the Quantify model. These positive results confirm the need of this new model and methodology, besides revealing an opportunity to enrich the current emergency response system used by PMESP.

Keywords: Situational Awareness, Information Fusion, Information Quality Management

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto, Motivação e Desafios

Consciência Situacional (*Situational Awareness - SAW*) é um processo cognitivo importante para os tomadores de decisão em diversas áreas críticas e diz respeito à percepção da presença e disposição de entidades de interesse em um ambiente, à compreensão do significado e importância de suas ações individuais e coletivas no espaço-tempo e à projeção de seus status em um futuro próximo.

No domínio de gerenciamento de emergências, SAW é um fator crucial para o sucesso das operações que envolvem humanos. Estar consciente de uma situação de emergência significa não somente deter meios para caracterizar entidades, eventos e suas relações, mas também subsídios para revelar tendências, incidência de ameaças e o aumento ou diminuição de riscos iminentes. Uma limitada SAW pode comprometer a compreensão de operadores humanos ao que realmente está acontecendo e levar a uma má tomada de decisões, o que pode resultar em consequências desastrosas para as pessoas, ao patrimônio ou ao meio ambiente.

Embora SAW não possa garantir decisões de melhor qualidade, a sua melhoria pode ajudar operadores humanos, sujeitos ao estresse, a manter um conhecimento superior sobre eventos e situações em curso. Para operadores de serviços de atendimento a emergências, que podem ser rotineiramente sujeitos a alto nível de estresse, sobrecarga de informações e necessidade iminente de realização de múltiplas tarefas. Adquirir SAW é um desafio e também fundamental para a eficácia das atividades.

A sobrecarga de informação ainda pode aumentar quando outras fontes de dados são adicionadas aos sistemas reais (por exemplo, imagens de câmeras distribuídas pela cidade, informações de mídia social, etc.).

O processo de aquisição de SAW é ainda mais desafiador quando os dados são fornecidos pela inteligência humana (*Human Intelligence* - HUMINT), como é o caso de um relato de um crime por uma vítima ou denunciante, que requisita um serviço de atendimento a emergências para obter ajuda.

Tipicamente, os dados HUMINT são incompletos, desatualizados, inconsistentes e às vezes até mesmo irrelevantes para o evento associado. Além disso, esses critérios também podem ser influenciados por fatores humanos, tais como estresse, medo e particularidades culturais.

A presença de dados e informações de baixa qualidade influencia os processos computacionais que utilizam este relato humano como entrada de dados para inferir informações úteis para desenvolver a SAW do operador humano. Esse problema também afeta a forma como a informação situacional deve ser representada graficamente, tendendo negativamente à observação e interpretação humana de uma situação e gerando incertezas no operador humano.

Para tentar superar esse problema, modelos de Fusão de Dados e Informações foram desenvolvidos para orientar o desenvolvimento de sistemas para a aquisição, inferência, avaliação e representação da informação situacional em alto nível. Tais sistemas tipicamente preveem em suas funções o emprego de múltiplas fontes de dados heterogêneas e inteligência computacional, visando apoiar mudanças ambientais e ajudar humanos especialistas a desenvolver SAW (Endsley, 2001) (Llinas *et al.*, 2004) (Kokar e Endsley, 2012).

Entretanto, ainda é uma questão desafiadora para a comunidade de Fusão de Dados e Informações, mais especificamente no domínio de gerenciamento de emergências, a determinação de como um processo semi-automatizado de análise de situações pode ser estruturado para melhor amplificar a percepção e o entendimento dos operadores humanos. Adicionalmente, persiste a dificuldade em lidar com problemas de qualidade inerente aos dados HUMINT (Stanton *et al.*, 2001) (Salerno, 2002) (Blasch e Valin, 2012) (Laskey *et al.*, 2012).

A ausência de conhecimento sobre a qualidade dos dados e informações propagadas por processos de fusão pode conduzir os operadores humanos a incertezas e erros de SAW, degradar o processo decisório e oferecer risco à vida, ao patrimônio ou ao meio ambiente.

Neste contexto, sistemas de fusão de dados (SFDs) dedicados à SAW, em suporte à tomada de decisão, podem ser enriquecidos com processos de gestão da qualidade das informações, beneficiando tanto os processos automatizados, que podem ser orientados e parametrizados por índices de qualidade da informação, quanto os operadores humanos, ajudando a sustentar a confiança dos mesmos na informação situacional e estimular a participação dos mesmos para a obtenção de melhores resultados.

Desta maneira, processos automatizados ou sob gerência do operador humano podem se complementar, compartilhando objetivos e contribuindo para a construção do conhecimento situacional em colaboração. Assim, SAW pode ser melhor e mais rapidamente adquirida, mantida e até retomada (Nilsson *et al.*, 2012) (Blasch *et al.*, 2013).

Conseqüentemente, sistemas de fusão cientes da qualidade da informação, devem apresentar capacidades e processos para revelar, processar, representar e mitigar limitações na informação, sendo que nos dois últimos, a interface de usuário e a visualização das informações têm um importante papel (Rogova e Nemier, 2004) (Batini *et al.*, 2009) (Rogova e Bossé, 2010).

A literatura registra poucos modelos de Fusão de Dados e Informações que descrevem explicitamente o papel do operador humano em abordagens semiautomáticas, tipicamente originários dos modelos: JDL (*Joint Directors of Laboratories*), DFIG (*Data Fusion Information Group*) e User-Fusion (*User-Centered Information Fusion*). Nesses modelos, duas principais tendências ditam os rumos da participação humana no processo: quando os humanos são consumidores da informação ou quando os mesmos são agentes ativos produtores de informação (Llinas *et al.*, 2004) (Blasch e Plano, 2005) (Blasch *et al.*, 2013).

Tais modelos são limitados porque não apresentam uma investigação aprofundada dos desafios associados à participação do especialista para enriquecer SAW via SFDs. Abordagens mais recentes apresentam oportunidades para a interação humana ao longo de cada nível de fusão (Blasch, 2006) (Hall *et al.*, 2011) (Nilsson *et al.*, 2012). Entretanto, não há registros sobre a amplitude da contribuição da colaboração entre humanos e sistemas sustentada pela qualidade da informação, em cenários em que o tempo é um fator crítico. Adicionalmente, abordagens conhecidas limitam-se a prover refinamentos pontuais reativos ao produto final do processo (Foo *et al.*, 2013) (Blasch *et al.*, 2013).

1.2 **Questões de Pesquisa**

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

A estruturação e organização atual dos modelos de fusão de dados e informações indiciam limitadas abordagens que incorporam em seu processo a gestão da qualidade da informação em conjunto com a atuação de humanos para a avaliação de situações (Blasch *et al.*, 2013) (Blasch, 2012) (Nilsson *et al.*, 2012). *Questão 1: Como estruturar processos de Fusão de Dados e Informações para incluir a gestão da qualidade da informação e explorar a participação humana visando a consciência situacional?*

Informações qualificadas com metadados de qualidade podem ser utilizadas para parametrizar funções e serviços diversos de um processo de Fusão de Dados e Informações (Rogova e Bossé, 2010) (Hall e Jordan, 2010). *Questão 2: Como a informação avaliada quantitativamente pode ajudar a conexão automatizada entre os níveis de fusão e contribuir com o fluxo e continuidade do processo de inferência?*

As funções ou serviços que compõem um processo de Fusão de Dados e Informações geram evidências (partes de informação) que evoluem com o tempo e que podem não ter utilidade para as demais funções, devido a problemas referentes à qualidade da informação (Blasch *et al.*, 2013) (Laskey *et al.*, 2012) (Khaleghi *et al.*, 2013). *Questão 3: Como devem ser conectadas as funções ou serviços para garantir que partes de informação de níveis de granularidade e abstração diferentes sejam avaliados continuamente?*

Informações avaliadas contínua e devidamente representadas ao humano especialista podem melhor estimular a percepção e desencadear o processo de SAW (Nilsson *et al.*, 2012) (Rogova e Bossé, 2010) (Todoran *et al.*, 2015). *Questão 4: Qual a influência da consciência da qualidade da informação sobre o processo de SAW do humano especialista a cada etapa da avaliação de situações?*

O humano especialista que opera o SFD pode optar pela melhoria da informação utilizando a interface dedicada à SAW e assim interferir ativamente no processo em momentos e etapas diversas, orientado pela qualidade da informação (Nilsson *et al.*, 2012) (Holsopple e Yang, 2012) (Hall *et al.*, 2011) (Blasch *et al.*, 2013). *Questão 5: Como deve ser sistematizada a orientação do refinamento da informação situacional pelos humanos, utilizando qualidade da informação como referência para que o especialista seja habilitado a construir e desenvolver o raciocínio sobre a informação?*

Ao longo do processo, novas inferências são produzidas para confirmar, contrapor ou suprir a ausência de conhecimento sobre os estados de entidades relevantes. Em sistemas de tomada de decisão, o conhecimento sobre uma situação deve estar em constante evolução, auxiliar na busca de novas inferências e por elas ser abastecido. A qualidade da informação pode ampliar esse conhecimento situacional e estimular SAW (Todoran *et al.*, 2014) (Foo e Ng, 2013). *Questão 6: Como a consciência da qualidade da informação pode fortalecer a produção, abastecimento e utilização de um conhecimento incremental sobre situações?*

1.3 Hipóteses

Esta tese apresenta as seguintes hipóteses a serem comprovadas:

- A avaliação de qualidade de dados e informações como um dos serviços de suporte à fusão de dados e informações pode ajudar a sustentar o processo como um todo, quantificando a qualidade de cada parte de informação e parametrizando os serviços e funções do processo de fusão;
- A informação avaliada quantitativamente no contexto de fusão de dados pode contribuir para a automação ao suportar a conexão entre os níveis de inferência com base em índices desejados de qualidade de informações para cada tipo de serviço;
- A avaliação contínua da qualidade da informação durante o processo de fusão deve ocorrer a cada nova inferência de partes da informação, visando garantir a atualidade da informação qualificada;
- A consciência da qualidade da informação pode ser usada como referência para habilitar o operador humano a raciocinar sob limitações de qualidade de informação a cada etapa do processo e melhor desenvolver SAW;
- A consciência da qualidade da informação pode ser usada como referência para melhor orientar os refinamentos e a construção da informação situacional;
- A consciência da qualidade da informação proveniente de sistema de fusão pode fortalecer a produção, o abastecimento e a utilização de um conhecimento incremental sobre situações.

1.4 Objetivos

Este trabalho apresenta o Modelo de Fusão Dirigido por Humanos e Ciente de Qualidade de Informação (*Quality-aware Human-driven Information Fusion Model - Quantify*), que visa contribuir com a melhoria da Consciência Situacional de operadores humanos de sistemas de avaliação de situações em cenários complexos, dinâmicos, mutáveis, com informação em constante evolução e parametrizados por variáveis diversas tais como os de gerenciamento de emergências.

Adicionalmente, é apresentada a Metodologia para Avaliação da Qualidade de Dados e Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências (*Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situation Awareness - IQESA*), em suporte ao modelo Quantify. Para tal, os pilares do modelo são: Avaliação contínua da qualidade de dados e informações para orientação do processo, refinamento proativo dirigido por humanos e a gestão da informação situacional qualificada.

Especificamente, com o modelo e metodologia propostos, busca-se demonstrar:

- O quanto a gestão da qualidade da informação (inferência, representação e mitigação) pode ser benéfica em contextos locais e globais do processo de fusão de dados informações, seja em baixo ou alto nível de abstração, e contribuir diretamente para a aquisição, manutenção e retomada de SAW;
- Como garantir a propagação e utilidade da informação qualificada, originalmente proveniente de fonte de dados HUMINT, até os níveis mais altos de abstração, mais próximos do humano, e que seja útil para os serviços de avaliação de situações;
- Como gerir a informação situacional na forma de conhecimento incremental qualificado, produzido por humanos e processos automatizados, bem como a relação deste com demais etapas do processo de fusão;
- De que forma as inferências representadas podem ser enriquecidas gradualmente pela participação e raciocínio do humano especialista, e compartilhadas na forma de conhecimento situacional;

Em seguida, são apresentadas as contribuições deste trabalho, demonstradas ao longo desta tese.

1.5 Contribuições da Tese

Esta tese de doutorado apresenta as seguintes contribuições:

- **Modelo de Fusão de Informações dirigido por Humanos e Ciente da Qualidade da Informação:** modelo de processo de fusão de informações, que estrutura e organiza os serviços de inferência de situações, tais como aquisição de dados, avaliação de qualidade de informações, representação visual e interação humano-computador, suportado e orientado pela qualidade da informação e por humanos, visando a melhoria da consciência situacional;
- **Processos Internos ao Modelo de Fusão:** detalhamento dos fluxos de inferência para a operacionalização dos serviços do modelo Quantify;
- **Metodologia de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências:** metodologia para a avaliação da qualidade

de dados e informações, que especifica as etapas, procedimentos e artefatos para inferir e representar a qualidade de dados e informações em sistemas críticos, em suporte ao modelo Quantify, para a avaliação de situações de emergência;

- **Arquitetura Computacional de Implementação de Sistema de Avaliação de Situações:** organização estrutural orientada a serviços e demais ferramentas computacionais necessárias para a implementação do Modelo, Metodologia e processos internos de fusão de informações;
- **Protótipos Funcionais de Sistemas de Avaliação de Situações:** dois protótipos de sistema de avaliação de situações, sendo um orientado pelo modelo Quantify e metodologia IQESA, e outro orientado pelo modelo *User-Fusion* de fusão de informações.

1.6 Metodologia de Pesquisa

De maneira simplificada, a Tabela 1.1 mostra os principais procedimentos metodológicos utilizados na presente pesquisa.

Tabela 1.1: Procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho de pesquisa

Item	Classificação
Abordagem	Quantitativa, Exploratória e Experimental
Método de Pesquisa	Estudo de Caso (Caso Único)
Instrumentos para coleta de dados	Questionários não estruturados, semiestruturados e estruturados
Método de Análise	Avaliação de Consciência Situacional com Técnica de Pontuação de Consciência Situacional (<i>Situational Awareness Rating Technique - SART</i>) (Taylor, 1989), estatística descritiva com medidas de tendência central, medidas de variabilidade e significância estatística

1.6.1 Abordagem e Classificação da Pesquisa

A abordagem de pesquisa realizada neste trabalho é quantitativa, exploratória e experimental e considera a busca por resultados mensuráveis quanto à melhoria de consciência situacional, obtidos pela exploração de um caso de estudo e experimentação de nossa abordagem com as variáveis envolvidas a fim de comprovar as hipóteses de solução.

A primeira etapa, de caráter exploratório, proporcionou maior entendimento sobre o processo de análise de situações críticas, com o objetivo de coletar informações sobre a necessi-

dade dos tomadores de decisão em um caso representativo e obter requisitos necessários para o desenvolvimento do Modelo, Metodologia, Arquitetura e protótipos de sistema de fusão de informações.

A segunda etapa da pesquisa consistiu da criação do Modelo de Fusão de Informações, da Metodologia de Avaliação de Qualidade de Dados e Informações e de uma Arquitetura computacional, dedicados à orientação do desenvolvimento de sistemas de fusão de informações dirigido por humanos e ciente de qualidade de informação, além de dois protótipos que implementam tais conceitos.

A terceira etapa da pesquisa, de caráter experimental, proporcionou a submissão de dados de um caso real representativo aos protótipos desenvolvidos a fim de verificar a aplicabilidade do Modelo, Metodologia e Arquitetura no processo de avaliação de situações críticas, além de possibilitar a exploração da relação de causas e efeitos da manipulação das variáveis envolvidas no caso.

A quarta etapa, de caráter descritivo, possibilitou a análise e a interpretação da percepção dos usuários sobre os protótipos desenvolvidos, quanto ao nível de consciência situacional adquirido com a utilização dos protótipos após analisar a situação do caso de estudo.

As etapas da pesquisa são escritas em detalhes na Seção 1.6.5 deste documento.

1.6.2 Método de Pesquisa e Instrumentos para a Coleta de Dados

O método de pesquisa utilizado neste trabalho é o estudo de caso. De acordo com Miguel (2010), o estudo de caso pode ser visto como uma abordagem de caráter empírica que investiga um fenômeno dentro de um contexto contemporâneo e possibilita profundo conhecimento sobre o mesmo. Além disso, o método escolhido é indicado quando o pesquisador busca responder questões do tipo "como?" e "por quê?" e baseia-se na análise de um limitado número de casos em que, no máximo, aplica-se uma limitada análise estatística (Yin, 2009).

Vos (2009) afirma que, apesar de pouco estruturado, o estudo de caso promove o desenvolvimento de novas teorias e de novos insights.

A coleta de evidências em estudos de caso pode ser feita por meio de entrevistas (estruturadas, semiestruturadas ou não estruturadas), análise documental e observação direta (Yin, 2001).

Neste trabalho, entrevistas não estruturadas foram aplicadas para a exploração do caso em estudo, visando o conhecimento do domínio e das variáveis que o compõe. O objetivo foi

a obtenção das informações, tarefas e objetivos envolvidos na análise de situações críticas, gerando um documento chamado de Análise de Tarefas Dirigida por Objetivos (*Goal-Driven Task Analysis - GDTA*).

Em complemento, as informações obtidas pela análise GDTA foram estruturadas na forma de um questionário para que operadores atribuíssem pontos referentes ao nível de prioridade que cada tipo de informação deve assumir em uma simulação do estudo de caso, gerando assim uma escala de importância para cada entidade que venha a compor uma situação. A análise GDTA é apresentada no ANEXO A. O questionário que define as prioridades das informações identificadas pela análise GDTA é apresentado no ANEXO B.

Para a validação do Modelo e da Metodologia, foi realizado um experimento orientado pelo estudo de caso, além da aplicação de um novo questionário aos operadores da PMESP, visando avaliar o nível de SAW obtido pelos mesmos ao executar as tarefas descritas no experimento. Para tal, foi adotada a Técnica de Pontuação de Consciência Situacional (*Situation Awareness Rating Technique - SART*). O Questionário SART é apresentado no ANEXO C.

Além disso, com o objetivo de manter a confiabilidade dos dados coletados, outras fontes de evidências foram adotadas em menor escala, conforme sugere Martins (2010), como documentos disponibilizados pela entidade PMESP, tais como roteiros atuais de atendimento e despacho (árvore de decisão), procedimento operacional padrão (POP), registros textuais e em áudio de atendimentos de situações de emergência, dados estatísticos de frequência e atendimento de ocorrências, e relatórios de atendimento a ocorrências feito por policiais em campo. A árvore de decisão da PMESP é apresentada no ANEXO D.

1.6.3 Amostra e Seleção dos Casos

O método de amostragem selecionado foi o não probabilístico. Neste tipo de amostragem não há uso de formas aleatórias de seleção, mas sim a seleção de participantes por meio de critérios subjetivos do pesquisador (Lakatos e Marconi, 1991) (Gil, 2008) (Marôco, 2011).

A escolha do método de amostragem não probabilístico se justifica quando a população não está disponível para ser selecionada aleatoriamente (Mattar, 1996). A limitação de tempo e recursos necessários para a realização de uma pesquisa com amostragem probabilística também justificam a escolha do método.

Outros fatores que contribuíram para este procedimento de amostragem foram a disponibilidade e concordância dos participantes em participar da presente pesquisa.

Os experimentos foram realizados com policiais militares, cujos perfis foram mapeados no processo de avaliação. Os participantes avaliaram os sistemas de avaliação de situações produzidos com base nos princípios desta tese e em seguida responderam a um questionário sobre consciência situacional.

1.6.4 Análise dos Dados

Neste trabalho foi empregada a análise das evidências de forma descritiva. Assim, o comportamento das variáveis foi estudado a partir da análise de suas ocorrências.

A fim de concretizar a amostra em estudo, foram utilizadas técnicas de medidas de tendência central que buscam caracterizar variáveis com mais frequência e medidas de dispersão das observações em torno das estatísticas de tendência central. Finalmente, são aplicados testes paramétricos de hipóteses para avaliar diferenças estatísticas entre os resultados dos componentes da avaliação de SAW.

1.6.5 Descrição das Atividades Metodológicas

Para atingir os objetivos propostos nesta tese, a abordagem metodológica inclui as seguintes atividades:

1.6.5.1 Análise do Estado da Arte

Inicialmente, foram realizados estudos sobre o estado da arte em modelos de processo de fusão de dados ou informações, analisando suas capacidades e limitações quanto ao estímulo do desenvolvimento de consciência situacional em humanos e identificando a influência da participação do humano no processo.

O resultado dessa exploração, realizada a partir da revisão da literatura, possibilitou duas conclusões principais:

Os modelos existentes são limitados ao incluir funções de gestão da qualidade como parte do processo de fusão: algumas abordagens tratam a qualidade de forma implícita e outras ainda nem a consideram como parte da rotina de fusão de informações e análise de situações. Alguns trabalhos lidam explicitamente com esta questão, entretanto para fins específicos, restritos e sem a participação do humano.

Alguns modelos existentes incluem o humano de forma passiva, quando o mesmo é apenas um consumidor da informação, como descritos em (Plehn, 2000), (Steinberg, 1991) (Steinberg

et al., 1998), (Markin *et al.*, 1998), (Bedworth e O'Brien, 2000), (Shahbazian *et al.*, 2001), (Fabian e Blasch, 2002), (Salerno, 2004) e (Brehmer, 2005).

Outros modelos já incluem o humano de maneira ativa, nos quais ele participa ativamente do processo fornecendo feedbacks às funções ou serviços de fusão, como descritos em (Karakowski, 1998), (Blasch e Plano, 2005), (Blasch, 2006) e (Blasch *et al.*, 2013). Contudo, em sistemas críticos, com situações de maior complexidade e dinamismo, o simples provimento de novas entradas ao processo não é suficiente.

Adicionalmente, foi também constatada nesta investigação, a ausência de uma metodologia de avaliação da qualidade de dados e informações para dar suporte à gestão da qualidade em sistemas críticos, que lidam com cenários complexos em constante evolução e a participação do humano no processo de avaliação de situações.

A partir de tais conclusões foi identificado um conjunto de características importantes para a construção de um novo modelo que suprisse as limitações identificadas: a gestão da qualidade de dados e informações, como suporte à orientação e parametrização da fusão e a participação proativa do humano no processo, sustentada pela qualidade da informação, em diversos níveis de abstração e em nível de granularidade superior, lidando com partes da informação qualificada que evoluem com o tempo.

1.6.5.2 Definição do Modelo de Fusão de Informações, Metodologia de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações e de uma Arquitetura Computacional

A partir dos estudos realizados na primeira fase, iniciaram-se as atividades de definição do Modelo de processo de Fusão de Informações, Metodologia de Avaliação de qualidade de Dados e Informações no contexto de consciência situacional de emergências e de uma Arquitetura de software para apoiar a implementação destes conceitos.

Estudos a partir da revisão da literatura sobre arquiteturas de software possibilitaram a escolha de uma arquitetura orientada a serviços (SOA) a ser utilizada para a implementação do Modelo e Metodologia propostos.

Dadas a escolha da estrutura de software e a criação do modelo de processo de fusão para guiar o desenvolvimento, iniciaram-se as atividades de definição das camadas da arquitetura, da especificação e a implementação de acordo com as características identificadas anteriormente.

1.6.5.3 Desenvolvimento de Sistemas de Avaliação de Situações com base em Modelos de Fusão

A partir dos conceitos propostos por esta tese, dois sistemas foram desenvolvidos: um deles com base no Modelo, Metodologia e Arquitetura propostos nesta tese, denominado Sistema de Avaliação de Situações de Emergência (*Emergency Situation Assessment System - ESAS*), e outro a partir de um modelo do estado da arte, o User-Fusion, conhecido por incluir o humano no processo de fusão de dados e informações.

O sistema ESAS levou em consideração a investigação realizada na primeira etapa deste trabalho sobre os modelos de fusão, o que permitiu a escolha das técnicas de integração e associação de dados e informações, além de abordagens de aquisição, representação e interação humano-computador.

1.6.5.4 Avaliação do Modelo e Metodologia

Como atividade final deste trabalho, uma avaliação de consciência situacional foi conduzida para avaliar e validar o modelo de processo de fusão proposto nesta tese, além de avaliar indiretamente a Metodologia de avaliação de qualidade de dados e informações e os sistemas desenvolvidos.

As avaliações foram realizadas a partir de um caso único, porém representativo, iniciado a partir de denúncias de crime reportadas à PMESP e que supostamente compõem uma situação de roubo.

Como experimento, tais denúncias foram submetidas ao ESAS e ao sistema concorrente, ambos testados por operadores de sistemas de avaliação de situações da PMESP, especialistas na análise e resposta a emergências. Esta fase da pesquisa envolveu também a coleta de dados utilizando questionários estruturados, com a finalidade de medir o nível de consciência situacional dos operadores humanos ao analisar uma situação. Ao final, foi realizada uma análise dos dados obtidos e a elaboração de discussões sobre os resultados. Os resultados das avaliações realizadas são apresentados no Capítulo 6 deste documento.

1.7 Organização da Tese

No Capítulo 1 foram apresentados o contexto, a motivação e os desafios da área de pesquisa abordada neste trabalho. Adicionalmente, foram apresentadas as questões de pesquisa a serem respondidas, além das hipóteses, objetivos e contribuições desta tese. Ao final, foi apresentada

a metodologia de pesquisa empregada.

No Capítulo 2, “Fundamentos Conceituais: Consciência Situacional, Qualidade e Fusão de Dados e Informações”, são introduzidos os conceitos relacionados à área de SAW, abordando o modelo de Endsley, as áreas de aplicação, os fatores limitantes e a avaliação de SAW. Em seguida, são apresentadas as definições referentes à qualidade da informação em suporte à SAW. Posteriormente, é discutida a área de Fusão de Dados e Informações como ferramental sistêmico para a gestão de SAW, abordando o modelo JDL, a interação humano-computador e a gestão da qualidade de informações no processo de fusão.

No Capítulo 3, “Estado da Arte em Metodologias de Avaliação da Qualidade da Informação e Modelos de Fusão com Participação Humana”, são apresentados os *frameworks* e metodologias conhecidas para revelar, avaliar, representar ou mitigar problemas de qualidade em sistemas de informação, sistemas de fusão e em sistemas de gerenciamento de emergências. São também apresentados e discutidos os modelos de fusão de dados ou informações mais citados na literatura, analisados sob o aspecto de participação humana no processo e quanto à presença de recursos para a gestão da qualidade da informação. Finalmente, são postulados os desafios e oportunidades da incorporação da participação humana e da gestão da qualidade de informações em processos de fusão para a melhoria de SAW.

No Capítulo 4, “Modelo de Fusão Dirigido por Humanos e Ciente de Qualidade de Informação”, é apresentado o modelo de processo de fusão Quantify. São descritas suas características, mecanismos e processos internos para a orientação da construção de sistemas de fusão de dados que buscam a melhoria de SAW.

No Capítulo 5, “Metodologia para a Avaliação da Qualidade de Dados e Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências”, é apresentada a metodologia IQESA, criada para dar suporte à avaliação de situações de emergência com o modelo Quantify. São descritas suas etapas, processos e artefatos para avaliar dados e informações e enriquecer o processo de fusão.

No Capítulo 6 “Estudo de Caso e Avaliação”, é apresentado o Sistema de Avaliação de Situações de Emergência (*Emergency Situation Assessment System - ESAS*), cujo desenvolvimento foi orientado pelo modelo Quantify e pela metodologia IQESA. Em seguida é apresentado o processo de avaliação de SAW de operadores humanos da PMESP, ao utilizar o sistema ESAS e um outro sistema orientado pelo modelo do estado da arte. Finalmente, os resultados da avaliação de SAW são apresentados e discutidos.

No Capítulo 7, “Conclusões”, são apresentadas as discussões finais e trabalhos futuros,

seguidos das referências utilizadas para o desenvolvimento desta tese.

Capítulo 2

FUNDAMENTOS CONCEITUAIS: CONSCIÊNCIA SITUACIONAL, QUALIDADE E FUSÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES

Neste capítulo serão apresentados os conceitos referentes ao processo cognitivo de Consciência Situacional (*Situational Awareness - SAW*). O modelo mais referenciado de SAW, desenvolvido por Endsley (Endsley, 2008), será apresentado e os principais fatores que influenciam a SAW dos humanos serão discutidos.

Posteriormente serão apresentados os conceitos que envolvem a gestão da qualidade de dados e informações e a sua relação com as incertezas dos operadores.

Em seguida, será introduzida a área de Fusão de Dados e Informações como uma poderosa ferramenta de enriquecimento de SAW e, conseqüentemente, de valioso suporte ao processo de avaliação de situações. O modelo de Fusão de Dados ou Informações mais citado na literatura será apresentado para ilustrar os conceitos apresentados. Finalmente, as perspectivas de atuação do humano no processo de fusão serão postuladas.

2.1 Consciência Situacional

O termo Consciência Situacional é um importante conceito para ajudar a descrever a dinâmica da tomada de decisão humana. A existência do fenômeno é consensual, porém a definição concreta é discutível (Bossé e Roy *et al.*, 2007).

Uma definição bem aceita e frequente na literatura é proposta por Endsley (1988) como sendo a “percepção de elementos no ambiente em um volume de tempo e espaço, a compreensão do

seu significado e a projeção de seu estado em um futuro próximo”.

Dominguez *et al.* (1994) relacionou diversos conceitos de SAW disponíveis na literatura, e definiu:

“SAW é a contínua extração das informações do ambiente, a integração destas informações com o conhecimento prévio para formar uma imagem mental coerente e o uso desta imagem para direcionar maiores explorações em um contínuo ciclo perceptivo, assim como antecipar eventos futuros”.

Consciência situacional tornou-se objeto de estudo científico formal na década de 1980, embora seja um componente natural da cognição humana, sendo observada a partir de tempos pré-históricos, quando o homem necessitava estar ciente de muitos sinais do ambiente para ter sucesso em suas caças e evitar que se tornasse a presa (Endsley, 1988).

A consciência situacional está presente em atividades operacionais ou corriqueiras onde humanos devem compreender uma situação por razões específicas. Um jogador necessita avaliar as condições em campo onde ocorre a partida, um motorista deve analisar todos os sinais no ambiente dinâmico da estrada, antes de decidir sobre uma ultrapassagem, um mergulhador precisa avaliar as condições do mergulho para que permaneça em segurança e todas as outras situações rotineiras e cotidianas em que é preciso decidir coisas simples como levar ou não um agasalho ao sair de casa.

Sob este prisma, pode-se observar que consciência situacional é altamente dependente de metas e objetivos de uma função ou trabalho específicos e que a importância da SAW como suporte ao processo decisório se aplica a quase todos os campos de atuação.

Na literatura, a pesquisa em SAW concentra-se principalmente no estudo de sua dinâmica em sistemas críticos ¹ para a aquisição, manutenção e retomada de SAW, tais como salas de emergência hospitalares, controle de tráfego aéreo, navegação fluvial, controle de usinas de energia, comando e controle policial/militares, gerenciamento de crises, resposta às emergências, dentre outros.

SAW é um produto do processo cognitivo, uma representação do conhecimento fundamental do estado e da mudança do mundo real. Com base nesta representação, o tomador de decisão pode decidir o que fazer sobre a situação e realizar quaisquer ações necessárias. É, portanto, representada como o principal precursor na tomada de decisão. Entretanto, uma boa SAW não garante necessariamente uma boa decisão. Desta maneira, melhorar a SAW aumenta a probabilidade de selecionar o curso de ação apropriado (Endsley e Jones, 2012).

¹Sistemas cujas falhas podem resultar em riscos à vida, ao patrimônio ou ao meio ambiente (Sommerville, 2015)

2.1.1 O Modelo de Consciência Situacional de Endsley

Similarmente à diversidade de definições, os modelos conceituais de SAW também são apresentados sob diferentes perspectivas. As divergências em torno desta área de estudos permeiam o debate sobre a natureza de SAW como processo ou produto aos termos de sua análise psicológica subjacente (Salmon *et al.*, 2007).

Endsley (1988) aborda SAW como uma rotina de processamento de informação dirigida pela aquisição e uso da mesma. Outros modelos como o de Smith e Hancock (Smith e Hancock, 1995) são uma interpretação ecológica sustentada pela análise perceptual do ciclo de modelo. Já o modelo de Bedny e Meister (Bedny e Meister, 1999) utiliza um modelo de teoria da atividade para descrever a SAW. Nesta tese será abordado o modelo de Endsley para o suporte ao modelo a ser apresentado no Capítulo 4, considerando o potencial de aquisição e manutenção de SAW dirigido por dados e informações que um Sistema de Fusão de Dados (SFD) se propõe a inferir e representar, habilitando uma visão sistêmica do processamento dos dados.

Para Endsley (1988), SAW é composta por um núcleo de elementos que se relacionam em três níveis, os quais recebem influências externas de tarefas e sistemas, como mostra a Figura 2.1. Já a Figura 2.2 apresenta tais níveis ilustrados individualmente.

- Nível um: Percepção dos elementos do ambiente. Trata-se do primeiro passo para obter SAW e remete a perceber os elementos relevantes do ambiente, seus atributos e estados, tipicamente de forma visual, auditiva, tátil, olfativa, pelo paladar, ou pela combinação dos sentidos.
- Nível dois: Compreensão da situação atual. Remete a compreender o que os elementos percebidos no ambiente significam uns em relação aos outros, e em relação às metas e objetivos de uma situação. Este processo envolve a integração de muitas partes de dados para formar a informação, priorizando a importância e o significado das informações combinadas.
- Nível três: Projeção dos estados dos elementos em um futuro próximo. Com base nos elementos identificados e o que eles significam em relação ao corrente objetivo, este nível compete à capacidade de prever os seus estados futuros.

O nível três só é alcançado tendo um bom entendimento da situação (Nível dois). Entender a situação corrente para fazer projeções requer experiência no domínio. Sem a experiência ou um sistema de informação, com interfaces orientadas a SAW, as pessoas podem falhar nas fases iniciais da SAW e nunca prosseguirem para o nível três. Este nível

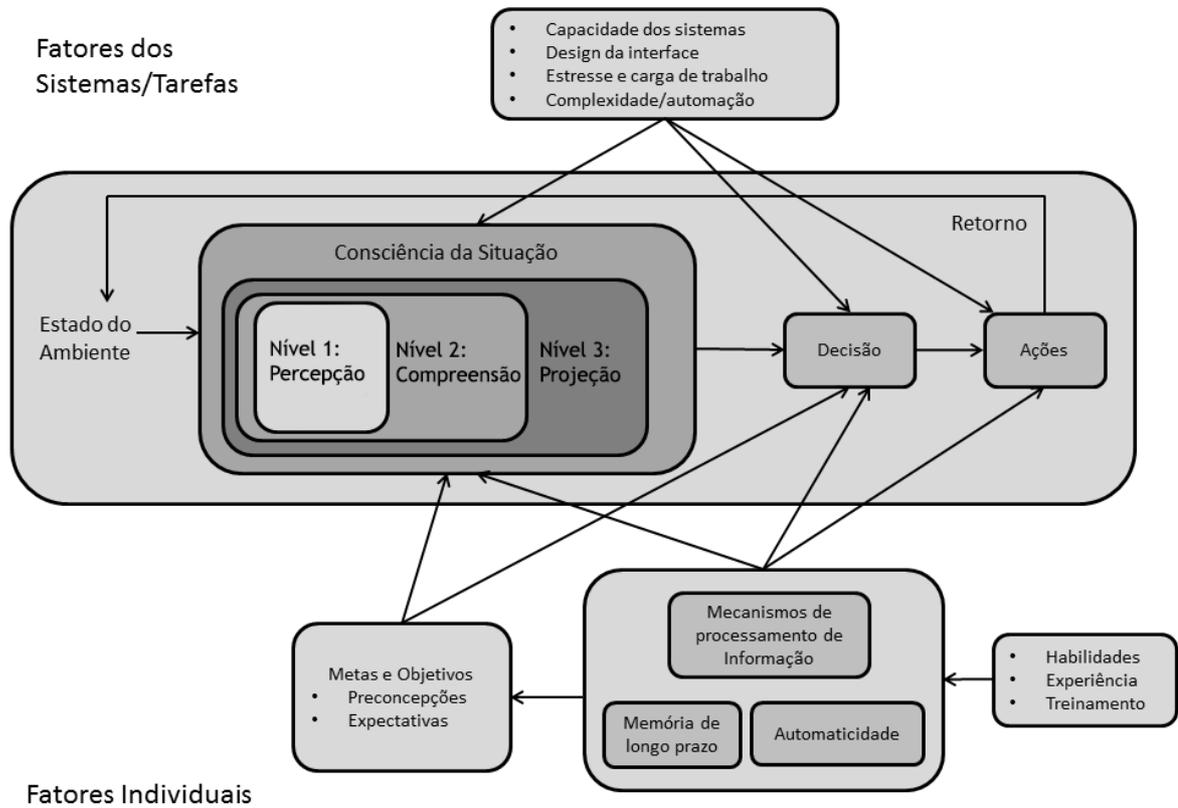


Figura 2.1: Modelo de Consciência Situacional de Endsley (Traduzido e Adaptado de Endsley, 1988)

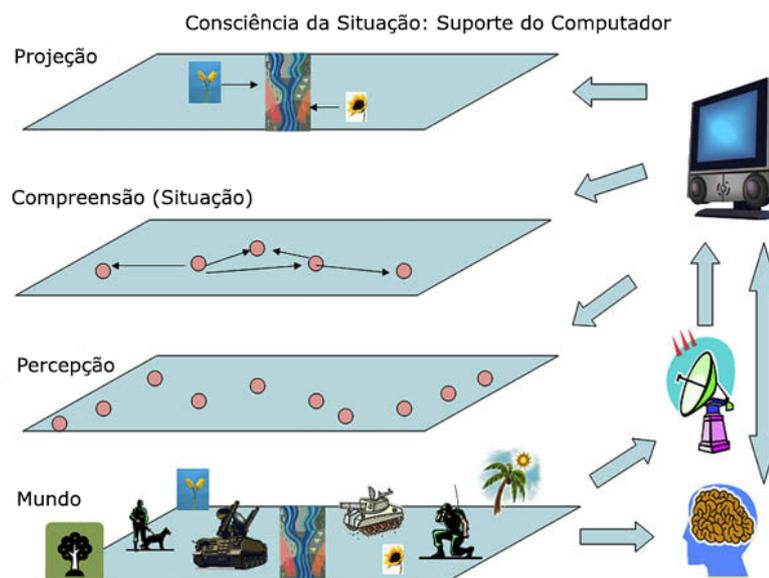


Figura 2.2: Níveis de Consciência Situacional (Traduzido e Adaptado de Kokar et al., 2007)

sugere a combinação do que o indivíduo sabe sobre a situação atual com os seus modelos mentais do sistema, para prever o que é provável de acontecer em seguida (Endsley e

Connors, 2008).

No modelo de SAW de Endsley (1988), os sinais ou estados adquiridos do ambiente são utilizados como entradas para o processamento formado pelos níveis de percepção, compreensão e projeção.

Propositamente o módulo de decisão é um estágio separado do núcleo, pois SAW é o principal precursor do processo de tomada de decisão. SAW é um modelo interno (mental) do operador sobre o estado do ambiente, e baseado nesta representação, o operador decide o que fazer sobre a situação.

O núcleo de SAW recebe influências diretas dos fatores externos dos indivíduos, das tarefas, dos sistemas e até do ambiente físico. Os sistemas influenciam o núcleo SAW por meio de sua interface e capacidades, aliado às características de cada tarefa no que tange à sua complexidade, automação, estresse e carga de trabalho que provoca no indivíduo. Já entre as características do ambiente que podem influenciar SAW estão: ruídos, luminosidade e até temperatura.

Tais fatores podem facilitar ou dificultar que o indivíduo alcance a SAW. Este por sua vez influenciará o núcleo SAW por meio de suas habilidades em executar as tarefas, seu nível de experiência e treinamento. Objetivos e metas direcionam a atenção para os sinais do ambiente assim como as expectativas de cada um, uma vez que as pessoas tendem a ver o que elas querem ver.

Os mecanismos de processamento de informação acionam meios de competir pela atenção do indivíduo diante de múltiplas fontes de informação. Projetar sistemas que distribuam a atenção adequadamente impactam na SAW. A automaticidade influencia a SAW em consequência da execução automática e repetida de ações rotineiras – pode-se exemplificar este aspecto, com a ação de trocar a marcha do carro ou parar no sinal vermelho, em que o motorista tem a falsa impressão de ter feito a ação sem raciocinar.

2.1.2 Áreas de Aplicação de Consciência Situacional

Atualmente, SAW tem sido estudada em áreas tão diversas quanto medicina (anestesiologia), militar (comando e controle), navegação aérea, marítima e terrestre, manutenção de equipamentos, educação (estratégias de ensino-aprendizagem), entretenimento (jogos eletrônicos), esportes (táticas de jogos), dentre outras (Endsley e Jones, 2012).

Inicialmente empregado no domínio da aviação, a generalização potencial da SAW pode ser confirmada pelos trabalhos de Gaba e Howard (1995), que descreveram uma forte analogia

entre os requisitos de SAW na aviação e na anestesiologia.

No domínio da aviação, os controladores de tráfego aéreo geralmente se referem à SAW como “a imagem da situação”, que é uma representação mental da situação na qual se baseiam suas decisões (Endsley, 1988). Para os controladores, “ter a imagem da situação” é o primeiro pré-requisito para lidar com o tráfego aéreo, realizando sua tarefa. “Perder a imagem da situação” é relatado como um dos maiores perigos para os controladores, o que os torna incapazes de prever a evolução da situação, detectar suficientemente cedo um problema ou um conflito, escolher a melhor resolução e em casos extremos, permitir que se estabeleçam incidentes ou acidentes (Jeannot *et al.*, 2003).

Estudos de Shelton *et al.* (2012) mostram que na medicina, a consciência da situação é um fator humano de importância crítica para a segurança do paciente. Neste domínio, médicos e enfermeiros devem estar conscientes a todo instante do status do paciente, baseando-se em leituras de sensores e exames diversos. Perceber tais leituras e entender com antecipação o significado da evolução de seu estado é fundamental para estabelecer o melhor procedimento.

SAW é também um conceito amplamente difundido no domínio militar, devido à exigência de tomada de decisões assertivas em ambientes dinâmicos e críticos, no qual o tempo é um fator limitador. Neste contexto, a qualidade da decisão está relacionada com o nível de consciência que um indivíduo ou equipe tem a uma situação. Considerando o nível 1 de SAW, trata-se, por exemplo, de uma percepção dinâmica de um operador humano sobre o posicionamento e condição física de sua equipe, disponibilidade de armamentos ou a quantidade de tropas inimigas. Considerando o nível 2 de SAW, trata-se de uma compreensão sobre o avanço das tropas inimigas, o tempo até um combate iminente ou a possibilidade de deslocamento da equipe. Já em nível 3 de SAW, considera-se por exemplo se o grupamento inimigo, na atual posição ou velocidade, representa uma ameaça ou risco iminente à equipe no futuro próximo.

Operadores humanos de sistemas dedicados ao atendimento de emergências devem ser capazes, por exemplo, de perceber a presença de entidades e seus estados, como vítimas e criminosos, suas condições físicas, sua descrição, atitudes e comportamentos. Devem também compreender o significado das interações entre eles ou em relação ao ambiente, para caracterizar um crime específico, como por exemplo, se uma pessoa está ameaçando ou atacando outra pessoa, e finalmente projetar novos ataques ou fugas iminentes.

Limitados subsídios para a tomada de decisão podem desencadear erros graves ao alocar recursos e ao determinar táticas para o atendimento, resultando em riscos à vida, ao patrimônio ou ao meio ambiente. Tais erros, descritos na próxima seção, podem ter causas diversas, mas podem ser resumidos em oito fatores determinantes que comprometem o processo de SAW e

consequentemente a tomada de decisão.

2.1.3 Fatores Limitantes ao Processo de SAW

Jenner *et al.* (2000) relacionaram a falta de SAW adequada como causa de uma variedade de acidentes investigados pelo *National Transportation Safety Board* na marinha, nas indústrias de gasoduto, ferrovia e aviação.

A literatura descreve oito grandes fatores que podem interferir negativamente no processo de aquisição de consciência situacional, apresentados na Tabela 2.1 (Endsley, 2011).

Tabela 2.1: Fatores limitantes ao processo de SAW (Traduzido e adaptado de Endsley, 2011)

Fatores Limitantes a SAW	Descrição
Gargalo de atenção	Incapacidade do ser humano de prestar atenção em mais de uma informação por vez
Limitação da memória	Memória de curto prazo limitada, utilizada para formar uma figura mental do que está acontecendo com base na experiência do usuário e conhecimento
Fatores de estresse	A carga de trabalho, ansiedade e fadiga podem sobrecarregar e prejudicar a cognição
Excesso de dados	Rápida mudança de dados em sistemas dinâmicos, dificultando para os operadores humanos manter-se atualizados
Saliências (sugestões ou <i>cues</i>) mal inseridas	Informações mal colocadas ou mal destacadas, conduzindo o usuário a trilhar caminhos difusos
Complexidade do sistema	Muitas funcionalidades criam uma barreira para que o usuário desenvolva um modelo mental de como este funciona
Modelos mentais incorretos	Gerados com base em situações familiares ao usuário, mas que não se encaixam diante do contexto atual
Automação	Referente à dependência que o operador humano pode desenvolver em relação ao sistema

Adicionalmente, Endsley (1999) apresenta uma taxonomia de erros de SAW, de maneira a descrever muitos fatores que podem levar a erros neste processo. Tal taxonomia foi desenvolvida por meio de uma investigação nas principais transportadoras aéreas nos Estados Unidos (Endsley, 1995). De acordo com os resultados 88% dos erros nos processos envolveram SAW. Estes foram divididos entre os três níveis de SAW, provenientes de causas variadas, dentre elas: dificuldade de detectar informação, falha ao monitorar situação, criação de um modelo mental pobre e exagero ao projetar possíveis situações.

A compreensão das situações e como os componentes destas impactam no ambiente, são fatores cruciais para a tomada de decisão e influenciam o comportamento do próprio usuário e

de sistemas que o auxiliam. Neste contexto, casos malsucedidos, dependendo do domínio da aplicação, podem conduzir a erros irreversíveis.

Assim, fica evidente a importância de completar com sucesso cada nível do processo de SAW, podendo-se considerar o primeiro nível como primordial, visto que uma percepção equívoca dos elementos reflete nos próximos níveis para alcançar SAW. Tal importância pode ser enfatizada com base na Tabela 2.1, onde é possível observar uma maior quantidade de fatores que podem prejudicar a formação deste nível, como no domínio da aviação por exemplo, onde 76% dos erros foram identificados no Nível 1 de SAW (Jones e Endsley, 1996).

Um fator importante que pode influenciar o processo de SAW, positivamente ou negativamente, e consequentemente o modelo mental do humano tomador de decisão, é o conhecimento que o mesmo detém sobre a qualidade da informação, gerada e representada por sistemas de avaliação de situações, sistemas críticos que buscam ajudar operadores humanos a entender situações complexas de um cenário e estimular a aquisição e manutenção de SAW. (Laskey *et al.*, 2012)(Blasch, 2006). Tipicamente, sistemas de gerenciamento de emergências ou de monitoramento, são também sistemas de avaliação de situações.

2.1.4 Avaliação de SAW

A constatação da necessidade de SAW em determinados domínios, os fatores que influenciam SAW e as condições nas quais tomadores de decisão são submetidos, levaram ao desenvolvimento de ferramentas para quantificar e especificar, de forma direta ou indireta, o nível de consciência situacional.

A literatura registra diversas técnicas como sendo pertinentes ao domínio de gerenciamento de sistemas críticos e sistemas de comando e controle (Salmon *et al.*, 2007).

Desta maneira, as categorias de técnicas de medição e especificação de SAW são:

- Técnica de congelamento de simulação, como SAGAT (Avaliação Global de Consciência Situacional) (Endsley, 1995), SALSA (Avaliação de Consciência Situacional de Controladores de Tráfego Aéreo) (Endlsey e Kiris 1995) e SACRI (Consciência de Situação em Inventário de Sala de Controle) (Hogg *et al.*, 1995);
- Técnicas de tempo-real, como a SPAM (Método de Avaliação da Situação Presente) (Durso *et al.*, 2006) e a SASHA (Consciência Situacional para a Automação Humana)(Jeannot *et al.*, 2003);

- Técnicas de observação, como a SABARS (Escala de Pontuação Comportamental de Consciência Situacional) (Matthews e Beal, 2002);
- Técnicas de medidas de performance como em Salmon *et al.* (2007);
- Técnicas de mapeamento de processos, como a VPA (Análise de Protocolos Verbais Concorrentes) (Smolensky, 1993);
- Técnicas de auto-avaliação, como a MARS (Escala de Avaliação de Consciência da Missão) (Matthews e Beal 2002), SARS (Técnica de Escala de Avaliação de Consciência Situacional) (Truitt, 1995), QUASA (Avaliação Quantitativa de Consciência Situacional) (McGuinness 2004), C-SAS (Escala de Consciência Situacional de Cranfield) (Dennehy, 1997) e SART (Técnica de Pontuação de Consciência Situacional) (Taylor, 1990) a ser empregada neste trabalho.

2.2 Qualidade de Dados e Informações

A qualidade de dados e informações, um dos fatores críticos em sistemas de tomada de decisão, é um instrumento que qualifica dados e informações sobre aspectos pertinentes a um domínio, atrelando medidas quantitativas aos mesmos, tipicamente na forma de meta-dados. Informações imperfeitas, as quais não descrevem fielmente situações do mundo real, como por exemplo conjuntos incompletos de dados ou informações necessárias que não descrevem fielmente um evento, palavras escritas erroneamente, etc., reduzem a efetividade de sistemas e contribuem negativamente para a formação do modelo mental e conseqüentemente mina o processo de SAW.

2.2.1 A Incerteza e Origens Associadas

O entendimento de situações e como seus componentes afetam o ambiente é crucial para o processo de tomada de decisão e influencia no comportamento de humanos e sistemas, onde casos de insucesso, dependendo do domínio de aplicação, podem conduzir a erros irreversíveis.

Aplicações que envolvem um esforço para estimular SAW em operadores humanos, como os sistemas que buscam apoiar a avaliação de situações, lidam com um grande volume, variedade e dinamicidade de dados. Tal heterogeneidade inerente aos ambientes complexos monitorados demandam que os dados sejam processados e representados em busca de uma informação situacional significativa.

Entretanto, além das características informacionais restritivas, como o excesso ou a falta de informação, novas limitações podem emergir e agregar ainda mais dúvida ao humano que busca inferir sobre situações. Tais limitações se devem à qualidade dos dados e informações que podem ser propagadas pelo processo de avaliação de situações, gerados desde erros na aquisição, falhas processamento ou mesmo na representação gráfica da informação. Consequentemente, algum grau de incerteza é comumente desenvolvido nos operadores humanos (Riveiro, 2007a). Desta maneira, as possíveis fontes de incerteza são:

- À partir de modelos e medidas, como por exemplo sensores com resolução limitada, cujas leituras podem conter ruídos. Suas posições podem ser incertas; amostragem esparsa no tempo e no espaço;
- Derivada de processos de transformação de dados, como por exemplo em processo de conversão de dados brutos em entradas adequadas para modelos numéricos, os quais podem envolver operações como média, interpolação e amostragem;
- A própria representação da incerteza do processo de visualização de resultados, a qual pode introduzir erros de quantização e interpretação.

2.2.2 A Representação Gráfica da Incerteza

Para que tomadores de decisão adquiriram SAW de determinada situação por meios visuais, faz-se necessário a integração de visualizações ao processo de avaliação de situações, utilizando mapas, gráficos, sobreposições e distorções visuais em sua composição. Desta forma, as ações podem ser priorizadas e o tempo de análise reduzido.

A análise visual combina técnicas avançadas de mineração de dados com interfaces de sistemas que provêm SAW, para fornecer informações que suportem raciocínios complexos e destaquem informações significativas de grandes conjuntos de dados.

Sempre que os dados são processados, transformados e mapeados em representações visuais, a incerteza pode ser agravada, o que torna difícil manter a qualidade do dado ao longo do processo (Correa *et al.*, 2009). Com as incertezas reveladas em todo o processo, as visualizações que as representam visualmente podem suportar o tomador de decisões utilizando os níveis de confiança associados aos dados e informações. Adicionalmente, o operador humano deve estar sempre ciente da natureza e do grau de incerteza da informação exibida, ou do contrário, o dado pode ser mal interpretado, levando a conclusões precipitadas.

Riveiro (2007) afirma que, se uma visualização é utilizada para transmitir o conteúdo de um dado ou para explorá-lo, a incerteza também precisa ser visualizada. Um elemento chave para a representação de informações incertas é a identificação das fontes e o grau de incerteza associado aferido por processos complementares (Masalonis *et al.*, 2004) (Pang *et al.*, 1997).

Técnicas para a criação das representações de informações incertas, apresentadas na literatura, baseiam-se primariamente em estudos perceptivos e cognitivos de Tufte (Tufte e Rifkin, 1997) Chambers (Chambers *et al.*, 1983) e Bertin (Bertin, 1981).

Representações de informações imperfeitas ou incertas podem ser representadas graficamente sob duas perspectivas: intrínseca ou extrínseca (Gershon, 1998). As intrínsecas são utilizadas para representar informações de forma inerente ao objeto, sem separação ou dados adicionais, com o uso de variações na aparência, como por exemplo: parâmetros gráficos de cor, transparência, textura e glifos. Já as extrínsecas, são utilizadas para mostrar informações adicionais ao que não faz parte da visualização do objeto, mas que a complementa com novas estruturas associadas para identificar novos atributos, como com o uso de gráficos e outros componentes associados à interface de usuários (Bisantz, 2013).

Visto que o domínio de tomada de decisão demanda o conhecimento de dados incertos, faz-se necessário tratá-la na visualização. Riveiro (2007) apresentou uma coleção de técnicas para representação de incerteza neste domínio, tais como: utilização de glifos, adição e modificação da geometria, de atributos, animação, sonorização e técnicas psicovisuais.

A visualização de incertezas como suporte ao processo de tomada de decisão é um problema recorrente e interdisciplinar, e poucos estudos foram conduzidos para determinar o impacto da visualização de incertezas em usuários (MacEachren *et al.*, 2005).

No Capítulo 3 serão apresentadas as metodologias de gestão de qualidade de informações conhecidas, suas características e dimensões associadas.

A próxima seção apresenta os conceitos fundamentais de fusão de dados e informações, como área de suporte à gestão de SAW e da qualidade de dados e informações. Será também apresentado o modelo JDL de fusão de dados para ilustrar os níveis de fusão e suas características que impulsionaram o desenvolvimento da área e influenciaram a criação de diversos outros modelos de fusão.

2.3 Fusão de Dados e Informações

Fusão de Dados ou Informações é a rotina de transformação de dados ou informações para produzir estimativas e predições de estados de entidades, visando maximizar o valor da informação e estimular a consciência situacional de analistas sobre de um ambiente de interesse.

Comumente empregado como sistema dedicado a apoiar a avaliação de situações e tomada de decisão em sistemas complexos, os mesmos praticam a redução da dimensionalidade dos dados, agregação de valor à informação, aumento da representatividade e a produção de subsídios para a construção do conhecimento sobre situações (Steinberg, 1999) (Blasch *et al.*, 2013).

Fusão de Dados e Informações envolve um processo multi-nível e multifacetado de combinação de dados de múltiplas fontes, com o objetivo de adquirir e processar informações que devem ser mais significativas do que se adquiridas por fontes de dados individuais, ou seja, sem fusão.

Tal área é um importante campo de estudo multidisciplinar, devido principalmente ao aumento do fluxo de dados e informações, a melhoria da infraestrutura de comunicação, computação e tecnologia de sensores. Técnicas para combinar ou fundir dados vem de um diverso conjunto de disciplinas tradicionais: processamento digital de sinais, estimativa estatística, teoria de controle, inteligência artificial, e métodos numéricos clássicos.

A área de Fusão de Dados foi primeiramente definida como um conjunto de funções que lidam com a associação, correlação e combinação de múltiplos dados e informações, de fonte única ou de diversas fontes, para obter estimativas refinadas de objetos de interesse e relações entre os mesmos, identificando situações e determinando se as mesmas compõem ameaças em cenários complexos nos quais o tempo é um fator crítico. O processo é caracterizado por refinamentos contínuos de estimativas e avaliações, bem como a determinação da necessidade de fontes adicionais ou modificações no processo (Hall e Jordan, 2010).

Frequentemente o objetivo de tais sistemas é compreender e prever o estado físico de tais objetos sob aspectos de sua identidade, características, atividade, localização espacial e movimento em determinado período de tempo no passado, presente ou futuro. Por exemplo, se a tarefa é estimar o estado de pessoas, pode ser importante determinar, além dos estados dos indivíduos, os atributos referentes aos contextos do ambiente em que se encontram, suas ações, características, grupos nos quais eles pertencem e a interação dos mesmos com os demais (Llinas *et al.*, 2004).

Sumariamente, busca-se com sistemas computacionais de Fusão de Dados ou Informações,

responder eficientemente, e com suficiente grau de confiança, questões tais como: “o que é isto?”, “quem é este?”, “de quem é isto?”, “quem fez isto?”, “quem é quem?”, “onde está?”, “é ou não é?”, “de onde surgiu”, “para onde está indo?”, “qual sua intenção?” ou “quais recursos utilizar?” (Kadar, 2002)

Motivado pelo departamento de defesa norte americano (DoD), o crescimento da área de Fusão de Dados e Informações deve-se às aplicações militares. Uma grande variedade de trabalhos tem incluído sistemas de Rastreamento e Detecção Automática de Alvos (ATR), identificação de tropas amigas, inimigas e neutras (IFFN) e variações de Comando, Controle, Comunicação e Inteligência (C3i) para consciência situacional de tomadores de decisão frente a ameaças à vida e ao patrimônio (Hall e Jordan, 2010). Exemplos de categorias de Fusão de Dados e Informações relacionadas ao domínio militar e suas aplicações, sensores e inferências podem ser observados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Aplicações de Fusão de Dados e Informações relacionadas ao domínio militar, suas aplicações, sensores e inferências (Traduzido de Hall e Jordan, 2010)

Aplicações de Fusão	Descrição do domínio	Sensores	Inferência produzida
Rastreamento de alvos e vigilância	Detecção e rastreamento de objetos individuais tais como aeronaves e veículos terrestres	Radares, Eletro-ópticos	Localização, Velocidade e Trajetória de objetos
Reconhecimento automático de alvos (ATR)	Uso de atributos observáveis de um alvo para identificar sua classe ou tipo	Radares, Eletro-ópticos, Acústico e Emissores de Radio	Identificação de classes, tipos ou identidade específica de objetos
Vigilância de campo de batalha	Vigilância do ambiente de batalha para determinar localização de inimigos, identidade e movimentos	Sensores em solo, como sísmicos e acústicos. Radares, Eletro-ópticos Observadores humanos	Informações gerais sobre áreas de interesse como terrenos, unidades amigas e inimigas, e outros fatores que afetam o curso das ações, tais como traficabilidade e observação
Aviso estratégico e defesa	Detecção e rastreamento de mísseis e ogivas	Sensores infravermelho, Nucleares e de Comunicação	Indicadores de obstáculos estratégicos para ações em curso, tais como trajeto de projéteis e rastreamento de mísseis.

Na próxima seção será apresentado o modelo JDL de Fusão de Dados, abordagem clássica utilizada como referencial para o entendimento da área e dos conceitos que a permeiam. O modelo será descrito por seus níveis de atuação, destacando sua evolução para posicionar os humanos como consumidores de informação no final do processo e sua relação com SAW. Os modelos que apoiam o envolvimento do humano no processo são apresentados no Capítulo 3.

2.3.1 O Modelo JDL de Fusão de Dados

Para superar a barreira histórica na transferência de tecnologia na área de fusão de dados, pesquisadores militares do Grupo de Trabalho em Fusão de Dados da Administração Conjunta de Laboratórios (*Joint Directors of Laboratories - JDL*) criaram um modelo de processo para a fusão de dados e uma terminologia própria (Steinberg, 1991) (Kessler *et al.*, 1991).

Tal modelo de referência é estruturado em diferentes funções para apoiar a fusão, tais como a preparação e processamento, avaliação de objetos e situações, verificação de impacto e refinamento de processos (White Jr, 1987)(White Jr, 1991). Originalmente, o modelo possui apenas quatro níveis para acomodar a integração e estimação dos dados: Refinamento de Objetos (Nível 1), Refinamento de Situação (Nível 2), Refinamento de Ameaça (Nível 3) e Refinamento do Processo (Nível 4).

Entretanto, modelo JDL é um modelo funcional, constituído de um conjunto de funções independentes que podem ou não operar em sequência. Não se trata de um modelo de processo com uma sequência lógica e não há um comportamento observável em como tais níveis se relacionam ou como a informação é transmitida entre os níveis que o compõem (Steinberg, 2001) (Llinas *et al.*, 2004) (Hall *et al.*, 2011) (Foo e Ng, 2013).

2.3.1.1 A Inclusão do Nível 0 (Pré-processamento) e do Nível 5 (Interface de Usuários)

Em 1998, Steinberg *et al.* introduziram as primeiras mudanças significativas no modelo, acrescentando em sua composição um nível de pré-processamento e estimação de dados de sensores inteligentes (Nível 0). Adicionalmente, o modelo passou a contar com funções dedicadas aos desafios que envolvem o discurso humano-informação e questões referentes ao humano e à interface de usuários (Nível 5). Até a versão de 1991, o humano era considerado apenas um consumidor que deveria avaliar mentalmente a informação.

Os trabalhos de Steinberg *et al.* (Steinberg, 1998)(Steinberg, 1999) apresentaram uma primeira oportunidade de formalização da participação humana no processo de fusão. Por esta iniciativa, o humano é capaz de promover feedbacks e refinar o processo através da re-operação

das funções disponíveis, como por exemplo, um novo cálculo ou busca para melhorar o resultado final. Desta maneira, problemas referentes ao discurso humano-informação emergiram, além de desafios relacionados à gestão das transações através da interface de usuários. Entretanto, o potencial restrito de prover somente a situação final como o produto do processo (*situation picture*) para os usuários ainda permaneceu, como no JDL original, ou seja, a análise de partes da informação não se fazia presente.

Uma descrição mais extensa dos níveis presentes no modelo JDL podem ser obtidos em (Walts e Llinas, 2000) (Hall e MacMullen, 2004) e (Liggins *et al.*, 2008).

Especificamente, os níveis atuais do modelo JDL revistos por Steinberg *et al.* definem (Steinberg *et al.*, 1998) (Hall *et al.*, 2006) (Hall e Jordan, 2010):

- Nível 0 - Pré-processamento e Refinamento de Sensores: Envolve processar os dados de sensores visando preparar o dado para os outros níveis de fusão subsequentes. Exemplos deste nível de Fusão de Dados incluem processamento de sinais, processamento de imagens, condicionamento de dados, transformações de coordenadas, filtragem e alinhamento do dado em tempo e espaço.
- Nível 1 - Refinamento de Objetos: Busca combinar dados de múltiplos sensores ou fontes para obter estimativas confiáveis da localização, características e identidade de ativos, tais como aeronaves e veículos. Podem ser obtidas informações fundidas para descobrir a localização ou identidade de atividades, eventos ou qualquer outra entidade de interesse restrita. Considerando domínios como sistemas de abastecimento, monitoramento de pacientes ou mesmo de controle veicular, este nível pode ser responsável por localizar e identificar falhas (ex: identificar uma válvula com problemas de engrenagem). Geralmente a localização e identificação de ativos são vistos como subsistemas independentes em contextos externos aos sistemas de fusão, ao contrário do modelo JDL.
- Nível 2 - Refinamento de Situação: Baseando-se nos resultados providos pelo Nível 1 do modelo JDL, busca-se nesta etapa desenvolver uma interpretação contextual dos dados. Envolve entender como as diversas entidades se relacionam com o ambiente e como demais ativos. Exemplos abordam a compreensão da situação de uma tropa completa à partir da situação de alguns ativos, ou seja, observações de localização e posição dos mesmos podem indicar se a estratégia permanece sendo seguida ou se há um problema em potencial baseado nestas mesmas medidas. Tais interpretações podem envolver um raciocínio e conclusões acerca de dados semelhantes, porém sob condições divergentes. Ex: um veículo vibra ao ser utilizado sob alta velocidade em uma rodovia, aparentando

normalidade. O mesmo veículo sob as mesmas condições pode ser considerado problemático ao trafegar em baixa velocidade em área urbana. Tipos de técnicas adotadas nesta fase podem envolver inteligência artificial, reconhecimento de padrões, raciocínio automatizado e/ou baseado em regras.

- Nível 3 - Refinamento de Ameaças e Avaliação de impacto: Preocupa-se em projetar a situação corrente no futuro próximo para determinar o potencial impacto de ameaças associadas ao contexto. Ao monitorar ativos de domínio militar, seria possível determinar a autonomia de funcionamento dos mesmos sob condições antecipadas de operação, diretamente dependente da situação apresentada pelo nível 2, processando inferências sobre possíveis ameaças, cursos de ação e como mudanças de situação ocorrem baseadas em percepção. Técnicas para este nível envolvem simulações, previsões e modelagem.
- Nível 4 - Refinamento de Processos e Gestão de Recursos: Trata-se de um processo para gerenciar e endereçar outros processos. Especificamente, este nível busca observar o processo de fusão realizado pelos outros níveis e tenta melhorá-lo em algum aspecto, como por exemplo em precisão, tempo e especificidade, por intermédio do redirecionamento de sensores, fonte de informação e mudança de parâmetros e/ou técnica para uma mais apropriada para a situação, tipo de dado ou ativo. Envolve funções como modelagem de sensores, modelagem de redes de comunicação, medidas de performance e otimização de recursos.
- Nível 5 - Interação Humano-Computador e Refinamento Cognitivo: Preocupa-se com a determinação adaptativa de quem busca e quem acessa a informação, bem como com a obtenção adaptativa de dados e a consequente representação das informações produzidas, a fim de suportar a tomada de decisões cognitivas e ações. O nível 5 busca otimizar como a Fusão de Dados interage com um ou mais usuários humanos. Este nível procura ainda entender as necessidades dos usuários e responder às mesmas, visando priorizar itens importantes aos humanos que operam SFDs. Dentre as suas funcionalidades, estão inclusas funções para o uso de displays avançados, ferramentas de busca e de orientação via agentes inteligentes de software, preocupações cognitivas e fatores humanos, técnicas para colaboração e visualização, dentre outros. Adicionalmente, o nível 5 pode também incluir funções tradicionais de interface humano-computador (IHC), tais como a representação de dados, a identificação de comandos de entrada e o uso de interfaces pós-wimp como sonoras, hápticas (gestuais) e multimodais. Adicionalmente, o nível 5 do modelo JDL também deve promover técnicas para lidar com a tendência dos usuários em procurar evidências confirmatórias, através do destaque do raciocínio negativo, evitando que os

mesmos ignorem informação negativa.

2.3.2 Correspondência entre o Modelo JDL e o Modelo de Endsley

Na perspectiva de processo suportado pelo modelo JDL e revisões, é possível de se estabelecer uma relação de correspondência entre os níveis de fusão e o consolidado modelo de consciência situacional (SAW) de Endsley. Os níveis 1, 2 e 3 do modelo JDL e de revisões produzem e propagam artefatos que são considerados elementos fundamentais para que as etapas correspondentes de SAW sejam cumpridas. É possível afirmar que os níveis JDL produzem parte dos requisitos que os níveis SAW demandam para produzir o efeito desejado nos operadores humanos e que o modelo de SAW de Endsley foi justamente projetado para incluir o elemento humano no modelo JDL (Jones *et al.*, 2011).

Outras correspondências tornam-se evidentes, tais como a dependência do produto final em JDL para uma conclusão acerca da SAW. Semelhante ao JDL, o modelo de SAW considera a participação humana ao final do processo, à luz do modelo mental do humano para suportar o provimento de feedbacks para um novo e parametrizado ciclo. O modelo de Endsley é reativo a mudanças no ambiente e não pode originalmente ser controlado, apenas medido, para a construção de SAW. Mais ainda, não há intervenção entre as fases.

2.3.3 A Interação Humano-Computador no Processo de Fusão

Nesta seção, serão apresentadas questões referentes ao papel do humano frente à dinâmica do processo de fusão de dados e informações. Serão também apresentadas as diferentes perspectivas de atuação do humano frente às necessidades de sensoriamento, observação e processamento da informação, bem como sob a perspectiva de participante ativo como mediador e gestor da automação. Ao final desta seção, serão discutidos os desafios e perspectivas da atuação do humano no refinamento das informações provenientes do processo de fusão e mecanismos de suporte para sua intensificação.

2.3.3.1 Visão Geral da Participação Humana no Processo de Fusão

Tradicionalmente, os processos de fusão foram idealizados sob a perspectiva de Fusão de Informação de Baixo-Nível (*Low-Level Information Fusion - LLIF*), cujos processos funcionais automatizados limitavam-se a produzir estimativas de classificação, identificação e rastreamento de alvos.

Atualmente, há um grande interesse na utilização de sensores não físicos, como os humanos, para promover uma visão holística do mundo. Dentre tais sensores estão bancos de dados de entidades diversas que detêm dados do domínio de interesse, serviços advindos de redes de comunicação diversos (subsistemas ou World Wide Web) e computação em nuvem (COMINT), serviços de sensoriamento remoto por imagens (IMINT) e o uso da inteligência humana para a observação de um cenário (HUMINT), que incluem seu relato como fonte qualitativa de dados de forma direta ou indireta.

A informação HUMINT é sujeita a tendências, imprecisão e omissões. Interpretar e fundir esse tipo de informação requer a dedução de significado semântico que muitas vezes não pode ser inferido por funções automatizadas, requerendo a participação humana também na interpretação e uso da informação. Exemplos desses desafios incluem a interpretação de denúncias feitas por testemunhas ao reportar uma emergência a serviços de atendimento (Stampouli *et al.*, 2009).

Aliando o uso de sensores físicos e não físicos, SFDs podem combinar as diversas perspectivas de aquisição de informações para caracterizar indivíduos, grupos, populações e suas interações, possibilitando a incorporação de maiores e melhores subsídios para a consciência situacional (Hall e Jordan, 2010).

Na outra extremidade do processo, ao representar uma imagem da situação (resultados do processo de avaliação de situações) para a análise, discute-se o enquadramento e comportamento do operador frente à informação produzida por SFDs, cujas modalidades são retratadas em alguns dos modelos conhecidos para dar suporte ao processo.

Neste contexto, a comunidade passou a considerar questões referentes à Fusão de Informação em Alto-Nível (*High-Level Information Fusion - HLIF*), perspectiva de SFDs que considera humanos participativos na busca por padrões, relacionamentos e comportamentos de entidades inferidas por sensores físicos e não físicos, visando subsidiar inferências e decisões de alto-nível (Hall *et al.*, 2011).

Assim, oportunidades emergiram com a incorporação de questões referentes à interação humano-computador nos processos de fusão (especificamente no Nível 5 do modelo JDL e derivações). Desta maneira, o operador passou a ser retratado sob duas perspectivas: primeiramente como consumidor e processador de informações produzidas pela tecnologia de fusão e em seguida como agente de refinamento da informação, em conjunto com medidas automatizadas. A transformação de tal atuação do humano ao longo do tempo se dá em função da abrangência e intensidade da atuação do humano frente às funções de refinamento.

Nesta tese, defende-se a perspectiva de que SFDs devem extrapolar as abordagens atuais de atuação humana e extrair mais das capacidades de humanos e computadores para a criação de um refinamento híbrido, intimamente integrado e colaborativo entre tais entidades, orientado por questões referentes à qualidade da informação (ou parte da informação) inferida a cada etapa, capaz de obter, identificar e interpretar dados e informações de forma plena e dinâmica, minimizando obstáculos entre produtos de LLIF e HLIF.

2.3.4 Perspectivas de Atuação do Humano na Fusão de Dados e Informações

Além de consumirem a informação produzida ao longo do processo de fusão de dados e informações, o humano pode atuar sob as perspectivas de observadores que reportam sua perspectiva de mundo (fontes de informação), foco de observação ao longo do processo, quando seu status é relevante para a consciência situacional, e finalmente como parceiros cognitivos da automação, dividindo responsabilidades com os mecanismos internos à fusão.

A Figura 2.3 apresenta tais perspectivas e identifica em qual etapa do processo de fusão de dados pode ocorrer a atuação do humano (utilizando o modelo JDL como referência).

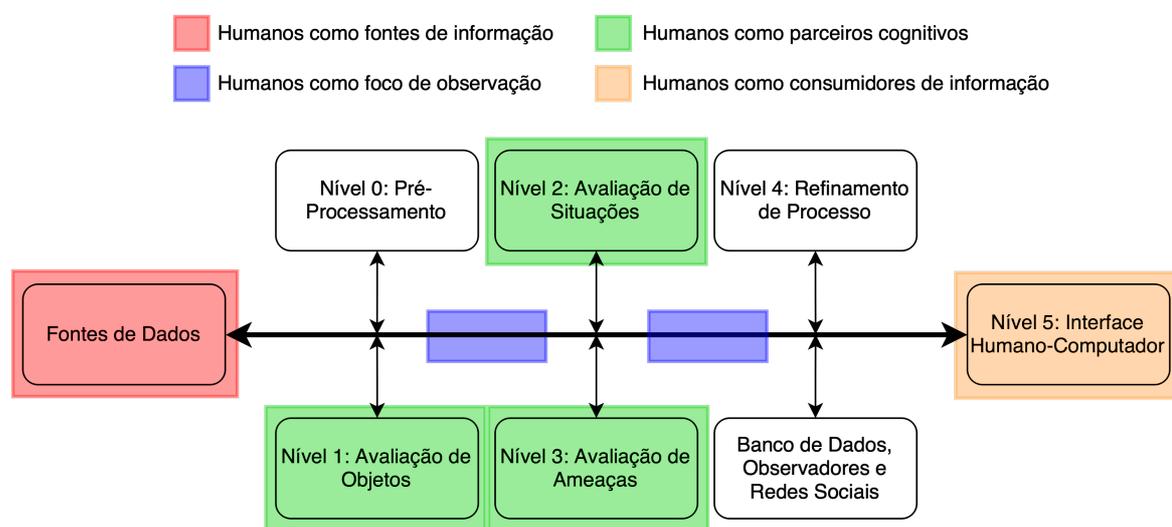


Figura 2.3: Processo de Fusão de Dados com as perspectivas de atuação do humano

Dados os diversos serviços WEB e portais de disseminação de informações, os sensores humanos, denominados soft-sensors, podem aumentar significativamente os dados obtidos de sensores tradicionais ao trabalhar em prol da reportagem ad-hoc da situação (Hall e Llinas, 2010).

Dessa maneira, humanos tornam-se repórteres em potencial e ajudam a compor uma solução integrada de sensores físicos e não físicos. A percepção e compreensão humana complementa

o que sensores físicos são incapazes de inferir, como intenções, motivações e outras grandezas que dependem de caracterização prévia e/ou contínua sobre entidades, cenários ou situações.

Além disso, há um grande desafio e interesse na localização, identidade e interação entre indivíduos e grupos (redes sociais). Identificar uma ameaça pode exigir muito mais do que a caracterização física das entidades - pode exigir a caracterização do panorama humano (*human landscape*), que é a relação entre pessoas envolvidas que se organizam em prol de uma atividade em comum (Llinas *et al.*, 2004).

Considerando que aplicações de monitoramento de pessoas, veículos, objetos e demais entidades apresentam cenários complexos de relações entre seus componentes, se desconsiderarmos avanços significativos em raciocínio automatizado via regras, scripts e lógica, ainda assim é desafiador para um computador equiparar habilidades semânticas dos humanos.

Pinker (2006) identificou que os humanos têm habilidades cognitivas a serem exploradas e que podem contribuir para o processo de análise da informação em SFDs, como a capacidade de reconhecer e associar contextos e de inferir significados não explícitos desconhecidos aos processos automatizados.

Usualmente, nesta perspectiva de processadores de informação, o humano inicia sua participação somente após a automação atingir seu limite de inferência, na tentativa de preencher uma lacuna deixada pelos SFDs no processo de avaliação de uma situação.

Para atuar como processador da informação, o humano depende de suas habilidades para o reconhecimento de padrões via processamento visual de sinais (*cues*) que encapsulam informações, processo que demanda a representação e gestão eficiente da informação produzida pelo SFDs (Blasch, 2013).

2.3.5 A Gestão da Qualidade de Informações nos Processos de Fusão de Informações

A fusão de informações utiliza uma grande quantidade e variedade de informação advinda de fontes de dados distribuídas e heterogêneas para produzir estimativas sobre objetos e obter conhecimento sob um domínio de interesse.

Um processamento bem sucedido de dados e informações de sensores físicos, dados históricos e inteligência humana demanda também compartilhamento, disseminação e cooperação de mais de um *stakeholder*, tais como diferentes agências governamentais e regulatórias.

Esses ambientes complexos demandam um sistema integrado homem-máquina, nos quais

alguns processos são melhores executados por máquinas, enquanto para outros o julgamento e condução humana por experts é crucial.

Processos automatizados ajudam o humano a inferir objetos, sua identidade e suas relações entre eles, bem como possíveis estados atuais e futuros do ambiente (situações) com probabilidades a eles associadas.

Por outro lado, humanos utilizam não somente os resultados dos processos automatizados para decidir ou agir, mas também sua experiência e observação para prover informações aos processos da máquina (ex: grau de confiança, hipóteses situacionais, argumentos e preferências).

A troca de informação em tempo real no sistema integrado homem-máquina é desafiadora devido ao fato de que dados e informações obtidas de observação e relatórios, produzidas por máquinas ou processos automatizados, são de qualidade variável, podendo não serem confiáveis, de baixa fidelidade, resolução insuficiente, contraditória e até redundante.

O sucesso da tomada de decisão em um ambiente humano-sistema, dirigido por fusão de dados, depende de estar consciente de que a informação é insuficiente e que há meios para compensá-la, a cada etapa de transformação ou troca de informação. É necessário mencionar que uma informação de entrada com qualidade não garante qualidade suficiente nas informações de saída do sistema.

Considerações sobre a qualidade exercem um papel importante cada vez que dados brutos são adquiridos (leituras de sensores, bancos de dados, inteligência humana) e entram no sistema, bem como quando a informação é transferida entre processos automatizados, entre os humanos e entre processos automatizados e humanos.

O tema de qualidade de dados e informações tem recebido atenção significativa em muitas áreas incluindo: comunicação, processos de negócios, computação pessoal, assistência médica e bancos de dados. Ao mesmo tempo, o problema de qualidade de informações em sistemas humano-sistema baseado em fusão para a tomada de decisões tem atraído pouca atenção.

A literatura apresenta principalmente preocupações com fusão de informações em construir um modelo de incertezas adequado sem prestar muita atenção ao problema de representar e incorporar outras características de qualidade em seus processos (Rogova e Bossé, 2010) (Foo e Ng, 2013) (Blasch *et al.*, 2013) (Laskey *et al.*, 2012) (Khaleghi *et al.*, 2013). Assim, há desafios de pesquisa relacionadas ao problema de qualidade da informação no desenvolvimento de sistemas baseados em fusão tais como:

- Como avaliar a qualidade de dados de entrada, bem como os resultados de processos

automatizados ou informações produzidas pelos usuários?

- Como combinar as características de qualidade em uma única medida de qualidade?
- Como compensar as deficiências das informações?
- Como a qualidade e suas características dependem do contexto do ambiente?
- Como a subjetividade afeta a qualidade da informação?

2.4 Considerações Finais

As novas demandas de ambientes informacionais dinâmicos motivaram discussões relacionados à qualidade de dados, informações e conhecimento. Sistemas de fusão de informações atualmente apresentam requisitos mais exigentes e se tornaram cada vez mais complexos, apresentando também a necessidade de incorporar a demanda por SAW (Endsley, 2012) (Turban *et al.*, 2005).

Neste contexto, a qualidade dos dados e informações produzidas por fontes tipicamente heterogêneas, passou a ser considerada como agente de grande influência sobre a eficácia e eficiência de tais sistemas. Autores afirmam que dados e informações de qualidade limitada impactam na satisfação do usuário, aumentam os custos de operação e podem comprometer a tomada de decisão (English, 2009).

Adicionalmente, considera-se que a qualidade de dados e informações reflete no nível de confiança que um usuário detém sobre um sistema em particular. Desta maneira, quando um sistema não apresenta informações sobre o seu nível de confiança em uma informação inferida (ou parte de informação), os usuários tendem a ser mais cautelosos ao raciocinar e atuar sobre o mesmo. Adicionalmente, toda vez que um sistema de informação infere ou transforma dados ou informações, em qualquer um de seus níveis ou funções, usuários precisam ser informados sobre o nível de confiança do sistema em seus resultados, sob o risco do descarte completo ou parcial de seus produtos (Todoran *et al.*, 2015).

Considerando a evolução crescente da complexidade dos sistemas de fusão, o processo de avaliação da qualidade de dados e informações deve também ter a habilidade de evoluir e suportar tal dinâmica. Entretanto, há um desafio em se estabelecer meios para a operacionalização e padronização de critérios e medidas para avaliar dados e informações, uma vez que a existe ambiguidade nas definições.

Neste Capítulo foram apresentados os conceitos de SAW e de Fusão de Dados, bem como a influência da qualidade de dados e informações para a obtenção de SAW. Também foram apresentadas as perspectivas de interação humano-computador no contexto de fusão de dados e informações.

No Capítulo 3 será apresentado o Estado da Arte quanto às abordagens para gestão da qualidade de dados e informações, apresentando e discutindo as principais metodologias para revelar, avaliar, representar ou mitigar limitações de qualidade em dados e informações. Adicionalmente, será apresentado o Estado da Arte em modelos de fusão de dados e informações. Serão discutidos e analisados os modelos mais citados, em relação à inclusão do humano no processo e também quanto à dinâmica de sua atuação. Finalmente, tais modelos serão verificados quanto à sua aderência aos principais desafios da área.

Capítulo 3

ESTADO DA ARTE EM METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA INFORMAÇÃO E MODELOS DE FUSÃO COM PARTICIPAÇÃO HUMANA

Neste Capítulo será apresentado o Estado da Arte das áreas que compõem os pilares da presente tese: metodologias para a avaliação da qualidade de dados e informações e modelos de fusão de dados ou informações que incluem o humano como parte integrante do processo de inferência.

3.1 Abordagens de Avaliação e Gestão da Qualidade de Dados e Informações

O gerenciamento da qualidade de dados e informações refere-se ao estabelecimento e definição de papéis, responsabilidades, políticas e procedimentos relacionados à aquisição, manutenção, representação e disseminação de dados e informações, de tal forma que a partir de uma entrada de informação e de um dado contexto da aplicação, é definido um processo racional para medir, representar e até melhorar a qualidade de dados e informações (Batini *et al.*, 2009).

A literatura registra que não há um padrão definido para especificar os processos de gestão da qualidade de dados e informações (De Amicis e Batini, 2004) (Matheus *et al.*, 2003) (Rogova e Bossé, 2010).

Esta seção descreve as principais metodologias para a gestão da qualidade de dados e informações de propósito geral e metodologias dedicadas à gestão da qualidade em ambien-

tes de tomada de decisão.

3.1.1 Metodologias de Gestão da Qualidade de Dados e Informações de Propósito Geral

Por ser o trabalho com o maior número de citações neste contexto, a *Total Data Quality Management* (TDQM) (Wang, 1998) estabelece os fundamentos para a pesquisa e desenvolvimento de aplicações em diversas áreas que empregam a avaliação da qualidade de dados. O TDQM tem quatro fases: Definição, Medição, Análise e Melhoria. Essas fases são executadas iterativamente, em um ciclo contínuo.

Já a *Data Quality Assessment Methodology* (DQA) foi uma das primeiras metodologias a identificar métricas gerais de qualidade de dados e informações (Pipino *et al.*, 2002).

A *Comprehensive Methodology for Data Quality Management* (CDQ) objetiva ser completa, flexível e simples de aplicar, integrando técnicas e ferramentas atuais em um *framework* que pode ser aplicado a todos os tipos de dados estruturados, semi-estruturados e não estruturados (Batini e Scannapieco, 2006).

Algumas das metodologias atendem domínios específicos, como é o caso da *Methodology for the Quality Assessment of Financial Data* (QAFD) e da *Data Quality in Cooperative Information Systems* (DaQuinCIS), voltados para dados da área financeira (Scannapieco *et al.*, 2004).

A *Cost-effect Of Low Data Quality* (COLDQ), focaliza mais fortemente em aspectos mais específicos de custo/efeito/benefício (Loshin, 2001). Já a *Methodology for Information Quality Assessment* (AIMQ), objetiva desempenho (Lee *et al.*, 2002).

A *Activity-based Measuring and Evaluating of Product Information Quality* (AMEQ) foca na qualidade de dados em empresas de manufatura, porém diferentemente do TDQM que objetiva dado como produto, a AMEQ foca na informação como produto (Su e Jin, 2006).

Metodologia como a do *Instituto Nazionale di Statistica* (ISTAT), criada pela agência nacional italiana de censo, focaliza em dados mais comuns aos níveis administrativos central, regional e periferia e também em normas correspondentes (Falorsi *et al.*, 2003).

Já a *Canadian Institute for Health Information Methodology* (CIHI), centrada em dados da área da saúde, prioriza o tamanho e heterogeneidade de bases de dados, considerando para isso, uma grande quantidade de critérios de qualidade (Long e Seko, 2005).

As metodologias *Data Warehouse Quality Methodology* (DWQ) e *Total Information Qua-*

lity Management (TIQM) apoiam projetos de *data warehouse* (Jeusfeld *et al.*, 1998) (English, 1999).

3.1.2 Metodologias de Gestão da Qualidade de Dados para Apoiar a Tomada de Decisão

Abordagens como as de Xu (2009) e de Bowen (1993) lidam com a qualidade dos dados no domínio de sistemas de informação contábeis e de gestão de investimentos (AIS) (Batini *et al.*, 2009).

Tee *et al.* (2007) apresentaram um estudo de caso recente utilizando entrevistas e *surveys*, e examinaram os fatores que influenciam o nível de qualidade de dados dentro de uma organização. Muitas outras abordagens também apresentaram soluções para este domínio crítico em particular (Umble *et al.*, 2003)(Haug *et al.*, 2011)(Grabski *et al.*, 2011).

Considerando metodologias para sistemas de gerenciamento de emergências, em seu trabalho, O'Brien e Marakas (2004), objetivaram redefinir as dimensões de qualidade de dados requeridas para sistemas de informação críticos em três principais dimensões: conteúdo, tempo e forma. Dentre os atributos de qualidade estão: prontidão, aceitação, frequência, periodicidade, acurácia, relevância, completude, concisão, amplitude, desempenho, clareza, detalhe, finalidade, apresentação e mídia.

Laudon (1986) tratou a qualidade da informação em registros criminais dos Estados Unidos da America, a serem utilizados em sistemas de resposta a emergências. Os autores afirmam que metodologias específicas não foram estabelecidas para a análise de tais registros e pouco esforço foi dedicado para definir os níveis de qualidade para os mesmos. As dimensões de qualidade foram definidas baseando-se em pesquisas e entrevistas realizadas pelos autores com mais de 100 equipes do sistema criminal federal.

O sistema de registros criminais do Departamento de Estatísticas Judiciais (Bureau of Justice Statistics, 1992) aplicou uma metodologia de avaliação de completude e precisão dos dados de histórico criminal, produzindo informação qualificada para ambos repositórios estadual e federal, para uso de sistemas de resposta a emergências.

O *Uniform Criminal Records* (UCR) (Koudas, 2006), departamento do FBI que busca centralizar registros criminais, desenvolveu uma metodologia para garantir a qualidade de dados em registros criminais através da revisão de registros criminais utilizando a seguinte rotina: entrevistas com colaboradores administrativos para garantir que os padrões de qualidade definidos pela UCR foram seguidos; e revisão dos incidentes selecionados como amostras para saber se

os padrões e definições foram corretamente aplicados, baseando-se nas dimensões de precisão e na existência de registros e relatos de tal incidente.

A Tabela 3.1 apresenta estas e outras metodologias para a gestão da qualidade de dados e informações.

Tabela 3.1: Metodologias de qualidade do dado (Traduzido e adaptado de Batini *et al.*, 2009)

Nome da metodologia	Referência
Total Data Quality Management - TDQM	Wang, 1998
The Datawarehouse Quality Methodology - DWQ	Jeusfeld <i>et al.</i> , 1998
Methodology for Organizational Data Assessment	Bobrowski <i>et al.</i> , 1999
Total Information Quality Management - TIQM	English, 1999
Loshin Methodology (Cost-effect Of Low Data Quality) - COLDQ	Loshin, 2001
Methodology to Assess and Monitor the Data Quality State	Yang, 2002
A Methodology for Information Quality Assessment - AIMQ	Lee <i>et al.</i> , 2002
Data Quality Assessment - DQA	Pipino <i>et al.</i> , 2002
Information Quality Measurement - IQM	Eppler e Müzenmaier, 2002
ISTAT methodology	Falorsi <i>et al.</i> , 2003
Data Quality in Cooperative Information Systems - Da-QuinCIS	Scannapieco <i>et al.</i> , 2004
Methodology for the Quality Assessment of Financial Data - QAFD	De Amicis e Batini, 2004
Canadian Institute for Health Information methodology - CIHI	Long e Seko, 2005
Activity-based Measuring and Evaluating of product information Quality (AMEQ) methodology	Su e Jin, 2006
Comprehensive Methodology for Data Quality management - CDQ	Batini e Scannapieco, 2006
International Organization for Standardization (ISO) standard on Data Quality - ISO 8000	ISO8000, 2009
Methodology to Assess and Improve Data Management in Organizations	Batini <i>et al.</i> , 2009
Study to measure the quality of attention engagement	Kim <i>et al.</i> , 2014

3.1.3 Dimensões de Qualidade de Dados e Informações

Existem múltiplas visões quanto à classificação das dimensões de qualidade da informação e metodologias de suporte à sua inferência, gerando diferentes ontologias para identificar atributos, classifica-las em categorias abrangentes e determinar relações (Khaleghi *et al.*, 2013).

Estas dimensões devem ser consideradas em relação a objetivos específicos do usuário e de sistemas, metas e funções em um contexto específico.

Wang *et al.* (1996) categorizaram os atributos das dimensões de qualidade para aplicações críticas em quatro classes principais (intrínseca, contextual, representacional e acessibilidade) sendo:

- Qualidade de dados intrínseca: implica em garantir a credibilidade e reputação do dado, considerando os atributos precisão e objetividade;
- Contextual: formada pelos atributos que deveriam ser considerados e avaliados de acordo com o contexto da tarefa a ser realizada, utilizando os atributos: valor agregado, relevância, atualidade, completude e quantidade apropriada de dados;
- Representação: são atributos definidos de acordo com aspectos relacionados à forma (ex: concisão e representação) e o significado no entendimento e interpretação de tais dados;
- Acessibilidade: refere-se à disponibilidade e facilidade de acesso à informação.

De acordo com Helfert (2001), três categorias foram enumeradas: pragmática, semântica e de sintaxe, enquanto que em (Bovee *et al.*, 2003), integridade, acessibilidade, interpretabilidade e relevância foram as dimensões empregadas.

Segundo Smets (1997), a informação imperfeita, uma subcategoria de qualidade de informação, foi classificada em 2 categorias gerais: incerteza e imprecisão. Ao mesmo tempo não há um entendimento claro de quais dimensões definem a qualidade da informação, na perspectiva de um processo de fusão de informações, e como estas diferentes dimensões se relacionam.

Neste contexto, Rogova e Bossé (2010) desenvolveram uma ontologia de qualidade de informações, dividida em três categorias: qualidade da fonte de dados, qualidade do conteúdo da informação e qualidade da representação.

A Tabela 3.2 apresenta as diferentes metodologias e as dimensões de qualidade de dados e informações que as mesmas contemplam.

Segundo Batini *et al.* (2009), o domínio de aplicação das dimensões influencia na forma com que cada uma delas é calculada, determinando métricas de qualidade específicas.

Tabela 3.2: Metodologias de gestão da qualidade do dado e dimensões associadas (Traduzido e adaptado de Batini *et al.*, 2009)

Metodologia	Dimensões Associadas
TDQM	Acessibilidade, Adequabilidade, Crença, Integralidade, Concisão, Facilidade de operações, Valor adicionado, Representação consistente, Interpretabilidade, Objetividade, Relevância, Reputação, Segurança, Pontualidade, Compreensibilidade
ISO8000	Acurácia (sintática e semântica), Proveniência, Integralidade e Certificação
DWQ	Representação consistente, Integralidade, Minimalismo, Rastreabilidade, Interpretabilidade, Evolução do Metadado, Acessibilidade (Sistema, Transacional, Segurança), Utilidade (Interpretabilidade), Pontualidade (Atualidade, Volatilidade), Responsividade, Credibilidade, Acurácia, Consistência
TIQM	Dimensões inerentes: Consistência (Conformidade de definição), Integralidade, Conformidade com regras de negócio, Acurácia (sintática e semântica), Precisão, Duplicação, Equivalência de dados redundantes, Concorrência de dados redundantes, Dimensões Pragmáticas: Acessibilidade, Pontualidade, Clareza contextual, Integridade de derivação, Usabilidade, Retidão (fato de Integralidade), Custo.
AIMQ	Acessibilidade, Adequação, Crença, Integralidade, Representação concisa, Facilidade de operação, Livre de erros, Interpretabilidade, Objetividade, Relevância, Reputação, Segurança, Pontualidade, Compreensibilidade.
CIHI	Acurácia, Capacidade de comparação de pontualidade, Usabilidade, Características de Relevância : Sobrecobertura, Subcobertura, Variância de resposta simples/correlata, Confiabilidade, Coleção e captura, Sem resposta de Unidade/Item, Edição e imputação, Processamento, Estimação, Pontualidade, Capacidade de compreensão, Integração, Padronização, Equivalência, Capacidade de ligação, Comparação de Produto/Histórico, Acessibilidade, Documentação, Interpretabilidade, Adaptabilidade, Valor.
DQA	Acessibilidade, Quantidade apropriada de dado, Crença, Integralidade, Livre de erros, Consistência, Representação concisa, Relevância, Facilidade de manipulação, Interpretabilidade, Objetividade, Reputação, Segurança, Pontualidade, Compreensibilidade, Valor agregado.

Continuação

Metodologia	Dimensões Associadas
IQM	Acessibilidade, Consistência, Pontualidade, Concisão, Capacidade de manutenção, Atualidade, Aplicabilidade, Conveniência, Velocidade, Capacidade de compreensão, Clareza, Acurácia, Rastreável, Segurança, Correto, Interatividade.
ISTAT	Acurácia, Integralidade, Consistência
AMEQ	Representação consistente, Interpretabilidade, Caso de entendimento, Representação concisa, Pontualidade, Integralidade Valor agregado, Relevância, Adequação, Significância, Ausência de confusão, Disposição, Legível, Capacidade de raciocínio, Precisão, Confiabilidade, Livre de vícios, Deficiência do dado, Deficiência do projeto, Operação, Deficiências, Acurácia, Custo, Objetividade, Crença, Reputação, Acessibilidade, Correto, Ambiguidade, Consistência
CDQ	Esquema: Correto em relação ao modelo, Correto em relação aos Requisitos, Integralidade, Pertinência, Legibilidade, Normalização, Dado: Acurácia Semântica/Sintática, Integralidade, Consistência, Atualidade, Pontualidade, Volatilidade, Integralidade, Reputação, Acessibilidade, Custo.
DaQuinCIS	Acurácia, Integralidade, Consistência, Atualidade, Confiabilidade
COLDQ	Esquema: Clareza de definição, Capacidade de compreensão, Flexibilidade, Robustez, Essencialidade, Granularidade do atributo, Precisão de domínios, Homogeneidade, Capacidade de identificação, Capacidade de obtenção, Relevância, Simplicidade/Complexidade, Consistência Semântica, Consistência Sintática. Dado: Acurácia, Valores nulos, Integralidade, Consistência, Atualidade, Pontualidade, Acordo de utilização, Mordomia, Ubiquidade, Apresentação: Adequação, Interpretação correta, Flexibilidade, Precisão do formato, Portabilidade, Consistência, Uso de armazenamento, Política de informação: Acessibilidade, Metadado, Privacidade, Segurança, Redundância, Custo.
QAFD	Acurácia Semântica/Sintática, Consistência Interna/Externa, Integralidade, Atualidade, Exclusividade.

3.1.4 Considerações Sobre Abordagens de Gestão da Qualidade de Dados e Informações

De forma geral, a qualidade influencia diretamente o processo de SAW do operador humano, pois tal processo cognitivo é desencadeado com base nas informações providas por tais sistemas. Quando o sistema revela informações imperfeitas, sua qualidade afeta a aquisição e a manutenção de SAW, e conseqüentemente o modelo mental do operador humano.

Um importante aspecto para a avaliação da qualidade de dados e informações é a participação do humano no processo. Algumas metodologias como as de De Amicis e Batini (2004) e de Batini (2009), utilizam o conhecimento humano em suas fases fundamentais, como por exemplo na definição dos requisitos e procedimentos para a melhoria da qualidade da informação. Tais contribuições apresentaram em sua metodologia uma etapa de análise subjetiva realizada por usuários experientes em suas respectivas áreas de atuação, utilizando questionários, entrevistas e pesquisa de campo.

Estas últimas metodologias serviram de inspiração para a concepção das fases e processos desta tese, que envolvem a avaliação da qualidade das informações, em aderência às particularidades do modelo de fusão de dados e informações proposto no Capítulo 4, o qual explora integralmente a participação do operador, orientado por questões de qualidade de informações.

Faz-se necessário destacar também que as metodologias relacionadas na literatura que buscam avaliar a qualidade dos dados e informações e que tem alguma relação com o domínio de gerenciamento ambientes críticos, além de serem muito específicas para propósitos particulares, empregam seus métodos após um evento ter emergido, ou seja, no momento do relato sobre uma emergência para serviços de atendimento. Uma abordagem preventiva ajudaria a melhorar tais sistemas em evitar a propagação de dados de baixa qualidade no sistema.

Na próxima seção será apresentado o Estado da Arte em modelos de fusão de dados ou informações, com suporte à participação humana em seus processos.

3.2 Modelos de Fusão de Dados ou Informações com Suporte à Participação Humana no Processo

Nesta seção serão apresentados e discutidos os principais modelos que retratam a atuação do humano durante o processo de Fusão de Dados ou Informações, em diferentes níveis funcionais e em formas e intensidade variadas, destacando suas características, benefícios e limitações. Em seguida, são discutidos os principais panoramas de participação humana no processo de fusão,

apontando os desafios e oportunidades de intensificação desta relação.

3.2.1 Modelos com Participação Humana Limitada ou Passiva

Anos antes da formalização do modelo JDL de fusão de dados, Lou and Kay (1988), Schoess e Castore (1988) e Thomopoulos (1989) apresentaram funções de Fusão de Dados organizadas em forma de processo. Em tais modelos, funções foram combinadas de forma hierárquica para melhorar a qualidade da informação produzida. Os níveis de fusão também foram considerados como tratadores de sinal, processamento de evidências e análise da dinâmica dos cenários, suportadas por modelos matemáticos. Nestes modelos, evidentemente, como precederam o modelo JDL e revisões, ainda não há indícios de envolvimento humano no processo.

Faz-se necessário considerar que os primeiros modelos de fusão de dados, desenvolvidos nos anos 1980 e adotados ao longo dos anos 1990, apenas consideravam o humano como consumidor da informação, o qual avaliava mentalmente os resultados do processo de fusão e decidia por uma ação específica do domínio, como é o caso do modelo JDL revisado por Steinberg *et al.* (1991, 1998, 1999).

Nos anos 2000, modelos como o Ciclo de Inteligência (Gad e Farooq, 2002) e o Ciclo de Controle de Boyd (Plehn, 2000), também chamado de OODA, muito aceitos por militares tomadores de decisão, incorporam o humano como elemento presente no ciclo. Entretanto, a atuação dos humanos em tais modelos é implícita, discreta e abstraída em seu processo de análise. Seu papel é reservado ao processamento e decisão, sem especificar como suas ações são desempenhadas.

Os principais modelos que incluem o humano no processo, mesmo que de forma limitada, são descritos nesta seção.

3.2.1.1 Modelo Waterfall

No mesmo ano das primeiras revisões de Steinberg *et al.* sobre o modelo JDL, Markin *et al.* (1998) apresentaram o modelo Waterfall, o qual consistia em três níveis de representação: Nível 1 (sensoriamento e processamento de sinais), com funções de transformação de dados crus com base em modelos e análises experimentais; Nível 2 (extração de atributos e processamento de padrões) a fim de reduzir a dimensionalidade dos dados e maximizar a informação entregue, extração de atributos e fusão para produzir uma lista de estimativas e probabilidades associadas (e crenças) o qual produz um nível simbólico de inferência de dados; e Nível 3, no qual relacionamentos entre objetos e eventos são estabelecidos.

Com base no repositório de informações e interação humana, possíveis rotas e ações são estabelecidas. O foco reside no processamento das informações de baixo nível. A falta de uma descrição explícita dos *feedbacks* é a maior limitação deste modelo. Não há qualquer forma explícita de representar, avaliar ou mitigar incertezas. O refinamento se dá à partir do recomeço do processo, de forma semelhante ao homônimo modelo de Engenharia de Software.

A participação humana é o elo de ligação entre os níveis 3 e 1 a fim de se estabelecer um ciclo interativo, ou seja, à partir dos resultados finais sobre situações inferidas, o humano pode reiniciar o ciclo com novos e melhorados parâmetros de aquisição. Semelhante ao *Visual Data Fusion Model*, não há a possibilidade de atuação direta nas funções de processamento da informação.

A falta de uma descrição explícita dos *feedbacks* ao usuário é a maior limitação deste modelo. Não há qualquer forma explícita de representar, avaliar ou mitigar limitações de qualidade. A Figura 3.1 mostra o modelo Waterfall.

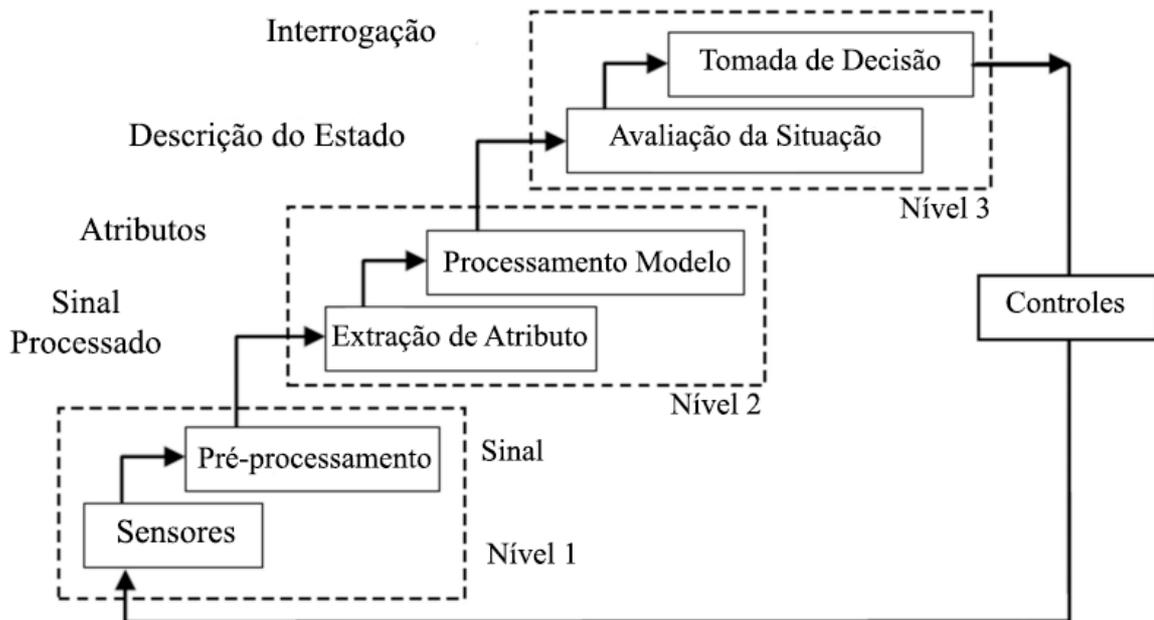


Figura 3.1: Modelo Waterfall de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Markin *et al.*, 1998)

3.2.1.2 Modelo Trip

O modelo Trip (Hall e MacMullen, 2004) (Liggins *et al.*, 2009) (Fabian e Blasch, 2002) foi desenvolvido com o propósito de entender a transformação das necessidades de informação para a associação de sensores e tarefas.

Dentre as características do modelo têm-se a descrição do processo de tarefas de aquisição à partir dos requisitos; a tentativa de compreensão de relacionamentos entre coleções de dados adquiridos e o processo de estimação; entender onde a inserção do humano é requerida. A principal característica do modelo é a conexão entre informações de requisitos do usuário e a aquisição da informação, configurando-se também como sua grande limitação.

O modelo Trip busca também descrever como a dinâmica de processos internos e externos interagem para enriquecer a inteligência do sistema. Entretanto, da mesma forma que o modelo Waterfall, o modelo Trip negligencia questões referentes à qualidade da informação. A Figura 3.2 mostra o modelo TRIP.

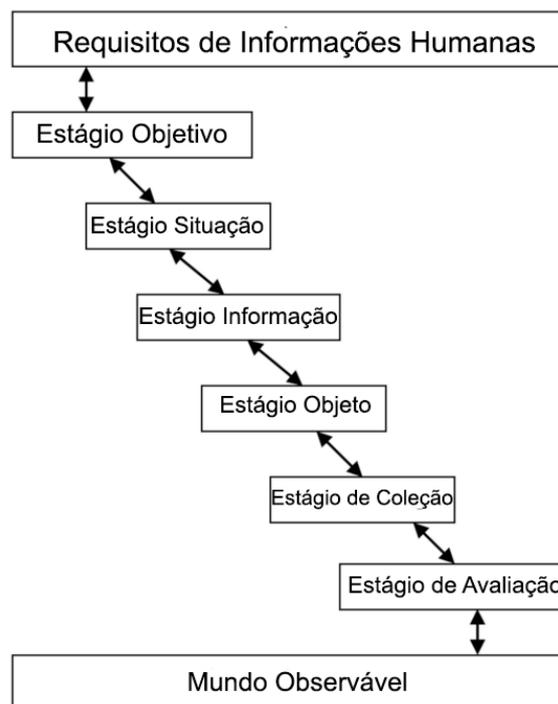


Figura 3.2: Modelo Trip de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Liggins *et al.*, 2009)

3.2.1.3 Modelo Visual de Fusão de Dados

Karakowski (1998) propôs uma extensão do modelo JDL com o humano participante de maneira integral, denominado *Visual Data Fusion Model* (modelo visual de fusão de dados). Seu modelo promove a maximização de informações relevantes com o mínimo mostrado ao usuário, a habilidade de prover consultas sofisticadas como forma de melhorar a informação mostrada a todo tipo de usuário e uma abordagem dirigida pelo problema, relacionadas às necessidades do usuário. Nesta abordagem o humano é o participante central da fusão de informações em um processo de solução de problemas criativo.

A informação derivada do processo de fusão visualizada pelo humano é primariamente utilizada para ajuda-lo a ganhar uma melhor percepção. Foi a primeira abordagem a utilizar visualização de informações para minimizar as informações requeridas pelos humanos para resolver problemas, visando a consciência situacional. Nesta abordagem os humanos são ativos para adquirir SAW e podem buscar a melhoria da informação, ou refinamento do informação representada, diretamente.

Entretanto, o modelo limita-se a promover a interação do humano somente em nível de representação gráfica e em nível de sensores, ou seja, o operador tem a possibilidade de interferir em como a informação é codificada em visualizações e decidir qual a melhor representação acomoda seus objetivos quanto à consciência situacional. Adicionalmente, o mesmo pode interferir somente na escolha das fontes de dados quando encontra-se sob incerteza, não participando ativamente do processamento da informação.

Apesar do modelo de Karakowski (1998) apresentar uma solução centrada no humano e dirigida pelo problema, esta abordagem considera a qualidade da informação apenas de maneira implícita, ou seja, apesar de reconhecer a presença da incerteza, não é exposto em seu processo como representar ou gerir a qualidade da informação como se esta fosse um atributo ou metadado. A Figura 3.3 mostra o Modelo Visual de Fusão de Dados.

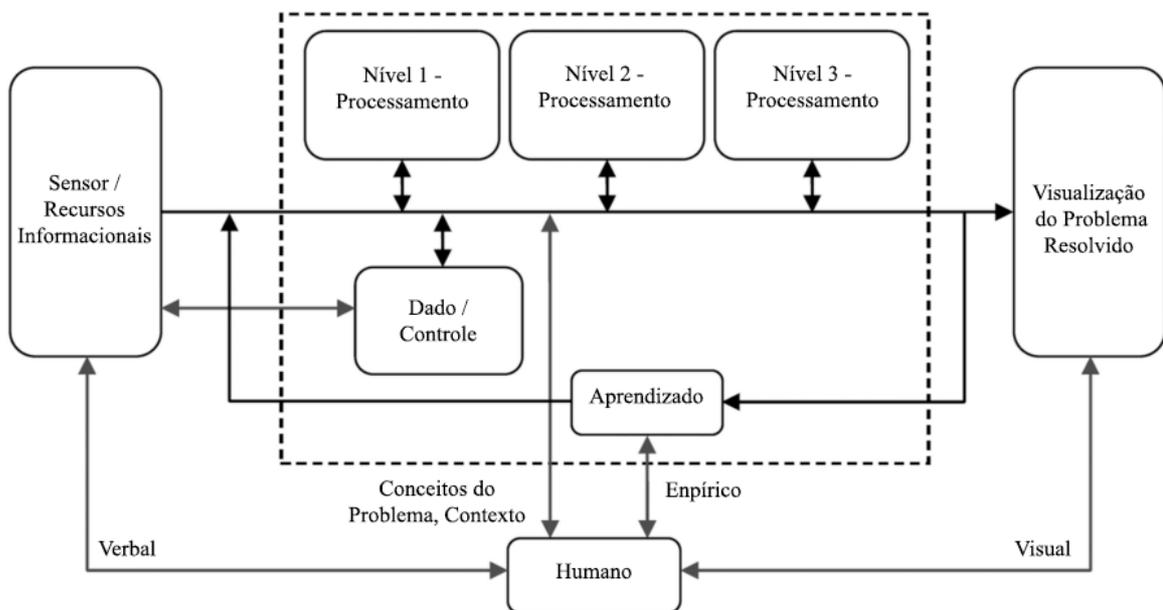


Figura 3.3: Modelo Visual de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Karakowski,1998)

3.2.1.4 Modelo JDL + Modelo SAW

Salerno *et al.* (2004) desenvolveram um modelo que combina os modelos de consciência situacional de Endsley, apresentado no Capítulo 2, e o modelo JDL de fusão de dados de Steinberg(1998). Utilizando um display, o operador humano é capaz de: (1) construir e editar um modelo de inferências (protocolo para comparação de resultado desejado versus resultado obtido); (2) ativar ou desativar modelos existentes; e (3) visualizar modelos ativos ou quaisquer evidências associadas ao modelo ao longo do tempo (descarte de parte de informação).

Diferentes modelos políticos, militares, econômicos, sociais, de infraestrutura e de informação podem ser acessados e ter o resultado publicado (ou via subscrição) para suportar SAW. A chave para a avaliação da situação com este modelo é o uso de representação semântica de conhecimento.

Em nível de Percepção, há a possibilidade de instanciar modelos de coleta e conversão de dados. Muitas vezes o humano atua também na extração manual de dados quando a inferência manual é dificultada pelas restrições tecnológicas (ex: relato textual à partir de observação de imagem). Em nível de compreensão há a necessidade do uso de modelos de análise de evidências e de elucidação de conhecimento, a fim de comparar as novas evidências com conhecimento consolidado. Entre os dois níveis de SAW, há uma preocupação com o armazenamento de evidências, visando compor um banco de dados de informações situacionais.

A abordagem de atuação do humano no processo limita-se à escolha dos modelos que o operador julga apropriados para cada momento do processo como uma forma de alinhar os dados aos requisitos. Da mesma forma que as demais variantes do modelo JDL, este modelo baseia-se nos resultados obtidos ao final de cada ciclo de inferência, não permitindo questionamentos, análise detalhada ou acompanhamento da evolução da informação.

Embora haja uma contribuição quanto à determinação da relevância para atingir a consciência situacional, não há qualquer definição de abordagens para a gestão da informação, caso a mesma não seja relevante ou ações que contribuam para a melhoria da qualidade da informação. Adicionalmente, não há espaço para a subjetividade humana na determinação do refinamento do processo.

A Figura 3.4 mostra o modelo JDL+SAW de Salerno, combinando as estruturas do modelo JDL e do modelo de SAW.

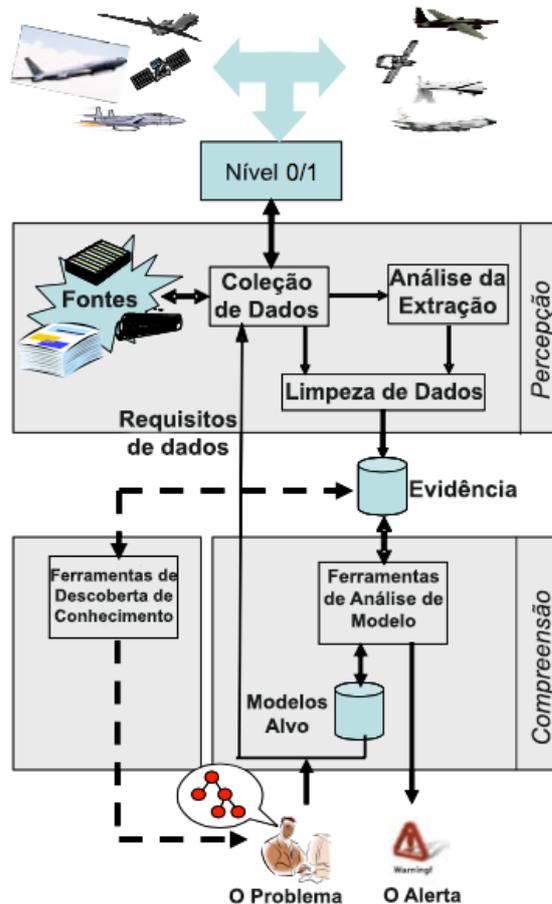


Figura 3.4: Modelo JDL+SAW de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Salerno *et al.*, 2004)

3.2.1.5 Modelo Omnibus

O modelo Omnibus (Bedworth e O'Brien, 2000) é a unificação dos modelos JDL, OODA, ciclo de Inteligência, modelo Desarathy e Waterfall. Tem feedback explícito, incorpora o conceito de "loop dentro de loop", estrutura cíclica do OODA, fidelidade de representação do Waterfall e indicação explícita no processo dos momentos da possível atuação da fusão de dados. A Figura 3.5 mostra o modelo Omnibus.

Embora incorpore as qualidades dos modelos anteriores, o modelo Omnibus abstrai que tipo de *feedback* é possível especificar à partir da etapa de controle (também conhecida como a etapa de Ação - ACT). Adicionalmente, o controle por usuários é restrito também à gestão do sensoriamento acoplado ao modelo.

Adicionalmente, neste modelo, as questões referentes à gestão e avaliação da qualidade são consideradas de forma implícita.

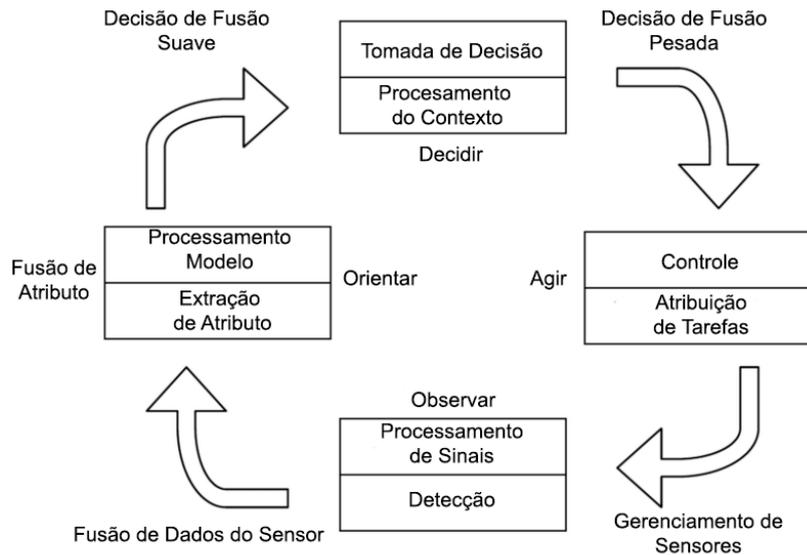


Figura 3.5: Modelo Omnibus de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Bedworth e O'Brien, 2000)

3.2.1.6 Modelo para Mapeamento de Fontes Humanas

Hall *et al.* (2011) desenvolveram um modelo de fusão de dados para uma a caracterização, modelagem e emprego das fontes de dados de inteligência humana (HUMINT) no processo de inferência. Sua abordagem de processo de fusão busca acomodar aspectos particulares de entradas baseadas em relatos humanos e na extração de conhecimento de observadores humanos. Além disso o modelo busca integrar técnicas para a fusão de dados de sensores físicos (*hard-sensors*) com dados de sensores humanos (*soft-sensors*), além contribuir para o mapeamento de incertezas em probabilidades e representações formais, visando lidar com a problemática referente à aquisição de observações humanas sob fatores humanos limitantes, como o stress.

O grande desafio, segundo os autores, foi desenvolver uma abordagem na qual os erros provenientes de observação e pre-processamento pudessem ser caracterizados e então empregados para o design do processo de fusão.

Metodologicamente, as seguintes etapas foram realizadas para a geração de tal modelo: a revisão e consolidação de um conceito de fusão de informações centradas no humano, extensiva revisão sobre sensoriamento participativo, desenvolvimento de *framework* e identificação de algoritmos para a fusão de dados de *hard-sensors*¹ e *soft-sensors*², extensiva revisão de técnicas de modelagem para a representação do comportamento humano, experimentos centrados no humano focando na elucitação de conhecimento, determinação de técnicas de avaliação de fusão

¹ Sensores físicos, como magnetômetros, acelerômetros, barômetros, etc.

² Sensores humanos, os quais reportam suas observações do meio físico.

de dados de *hard-sensors* e *soft-sensors*, e a análise do impacto do emprego de dados de redes sociais no processo.

Uma questão crítica abordada pelo modelo de Hall *et al.* (2011), foi decidir como o processo deve representar e quantificar a confiança nos dados *soft* e também como incorporar entradas que um observador humano pode prover, como a avaliação de relacionamentos entre entidades, julgamentos de vários tipos e estimativas de estados emocionais, frente à complexidade dos conteúdos informacionais a serem representados em linguagem natural.

Desta maneira, os fundamentos do modelo de Hall *et al.* (2011) são:

A condução do processo completo de fusão de dados *hard* e *soft* é baseada em três fluxos básicos:

- A parte inicial, referente ao processamento de relatos humanos, com funções para a formulação de mensagens, desambiguação de palavras, filtragem automática, caracterização das fontes e elucidação de conhecimento;
- A parte central, que remete um processo típico para a obtenção de dados de sensores físicos, incluindo funções de condicionamento de sinal, extração de atributos, normalização e associação entre fontes de dados;
- A parte final, a qual envolve processos para endereçar informações da web, utilizando funções de engines dedicadas a observar dados textuais da internet.

Ao final dos processos, busca-se realizar a fusão de cada parte de informação produzida, já em nível de atributo, embora os próprios autores reconheçam a dificuldade de modelar tal problema, considerando limitações referentes à imprevisibilidade e à dificuldade em mapear as incertezas que podem variar entre fontes *hard* e *soft*.

A participação do humano, neste processo de fusão, restringe-se às fases de aquisição de dados, ou seja, o humano atua apenas como fonte de dados ao observar o ambiente e reportar uma situação.

Embora haja uma preocupação latente com as incertezas, introduzidas pela inserção dos relatos humanos, não é especificado no processo como tal incerteza é quantificada e em qual momento do processo, já que não há uma fase ou transição de funções dedicadas a este fim.

A Figura 3.6 apresenta o modelo para o mapeamento de fontes humanas de Hall *et al.* (2011).

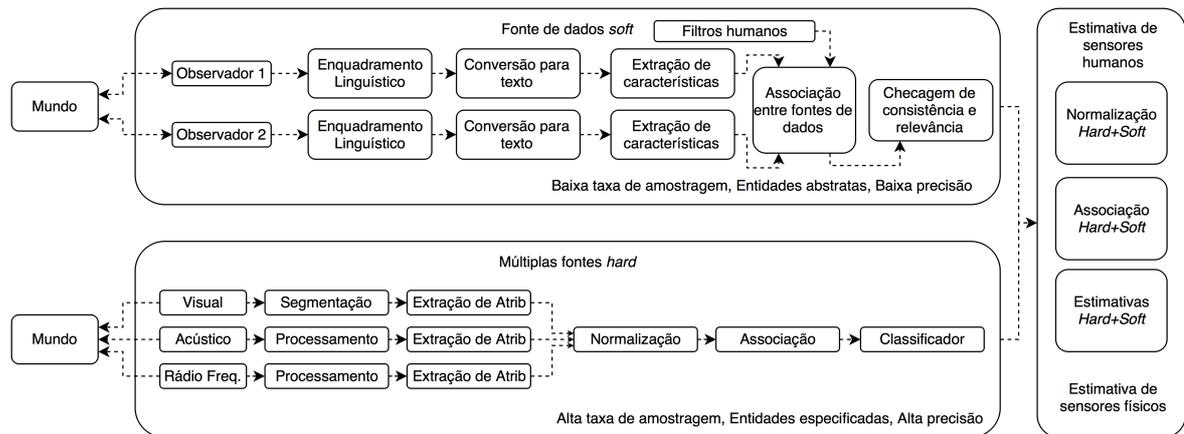


Figura 3.6: Modelo para Mapeamento de Fontes Humanas (Traduzido e adaptado de Hall *et al.*, 2011)

3.2.2 Modelos com Participação Humana Ativa e Especificada

Nesta sub-seção são apresentados os principais modelos de fusão de dados ou informações que incluem o humano no processo de maneira mais ativa e com capacidades bem especificadas.

3.2.2.1 Modelo Fuse-Act Situational User Refinement (FASUR)

Blasch e Plano (2003) exploraram o conceito de refinamento por usuários através da decisão e ação baseado em modelos situacionais de liderança. Eles desenvolveram o modelo FASUR o qual detalha quatro comportamentos do humano frente à informação situacional, tais como: negligenciar, consultar, confiar e interagir, e cinco funções de refinamento dirigido pelo humano, tais como: planejar, organizar, coordenar, direcionar e controlar.

Os autores afirmam que o refinamento por usuários, dependendo da situação, inclui relacionamentos de três grandes variáveis: a tarefa (como os sensores devem trabalhar dada uma situação); a capacidade do sistema de fusão (a habilidade dos sensores combinados de trabalhar como desejado); e o comportamento humano (dirigido pela tarefa, em uma ou duas direções de interação com a máquina).

O modelo FASUR especifica que, para determinar o comportamento humano adequado para qualquer situação, o humano deve primeiramente determinar seu objetivo (tarefa), avaliar a capacidade do SFDs e finalmente adaptar seu comportamento para se adequar às capacidades do SFDs, utilizando um dos quatro roteiros de ação.

O comportamento de “Negligenciar”, também conhecido como “contar”, é caracterizado como uma interação de uma única direção na qual os humanos definem os papéis dos sensores

e os dizem o que fazer, como fazer, quando fazer e onde realizar tarefas com controle direto. Neste caso o humano não avalia a situação e diz ao SFDs para responder a situações específicas.

“Consultar”, também conhecido como “vender”, é dirigido pelo humano em sua maior parte. O usuário tenta através de uma interação e suporte fazer os sensores aceitarem suas decisões. Se o humano confia no sistema de fusão e usa o sistema via display, então o humano é um simples usuário, não um gerente. No caso de SFDs ter pouca capacidade para avaliar a situação, o humano deve consultar e vender ideias à máquina para que a mesma entenda os comandos.

Na modalidade “Interagir”, também chamado de “participar”, o usuário e os sensores compartilham a tomada de decisão através de interação em duas vias. O usuário considera que o SFDs tem a habilidade para discutir o problema com o usuário e conhecimento suficiente para ajudar a realizar a tarefa. Este é o caso mais desejado, quando o humano e a máquina interagem.

Confiar significa “delegar” e envolve deixar o SFDs (ou sensores) executar sua própria tarefa. O usuário delega ao SFDs com altas capacidades, capaz de realizar as tarefas e assumir responsabilidades para direcionar a própria ação. O usuário confia no SFDs para obter informação e atua como um gerente com tarefas e planos.

Considerando as funções de um usuário no refinamento por usuários, o modelo FASUR especifica que o “planejamento” é o processo de selecionar e desenvolver o melhor curso de ação para atender um objetivo. Para planejar, um usuário deve definir uma missão e os requisitos de sensoriamento para resolver um problema de observação. Resolver o problema envolve definir e organizar objetivos, obter todos os dados e avaliar uma situação/ambiente, listar as possíveis soluções, avaliar plano de ação, testar as soluções, selecionar a mais adequada e agir conforme a solução.

Já a função de “organização”, como parte do refinamento, ocorre depois de escolher um plano de ação. Trata-se de uma determinação de uma estrutura de sensores e alocação de recursos para tal estrutura.

A “coordenação” dá início à fase de execução e trata-se da manutenção da cooperação dos elementos sensores, que influenciam e podem influenciar o plano de refinamento. É o esforço de encontrar a melhor combinação de sensores possível. Outras razões para o uso da coordenação são a unificação de esforços entre tarefas e a promoção do entendimento mútuo entre usuário e sistema.

O “direcionamento” segue o planejamento e a organização. Trata-se de colocar em prática o plano. É uma combinação de ativação, tarefas, delegação e monitoramento, e pode ser di-

vidido em quatro etapas, tais como: (1) determinar instruções para colocar o plano em ação, (2) selecionar uma forma de comunicar instruções, (3) impulsionar a tecnologia de fusão para atingir os objetivos e (4) direcionar os sensores devido ao monitoramento.

Finalmente, o “controle” proporciona a medida formal e análise das ações do usuário em pontos de parada estabelecidos. Controlar significa estabelecer métricas, comparar resultados atuais aos medidos e tomar ações corretivas quando necessário.

De acordo com os autores, um usuário precisa estar ciente de seu comportamento e as cinco funções para operações eficazes e eficientes de fusão de sensores. Os mesmos também afirmam que as técnicas e procedimentos aplicam-se a quase todas as situações e que funções de refinamento do usuário suportam a atribuição de tarefas eficaz para o sistema de fusão.

O modelo FASUR (Figura 3.7) especificou em detalhes o comportamento e funções do usuário frente ao refinamento por usuários introduzido pelas revisões do JDL feitas por Steinberg(1999). Embora haja um nível de granularidade satisfatório para compreender as interações homem-maquina junto ao processo de fusão de dados e informações, o alvo das ações de refinamento é restrito ao conjunto de sensores, o que muitas vezes significa apenas parametrizar as “entradas”.

O comportamento e ação do humano influenciados pelas limitações informacionais ou incertezas introduzidas pelo processo de fusão, não habilitam a busca por alternativas de refinamento durante outras fases ou ao longo do processo, como por exemplo o processamento ou mesmo a visualização das informações.

O modelo FASUR é também um representante dos modelos de fusão de dados que empregam apenas implicitamente o conhecimento sobre a qualidade de dados e informações como insumo do processo.

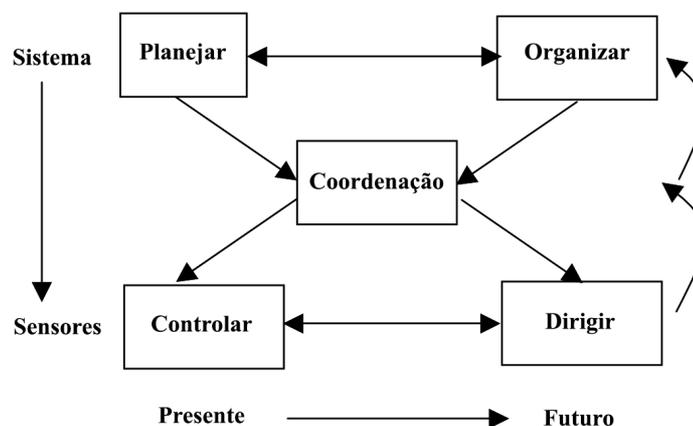


Figura 3.7: Modelo FASUR de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch e Plano, 2003)

3.2.2.2 Modelo do “Grupo de Fusão de Dados e Informação” (*Data and Information Fusion Group - DFIG*)

Blasch e Plano (2005) desenvolveram o modelo denominado Data Fusion Information Group (DFIG), como o homônimo associado à comunidade criada para este fim. O objetivo foi atenuar as limitações do modelo JDL e de suas variantes, principalmente a de Steinberg *et al.* (1999). No modelo DFIG, ilustrado na Figura 3.8, foi estabelecida uma clara distinção entre as responsabilidades de máquinas e humanos na fusão de dados e informações. Os autores determinaram em seu modelo que o estado de consciência situacional, resultante das funções de Nível 2 dos modelos baseados em JDL, não pode ser alcançado por um computador, sendo necessário o conhecimento e raciocínio humano. Neste modelo, as funções de Nível 2 são tácitas e inferidas de representações explícitas de objetos de Nível 1 (considerando o modelo como um processo sequencial).

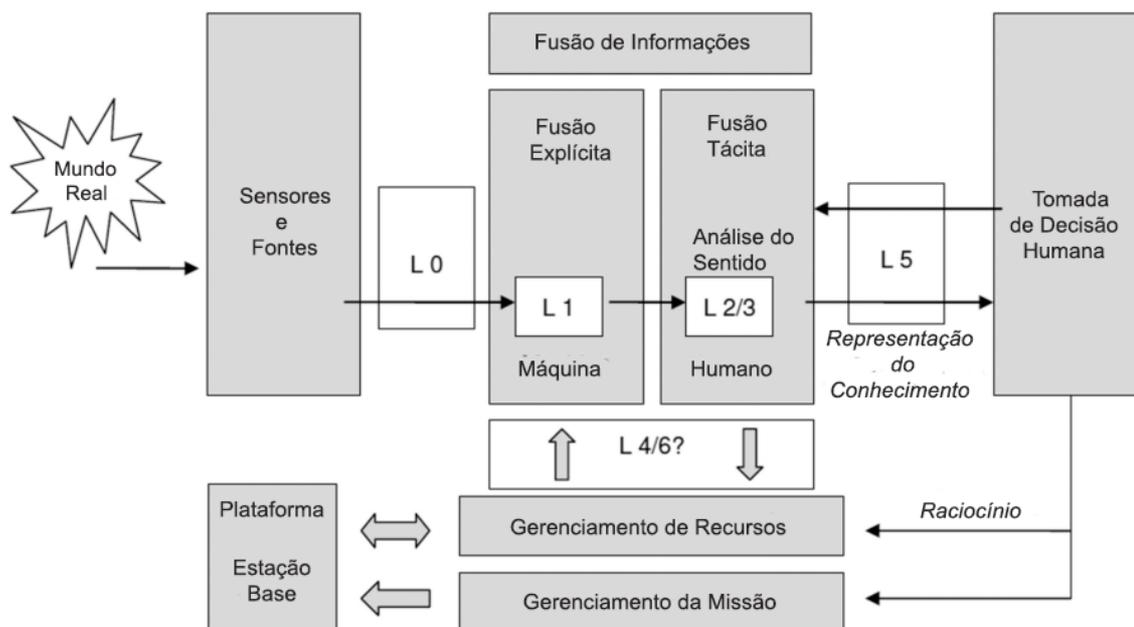


Figura 3.8: Modelo DFIG de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch e Plano, 2005)

Os autores ainda estabeleceram que, desde que aspectos subjetivos da obtenção de SAW não são possíveis de serem observados por processos computadorizados, a intervenção humana é necessária para no mínimo a interpretação da informação. Para acomodar tal questão, o modelo DFIG separa as funções de processamento da informação (Níveis 0, 1, 2 e 3), das funções de gestão de informação e missão.

Tais funções de gestão operam nos novos Nível 4 (Gestão de Recursos), responsável por refinamento de sensores e parametrização de funções de fusão de dados informações, e Nível 6

(Gestão da Missão), que visa alinhar uma situação em análise com os objetivos da missão.

O modelo DFIG permite que a relação específica da tecnologia de fusão com os níveis de Gestão de Recursos e Gestão da Missão pode se estabelecer mediante duas perspectivas.

Um destes caminhos é a gestão automatizada da informação produzida pela tecnologia de fusão. Caso as condições da missão e requisitos informacionais demandados para a tomada de decisão não sejam cumpridos pelos níveis anteriores (ex: caso uma entidade prioritária não tenha sido identificada ou uma relação com outra entidade não tenha sido estabelecida), os níveis de gestão podem determinar uma nova rotina parametrizada até que tais requisitos sejam cumpridos. Neste caso o humano apenas interpreta e acompanha a informação para validação.

Entretanto, o diferencial do modelo DFIG reside na operacionalização da Gestão de Recursos através da ação do humano via Nível 5 (Refinamento por Usuários). Sob esta perspectiva, o humano não apenas interpreta a informação produzida, mas determina os procedimentos para a gestão dos recursos em prol de seus objetivos e requisitos da missão. Uma vez que tal procedimento ocorre através do Nível 5, deve-se ressaltar a importância de uma interface de usuários que promova SAW devidamente para ajudar a determinar a necessidade de refinamento.

Neste caso, a consciência situacional e o modelo mental do operador humano são fundamentais para a determinação da continuidade do processo. Uma vez que o estado de SAW não foi atingido, usuários determinam se uma nova informação deve ser adquirida e processada novamente pelas funções de inferência.

Mesmo contando com funções de gestão que contribuem para o desenvolvimento do raciocínio humano, dirigido pelos objetivos da missão, o modelo DFIG ainda produz e apresenta o resultado final da avaliação da situação para o processo decisório dos humanos. Não há indícios de atuação do humano sobre pedaços de informação ou subprodutos de cada etapa do processo.

Por este modelo, humanos são habilitados a agir nas funções JDL sob demanda via interface de usuários, entretanto, não está claro que tipo de entrada os mesmos devem prover para cada função para contribuir com o processo de avaliação de situações. Além do mais, a contribuição resultante da atuação dos humanos no processo tem seu efeito analisado somente quando um resultado final é apresentado.

Sob o aspecto de problemas referentes à qualidade da informação, incertezas e sua gestão, as funções de gerenciamento de DFIG podem influenciar humanos e máquinas para promover adaptações desde os níveis de sensores até em funções de alto-nível. Entretanto, mais uma vez, o efeito de tais problemas e da propagação dos mesmos só podem ser verificados no final do

processo. Pelas funções de gerenciamento, novos sensores podem ser ativados, novo processamento ou fusão pode ser requisitado e novas informações podem ser apresentadas, entretanto, ainda de forma compilada e pouco especificada como no modelo JDL.

Desta maneira, conclui-se que a visão de Blasch e Plano (2005) sobre o refinamento, difundido como Nível 4, cobre boa parte do espectro de ações, tais como a gestão e controle de sensores. Entretanto, uma limitação do Nível 4, mesmo operacionalizado pelo Nível 5, é o propósito do controle, seja por necessidade do usuário ou para operação do sistema.

O DFIG foi o primeiro modelo que explicitou a distinção entre Fusão de Informação em Baixo-Nível (*Low-Level Information Fusion - LLIF*) e Fusão de Informação em Alto-Nível (*High-Level Information Fusion - HLIF*), inicialmente definido por Waltz e Llinas (2000) no clássico texto de fusão de dados e informações "*Multisensor Data Fusion*" (Figura 3.9).

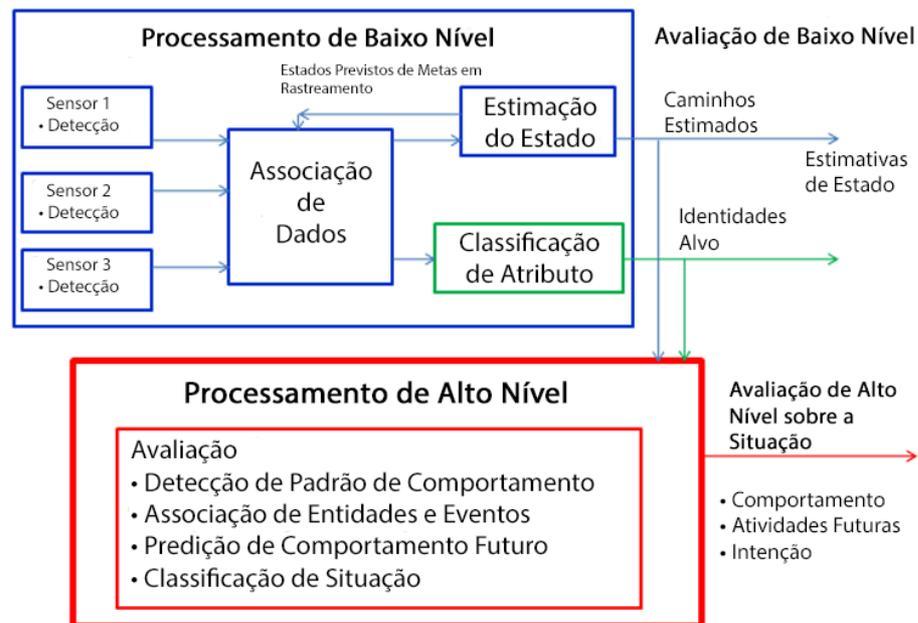


Figura 3.9: Diferenças entre HLIF e LLIF (Traduzido e Adaptado de Blasch *et al.*, 2012)

Os processos funcionais de baixo-nível de fusão suportam a classificação, identificação e rastreamento de objetos de interesses (ou alvos), enquanto que processos funcionais de alto-nível suportam a avaliação de situações, impacto e refinamento do processo de fusão. LLIF se preocupa com dados numéricos (ex: locais, movimentos e tipos de atributos de alvos). HLIF lida com informação simbólica e abstrata (ex: ameaças, intenções e objetivos)

Níveis de HLIF (como são chamados os níveis superiores ao Nível 1 do modelo DFIG) é a habilidade de um sistema de fusão, através de conhecimento, experiência e entendimento para: capturar a consciência situacional e relações complexas, raciocinar sobre eventos passados e

futuros, promover atividades exploratórias à partir de produtos de sensoriamento e de relatórios tácitos, e discernir a utilidade e intenção dos resultados para atingir objetivos do sistema.

Para tais atividades citadas, a comunidade de fusão de informações cunhou o termo de fusão em alto-nível, o que implica na existência de uma camada de baixo-nível e uma distinção entre LLIF e HLIF, quando na verdade ambas estão conectadas. O design de sistemas de fusão de informações para o mundo real implica na coordenação de fontes distribuídas de informação, a organização de conceitos e o entendimento do ambiente (contextos). Há uma necessidade de processos automatizados para suportar o raciocínio humano e a inferência, visando complementar o processamento e sensoriamento da máquina.

Embora as funções e responsabilidades de homens e máquinas seja muito bem especificada pelo modelo DFIG, as funções de gerenciamento são ainda motivadas e parametrizadas somente pela incerteza. Questões referentes às dimensões de qualidade de dados e informações que podem provocá-la são abstraídas pelo processo.

3.2.2.3 Modelo User-Fusion

Blasch (2006) abordou e especificou o papel verdadeiramente ativo do humano no modelo JDL pela primeira vez, nomeando a nova variação de User-Fusion (conhecido também por JDL-User). O autor argumenta que a comunidade de fusão da informação tipicamente menospreza o papel do humano projetando-o fora do sistema e ainda defende que fusão de informações, como um sistema de suporte à tomada de decisão, não pode operar em abordagem *top-down* (à partir das decisões ou objetivos em busca de informações que as confirmem), sendo necessária a condução humana para a obtenção de informações suficientes para uma decisão.

O autor ilustra que em seu modelo User-Fusion, cuja estrutura é baseada na revisão JDL de 1999 de Steinberg, os usuários contribuem ativamente e de maneira especificada aos diferentes níveis de inferência. À partir do Nível 5, o envolvimento do usuário pode explicitamente trazer novos valores ao Nível 0, novas prioridades ao Nível 1, novos contextos ao Nível 2, intenções ao Nível 3 e performance (resultado) desejada ao Nível 4.

Trazer valor ao Nível 0 significa prover novos dados ao processo em virtude de valores faltantes ou incorretos, devido ao processo de aquisição de dados que pode ser deficitário.

Determinar prioridade ao Nível 1 significa informar ao sistema o que os humanos estão procurando, como por exemplo, um carro, uma pessoa ou um objeto específico.

Prover um contexto ao Nível 2 significa suportar a o refinamento de situações com o conhecimento humano sobre atributos acerca de relacionamentos sobre os objetos em análise, os

quais o sistema não pôde reconhecer por meios automatizados. Por exemplo, é necessário informar ao sistema o que significa a posição de uma pessoa em relação a outra ou a algum objeto presente no ambiente. O sistema pode identificar pessoas e objetos, mas muitas das relações são improváveis de serem inferidas dada a imprevisibilidade do mundo real.

Desta maneira, com o modelo User-Fusion, o usuário se torna fonte de informação explícita e especificada, e não somente um consumidor ou um agente gestor de sensores.

Blasch também argumenta que o usuário e o sistema de fusão devem se complementar e que humanos realizam melhor algumas coisas em relação à máquina, tais como: a habilidade de raciocinar sobre uma situação, a avaliação de rotas mais viáveis de um alvo e a capacidade de trazer informações contextuais para raciocinar sobre incertezas. Entretanto, conforme o número de alvos e atributos cresce, usuários são sobrecarregados de informação e os cálculos devem ser realizados pela parte automatizada da fusão.

Com a oportunidade de dar a cada nível uma necessidade específica pela entrada do humano, a avaliação de situações e o cumprimento da missão são enriquecidos com o conhecimento humano.

À medida que as informações são providas pelos usuários, estes avaliam a necessidade de intervenção visando refinar a imagem da situação. Analisando os resultados, usuários podem achar que a informação não é suficiente para identificar objetos e seus atributos devido à qualidade dos dados adquiridos e então decidir por obter novos dados. Ao invés disso, os mesmos podem concluir que os contextos providos são pobres e então fornecer mais informações sobre o que eles estão procurando.

Dar novos contextos ao sistema de fusão pode também ajudar a definir relações e consequentemente promover uma nova perspectiva para a avaliação de situações, em caso de limitada consciência situacional sobre o que acontece com os objetos e assim em diante.

Entretanto, abordar a qualidade dos dados e informações para orientar as decisões de refinamento não é algo abordado pelo modelo User-Fusion. De fato, as questões referentes à propagação de incerteza ao longo do processo e entre os níveis de fusão, influenciadas pelos problemas referentes à qualidade de dados e informações, não é especificado. Toda dinâmica da redução de incertezas é tratado implicitamente, estabelecendo um refinamento dirigido por questões meramente subjetivas, como o enriquecimento ou não do modelo mental do humano. A Figura 3.10 mostra o modelo User-Fusion.

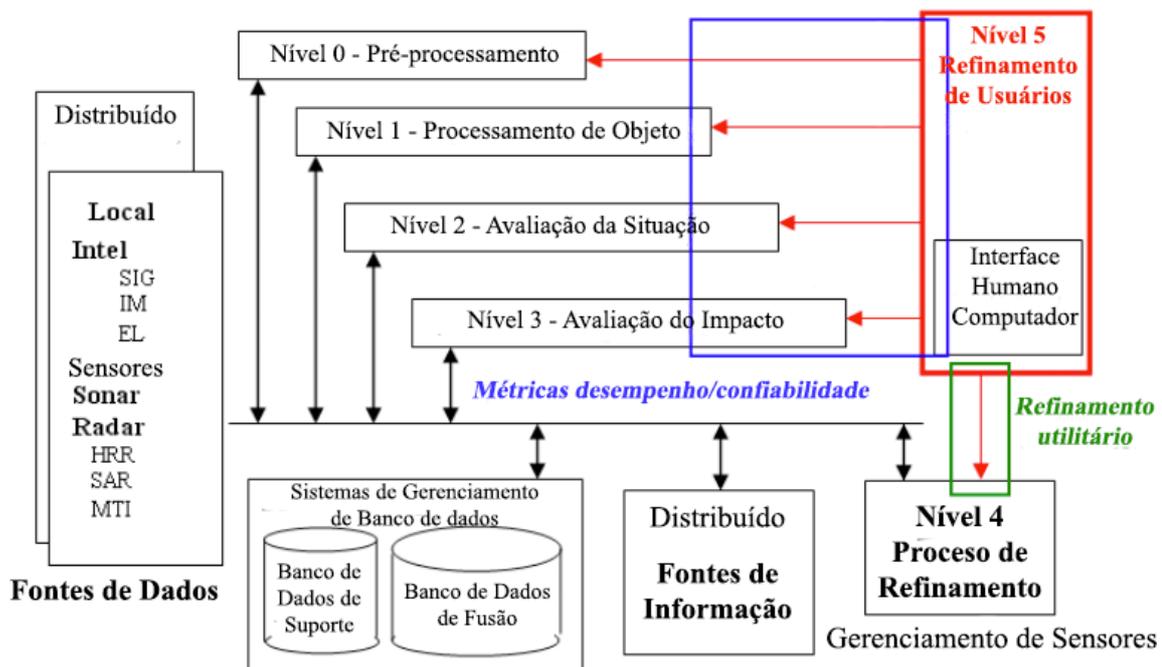


Figura 3.10: Modelo User-Fusion de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch, 2006)

3.2.2.4 Modelo de Fusão de Informações Empresariais

Mais recentemente, Blasch *et al.* (2013) propuseram maneiras de estender o modelo JDL de 1998 para suportar funções de exploração e de gestão da informação para lidar com a consciência situacional e análise massiva de dados empresariais.

O objetivo do trabalho foi suprir a demanda de processamento de informação que acomode novas tecnologias de *big data*, computação em nuvem e *machine analytics*, mais especificamente para suportar o desenvolvimento de sistemas de fusão de informação que demandam de *information exploitation* (InfoEx), ou seja, métodos de transformação e análise detalhada de dados, informações e inteligência, necessários para obter *insights* empresariais e assim conseguir vantagem competitiva. JDL suporta apenas parte da análise dos dados, não incorporando as características complementares para InfoEx, tais como integração, mineração e gestão da informação.

Para suportar a gestão e exploração da informação de contextos, primeiramente, os autores desenvolveram um modelo conceitual centrado em fusão de dados para posicionar o humano perante ao data mining, arquiteturas empresariais e tecnologias de informação e comunicação, denominado modelo InfoEx. Os mesmos também afirmaram que diferentes missões requerem a coordenação sobre dados (modelos de suporte, controle de acesso, transporte e armazenamento), arquiteturas orientadas a serviços e tecnologias da informação empresariais, como a

computação em nuvem.

Posteriormente, os autores ainda desenvolveram um outro modelo que ilustra a relação de atores em trabalho coordenado através de tecnologias da informação, com camadas de serviços que determinam um protocolo para acesso e disseminação de informação, incorporando também uma correspondência de operação dos níveis de fusão em cada camada de serviços de TI. O objetivo foi maximizar a habilidade do humano em agir de acordo com a informação que está disponível ou é produzida pelos níveis de fusão e consumida em um ambiente empresarial.

Os autores sugeriram meios e melhores práticas para que este objetivo fosse atingido e assim garantir o controle do espaço de informação para melhor compartilhamento da informação em ambientes empresariais. Pessoas interagem com o ambiente empresarial produzindo, consumindo e gerindo informação, utilizando os serviços de cada camada, produzindo novos artefatos ou determinando o funcionamento de serviços subsequentes.

Dentre os serviços destaca-se a camada de transformação de dados, responsável por contextualizar informação, transformar objetos informacionais (MIOs), suportar a mudança de estados e o processamento sensível a contextos, e suportar funções de processamento definidas pelo humano.

Tal abordagem tem o foco na inferência de informação em nível empresarial e ativação de funções sob demanda. O modelo permite que humanos sejam os responsáveis por ativar modelos relevantes à análise de grandes conjuntos de dados, escolhendo coleções de dados de entrada e ferramentas adequadas que os processem, mas não apresenta meios para o acompanhamento e gestão da evolução da informação. Também não há qualquer relação dos níveis de fusão com questões referentes à qualidade da informação e meios para que o operador trabalhe em prol da redução de suas incertezas. A Figura 3.11 mostra o modelo InfoEx.

3.3 Sumário do Estado da Arte em Metodologias de Avaliação de Qualidade e Modelos de Fusão

Nas Seções 3.1 e 3.2 foi apresentado, respectivamente, o Estado da Arte em metodologias de avaliação de qualidade e em modelos de fusão de dados ou informações. Suas características foram descritas e seu posicionamento quanto às questões de gerenciamento da qualidade da informação e atuação humana no processo foram também apresentadas.

Ao analisar o estado da arte em Fusão de Dados e Informações, nota-se que há diferentes perspectivas em relação ao posicionamento do humano frente ao processo de fusão, geralmente

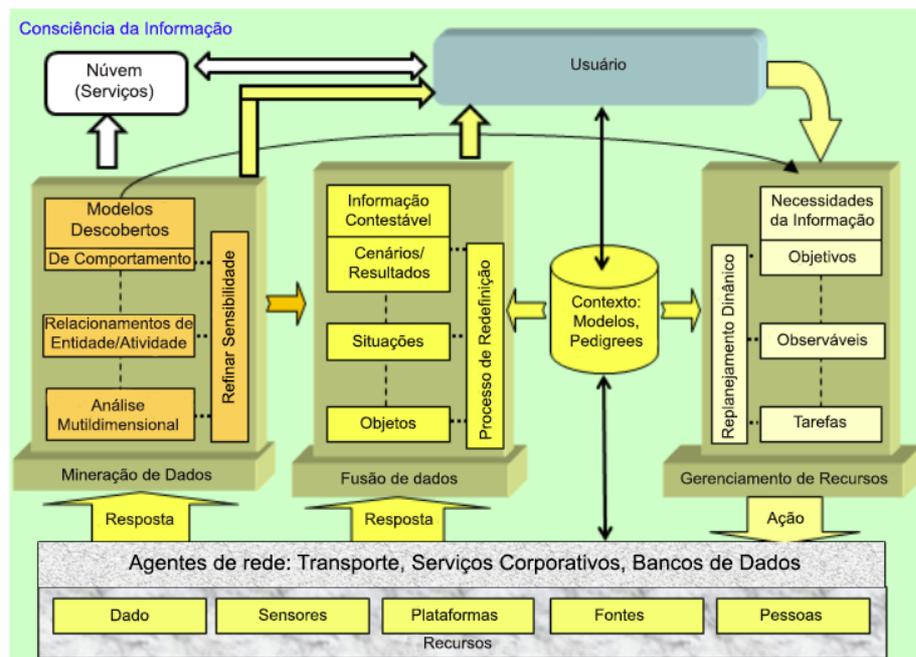


Figura 3.11: Modelo InfoEx de Fusão de Dados (Traduzido e Adaptado de Blasch, 2013)

orientadas pelo domínio de aplicação para o qual os mesmos foram construídos. Em algumas abordagens, como descritas em (Plehn, 2000), (Steinberg, 1991) (Steinberg *et al.*, 1998), (Markin *et al.*, 1998), (Bedworth e O'Brien, 2000), (Shahbazian *et al.*, 2001), (Fabian e Blasch, 2002), (Salerno, 2004) e (Brehmer, 2005), o humano limita-se a ser um consumidor ou agente passivo de validação de resultados finais do processo (imagem da situação).

Limitadas abordagens apresentam o humano como agente participativo do processo de fusão, sejam como mediador ou como processador da informação sendo: (Karakowski, 1998), (Blasch e Plano, 2005), (Blasch, 2006) e (Blasch *et al.*, 2013).

Nestes últimos casos, tais abordagens consideram as questões referentes à qualidade de dados ou informações de forma implícita, ou seja, sabe-se que a informação situacional tem limitações por gerar a dúvida (ou incerteza) no humano ao interpretar os objetos ou situações. Desta maneira, a incerteza é o que motiva a busca pela melhoria da informação, mesmo sem saber dos reais motivos ou dimensões associadas.

Nos modelos em que tal comportamento ativo é observável, nota-se que tal atuação é dirigida pelo modelo mental do humano e pela própria informação situacional, pois não há subsídios complementares como as questões referentes à qualidade da informação.

Em complemento, os modelos que consideram a qualidade da informação como parâmetro explícito, como o modelo de Llinas (2004), o fazem como processos automatizados, sem que

haja a participação e raciocínio do humano para contribuir com o direcionamento e processamento da informação. Desta forma os mesmos não contam com a possibilidade de processar objetos e situações complexas desconhecidas pelo SFD, que só um humano seria capaz de inferir.

A Tabela 3.3 apresenta um resumo dos Modelos de Fusão de Dados e Informações, suas características e seu posicionamento em relação à gestão da qualidade de dados e participação humana. Assim, a gestão da qualidade de dados ou informações nos modelos foram classificados como: "implícita", quando não há indícios do uso direto de dimensões que caracterizam a qualidade da informação (ex: precisão, completude, relevância), considerando a incerteza do humano para motivar refinamentos da informação; "explícita", quando as dimensões são de alguma forma reveladas e utilizadas para parametrizar o processo ou parte dele; e "inexistente" quando sequer há considerações que indiquem a importância da qualidade da informação e o consequente entendimento da situação correspondente.

Da mesma forma, na Tabela 3.3, as questões referentes à participação humana foram classificadas em: "passiva", quando o humano é apenas um consumidor da informação ou que fornece limitados *feedbacks* ao processo de fusão; "ativa" quando o humano interfere ativamente no processo e em partes de informação ao longo do tempo, instanciando modelos, fontes, valores e significados; e "inexistente" quando não há considerações sobre o posicionamento do humano frente à tecnologia de fusão.

Tabela 3.3: Modelos de Fusão de Dados e Informações, suas características e seu posicionamento em relação à gestão da qualidade de dados e participação humana

Modelo de Fusão	Principal Característica	Qualidade de Dados			Participação Humana		
		Implícita	Explícita	Inexistente	Passiva	Ativa	Inexistente
Lou e Kay (1988), Schoess e Castore (1988) e Thomopoulos (1989)	Organização das funções em formato de processo			X			X
Ciclo de Inteligência (Bedworth e O'Brien, 2000)	Ciclo de controle sequencial para a tomada de decisão			X	X		
OODA (Plehn, 2000)	Ciclo de controle sequencial para a tomada de decisão com foco em C2	X			X		
JDL (Steinberg, 1991)	Definição de funções de processamento da informação e fusão de dados			X	X		
Revisão JDL Steinberg <i>et al.</i> , 1998	Introdução do Nível 5 (Refinamento por Usuários)	X			X		
Waterfall (Markin <i>et al.</i> , 1998)	Hierarquia de funções de processamento de baixo-nível			X	X		
Dasarathy (1997)	Hierarquia de abstração e ajuste de entradas e saídas	X					X
Visual Data Fusion (Karakowski, 1998)	Abordagem dirigida pelo problema e centrada no humano	X				X	
Omnibus (Bedworth e O'Brien, 2000)	Feedbacks do usuário, fidelidade de representação e loops dentro de loops	X			X		

Modelo de Fusão	Principal Característica	Qualidade de Dados			Participação Humana		
		Implícita	Explícita	Inexistente	Passiva	Ativa	Inexistente
OODA Extendido (Shahbazian <i>et al.</i> , 2001)	Decomposição em Loop OODA de cada função da fusão			X	X		
Kleine-Ostmann e Bell (2001)	Mecanismo de Fusão hierárquica			X			X
Trip (Fabian e Blasch, 2002)	Especificação das necessidades de transformação da informação			X	X		
JDL + SAW (Salerno, 2004)	Divisão entre processos de background e processos de tempo-real		X		X		
Lambert (2003)	Separação de processos de fusão (inferência) e processos de avaliação (representação)			X			X
FPM - Chang (2003)	Integração de medidas de performance para adequar saídas do sistema		X				X
Llinas (2004)	Sinergia de dados entre níveis		X				X
M-OODA (Breton e Rousseau, 2004)	Loop OODA Modular			X			X
C-OODA (Breton e Rousseau, 2004)	Loop OODA com preocupações cognitivas	X					X
OODA Dinâmico (Brehmer, 2005)	Loop OODA para suportar sistemas dinâmicos			X	X		
DFIG (Blasch e Plano, 2005)	Separação das funções de humanos e de máquinas	X				X	

Modelo de Fusão	Principal Característica	Qualidade de Dados			Participação Humana		
		Implícita	Explícita	Inexistente	Passiva	Ativa	Inexistente
User-Fusion (Blasch, 2006)	Participação ativa e especificada do humano em cada nível de fusão	x				x	
STDF Lambert (2007)	Estados e transições dentro de um intervalo de tempo			x			x
Rule-based Fusion (Cohen e Edan, 2008)	Sensores e algoritmos confiáveis com base em indicadores de qualidade		x				x
Modelo de Projeção (Beaver <i>et al.</i> , 2009)	Especificação de estrutura para acomodar projeções			x			x
Modelo de Mapeamento de Fontes Humanas (Hall <i>et al.</i> , 2011)	Especificação de estrutura para acomodar projeções	x			x		
Information Exploitation (Blasch <i>et al.</i> , 2013)	Exploração da informação em ambiente corporativo	x				x	

3.4 Discussão

Nesta seção serão discutidos especificamente as oportunidades e desafios referentes à atuação do humano e à gestão da qualidade da informação no processo de Fusão de Dados ou Informações. Tais desafios são observáveis pela análise do estado da arte e dos requisitos apresentados pelo domínio de gerenciamento de emergências adotados para o desenvolvimento desta tese.

3.4.1 Os Desafios da Dinâmica das Interações Humanas e Construção de Situações

Mapear entidades tais como humanos e suas interações com o mundo real é um processo desafiador. A natureza dinâmica e complexa das interações entre pessoas, objetos e locais demanda o emprego de rotinas de inferências, muitas vezes exaustivas, para revelar seus estados ao longo do tempo.

Sistemas de Fusão de Dados ou Informações ajudam a não somente inferir sobre tais entidades, mas também a suportar a sua representação, monitoramento e controle, habilitando operadores a raciocinar sobre uma informação situacional em uma tentativa de aumentar o seu conhecimento sobre eventos de ambientes reais.

Especificar interações humanas utilizando SFDs inicia-se com a busca e determinação de quais entidades, tais como pessoas, objetos e veículos, estão presentes em um cenário real monitorado. Em seguida, são determinados os estados de tais entidades, como suas características físicas, posição, orientação e demais contextos. Por último, SFDs estabelecem quais as possíveis relações que envolvem as entidades e tais características, ou seja, o que os contextos e estados de uma entidade representam em relação aos contextos e estados de outra entidade. Tais relações são também conhecidas como situações.

Entretanto, identificar uma situação a partir de informações inferidas pela automação não é uma atividade trivial. Em determinados momentos, a automação atinge seu limite de inferência e é incapaz de progredir na construção de uma situação sem que haja a participação intensa de um operador humano.

Além disso, as relações demandam significados semânticos complexos que a máquina é incapaz de inferir. O comportamento humano pode ser desconhecido da tecnologia de fusão e suas nuances podem ser obscuras até para especialistas. Perguntas tais como: “*o que significa a pessoa A agindo de forma X com a pessoa B?*”, são desafiadoras e demandam uma análise mais detalhada.

A atividade de monitorar e controlar entidades e estados torna-se um desafio quando as informações são de natureza dinâmica, traduzindo-se em situações cada vez mais voláteis e complexas. Tal dinâmica informacional se deve não somente à realidade mutável dos ambientes observados, mas também à crescente disponibilidade de recursos para o monitoramento das entidades (ex: novos e melhorados sensores e métodos computacionais de inferência).

Adicionalmente, uma provável interdependência entre entidades do ambiente ainda impõe restrições na composição de situações. Sempre que um estado de uma entidade se transforma pode haver um reflexo imediato sobre outras entidades e, conseqüentemente, na situação que tais entidades formam. Neste contexto, o conhecimento das partes da informação situacional, ou seja, os detalhes das entidades, relações e sua estrutura formadora, pode ajudar o humano a raciocinar sobre os efeitos de transformações na informação (Nível 3 de SAW) e também sobre sua evolução ao longo do tempo em um nível de detalhamento superior.

Além disso, o conhecimento das partes da informação é fundamental para a construção de uma situação. A automação e os operadores devem dividir a responsabilidade de aos poucos revelar partes de informações que podem ser úteis ao processo colaborativo de estímulo mútuo e inferência. Dessa maneira, a identificação de uma situação se torna um processo gradual de formação de um conhecimento situacional incremental.

3.4.2 A Incorporação da Qualidade de Dados e Informações no Processo de Fusão

Como apresentado nesta tese, atingir SAW é um processo desafiador que Sistemas de Avaliação de Situações buscam suportar. Com o advento dos modelos de SAW, principalmente o modelo de Endsley (2011), o desenvolvimento de tais sistemas passou a explorar explicitamente tal objetivo como produto de inferência de suas funções, buscando alinhar suas atividades aos requisitos informacionais de cada nível de SAW.

Desta maneira, SFDs se consolidaram como potenciais implementações que objetivam adquirir SAW. Assim, modelos, arquiteturas e processos de Fusão foram também alinhados às necessidades de suportar a aquisição, manutenção e retomada de SAW.

Nos modelos de fusão de dados e informações, derivados do conhecido JDL, sugere-se que SAW é adquirida como resultado do processo de avaliação de situações, geralmente atribuído à função que sucede a avaliação de objetos (Nível 1) e precede a avaliação de ameaças (Nível 3).

Neste contexto, o conhecimento da qualidade da informação pelos SFDs surge como um diferencial ao processo de inferência de situações, atuando como tecnologia de suporte aos

modelos e processos existentes para a aquisição e manutenção de SAW. Entretanto, a literatura ainda aponta uma necessidade de novos modelos, arquiteturas e metodologias que visam incluir a gestão da qualidade de dados e informações como parte integrante do processo de Fusão.

Os benefícios que o conhecimento da qualidade da informação em um processo de fusão de dados ou informações são observáveis em cada um dos possíveis níveis de inferência, como por exemplo: a confiabilidade de fontes de dados e eficácia de algoritmos de preparação dos dados (Nível 0), a completude e precisão da identificação de objetos (Nível 1), a integridade de uma relação entre objetos (Nível 2), a assertividade de uma projeção (Nível 3) e a representatividade gráfica da informação (Nível 5), dentre outros. O conhecimento da qualidade da informação pode subsidiar decisões em cada um dos níveis, influenciar e parametrizar as rotinas internas de inferência.

Blasch *et al.* (2012) relatam que o processo de fusão demanda de *loops* de controle para suportar a interoperabilidade entre os níveis de fusão. Adicionalmente, os mesmos ainda argumentam a necessidade de novas abordagens para a operacionalização e Gestão das funções internas de fusão. Para tal, os autores apontam a necessidade de mecanismos para determinação e emprego da qualificação da informação e relatam ainda que este é um dos grandes e atuais desafios que ainda receberam pouca atenção da comunidade de fusão.

Além de contribuir para a operacionalização dos mecanismos internos dos níveis de fusão de dados, o conhecimento sobre a qualidade dos dados e informações pode também contribuir para as relações entre os níveis de fusão, ou seja, ajudar a determinar e direcionar a informação em virtude das saídas produzidas e entradas desejadas para cada nível. Neste contexto, a qualidade da informação opera como subsídio para determinar a utilidade da informação ao longo do processo, de um nível para outro. Esta rotina ainda contribui para sanar um outro conhecido desafio relatado na literatura de fusão de dados e informações: a lacuna entre inferências de LLIF e HLIF (Blasch *et al.*, 2012).

Dentre os desafios da incorporação da qualidade de dados e informações em um processo de Fusão, pode-se destacar: o papel da qualidade da informação frente à dinâmica informacional, em virtude da complexidade dos ambientes nos quais SFDs são empregados; e o uso da qualidade da informação para ajudar a subsidiar as demandas de interação humano-computador.

Considerando o primeiro desafio, os processos automatizados de um SFDs, tais como mineração, integração e correlação, geram informações a todo momento, geralmente de natureza distribuída, assíncrona e dinâmica. Para colaborar com os demais processos de inferência, como parte dos subsídios informacionais, a automação deve contar com um mecanismo que qualifica cada novo dado ou informação produzida com um indicador de qualidade (metadado

de qualidade). Em complemento, com tais indicadores de qualidade, a parametrização do processo ganha uma nova variável (diferente de atributos ou objetos) que deve ser levada em conta toda vez que uma nova fusão é realizada. Esta rotina contribui para que informações de qualidade cheguem aos níveis superiores do processo.

Além de ajudar a parametrizar a automação, a qualidade da informação inferida e representada pode também ser empregada para orientar os operadores num provável refinamento da informação (segundo desafio), que pode ser exaustivo se as condições informacionais forem restritas. Dessa maneira, como segundo desafio, identifica-se o desenvolvimento de interfaces e visualizações dedicadas a SAW, com preocupações como melhor representar a informação sobre qualidade e como melhor acomodar as interações dos operadores humanos. Adicionalmente, busca-se identificar também os efeitos da interação humano-computador, no processo de fusão, em informações qualificadas.

3.4.3 A Representação de Informações Imperfeitas em Benefício do Processo de Fusão de Dados e Informações

Caracterizar situações não depende somente da disponibilidade da informação ou da capacidade de inferência das funções do sistema, mas de abordagens capazes de ajudar a revelar, representar e melhorar informações imperfeitas para a continuidade do processo de avaliação de situações.

Quando operadores humanos e as etapas automatizadas detêm apenas parte do conhecimento situacional, é estabelecido um cenário de incerteza que pode comprometer todo o processo de análise de uma situação. Desta maneira, faz-se necessária uma reestruturação das abordagens de inferência e representação da informação situacional, para que possa evoluir, ser mais bem caracterizada e apoiar a redução de tais incertezas com um novo conhecimento.

Em seu trabalho sobre os desafios em HLIF, Blasch *et al.* (2013) argumentam que a análise de incertezas é necessária para a interface homem-máquina coordenar a integração entre humanos e sistemas. Tanto o humano quanto a máquina têm a noção da incerteza, mas há a necessidade de trazer tais ideias em modelos únicos que incluam aspectos quantitativos e qualitativos para a medida de efetividade.

Para estimular visualmente a percepção do operador humano na busca de padrões e relacionamentos, faz-se necessário o emprego adequado dos sinais (*cues*) ou sugestões que qualificam a informação. Tais sinais permitem, além de outros benefícios já apresentados neste Capítulo, contribuir para a orientação do refinamento por usuários. Tais sinais ajudam a justi-

ficar o comportamento humano frente à aceitação ou não da informação e, conseqüentemente, podem ajudar a guiar o operador humano nas ações de melhoria da qualidade da informação.

3.4.4 As Oportunidades e Desafios da Atuação Humana no Refinamento da Informação Situacional

Dentre os sinais que estimulam a consciência situacional, têm-se os índices de qualidade de dados e informações. Tais índices qualificam a informação sob dimensões pertinentes ao domínio e podem ajudar o operador humano a raciocinar sobre a utilidade da informação de acordo com a sua evolução, orientando a recorrente necessidade de aquisição, processamento e representação da informação.

Neste contexto, o papel das interfaces computacionais e de métodos de visualização da informação é fundamental para garantir que o modelo mental dos humanos seja devidamente enriquecido. Além disso, é também primordial que a decisão e ação do operador humano sejam suportados sem barreiras.

Para que possam ser representados graficamente, os índices de qualidade devem ser produzidos a cada iteração do processo. Essa atividade deve ocorrer toda vez que uma informação é produzida ou atualizada, tanto por rotinas automatizadas de avaliação quantitativa, ao serem processados resultados parciais dos níveis de fusão, quanto por perspectiva e embasamento subjetivos, por iniciativa do operador humano. Tanto o próprio operador humano quanto a automação podem consumir tais índices para retroalimentar o processo.

Adicionalmente, se a automação atinge seu limite de inferências com as informações que possui, resta ao operador humano não somente processar a informação, mas também transformá-las à luz de seu modelo mental e atuar de maneira proativa na concepção da informação situacional, antecipando-se aos resultados parciais de partes de informação e agindo preventivamente quanto à gestão da informação e do processo de fusão como um todo.

No caso do SFDs contar com uma atuação intensificada do humano para o refinamento dos resultados parciais, a qualidade de dados e de informações pode influenciar o mesmo a tomar decisões sobre futuros refinamentos e gestão do processo, além de estimular novas avaliações e relações.

Ao refinar um processo ou informação situacional, novos e melhorados modelos da situação podem ser formados. Novas informações parciais são produzidas e são utilizadas para retroalimentar as funções (ou níveis) do SFDs. Dentre os novos parâmetros, são utilizados os próprios índices de qualidade para determinar a necessidade de novas fontes, novas rotinas de fusão ou

visualizações diferenciadas.

Quando o humano opta pelo refinamento da informação, sua figura de parceiro cognitivo deve assumir a responsabilidade de ajudar o SFDs a determinar as consequências de suas escolhas de forma preditiva, ou seja, contar com possíveis respostas a questões “e-se” (*what-if*) e gerir a tecnologia de fusão visando garantir os resultados desejados.

Ao associar as capacidades de interpretação de resultados e extrapolar o potencial de transformação da informação, a atuação do humano pode passar a ser reconhecida como gestora integral da informação e do processo, habilitada por diversas perspectivas de raciocínio e análise exaustiva de produtos e subprodutos de inferência (pedaços de informação), à luz de sofisticados insumos para a sua orientação, como as avaliações quantitativas sobre a qualidade da informação.

Blasch *et al.* (2013) argumentam em seu trabalho sobre os desafios de HLIF que, atualmente, encontramos ambientes complexos e dinâmicos e novas modalidades de entrada (texto/linguagem natural) que apresentam desafios particulares. Os autores relatam que se deve entender quais aspectos deste problema podem ser resolvidos com métodos automatizados de processamento e onde e em que extensão necessitamos que a inteligência humana seja inserida. Afirmam também que há pouca ou nenhuma calibração de quais níveis de complexidade e dimensionalidade um sistema HLIF pode suportar usuários em conjunto com operações automatizadas. Adicionalmente, os mesmos argumentam que um sistema HLIF deve combinar o poder computacional das máquinas com a cognição e intuição humana.

O design de sistemas de fusão de informações do mundo real implica na coordenação de fontes de informação, organização de ferramentas de processamento e o entendimento contextual do ambiente. Atualmente, há uma necessidade para processos automatizados que provêm funcionalidades no suporte ao raciocínio do usuário e inferência, acoplado aos níveis de processamento e sensores (Lambert, 2009) (Blasch *et al.*, 2013).

3.4.5 Considerações Finais

Neste capítulo foram discutidas as abordagens para a gestão da qualidade de dados e informações, apresentando e discutindo as principais metodologias para revelar, avaliar, representar ou mitigar limitações de qualidade em dados e informações. Adicionalmente, foram apresentados os modelos de fusão de dados ou informações com a participação do humano no processo. O estado da arte foi apresentado, destacando principais características, abrangência e limitações de cada modelo. Finalmente, os desafios e oportunidades das duas áreas em questão foram discutidos.

Ao analisar os desafios referentes à complexidade das interações humanas, constata-se que eles podem se apresentar ainda mais intensificados se o domínio de aplicação consistir de análises de situações em sistemas críticos, principalmente quando estas estão em constante evolução e envolvem dados provenientes de inteligência humana. Desta maneira, a participação humana no processo de fusão pode ser insuficiente, caso pontual, para suportar tal complexidade, demandando melhores mecanismos para representar e gerir a informação situacional.

Ao incluirmos o humano como agente participativo no processo de fusão, ele passa a ter responsabilidade na geração e na gestão das informações situacionais ao longo do tempo. Dessa maneira, em sucessivos momentos do processo, informações podem ser submetidas ao operador humano para seu julgamento. Neste contexto, ele pode concordar ou discordar de inferências feitas pelo sistema, cabendo a ele qualificar a informação, quantificá-la e devolvê-la aos processos automatizados.

Incluir esta dinâmica de avaliação de qualidade de dados e informações, em trabalho colaborativo entre operadores e a automação, é também um processo desafiador. Para tal, há a necessidade de se garantir que a informação qualificada seja propagada desde os níveis inferiores até os altos níveis de inferência e oferecer oportunidades para humanos e máquina contribuírem para o processo, orientados pela qualidade da informação.

Neste contexto, a inclusão de metadados de qualidade como requisitos à política de inferência de todo um SFDs pode ajudar a não só revelar a qualidade da informação, mas também contribuir com a forma com que ela é representada e empregada para subsidiar decisões de sistemas e operadores humanos.

Ao analisar os modelos de fusão de dados e informações já consolidados, constatou-se que eles restringem a participação dos humanos no processo a interações pontuais em suas funções, como é o caso dos modelos amplamente citados, DFIG e User-Fusion. Tais interações são insuficientes para suportar a complexidade das situações em sistemas críticos, principalmente quando estas estão em constante evolução e envolvem dados provenientes de inteligência humana. Adicionalmente, as soluções existentes são restritas quanto aos mecanismos para se representar e gerir a qualidade da informação.

Dessa maneira, existe a necessidade iminente de aumentar a intensidade e a dinâmica da atuação do humano, de forma a extrapolar as perspectivas conhecidas e apresentá-lo como membro pró-ativo de um mecanismo de inferência híbrido, em colaboração com a tecnologia de fusão automatizada.

No próximo capítulo será apresentado o Modelo de Fusão Dirigido por Humanos e Cliente

de Qualidade de Informação (*Quantify*) e demonstrado como seu processo e mecanismos internos são organizados para incluir a gestão da qualidade da informação e habilitar a participação proativa dos humanos, visando a melhoria da consciência situacional.

Capítulo 4

MODELO DE FUSÃO DIRIGIDO POR HUMANOS E CIENTE DE QUALIDADE DE INFORMAÇÃO

A tomada de decisão em ambientes complexos apresenta desafios, dentre eles estão: a aquisição e extração de informações provenientes de inteligência humana, que muitas vezes geram dados imprecisos, incompletos ou difusos; a inferência e representação dos eventos e a evolução dos estados das entidades no ambiente, frente à dinamicidade e variabilidade das informações, com o mínimo de incerteza, e a gestão da informação sobre situações como forma de mitigar problemas referentes à qualidade de dados e informações.

Neste capítulo é apresentado o “Modelo de Fusão Dirigido por Humanos e Ciente de Qualidade de Informação”, ou Quantify (Figura 4.1). Este modelo visa a melhoria de SAW de operadores de sistemas críticos. Para tal, o modelo Quantify introduz no contexto do processo de fusão, avaliações frequentes sobre a qualidade de dados e informações, inferidas dinamicamente por seus processos internos, cujos resultados dão suporte e parametrizam atividades de humanos e sistemas na construção do conhecimento situacional.

As seções abaixo apresentam o modelo Quantify, os princípios que norteiam a organização de seu processo principal e os processos internos do modelo.

4.1 Introdução ao modelo Quantify

O modelo Quantify consiste de cinco processos internos: “Aquisição de Dados HUMINT”, “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações”, “Fusão de Dados com Critérios de Qualidade”, “Representação do Conhecimento Situacional” e “Interface de Usuários orientada a SAW”.

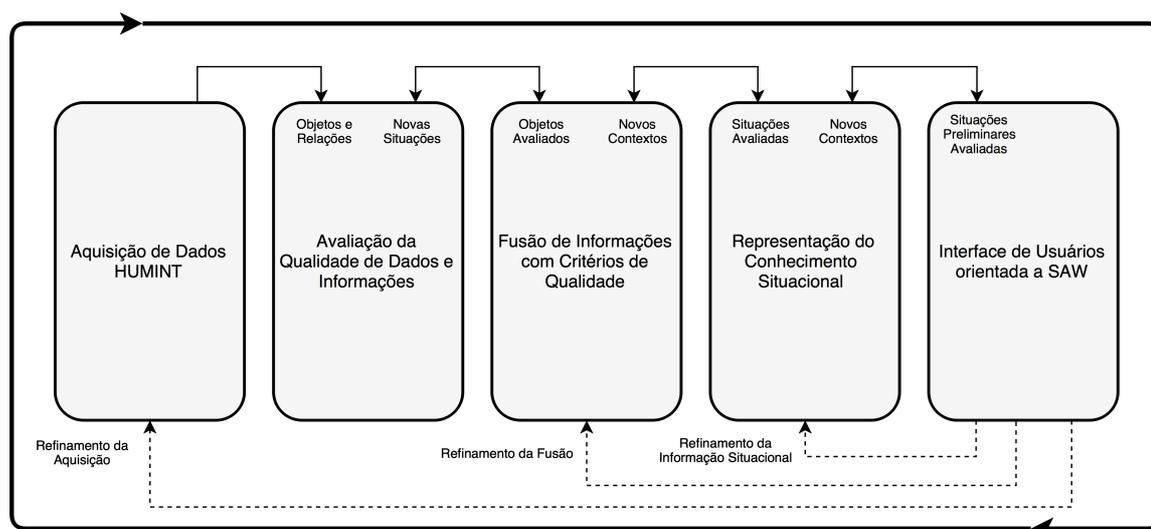


Figura 4.1: Representação do Modelo Quantify e o relacionamento entre seus processos internos

Especificamente, o modelo Quantify tem como objetivo orientar o desenvolvimento de sistemas de fusão de dados e informações, dedicados a suportar a avaliação de situações que ocorrem em cenários complexos em tempo-real, especialmente onde há dificuldade em adquirir confiança nas informações e a incerteza é iminente.

Por “cenário complexo”, entende-se um ambiente dinâmico que envolve entidades que são descritas por atributos, cujos estados são altamente variáveis, e que interagem e se relacionam na forma de situações, que evoluem em tempo e espaço (Blasch, 2005).

Dentre as principais capacidades do modelo Quantify, estão mecanismos para:

- Gerir a qualidade de dados e informações (inferência, representação e mitigação) em contextos locais e globais do processo de fusão de informações, em baixo e alto-níveis de abstração;
- Suportar que operadores possam usufruir da informação situacional qualificada (ou de partes de informação qualificadas) para amplificar sua percepção e entendimento, orientar-se e refiná-la sob demanda;
- Parametrizar processos automatizados da rotina de fusão de dados e informações com base em informação situacional qualificada.

O modelo Quantify compreende:

- Um processo completo de avaliação de situações sobre cenários complexos em tempo-real, com as etapas de aquisição, processamento, representação e refinamento de situações

à partir de dados de inteligência humana (HUMINT) provenientes de fontes heterogêneas;

- Acompanhamento da evolução da informação situacional;
- Operação cíclica, iterativa e interativa;
- Mecanismos para a gestão de qualidade de dados e informações para avaliar cada nova parte de informação inferida, enriquecer a representação situacional, parametrizar processos e orientar operadores em atividades de refinamento;
- Suporte à atuação proativa de operadores sobre partes da informação, em diversas etapas do processo: aquisição, avaliação, fusão, representação situacional e na própria interface;

Nas próximas subseções serão detalhadas as características gerais do modelo *Quantify*.

4.1.1 Processo Completo para a Avaliação de Situações em Cenários Complexos

O modelo *Quantify* suporta a complexidade imposta por cenários reais que geram dados continuamente, em momentos arbitrários, por diversas fontes (distribuídas ou não), sob diversos formatos e a atualização constante da informação situacional, baseando-se em ciclos de análise de partes de informação, que promovem a evolução da informação situacional gradativamente.

Um processo completo de avaliação de situações em cenários complexos destina-se a acomodar tais ciclos de análise, com subsídios necessários para adquirir, processar e representar partes de informação, que podem vir a contribuir com a situação, além de suportar a participação ativa dos humanos para refinamento do processo.

O modelo *Quantify* é dedicado a suportar dados de inteligência humana, em rotinas de aquisição independentes, que acomodam e processam dados não estruturados. Para tal, relatos humanos são pré-processados à medida que se tornam disponíveis e submetidos à identificação dos primeiros padrões de objetos e atributos. Tal rotina, denominada “Aquisição de Dados HUMINT”, abastece e é abastecida por modelos de dados que representam os domínios de aplicação. Este módulo é descrito em detalhes na seção 4.2.1.

Em continuidade ao processo, informações pré-processadas são então avaliadas quanto à qualidade pelo módulo “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações”, relacionadas intensamente pela “Fusão de Dados com Critérios de Qualidade” para revelar situações, representadas pela “Representação do Conhecimento Situacional” e geridas pela “Interface de Usuários

orientadas a SAW”. Estes módulos são descritos em detalhes nas seções 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 e 4.2.5, respectivamente.

Informações situacionais podem ser produzidas a todo instante, em resposta à dinamicidade de cenários complexos. Neste contexto, o modelo Quantify opera de maneira assíncrona e não-linear, ou seja, enquanto novos dados são adquiridos, outros podem ser avaliados, integrados (fundidos), representados ou refinados.

4.1.2 Representação da Evolução da Informação Situacional

Da mesma forma que o modelo Quantify atende às múltiplas requisições e demandas de ambientes complexos observados e reportados por humanos, a variabilidade das informações revela outros desafios referentes à evolução e representação da informação situacional.

O modelo Quantify suporta que a informação situacional seja cumulativa. Assim, o modelo Quantify incorpora toda nova informação situacional qualificada à atual situação, como forma de enriquecer e complementar o conhecimento corrente. Esta característica também é válida para revelar situações históricas.

4.1.3 Operação Cíclica, Iterativa e Interativa

Semelhante aos modelos introduzidos nos anos 1980, tais como o Ciclo de Inteligência (Bedworth e O’Brien, 2000) e o ciclo de Boyd (Plehn, 2000), o modelo Quantify tem operação cíclica, ou seja, não se limita a uma única rotina de operação dos módulos. Diferentemente dos modelos cíclicos conhecidos, o modelo Quantify tem pontos de entrada independentes e pode ser parametrizado iterativamente e interativamente a qualquer momento por dados de qualquer um de seus módulos.

Adicionalmente, as etapas não são obrigatórias. Sua operação é condicionada à consciência situacional do operador humano, o qual determina o limite de operação para cada ciclo de análise. Semelhante ao modelo Omnibus, há a possibilidade de ciclos locais e globais (*loop* dentro de *loop*).

O modelo Quantify ainda suporta que humanos e funções automatizadas lidem com partes da informação em abordagem *bottom-up* e *top-down*, ou seja, ambos podem ser orientados por informações de baixo e alto-níveis. Tais partes de informação são continuamente transmitidas entre módulos como resultados parciais, abastecendo a automação e/ou o operador.

4.1.4 Suporte a Arquitetura Orientada a Serviços

O modelo Quantify é composto internamente por cinco processos internos para dar suporte à construção da informação situacional distribuída. Para isso, tais processos podem ser organizados em uma arquitetura orientada a serviços (SOA) e compor um conjunto de serviços independentes e flexíveis quanto às técnicas empregadas internamente em cada módulo. A arquitetura para a implementação do modelo Quantify é apresentada no Capítulo 6, juntamente com o desenvolvimento de um protótipo de sistema de avaliação de situações, orientado pelo referido modelo.

4.1.5 Processo de Avaliação de Qualidade de Dados e Informações

O modelo Quantify tem como principal característica inovadora o emprego de um processo interno de avaliação e representação explícita da qualidade dos dados e informações para qualificar a informação proveniente do processo de fusão de dados.

Neste contexto, tal processo interno atua para avaliar cada nova parte de informação produzida e cada nova situação revelada, enriquecer visualizações e interface, orientar e parametrizar outros processos e orientar operadores em atividades de refinamento.

4.1.6 Refinamento Proativo por operadores humanos

A possibilidade de lidar com partes de informação cuja qualidade foi avaliada, habilita humanos a serem proativos no julgamento da utilidade da informação para seus propósitos, possibilitando que o mesmo decida entre concordar ou discordar da automação, e optar pela melhoria da qualidade da informação. Agindo de forma proativa, o humano pode antecipar-se a resultados indesejados e/ou outras restrições de qualidade de informação.

Na próxima seção serão detalhadas as etapas que compõem o modelo Quantify, bem como os seus processos internos, partes componentes da Figura 4.1.

4.2 Processos Internos do Modelo Quantify

Nesta seção serão descritos os processos internos de cada etapa do modelo Quantify, sendo estas: Aquisição de Dados HUMINT, Avaliação da Qualidade de Dados e Informações, Representação do Conhecimento Situacional e Interface de Usuários orientada a SAW.

4.2.1 Aquisição de Dados HUMINT

Propõe-se com esta etapa do modelo Quantify o desenvolvimento de um processo que à partir de informação gerada por humanos, possa gerar informações relevantes para ajudar a identificar situações de interesse, classificando-as de forma coerente e disponibilizando-as para o uso do processo de fusão de dados e informações.

Em cenários complexos, há múltiplas fontes de dados disponíveis, tais como: áudios variados, mensagens textuais de redes sociais, bancos de dados diversos, imagens de câmeras e informações provenientes de sistemas diversos. Cada escopo de aplicação tem particularidades das fontes e dos dados de entrada utilizadas para a realização da avaliação de uma situação. Neste processo interno do modelo Quantify, são tratadas fontes de dados HUMINT, tanto em capturas de áudio quanto em mensagens textuais. Ao final do processo busca-se obter objetos, atributos e situações preliminares, todos identificados e classificados de acordo com um domínio de aplicação.

Para que tal objetivo seja atingido, o processo de “Aquisição de Dados HUMINT” é estruturado em quatro estágios (Figura 4.2), a saber: obtenção de sentenças, análise gramatical de sentenças e busca e identificação de informações relevantes. Com esta rotina inicial, tal processo interno objetiva suportar preliminarmente o processo de fusão de dados e informações e consequentemente a avaliação de situações. As próximas subseções descrevem tais etapas em detalhes.

4.2.1.1 Obtenção de Sentenças

Nesta etapa do processo ocorre a obtenção de sentenças (ou relatos) gerados por humanos, e que contém em seu corpo, informações que podem ser relevantes para SAW. Assim, caso o relato esteja em formato não estruturado, como em áudio, há a preocupação em transcrevê-lo para análise computacional.

Para tal, técnicas de processamento de linguagem natural são utilizadas para transcrever o áudio e formatar em uma estrutura de tipo *String*. Tal etapa pode ser realizada com uma ferramenta *Speech to Text* como a fornecida pelo Google (Google, 2015). Cada palavra capturada é enviada aos servidores do Google que retornam as palavras identificadas. Utilizando tal ferramenta para a captura de dados é possível realizar a transcrição da linguagem natural para texto em Português com uma taxa de acerto de até 92%. O mesmo percentual pode ser obtido na captura de dados provenientes de redes sociais como o Twitter, utilizando sua API pública. Posts que relatam uma situação são buscados para a análise com base nos objetos identificados

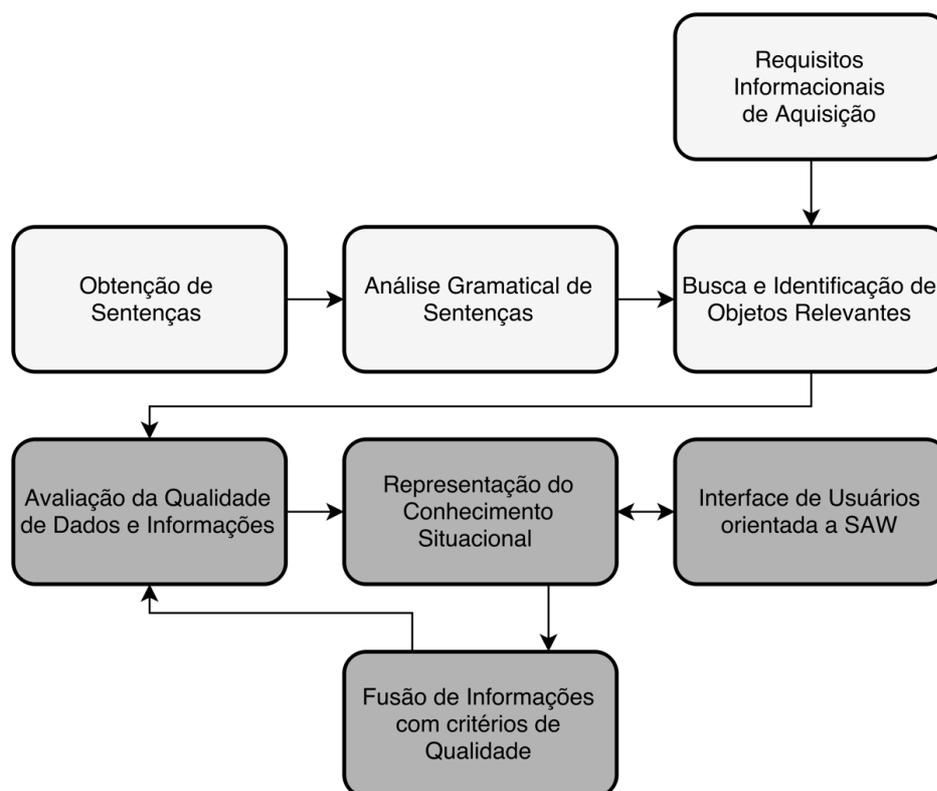


Figura 4.2: Processo de Aquisição de Dados HUMINT (cinza claro) e etapas adjacentes (cinza escuro)

pelo processamento da linguagem natural.

Depois de ter os dados capturados, transcritos e armazenados de forma estruturada, os dados podem então ser enviados, por exemplo, via Webservice para a realização da primeira análise, uma análise gramatical da sentença, realizada para identificar padrões e sequências lógicas de caracteres e palavras.

4.2.1.2 Análise Gramatical de Sentenças

Nesta etapa, o texto de entrada deve ser analisado por uma ferramenta de verificação gramatical, como a CoGrOO. Assim, é possível adicionar rótulos (*tags*) como: substantivos, número, objeto, ou qualquer outra classificação. Também é possível conectar as frases obtidas no texto de entrada. Após a classificação das palavras e frases associadas, o resultado é encapsulado, por exemplo, em formato JSON que contém o texto completo e classificações realizadas, e submetido a uma análise final e mais completa em busca do significado de cada uma das palavras, através de palavras chaves pré-definidas ou de sua classificação dentro do texto apresentado.

4.2.1.3 Busca e Identificação de Objetos Relevantes

Esta etapa objetiva realizar uma análise buscando elementos definidos como importantes na verificação dos requisitos.

Durante o processo de definição destes requisitos são definidas palavras que podem ter um significado importante na análise de um relato, gerando assim listas de palavras classificadas em diferentes categorias, como tagCor (etiqueta para cor) e tagTipoFisico (etiqueta para tipo físico). Desta maneira sempre que uma palavra de alguma dessas listas é encontrada, novas análises nas palavras próximas são realizadas, buscando significados adicionais, tais como estado, situação e até qualidade de objetos, pessoas ou situações. Ao analisar a classificação de uma palavra, é possível inferir qual tipo de informação ele representa, tais como endereços, nomes, etc. Para determinar a possibilidade de uma próxima palavra, são analisadas várias palavras em bloco e comparadas a um glossário, construído com base nas necessidades do domínio.

Utilizando palavras-chave, é feita a conexão e a classificação de cada objeto encontrado e seus atributos, como por exemplo um objeto e atributos que o descrevem. Durante este estágio são usadas palavras-chaves que já foram definidas através de análise de diversas sentenças. Exemplos de palavras chaves são mostrados na Figura 4.3.

```
+ marcasDeCarros : array("mercedes", "bmw", "focus");
+ tagTipoFisicos : array("forte", "alto", "altos", "magro", "gordo");
+ tagCor          : array("preto", "vermelho", "amarelo", "azul");
```

Figura 4.3: Amostra de categorias contendo palavras-chaves durante a análise

A análise das palavras é feita comparando o lexema, que é a palavra exata que foi obtida nos *inputs* do sistema, com as palavras chaves em alguma das categorias já definidas. Caso ela seja encontrada, e definida como um possível objeto. Em complemento, pode ser realizada uma busca por adjetivos que possam descrever o objeto e melhorar os resultados, como mostra a Figura 4.4.

```
SE no_array(palavraAnalisada[cont]->lexeme,tipo)
  SE palavraAnalisada[cont+1]->POSTag=='adjetivo'
    objeto['descricao'] = palavraAnalisada[cont]->lexeme;
    objeto[atributo]    = palavraAnalisada[cont+1]->lexeme;
  SENA0
    objeto['descricao'] = palavraAnalisada[cont]->lexeme;
```

Figura 4.4: PseudoCódigo detalhando a análise Objeto-Características

Há a possibilidade de que as novas informações inferidas pelo sistema possam ser submetidas como novas informações ao glossário ou como alterações, com base nas várias palavras en-

contradas durante a análise, o que resulta em aumento da precisão e qualidade com a utilização do sistema. Este processo não é automatizado e sua implementação demandaria a atuação do humano para indicar a qual classe de objetos uma palavra pertence.

Ao final, os objetos identificados são encapsulados em um modelo objeto JSON e submetido à “Avaliação de Qualidade de Dados e Informações”, e posteriormente à “Fusão de Informações com critérios de Qualidade”. Os dados então encontrados são armazenados e propagados, gerando uma primeira situação.

Os objetos, atributos e propriedades geradas por esta fase são submetidos a uma avaliação, a fim de quantificar as informações de acordo com as dimensões de completude, atualidade, consistência, relevância, precisão sintática, completude temporal e certeza, discutidos na próxima seção. Neste módulo, índices de qualidade são atribuídos às informações com o objetivo de informar ao operador sobre tais medidas. Essas pontuações são também utilizadas como critérios de fusão, a ser também discutido na próxima seção.

A próxima seção descreve o processo de “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações”.

4.2.2 Avaliação de Qualidade de Dados e Informações

A etapa de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações visa especificar uma rotina sequencial de atividades para inferir e representar quantitativamente a qualidade de dados e informações que são propagadas pelo modelo de processo Quantify. A Figura 4.5 apresenta o processo interno da etapa de avaliação da qualidade de dados e informações, bem como o relacionamento deste com as demais rotinas do modelo Quantify de fusão de dados e informações.

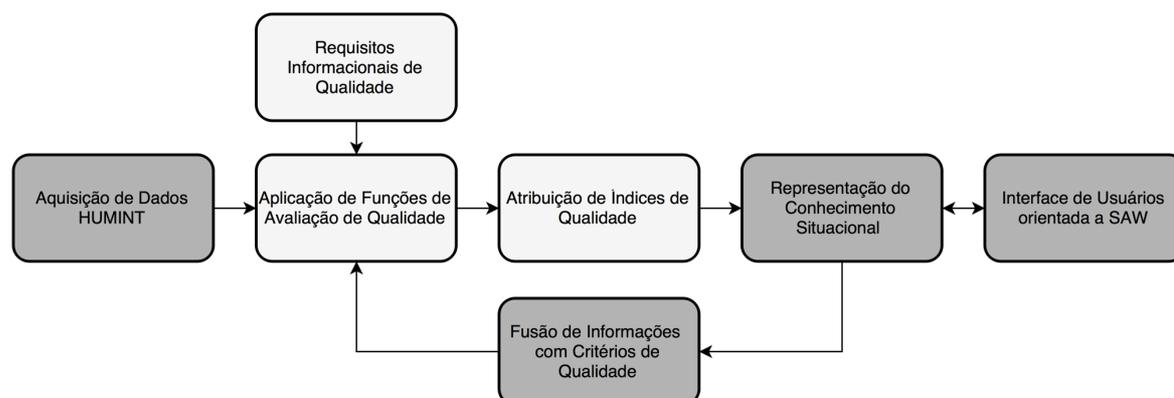


Figura 4.5: Processo de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações (cinza claro) e o relacionamento com os demais processos do modelo Quantify (cinza escuro)

O módulo de “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações” é precedido pela etapa de “Aquisição de Dados HUMINT” e seguido pela etapa de “Fusão de Informações com critérios

de Qualidade”, que consumirá a informação qualificada. O objetivo desta etapa é qualificar a informação situacional quantificando dimensões de qualidade, para a orientação e parametrização fundamentada do processo de fusão como um todo.

A avaliação da qualidade é aplicada em dados e também em informações. A primeira abordagem ocorre sob a forma de precisão sintática. A segunda abordagem ocorre após uma informação situacional ser formada e representada na forma de relações semânticas.

Neste contexto, as dimensões escolhidas para realizar as avaliações são as tipicamente avaliadas em dados HUMINT, tais como: atualidade (*timeliness*), completude, completude temporal, consistência, relevância, precisão sintática e a generalização certa (confiança do sistema sobre a informação) (Agre *et al.*, 2011).

A Figura 4.6 apresenta a sequência de dimensões a serem inferidas no processo interno de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações.

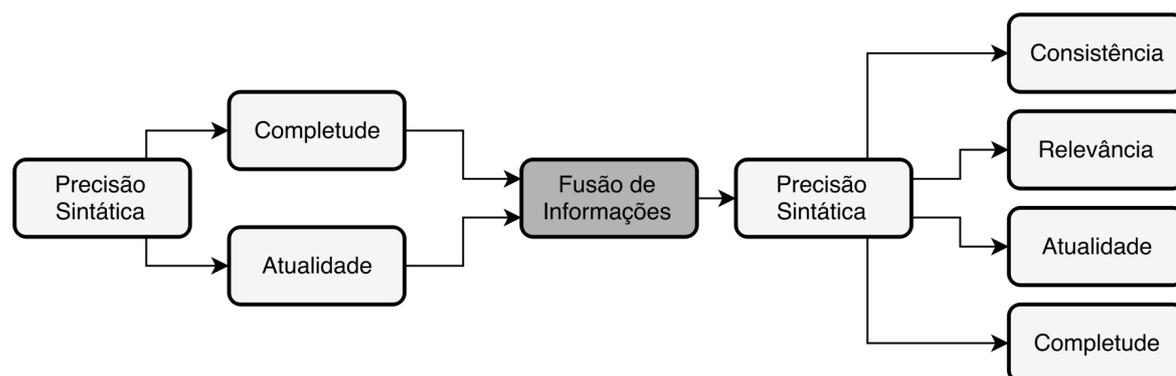


Figura 4.6: Sequência de inferências de dimensões no processo interno de Avaliação da Qualidade de Dados e Informações

Considerando que o modelo Quantify apresentado nesta tese tem como seu pilar de sustentação as questões referentes à qualidade de dados e informações, há a necessidade de destacar esta etapa de “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações”, não somente como um dos processos internos que compõem o modelo, mas também na forma de uma Metodologia, em nível superior de granularidade. Além disso, faz-se necessário destacar os mecanismos internos de operação desta metodologia, além de ilustrar os artefatos gerados a cada etapa. Desta maneira, foi proposta a “Metodologia para Avaliação da Qualidade de Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências” (IQESA), descrita em detalhes no Capítulo 5.

4.2.3 Fusão de Informações com Critérios de Qualidade

Visando cumprir os objetivos dispostos nesta tese, é proposto um processo de que organiza a fusão de informações em detalhes quanto ao fluxo de entradas e saídas de informação com o objetivo de melhorar SAW para um sistema de tomada de decisão em cenários complexos e de gestão de emergências.

Este processo pode ser abstraído em duas etapas principais, cada qual com seus mecanismos internos que desempenham papéis específicos, mas de grande contribuição para melhorar a representatividade da informação. As etapas (destacados em cinza claro) são: busca por informações sinérgicas e a associação multicritérios, descritas em detalhes nas próximas seções e ilustrada na Figura 4.7.

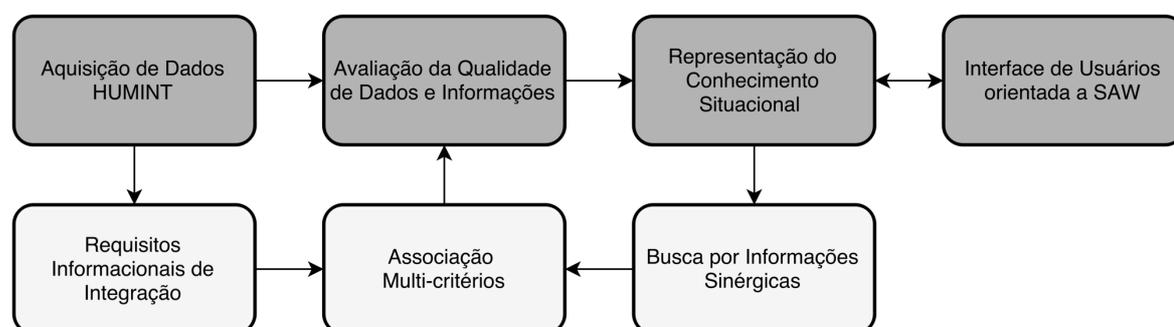


Figura 4.7: Processo de Fusão de Informações com Critérios de Qualidade (cinza claro) e etapas adjacentes (cinza escuro)

4.2.3.1 Busca por Informações Sinérgicas

Após a aquisição e a avaliação de qualidade, um novo objeto JSON (*JavaScript Object Notation*) é produzido. Este objeto corresponde ao que conhecemos por resultados de Nível L1 de fusão de dados, com objetos e atributos (de acordo com a taxonomia JDL), juntamente com índices de qualidade atribuídos a cada objeto e índices gerais de qualidade, de acordo com a metodologia apresentada para a avaliação da qualidade de objetos, atributos e situações identificados em tempo de aquisição.

Tal objeto JSON decodificado abastece a criação de uma ontologia preliminar (descrita mais adiante neste capítulo), que representa uma instância semântica inicial de uma situação, com suas classes correntes, como por exemplo: pessoas, objetos e locais, cada qual com seus respectivos atributos, organizados semanticamente e com indícios de atividades em comum entre as mesmas (propriedades de relacionamento), definidas em tempo de aquisição.

Tal ontologia instanciada, mais uma vez transformada em um objeto JSON, compõe a en-

trada para a fusão de informações. Dentre os parâmetros de entrada estão os próprios objetos identificados nas fases anteriores, o tipo de fonte de dados, quais propriedades devem estar presentes e até mesmo um limiar de qualidade das informações, como mostra a Figura 4.8.

```
{
  "filtros":[{
    "completude":40,
    "consistencia":null,
    "objetos":[{"criminoso","local"}],
    "criminoso":[{"
      "completude":20,
      "fugaTipo":"carro"
    }]}],
  "fontes":[{"cameras","denuncias"}]
}
```

Figura 4.8: Entrada multicritérios para o processamento da fusão

Uma vez que o processo de fusão é iniciado, é realizada a busca de informações sinérgicas entre as classes que já estão presentes na ontologia atual, e que podem deter informações de objetos, atributos, propriedades e índices de qualidade que possuem algum tipo de correspondência.

Após a busca de informações sinérgicas entre as informações já representadas na ontologia, é realizada uma busca por mais informações que ainda não foram consideradas no processo, provenientes da mesma fonte ou de outras fontes de dados, e que já foram submetidas ao processo de “Aquisição de Dados HUMINT”. Esta rotina é realizada a fim de obter novas informações sobre os objetos associados em cada momento, validando e dando maior consistência as informações já definidas. A entrada deste processo é uma informação isolada (de Nível 1 JDL) ou já associada entre objetos (de Nível 2 JDL), e o resultado desta etapa poderá ser também um novo objeto ou uma nova situação.

Este processo poder ser implementado por um algoritmo baseado nas técnicas de mineração de dados, o algoritmo *apriori*, que infere a frequência da presença de certas informações quando analisadas em relação ao resto de um ambiente (informação da situação e demais fontes). Esta inferência é feita a partir de uma fórmula de cálculo do suporte de informação (covariância), de acordo com a Figura 4.9.

Para o processo aqui proposto, são utilizados os princípios da mineração de dados, mas com algumas alterações realizadas com o objetivo de calcular a frequência de tais informações, por um único nó ou parâmetro proposto, ou seja, ele procura a covariância entre os dados e calcula este índice de relacionamento. Trata-se do cálculo do total de todos os itens relacionados, dividido pelo total de itens disponíveis em todas as informações.

```
para cada(resultadoBuscaSinergica é um resultado){
    se(resultado é um array){
        para(var it = 0; it < quantidade de resultado; it++){
            fp = resultado[it]/quantidade de resultado;
            resultadoBusca[ib+1] = fp;
        }
    }
    else
    {
        fp = resultado/quantidade de resultado;
        resultadoBusca[ib] += fp;
    }
}
```

Figura 4.9: Parte do núcleo do algoritmo de mineração de dados

Como resultado desse processo é obtido um conjunto de informações iniciais complementadas às novas informações com seus respectivos atributos, índices de qualidade, propriedades e índice de relacionamento entre tais informações.

4.2.3.2 Associação Multicritérios

A associação multicritério usa as informações sinérgicas encontradas sob os critérios mencionados, porém de forma combinada e hierárquica. Esta associação atende também aos critérios pré-definidos de índices de qualidade e propriedades semânticas. O processo a seguir insere uma nova informação na ontologia, satisfazendo a similaridade encontrada no contexto da informação original, e satisfazendo os multicritérios definidos no processo anterior. A Figura 4.10 mostra parte do núcleo do algoritmo de associação multicritério.

```
se(informação é um objeto)
{
    para cada(informação é infoi)
    {
        para cara(criterio)
        {
            hipoteses[i+1] = validaInformação(infoi, criterio);
        }
    }
}
```

Figura 4.10: Parte do núcleo do algoritmo de associação multicritério

Multicritérios podem ser definidos por duas fontes, uma sendo a entrada do operador em tempo de operação do sistema e a outra com base nas informações e conhecimento obtidos via análise de requisitos, antes da operação do sistema, e que incidem automaticamente sobre os algoritmos deste processo.

Como resultado da parte automatizada, todas as informações iniciais que são submetidas ao processo de fusão são analisadas em busca de sinergia, com novos atributos, propriedades e

até mesmo novos objetos encontrados durante o processo, de forma combinada e hierárquica, resultando em novas informações situacionais.

Este resultado pode ser submetido novamente ao processo anterior de busca de dados sinérgicos, aumentando a capacidade do processo para encontrar novas informações e consolidar ainda mais as informações já encontradas.

Desta forma, a informação é especializada cada vez mais, enriquecendo a situação atual, ou parte da situação. Este processo é cíclico e é realizado toda vez que o resultado da associação multicritério não encontrar informações dentro dos limiares necessários, definidos ou pela determinação do humano ou delimitados pelo sistema.

Se um segundo ciclo não é realizado, as informações resultantes serão submetidas ao processo de avaliação de qualidade de informações, agora pontuando as novas informações encontradas, incidindo também nos índices da situação corrente. Após este processo, a informação reavaliada pela avaliação de qualidade da informação, será re-instanciada na ontologia, descrita nas próximas seções e representada para o uso do sistema.

No processo automatizado de fusão realizado imediatamente após a aquisição e avaliação de qualidade da informação, é feito o maior número possível de associações entre os objetos, seus atributos, propriedades e seus índices de qualidade e limiares de qualidade pré-determinados, considerando a existência de dois ou mais conjuntos de dados disponíveis a partir da mesma fonte ou de fontes diferentes.

Este processo, chamado de fusão primária, atende aos requisitos de informação, ou seja, os critérios de propriedades definida na análise dos requisitos, tais como níveis mínimos de qualidade e principais propriedades entre as informações, que é útil para definir o que deve ser processado primeiro e conseqüentemente mostrado para o operador. Estes requisitos de informação são baseados em um questionário aplicado a diversos especialistas de diversas funções e tempo de carreira, garantindo assim uma visão heterogênea do assunto e também o gerenciamento e validação dos critérios mais importantes para uma dada situação.

No caso da fusão sobre demanda do operador humano, o algoritmo é ativado mais uma vez, mas os critérios de integração são inteiramente selecionados pelo operador através da interface de usuários, em vez de todas as combinações possíveis de objetos, atributos e propriedades identificados na fase de aquisição.

Este processo de associação, agora manual, além de ser baseado em objetos e atributos, é fortemente apoiado em índices de qualidade e hipóteses sobre informações relacionadas a objetos previamente classificados, que foram obtidos em ciclos passados ou diferentes fontes

de dados.

Uma vez que este processo de entrada é realizado pelo operador através de uma interface de usuário, os critérios para o processo de fusão de dados podem ser escolhidos e alterados pelo mesmo operador humano, assim como a remoção de critérios pré-definidos pela análise de requisitos. Esta capacidade demonstra a flexibilidade da estrutura para receber e processar diferentes critérios para uma determinada situação, além de permitir que os agentes possam interagir com o sistema baseados nas suas experiências e conhecimentos, contribuindo assim, para o processo de construção e desenvolvimento de SAW.

4.2.4 Representação do Conhecimento Situacional

Neste trabalho, foi escolhido o uso de ontologias para a representação do conhecimento situacional. O uso de ontologias proporciona meios para definir um domínio com semântica agregada, possibilitando que definições dos dados e suas relações ocorram de modo explícito, sendo que estas relações podem ser entendidas e processadas por computadores.

Para o processo de construção desta ontologia, foi utilizado a Metodologia de Noy e McGuinness, onde são estabelecidos sete passos para construir uma ontologia consistente, sendo eles: 1) Determinar o Domínio e o Escopo da Ontologia; 2) Reutilizar Ontologias Existentes; 3) Levantar termos importantes; 4) Definir classes e sua hierarquia; 5) Definir propriedades das classes; 6) Restrições das Propriedades e; 7) Criação de instâncias.

Matheus *et al.* (2003) apresentam uma ontologia para melhorar SAW de operadores em análise de situações de emergência, representando o conhecimento do sistema sobre objetos e as relações entre eles, além da evolução da situação ao longo do tempo. Essa ontologia é usada como inspiração para a determinação da estrutura ontológica que acomode os artefatos produzidos pelas etapas de inferência do conhecimento situacional, quanto à modelagem dos objetos e atributos que compõem um evento de roubo.

Baseando-se nos requisitos obtidos em fase de “Aquisição de Dados HUMINT” e nos passos da metodologia de Noy e McGuinness (2001), é possível construir uma ontologia de domínio crítico alinhada com os objetivos e tarefas do gerenciamento de emergências. Um exemplo da hierarquia de classes é apresentado pela Figura 4.11. No ANEXO E é apresentada a ontologia completa para o domínio de gerenciamento de emergências.

Tal ontologia possibilita a descrição semântica das relações existentes entre os objetos de cada classe, capacidades que não poderiam ser representadas pelo simples uso de um banco de dados relacional (Martinez-Cruz *et al.*, 2011). Estas relações são denominadas de Propriedades

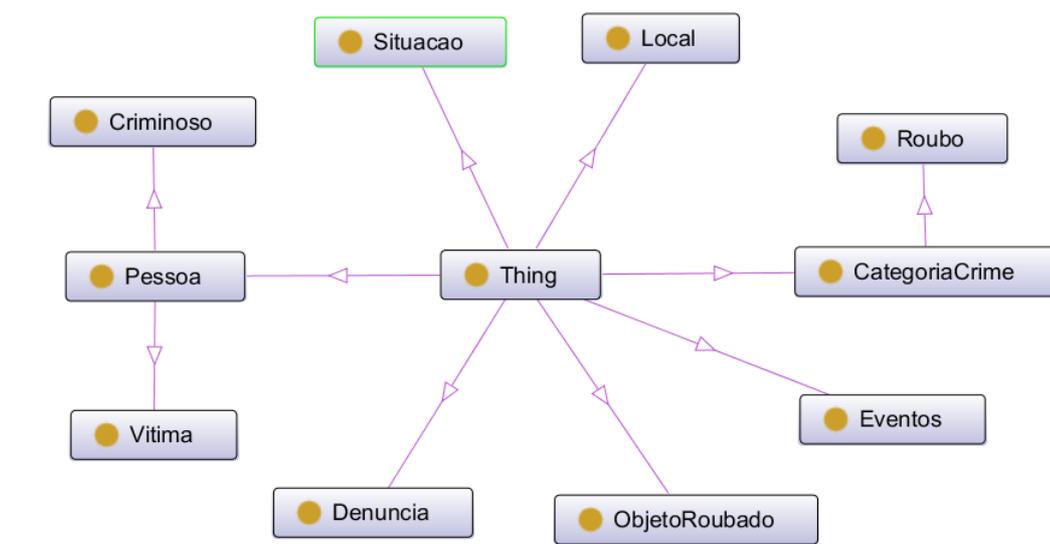


Figura 4.11: Exemplo de Hierarquia de classes da ontologia

de Objeto (*Object Properties*), e tem como característica estabelecer uma ligação entre dois objetos, sendo o domínio (*domain*) a classe que possui a relação, e o alcance (*range*) uma classe que é uma propriedade do domínio. A Figura 4.12 mostra um exemplo de diagrama com propriedades de objeto da ontologia.

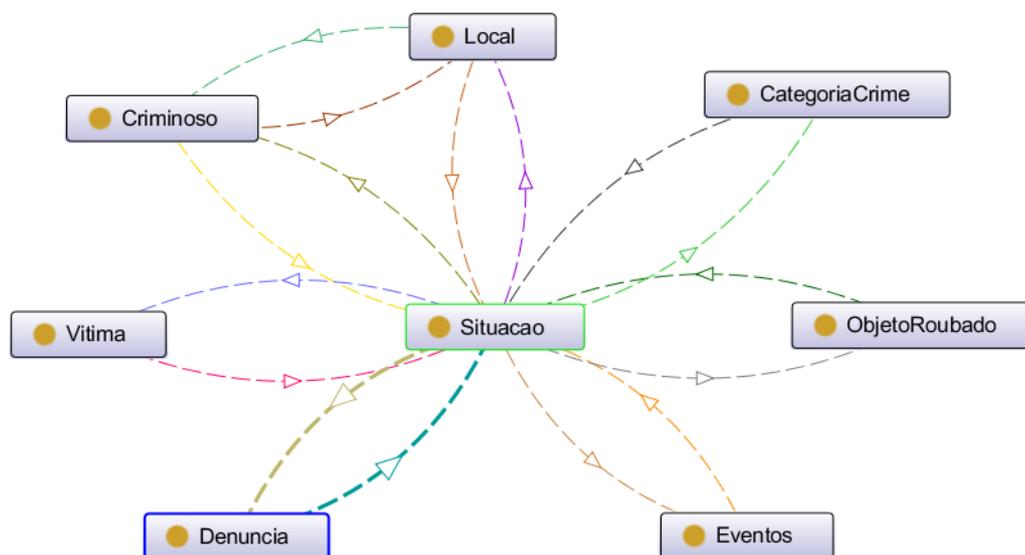


Figura 4.12: Exemplo de Propriedades de objeto das classes da ontologia

A partir da Figura 4.12 é possível verificar quais são as relações existentes entre as classes da ontologia. A seta pontilhada significa uma relação entre dois objetos, sendo que a origem da seta significa o domínio da relação e o final da seta significa o alcance daquela relação.

Desta maneira, todas as relações existentes têm uma relação inversa a ela. Por exemplo, “uma situação tem um objeto” e esta relação é o inverso da relação “objeto é uma entidade de

uma situação”. Isso é importante neste contexto, para que seja possível realizar inferências a respeito das classes e das instâncias que a ontologia possui.

Outra relação que as ontologias possuem são as Propriedades de Dado (*Data Properties*). Estas propriedades possuem como característica estabelecer uma relação de uma classe com um valor absoluto, de forma que o domínio desta relação é uma classe da ontologia e o alcance é um valor literal, como uma *String*, um número inteiro ou real, um valor booleano, entre outros.

Deste modo, a ontologia é utilizada como estrutura de representação deste trabalho, visando representar as informações situacionais enriquecidas com a semântica agregada a cada objeto e atributo, além das propriedades que representam a qualidade dos dados e informações, a ser discutida durante a terceira etapa da “Metodologia de Avaliação de Qualidade de Dados e Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências” (Capítulo 5).

A ontologia proposta nesta etapa pode ser construída utilizando a linguagem OWL (*Web Ontology Language*), uma linguagem que possui capacidade vasta de representação e poder de demonstrar os dados com a semântica agregada, de forma que um sistema consiga identificar e processar dados relacionais.

A ontologia em OWL foi a base para a construção de um modelo de objeto JSON que incorpora todas as propriedades, classes e restrições contidas na ontologia, de modo que este objeto JSON se torna a instância das classes da ontologia. Ou seja, o modelo de representação de dados é a ontologia em OWL e as instâncias são os objetos JSONs gerados a partir deste modelo. A Figura 4.13 ilustra o processo de representação do conhecimento situacional (cinza claro) e a relação de seus mecanismos com as demais etapas do modelo Quantify (cinza escuro).

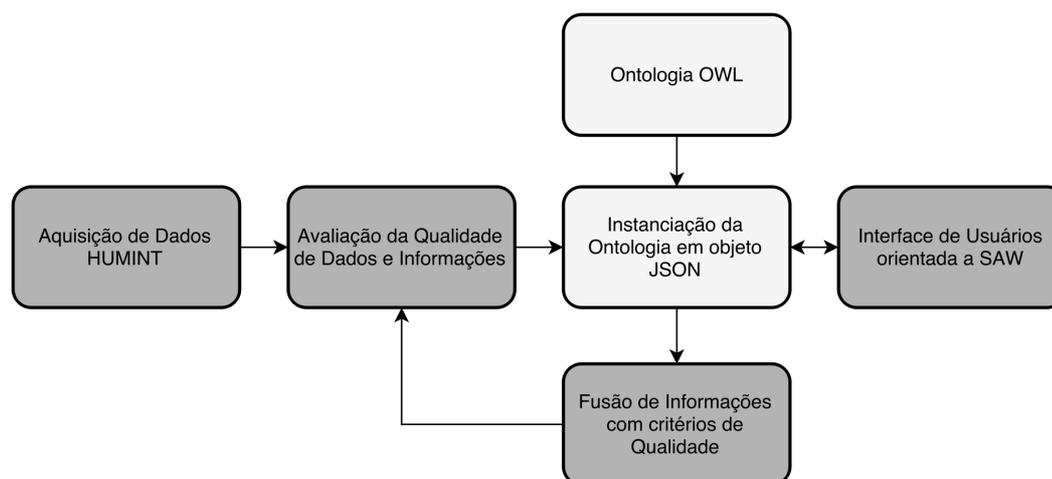


Figura 4.13: Processo de representação do conhecimento situacional (cinza claro) e sua relação com as demais etapas do modelo Quantify (cinza escuro)

Observando a Figura 4.13, é possível notar que o conhecimento situacional é diretamente

conectado às etapas de “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações”, “Fusão de Informações com Critérios de Qualidade” e “Interface de Usuários orientada a SAW”, iniciando que o conhecimento situacional pode ser abastecido por estas etapas do modelo Quantify. Tais etapas produzem informação a todo instante, de forma assíncrona, distribuída e dinâmica, a qual é transportada ao conhecimento situacional pelo mesmo modelo de representação.

A estrutura do objeto JSON é organizada utilizando chaves e valores, de modo que, cada chave é uma propriedade da ontologia e cada valor equivale ao conteúdo que aquela propriedade assumiu em uma determinada instância, sendo ele um valor simples ou uma lista.

A ontologia em OWL é utilizada apenas como modelo para a representação do conteúdo, e por sua vez, para a formação do objeto JSON. Deste modo, não é realizada uma conversão dos dados do JSON para um arquivo OWL. Adicionalmente, tal objeto JSON foi construído baseado em OWL, portanto, não há perdas quanto conteúdo e/ou contexto à informação.

A Figura 4.14 apresenta um modelo de objeto JSON que é usado para instanciar a ontologia. Nota-se que as classes e propriedades dos dados estão todas representadas neste objeto dentro de sua respectiva classe, tais como: categoria, denúncia, tempo, criminoso, objeto, vítima e local. É possível observar também que a estrutura do objeto JSON possibilita que as relações permaneçam explícitas, como a denúncia, que é uma propriedade de objeto situação. Deste modo, este objeto JSON é capaz de receber uma instância completa da ontologia, abrangendo todas as classes e propriedades.

```

"criminoso":{
  "sexo": "",
  "status": "",
  "fugaTipo": "",
  "fugaPara": "",
  "descricao": "",
  "idade": "",
  "altura": "",
  "condicao": "",
  "etnia": "",
  "porteFisico": "",
  "corCabelo": "",
  "tipoCabelo": "",
  "corVestimenta": "",
  "marcaVestimenta": "",
  "arma": "",
  "tatuagem": "",
  "palavraRer": "",
  "completude": "",
  "consistencia": "",
  "relevancia": "",
  "precisaoSintatica": ""
}

"vitima":{
  "sexo": "",
  "status": "",
  "idade": "",
  "altura": "",
  "condicao": "",
  "etnia": "",
  "porteFisico": "",
  "corCabelo": "",
  "tipoCabelo": "",
  "corVestimenta": "",
  "marcaVestimenta": "",
  "palavraRef": "",
  "completude": "",
  "consistencia": "",
  "relevancia": "",
  "precisaoSintatica": ""
}

"local":{
  "logradouro": "",
  "tipoLogradouro": "",
  "complemento": "",
  "bairro": "",
  "altura": "",
  "direcao": "",
  "sentido": "",
  "referencia": "",
  "numero": "",
  "gps": "",
  "completude": "",
  "consistencia": "",
  "relevancia": "",
  "precisaoSintatica": ""
},

"objeto":{
  "descricao": "",
  "condicao": "",
  "marca": "",
  "modelo": "",
  "tamanho": "",
  "cor": "",
  "ano": "",
  "placa": "",
  "porte": "",
  "completude": "",
  "consistencia": "",
  "relevancia": "",
  "precisaoSintatica": ""
}

certeza: "",
completudeTemporal: ""
!
}

```

Figura 4.14: Exemplo de objeto JSON baseado na ontologia, contendo a estrutura dedicada a acomodar os resultados parciais e/ou finais das etapas de inferência de objetos e situações

4.2.5 Interface de Usuário Orientada a SAW

A etapa de “Interface de Usuários orientada a SAW” visa especificar uma rotina sequencial de atividades para gerir de forma plena a informação situacional, gerada, propagada e mantida pelo modelo Quantify.

Para tal, este processo interno visa incluir uma interface de usuário na dinâmica de inferências do modelo Quantify, para não somente representar o conhecimento situacional, mas também para promover o relacionamento em dois sentidos da mesma com as demais etapas do processo. Adicionalmente, busca-se também especificar as rotinas de gestão do processo como um todo, para promover os refinamentos necessários ao processo de SAW a partir da interface de usuários.

A Figura 4.15 apresenta o processo interno da etapa de “Interface de Usuários orientada a SAW”, bem como o relacionamento deste com as demais rotinas do modelo Quantify de fusão de dados e informações.

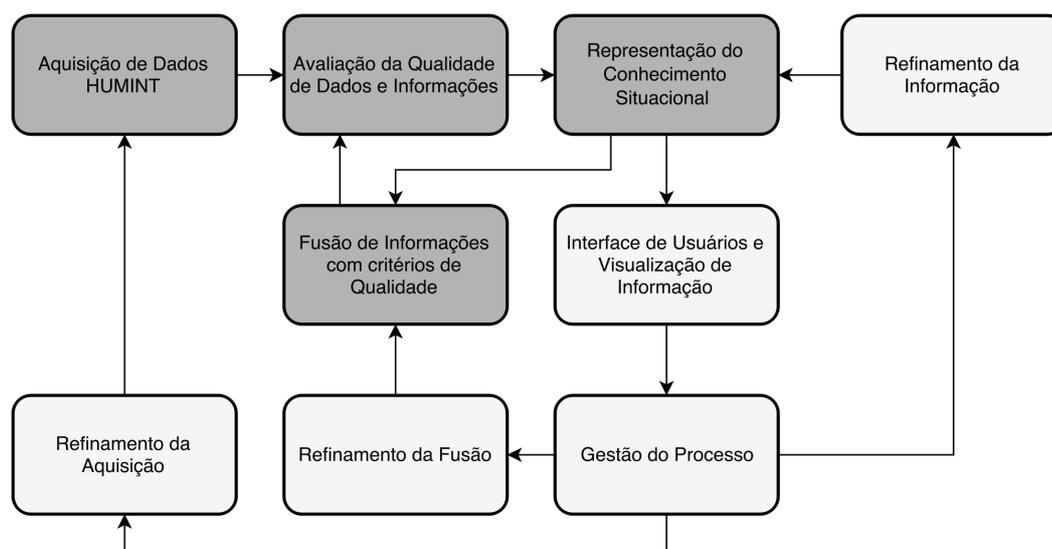


Figura 4.15: Processo interno de “Interface de Usuários orientada a SAW” (cinza claro) e seu relacionamento com as demais etapas do modelo Quantify (cinza escuro)

A interface de usuário incluída no processo é ligada diretamente à etapa de “Representação do Conhecimento Situacional”, já apresentada e discutida como a etapa que detêm o conhecimento situacional corrente, o qual deve ser representado graficamente e gerido.

Conforme discutido anteriormente, tal conhecimento situacional foi construído pela “Aquisição de Dados HUMINT”, qualificado pela etapa de “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações”, sob os requisitos pertinentes ao domínio de ambientes complexos, e enriquecido pela “Fusão de Informações com critérios de Qualidade”. Desta maneira, as situações que devem ser re-

presentadas, apresentam menor dimensão, pois as informações que as compõem já se encontram integradas de acordo com os critérios apresentados, porém mais significativa. Além disso, a interface de usuários também recebe da etapa de representação do conhecimento situacional, os metadados que qualificam as situações, habilitando que sejam empregadas técnicas de visualização da informação, ciente da qualidade da informação, para representar graficamente este conhecimento acumulado e qualificado.

A próxima seção apresenta o desenvolvimento da interface orientada a SAW utilizando informações a partir do domínio de gerenciamento de cenários complexos. Além disso, discute-se como os princípios de design de interface de Endsley (2003) foram interpretados e empregados no desenvolvimento da interface. Adicionalmente, aspectos positivos e negativos de cada princípio são apresentados.

4.2.6 Desenvolvimento da Interface de Usuário Orientada a SAW

Visando o levantamento de requisitos para o desenvolvimento da Interface de Usuário Orientada a SAW, foram definidas duas abordagens: a Análise de Tarefas Dirigida por Objetivos (GDTA), empregada também em outras fases do modelo Quantify, e as diretrizes de projeto de interfaces para a obtenção e manutenção de SAW, introduzido por Endsley (2003).

O GDTA (ANEXO A) ajuda os designers de interfaces a listar todas as informações necessárias para estimular cada um dos três níveis de SAW (Percepção, Compreensão e Projeção), além das tarefas relacionadas para ajudar a atingi-los. Para obter essa informação, um questionário e uma observação em campo foram aplicados aos operadores humanos. Essa abordagem também ajudou a definir as prioridades e as decisões que devem ser executadas durante a análise da informação.

Nesta seção são apresentados os princípios para o desenvolvimento de cada componente da interface de usuário e as escolhas de design baseadas no estado da arte em interfaces dedicadas a SAW. Ressalta-se também as vantagens e desvantagens de cada escolha de design para o domínio de aplicação deste trabalho.

4.2.6.1 Organizar as Informações de Acordo com os Objetivos

O objetivo é analisar e avaliar situações de cenários complexos e dinâmicos, como os do domínio de gerenciamento de emergências, visando ajudar os operadores humanos a adquirirem SAW, usando as informações coletadas e processadas por um sistema de avaliação.

Para obter este resultado, a representação da informação na interface foi estruturada em torno de tal objetivo, desta maneira, é necessário que a interface não seja totalmente orientada por dados, mas sim visando a contribuição para SAW. Assim, a interface foi dividida em três visões complementares. A Figura 4.16 apresenta a visão geral da interface de SAW, dividida em três visões para a aquisição e manutenção de SAW em gerenciamento de cenários de emergências.

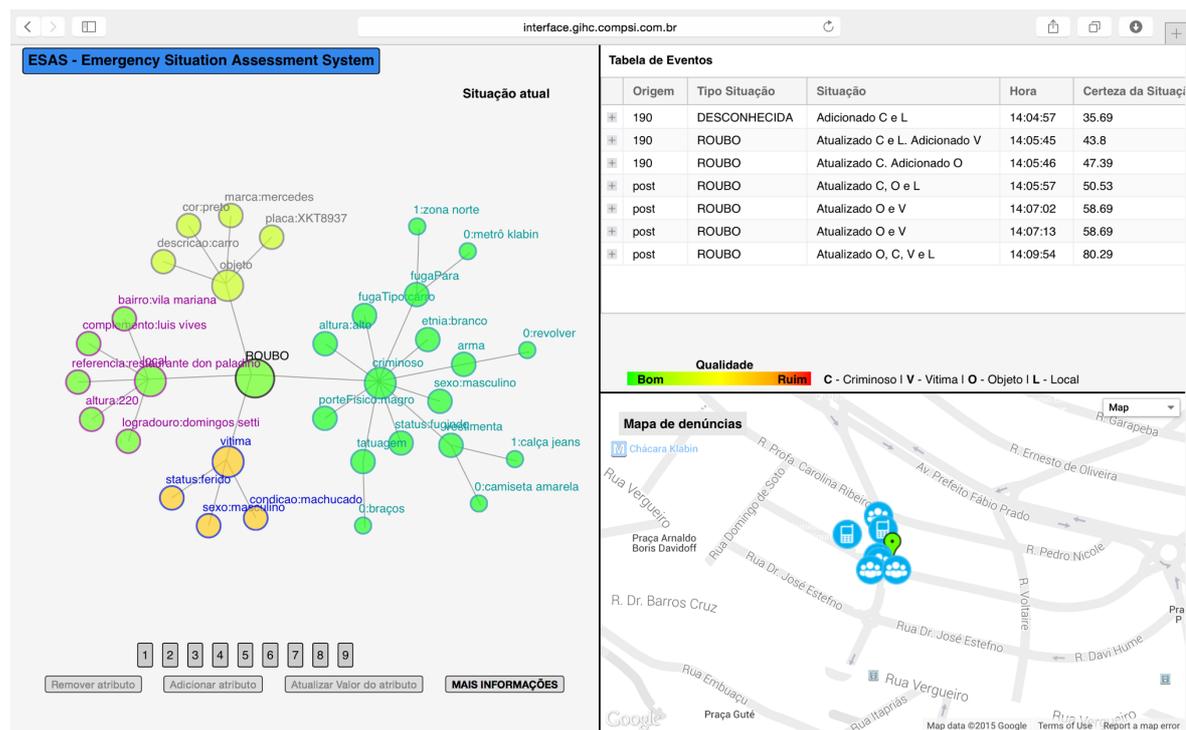


Figura 4.16: Interface de usuário dividida em três visões para a aquisição e manutenção de SAW em gerenciamento de emergências, sendo estas: Grafo da Situação (lado esquerdo), Tabela de Eventos (canto superior direito) e Mapa de Denúncias (canto inferior direito)

A primeira visão (canto superior direito e em detalhes na Figura 4.17) na interface do usuário é denominada Tabela de Eventos. Nesta tabela são especificadas todas as transformações na qual a situação é submetida, como por exemplo: a adição de um local ou a atualização dos dados de uma pessoa ou objeto. Nesta tabela (Figura 4.17) ainda é possível observar a fonte de dados que deu origem à transformação, o tipo de situação até o momento, o instante em que a transformação ocorreu (ou o instante em que houve evolução na informação situacional) e o índice atual de confiança que a automação detém sobre a atual situação (certeza na situação).

O uso de sobreposições em um Mapa de Denúncias (canto inferior direito e em detalhes na Figura 4.18) é altamente recomendado para as operações de gerenciamento de emergências. Tal domínio é dependente de atributos de localização, cruciais para determinar o atendimento a um evento de emergência. Assim, esta visão é responsável por apresentar as origens das fontes de

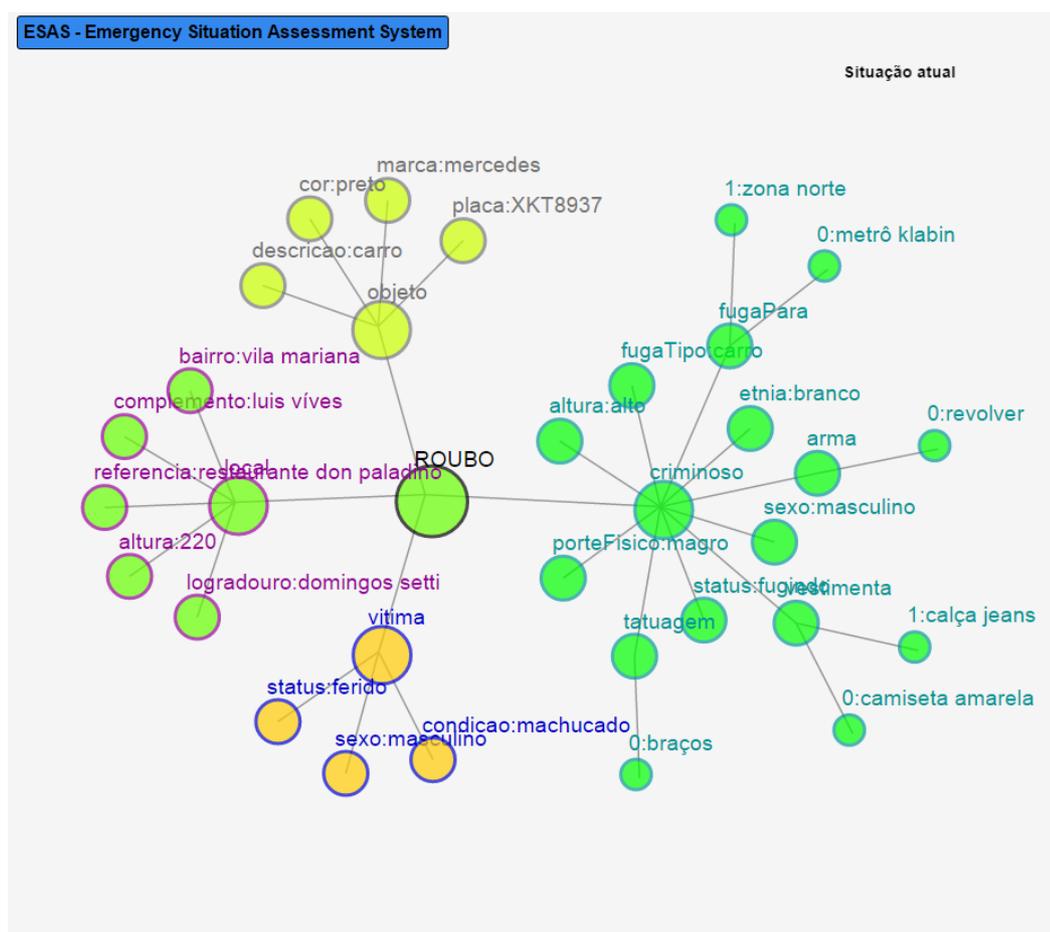


Figura 4.19: Grafo da Situação contendo relações hierárquicas representadas na Interface de Usuário Orientada a SAW

(entidades) identificadas no processo de inferência (ex: pessoas, locais ou objetos). As folhas, nós de menor tamanho, representam os atributos dos objetos (ex: descrição de uma pessoa, um ponto de referência, status de uma pessoa).

O grafo também podem ser reorganizado e ter sua hierarquia atualizada ao longo do processo de análise, para implementar os refinamentos no processo, a ser discutido mais adiante. Toda e qualquer mudança em qualquer uma das visões reflete nas demais, atualizando suas informações.

4.2.6.2 Apresentar o Nível 2 de SAW Diretamente

O objetivo é apresentar as informações necessárias para o segundo nível de SAW, visando apoiar a compreensão de resultados parciais mínimos diretamente, como um primeiro indício de uma situação que provavelmente está ocorrendo. A ideia é apresentar algumas informações já inferidas usando informações de primeiro nível, em vez de depender de cálculo mental do

operador humano.

Algumas situações (compostas por objetos e atributos) podem ser calculadas *a priori* para reduzir o cálculo mental do operador que usa o sistema. Por exemplo, a parte automatizada pode inferir informações de várias entidades que remetem a um "objeto", identificada nas informações iniciais adquiridas. Neste momento não há nenhuma informação que qualifique o tipo ou descrição de um objeto supostamente roubado.

A Figura 4.20 indica que trata-se de uma situação de roubo. Porém, esta faz referência apenas a um roubo de algo ainda não identificado. Neste contexto, uma fusão pode antecipar informações de Nível 2 de SAW diretamente ao integrar automaticamente novos dados aos da situação atual, considerando resultados parciais de fusão de dados como sendo informações de Nível 2.

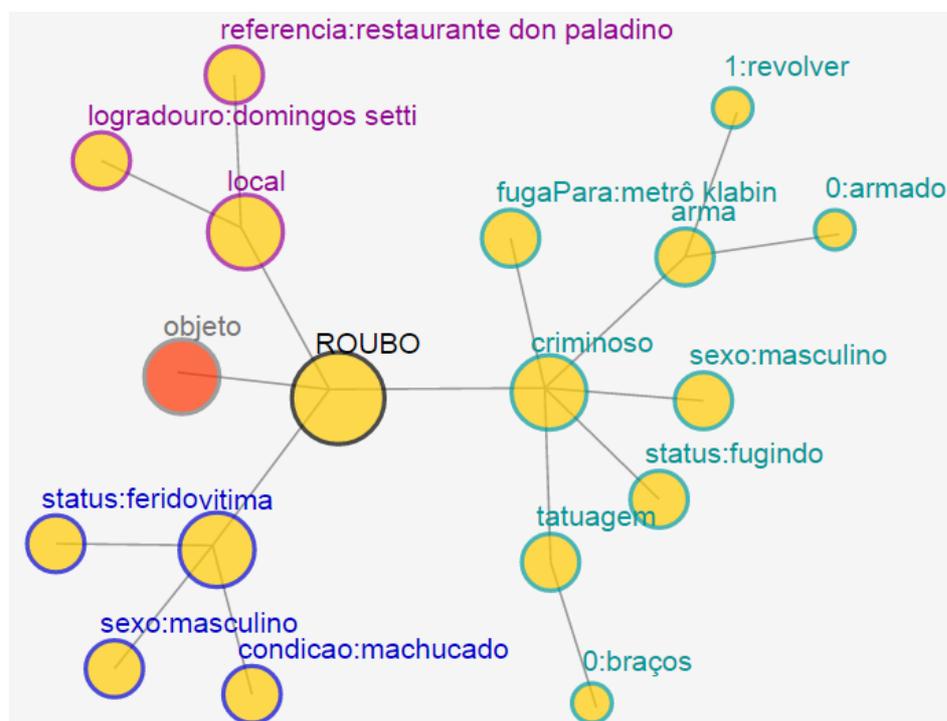


Figura 4.20: Representação do Grafo da Situação, referenciando um objeto roubado ainda não identificado

Assim, com a chegada de uma nova denúncia (Figura 4.21), também indiciando que houve um roubo de um objeto do tipo carro, o módulo de fusão de dados e informações pode confirmar a informação da primeira denúncia e já considerar a mesma como sendo única e de Nível 2 de SAW.

O mesmo processo ocorre quando há a necessidade de obter informações complementares que qualificam o objeto de roubo, também utilizando de fusão de dados automatizada. Assim,

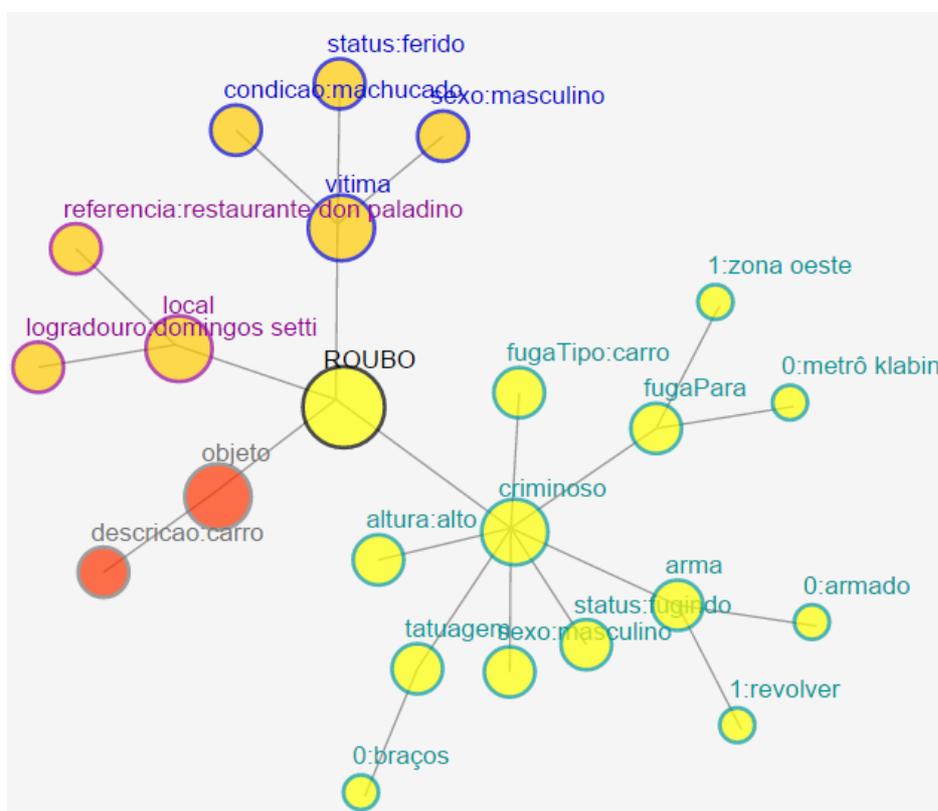


Figura 4.21: Representação do resultado da fusão de dados no Grafo da Situação, com as informações de uma nova denúncia (informação de Nível 2 de SAW). Há a confirmação do roubo de um carro

a interface pode contar com novas denúncias que especificam o objeto carro. A Figura 4.22 apresenta a especificação de atributos de que o carro roubado é da cor preta e a Figura 4.23, além de especificar a marca do carro, representa o aumento da confiança do sistema no resultado inferido (cores em tons de verde), com a incorporação da nova informação integrada.

Assim, em vez de apresentar somente as informações de Nível 1 separadamente, as mesmas são fundidas automaticamente, apresentando diretamente ao operador humano, uma informação de menor dimensionalidade e maior significado.

Nos casos em que não ocorre uma fusão automática, o operador tem autonomia para realizar tal atividade em qualquer uma das três visões. Tal abordagem é conhecida como fusão em interface (*interface fusion*) e é uma das abordagens de refinamento a ser detalhada posteriormente. Essa abordagem ajuda a evitar a desordem da interface em caso de vários eventos simultâneos, mas negligencia uma granularidade maior no nível de atributos.

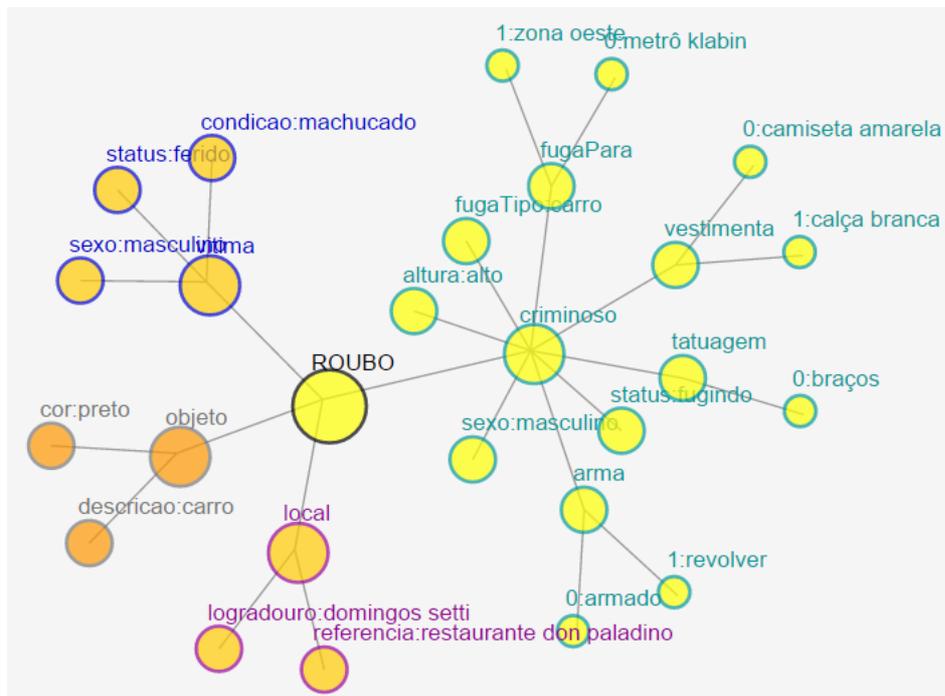


Figura 4.22: Representação da incorporação de novas denúncias no Grafo da Situação, confirmando o roubo de um carro da cor preta

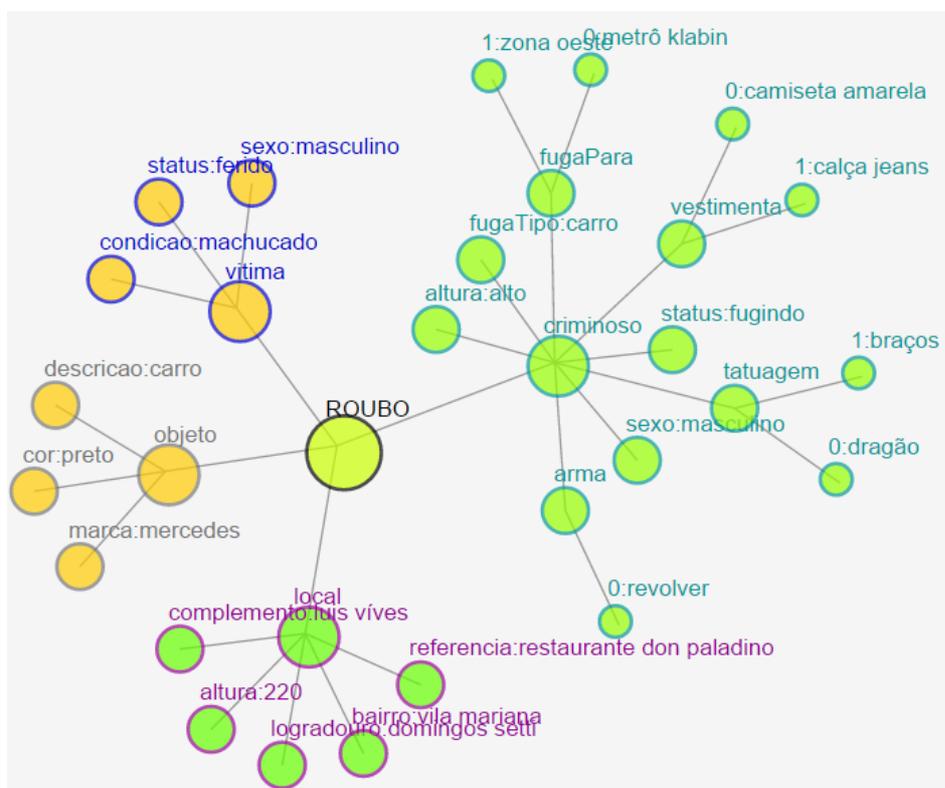


Figura 4.23: Representação do aumento da confiança do sistema (cores em tons de verde) com a incorporação da nova informação integrada ao Grafo da Situação (marca Mercedes)

4.2.6.3 Suportar a Consciência Situacional Global

O conhecimento agregado sobre a situação deve estar sempre disponível. SAW Global é uma visão geral de toda a situação em uma linguagem de alto nível e de acordo com os objetivos do operador. SAW Global inclui também informações que são complementares à situação atual de interesse, mas que não necessariamente descrevem ou enriquecem tal situação, mas que compõem a visão de um cenário ou ambiente de interesse como um todo. Desta maneira, ramificações isoladas aparentemente irrelevantes no grafo ou eventos divergentes na tabela e no mapa, que não compõem o objeto de interesse atual, devem ser considerados para o conhecimento global de SAW.

Na maioria dos sistemas de Avaliação de Situações, SAW global é sempre visível e pode ser crucial para determinar quais dos objetivos têm maiores prioridades. Para tal, o Grafo da Situação e a Tabela de Eventos podem ser expandidos e contraídos sob demanda para expor ou ocultar a hierarquia de objetos que compõe uma situação, visualmente e textualmente. Assim, informações detalhadas sobre objetos podem estar sempre disponíveis, se solicitado.

Além disso, quando uma relação candidata é detectada, o Grafo da Situação e a Tabela de Eventos estabelecem uma nova ligação gráfica indiciando uma relação provável, que pode ou não ser aceita pelo operador. Por novas associações em qualquer uma das visões, as demais visões respondem à associação e reorganizam-se. Na Tabela de Eventos, uma nova transformação é apresentada e no Grafo da Situação uma nova hierarquia é composta. A Figura 4.24 apresenta a Interface de Usuário Orientada a SAW orquestrando as suas visões de maneira a complementar a informação situacional presente em cada visão e promover a SAW global.

4.2.6.4 Filtrar a Informação

Para evitar a sobrecarga de informação, as informações não diretamente relacionadas a obtenção de SAW devem ser filtradas. A interface deve apresentar apenas as informações cruciais para alcançar os objetivos em cada tarefa a cada momento. Para tanto, foi desenvolvido um filtro interativo nas três visões da interface. Como a informação é inferida pela fase de aquisição, uma informação existente sobre qualquer um dos objetos, pode ser omitida ou destacada para uma análise específica.

Na Tabela de Eventos (Figura 4.25), detalhes sobre as transformações e os dados brutos de cada fonte de dados podem ser expandidos e omitidos sob demanda. No Grafo da Situação, os nós podem ser omitidos para ocultar determinados níveis da hierarquia da informação situacional. No Mapa de Denúncias, tipos de fontes de dados podem ser priorizadas para visualização.

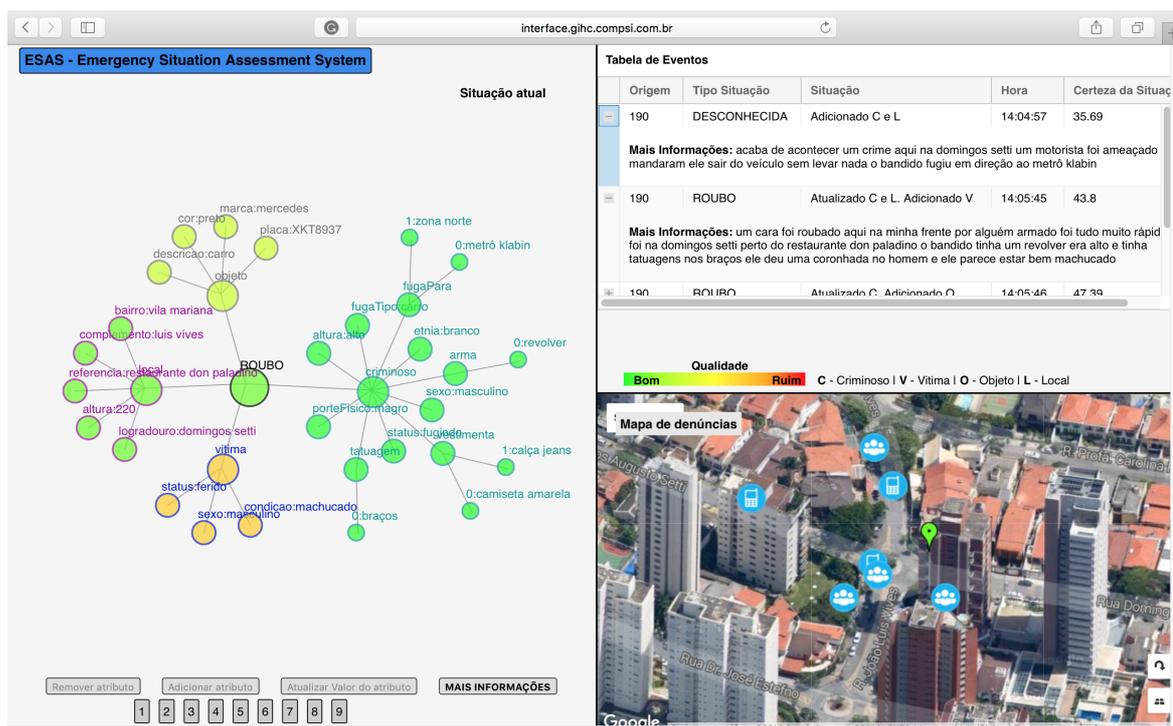


Figura 4.24: Visões da Interface de Usuário Orientada a SAW representando informações complementares e que contribuem para a aquisição da SAW Global

Filtrar a informação é útil para reduzir o espaço de busca e determinar candidatos à fusão por meio da análise visual. No entanto, SAW não ocorre instantaneamente. Os humanos levar um certo tempo para se orientar em relação a situações e atributos críticos. Uma filtragem ruim pode comprometer a visibilidade e a dinâmica do sistema que muda ao longo do tempo. Além disso, SAW global pode ser depredado e impede o humano de ser proativo.

Tabela de Eventos

	Origem	Tipo Situação	Situação	Hora	Certeza da Situação
-	190	DESCONHECIDA	Adicionado C e L	14:04:57	35.69
Mais Informações: acaba de acontecer um crime aqui na domingos setti um motorista foi ameaçado e mandaram ele sair do veículo sem levar nada o bandido fugiu em direção ao metrô klabin					
+	190	ROUBO	Atualizado C e L. Adicionado V	14:05:45	43.8
+	190	ROUBO	Atualizado C. Adicionado O	14:05:46	47.39
+	post	ROUBO	Atualizado C, O e L	14:05:57	50.53
+	post	ROUBO	Atualizado O	14:07:02	58.69

Figura 4.25: Representação da expansão da Tabela de Eventos a fim de obter maiores informações sobre o evento

4.2.6.5 Indicar Explicitamente a Imperfeição da Informação

Humanos tendem a tratar a ausência de meta-informação como algo positivo (Endsley, 2012). Por exemplo, em caso de estimativas positivas, tende-se a achar que uma estimativa ausente também é positiva, quando na verdade, ela pode ser conflitante e imprecisa.

Além disso, o stress e a carga de trabalho podem levar operadores humanos a não prestarem atenção à ausência de informação. Mais ainda, estes podem se basear em suas experiências profissionais para analisar uma situação, enquanto outros dependem de indicações visuais. Neste trabalho, assim como na literatura, linhas tracejadas, cores e formas são utilizadas para representar o desconhecido (ausência de informação ou informação imperfeita). Os nós tem a sua cor interna atualizada toda vez que a qualidade da informação é corrigida, principalmente quanto à completude, apresentada como um dos requisitos de qualidade de informações no domínio de gerenciamento de emergências (Foo, 2013).

A cor do nó central do Grafo da Situação representa o grau de certeza da situação, isto é, o nível de confiança do sistema na informação como um todo, calculada em função das dimensões de completude e atualidade de todos os objetos). A cor dos nós do primeiro nível representa o nível de qualidade local de cada objeto/entidade, calculada em função da completude e atualidade da informação do objeto em particular. A cor dos nós do segundo nível acompanha a cor do primeiro nível.

Para a Interface de Usuário Orientada a SAW, quanto mais próximo um nó se aproxima da cor verde, maior é a qualidade das informações. Quanto mais próxima do vermelho, pior é a qualidade das informações, conforme sequência definida por Ware (1988), considerando o estímulo à percepção das cores na representação de informações. Este conceito se propaga também nas representações do Mapa de Denúncias, a qual indicam com um grau de certeza, o local aproximado da situação.

4.2.6.6 Suportar a Verificação da Confiança da Informação Local e Composta

Tipicamente, a confiabilidade da fonte de dados é considerada pelo operador humano para apoiar e pesar suas opiniões sobre as informações produzidas e apresentadas (Endsley, 2003).

Porém, no contexto de uso de dados HUMINT, há uma grande chance de estes apresentarem algum tipo de problema de qualidade, comprometendo a confiança que o humano tem nos dados gerados por tais sensores.

Neste trabalho, para inferir e representar a confiabilidade da fonte de dado, foram adotados

os índices de qualidade locais e globais que contribuem para a formação da confiabilidade dos sensores (contextos de leitura de um sensor humano). Quanto melhor a qualidade da informação gerada, maior a confiabilidade na fonte de dados.

Embora a confiabilidade dos valores possa ser apresentada numericamente, autores afirmam que o uso de níveis de luminância são aconselhados (quanto mais claro, mais confiável).

Assim, a Interface de Usuário Orientada a SAW mostra formas alternativas de representação da qualidade, sendo estas: as cores, tamanhos, formas e transparência dos nós no Grafo da Situação; as cores do local aproximado do evento no Mapa de Denúncias e finalmente a coluna “Certeza da Situação” na Tabela de Eventos.

Autores afirmam que quanto menor a quantidade de categorias que representam a qualidade da informação, mais rápida é a decisão do operador humano (elevado, médio, baixo) e estes tendem a aceitar melhor os índices mais baixos de qualidade. O uso de dados numéricos, analógicos e em classificação tendem a gerar decisões mais lentas (Riveiro, 2007).

Para a referida interface, emprega-se o uso de luminância, cores e formas, como discutido na seção anterior, representando graficamente as dimensões pertinentes ao domínio e a generalização certa da situação.

Além disso, através da interação com o nó no Grafo da Situação, que representa a situação atual, com as sobreposições no mapa e com as entradas na tabela de eventos, os índices de qualidade da informação que compõem são revelados para ilustrar como tal qualidade global foi inferida. Essa abordagem permite aos operadores verificar índices de qualidade locais e globais sob demanda.

4.2.6.7 Representar Eventos Históricos para Acompanhar a Evolução da Informação

A interface do usuário apresenta acesso gráfico e interativo a informações históricas de eventos distribuídos ao longo do tempo. Para isso, foi desenvolvida uma escala temporal (*timeline*) com intervalos de tempo, referentes aos instantes em que ocorreram transformações na informação situacional. Tais intervalos remetem diretamente a cada linha na tabela de eventos. Em nossa abordagem de sistema de avaliação de situação, a situação é algo que evolui ao longo do tempo. Situações passadas também podem ser restauradas e inferidas novamente com novos parâmetros.

Desta maneira, operadores humanos podem acessar um evento histórico e, como resultado, a interface exibe a informação situacional composta por objetos e atributos anteriores ao presente momento, sob demanda. Ao selecionar um evento histórico, as outras visões da interface

são redefinidas para acomodar as informações da situação selecionada.

Assim, existe a possibilidade de retornar ao passado recente e também monitorar eventos em tempo-real, além de ser capaz de avançar diretamente para um momento específico. Como limitação, pode haver perda de foco sobre os acontecimentos atuais relevantes e confusão sobre a atualidade dos acontecimentos.

4.2.6.8 Suportar a Atualização dos Níveis de Qualidade de dados e Informações e o Gerenciamento da Incerteza

À medida que os operadores humanos precisam avaliar a utilidade da informação situacional, deve haver uma maneira para que os mesmos consigam adequar tal informação às necessidades de suas tarefas e conseqüentemente à decisão que deve ser tomada. Neste contexto há a necessidade que a atuação do humano reflita também na qualidade da informação, que é inferida e representada pela automação.

Uma vez que a informação situacional foi anteriormente inferida, os atributos referentes à qualidade da informação são também medidos e representados na interface, juntamente com as informações qualificadas, na forma de sugestões (*cues*) visuais que indicam tal qualificação. Neste contexto, a qualidade de dados e informações não apenas ajudam os operadores humanos a estabelecer um nível de confiança que devem depositar nas informações representadas, mas também orientam os mesmos a buscar recursos para a melhoria da qualidade da informação, em complemento às atividades que a automação já desempenhou, mas que eventualmente podem não ter sido suficientes para despertar a confiança do humano e estimular o processo de SAW.

Cabe então ao operador humano concordar e confiar nas as partes de informação situacional produzidas pela automação ou discordar e rejeitar a informação situacional preliminar, e trabalhar em benefício da melhoria da qualidade da informação e da aquisição de SAW.

Na abordagem proposta nesta tese, o usuário não pode ajustar diretamente a qualidade da informação (ex: mudança direta de índices de qualidade via interface). Entretanto, o mesmo pode parametrizar o processo para que suas etapas recalquem os índices de qualidade da informação. Como a decisão de buscar melhorar a qualidade da informação é tomada pelo operador humano, cabe à interface orientada a SAW acomodar os meios computacionais para implementar os refinamentos no processo.

Adicionalmente, na abordagem proposta nesta tese, o operador humano é habilitado a atuar e ativar entradas na etapa de Gestão do Processo de Fusão, responsáveis por especificar três tipos de refinamento das atividades do processo de fusão Quantify, sendo estes: Refinamento

da Aquisição, Refinamento da Fusão e Refinamento do Conhecimento Situacional.

Pelo Refinamento da Aquisição, o operador é capaz de atuar diretamente na fase de “Aquisição de Dados HUMINT” para requisitar novas fontes de informação, solicitar novas leituras dos diversos sensores e estabelecem novos parâmetros operacionais de busca de informação. Como resultado, são geradas novos insumos para os processos internos desta etapa em questão, ou seja, novos objetos, atributos e propriedades, desencadeando os demais processos que podem se beneficiar de uma nova aquisição (Avaliação da Qualidade de Dados e Informações e consequentemente a Fusão de Informações). Como todas as outras formas de refinamento, a obtenção de novas inferências demanda a atualização do conhecimento situacional e consequentemente tudo que se sabe sobre a situação. À medida que novos refinamentos ocorrem, mais rico se torna o conhecimento situacional.

O Refinamento da Fusão foi desenvolvido para permitir que operadores determinem manualmente os parâmetros de fusão, em vez de depender do processo automático de integração imediatamente após a aquisição de informação, a qual combina automaticamente todos os objetos e atributos encontrados para reduzir a dimensão da informação. Trata-se de uma nova parametrização do processo de fusão de dados e informações com critérios de qualidade, operacionalizada pela interface orientada a SAW e implementada por filtros que determinam os sob quais parâmetros a fusão será considerada. Eventualmente, o parâmetro a ser considerado para a fusão ainda não é conhecido pelo processo, cabendo ao operador humano introduzi-lo ao conhecimento situacional e determinar que o mesmo deve ser considerado para as próximas integrações.

Finalmente, a Gestão do Conhecimento é a contribuição manual que operadores podem realizar para o conhecimento situacional, enriquecendo-o ao longo do tempo com informações advindas de seu próprio conhecimento em virtude de sua experiência, expertise ou ainda originário de fontes de informação externas que não foram ainda consideradas no processo de avaliação de situações e na interface SAW do SFDs.

Desta maneira, é possível que o operador humano insira, atualize ou remova objetos e atributos que compõem o conhecimento situacional diretamente, em interação intuitiva com o grafo da situação atual. A Figura 4.26 mostra o processo de inserção de uma parte de informação situacional diretamente no Grafo da Situação, ilustrando a escolha do objeto que vai receber um novo atributo, o cadastro do atributo e a nova ramificação no grafo.

Atuando diretamente no conhecimento situacional, informações inseridas, atualizadas ou removidas refletem nas demais etapas do processo Quantify e podem ser consideradas para Avaliação, Fusão e novamente na Representação semântica e gráfica na interface orientada a

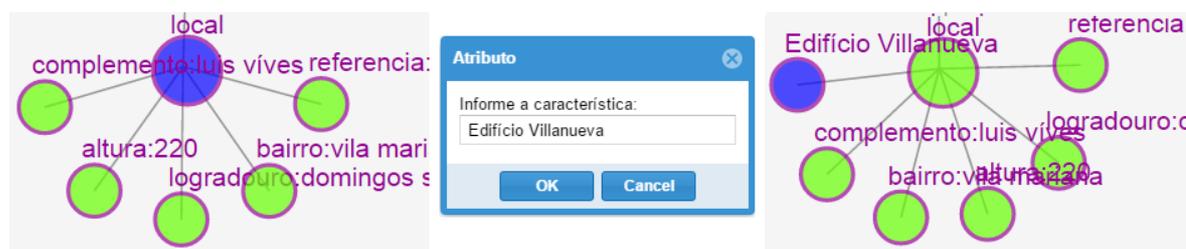


Figura 4.26: Representação do processo de inserção manual de uma parte de informação situacional diretamente no Grafo da Situação

SAW.

Desta maneira, o conhecimento situacional pode ser incrementalmente reestruturado ao longo do tempo. A informação pode ser corrigida e semanticamente readequada. Assim, as associações entre os objetos, feitas por outro processo podem também ser refeitas. Certas nuances sobre a sinergia de objetos e a relação entre eles no cenário só podem ser inseridas por seres humanos.

Com estes mecanismos de refinamento da informação situacional, a interface apresenta o gerenciamento de informações de todo o processo e pode ser considerada como uma workbench de colaboração onde ambos, sistema e o operador humano, que fornecem e transmitem informações como um conhecimento parcial que evolui com o tempo. Assim, toda vez que uma nova informação é fornecida por um desses atores, o outro é habilitado a processá-la como parte de um novo conhecimento situacional.

No domínio de gerenciamento de cenários complexos de emergências, a interface está presente onde um operador humano observa, se orienta, decide o que fazer e, em seguida, toma algumas medidas, que pode ser tanto a solicitação de refinamento ou uma decisão específica de domínio. Em nossa abordagem, este é o processo interno no qual o sistema compartilha o conhecimento parcial gerado pelas outras etapas, e em seguida, recebe as entradas dos operadores de forma cíclica.

4.3 Considerações Finais

Neste Capítulo foi apresentado o modelo Quantify e seus processos internos, dedicados promover a gestão da qualidade da informação, e conseqüentemente, contribuir para a melhoria da consciência situacional de operadores humanos de sistemas complexos.

No próximo Capítulo será apresentada a metodologia IQESA, abordando suas etapas e mecanismos internos para complementar o modelo Quantify e contribuir com a avaliação de

situações de emergência.

Capítulo 5

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS E INFORMAÇÕES NO CONTEXTO DE CONSCIÊNCIA SITUACIONAL DE EMERGÊNCIAS

Neste Capítulo será apresentada a Metodologia para Avaliação da Qualidade de Dados e Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências (IQESA). Tal metodologia, é inovadora ao promover a avaliação e representação de informações situacionais de emergências, inferidas e mantidas por processos de fusão de informações. A mesma destaca-se também pela adoção dos requisitos informacionais gerados por especialistas no domínio de gerenciamento de emergências, para a concepção de suas funções de inferência.

5.1 Introdução à Metodologia IQESA

Como observado no Capítulo 2, as metodologias existentes para a gestão da qualidade de dados e informações dirigem seus esforços em definir conjuntos específicos de dimensões, critérios e métricas de qualidade. Desta maneira, particularidades de cada domínio de aplicação impedem a abrangência das soluções. Além disso, as abordagens conhecidas são limitadas ao incluir extensivamente o humano no processo, para a captura de requisitos e componentes subjetivos, relevantes ao contexto de SAW.

Para promover a melhoria de SAW pela consciência da qualidade da informação, amplificando a percepção e o entendimento dos humanos sobre situações de emergência, foi criada a metodologia IQESA.

A metodologia IQESA, que especifica rotinas de avaliação e representação da qualidade de dados e informações, no contexto de consciência situacional de emergências, apresenta as seguintes capacidades:

- É capaz de rastrear as mudanças de qualidade através do sistema de fusão de informações, oferecendo a possibilidade de explicação da qualidade da informação de saída.
- É flexível o suficiente para acompanhar a evolução dos sistemas de fusão de informações, caso haja a atualização de seus módulos, tais como: novos módulos de aquisição, fusão, representação ou interface.
- Apresentação aos usuários, especialmente de sistemas de fusão de dados e informações, uma estimativa atualizada e confiável da qualidade da informação em processo de inferência;
- Especificação de rotinas em sinergia com os processos de fusão que transformam a informação e conseqüentemente afetam sua qualidade, incluindo a participação do humano tomador de decisão;

Parte-se do pressuposto que mudanças na informação têm um impacto direto na avaliação da qualidade. À medida que a informação é processada por um sistema de fusão, esta pode evoluir e se torna mais rica, demandando novas avaliações.

O acesso a cada módulo de processamento da informação ajuda a definir localmente a qualidade da informação e capturar a sua influência sobre as mudanças de suas medidas, o que também ajuda a definir um índice global de qualidade. Mais precisamente, o conhecimento sobre suas entradas, suas saídas e a descrição de seu comportamento e funcionalidades, nos garante que o único elemento desconhecido é a qualidade da informação.

A metodologia IQESA é composta por três etapas fundamentais: (1) Elucidação dos requisitos de qualidade, para ajudar a definir os critérios (dimensões) a serem avaliadas a cada transformação da informação; (2) Modelagem e aplicação de funções e métricas para quantificar dimensões de qualidade e (3) Representação do conhecimento situacional qualificado.

Para provar o conceito da metodologia, são utilizadas as informações de uma situação de emergência, mais especificamente de um crime de roubo, os quais devem ser analisadas por operadores das forças de segurança pública, que se orientam pelas informações situacionais para a tomada de decisão quanto aos recursos a serem empregados.

As próximas seções descrevem as etapas da Metodologia para Avaliação da Qualidade de Dados e Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências.

5.1.1 Elucidação dos Requisitos de Qualidade de Dados e Informações

A elucidação dos requisitos de qualidade de dados e informações deve ser conduzida com o suporte de tomadores de decisão especialistas no domínio de gerenciamento de emergências, como os operadores de atendimento de emergências da PMESP.

Para tal, esta etapa sugere uma análise de tarefas dirigida por objetivos (*Goal-Driven Task Analysis* - GDTA), técnica de elucidação de requisitos derivada da Análise de Tarefas, a qual revela tarefas a serem realizadas, decisões a serem tomadas e informações necessárias para tomar decisões, classificadas sob os níveis de SAW (Endsley, 2012) e um questionário de prioridades foram empregados para identificar a importância das informações a serem consideradas (ANEXOS A e B).

Os dados do GDTA podem ser obtidos por entrevistas semi-estruturadas com os SMEs. Em tal entrevista, o desenvolvedor do sistema de informação/fusão deve questionar os SMEs sobre as tarefas que eles devem realizar em suas atividades diárias como analistas da informação, em nosso caso, o trabalho de um despachador de um sistema de gerenciamento de emergências. Em seguida, a decisão que eles devem tomar para realizar tais tarefas e finalmente, qual informação é necessária para tomar cada decisão e quais fontes de dados podem provê-la ou inferi-la (ex: sensores físicos, eventos ou funções do processo de avaliação). Os resultados são conjuntos de informações necessárias para tomar decisões que podem ser classificadas sob o nível de SAW.

Já o questionário (ANEXO B) é organizado sob uma escala *Likert* de 0 (para não importante) a 7 (para informação essencial), para que seja possível desenvolver uma escala de prioridades para cada informação relacionada a SAW. Regras, protocolos e procedimentos são também utilizados para definir as prioridades informacionais. Atualmente utilizado pela PMESP, a árvore de decisão representa todos os tipos de eventos e procedimentos padrão, e é aplicada para guiar despachadores tomadores de decisão durante o atendimento a uma chamada de emergência, apresentando o que deve ser questionado ao denunciante.

A árvore de decisão, além de propor um roteiro de tomada de decisão ao atender uma chamada de emergência, também revela informações que devem ser obtidas e em uma ordem desejada. Entretanto, nem todos os despachadores confiam nas dependências impostas pela árvore de decisão, principalmente devido à possibilidade de que, se informações vitais estiverem ausentes, o mesmo será impedido de prosseguir com os questionamentos.

Com a informação adquirida pela análise GDTA, como no exemplo a seguir, com informações relevantes ao Nível 1, 2 e 3 de SAW, é possível de criar uma árvore de atributos (Figura 5.2), ilustrando a hierarquia e dependência de informações em uma situação. Na Figura 5.2, uma

situação de roubo é especificada com a árvore de atributos.

Parte da Análise de Tarefas Dirigida por Objetivos - GDTA, obtida por entrevista com SMEs de gerenciamento de emergências, é descrita a seguir:

- Sub-objetivo 1: Caracterizar as denúncias do crime.
- Decisão 1-1: Qual a natureza preliminar do crime?
 - SAW-1:
 - * local de origem das denúncias;
 - * tipo/fonte de dados (post, ligação ou câmera);
 - * horário das denúncias;
 - * informações brutas das denúncias em texto, imagem ou audio quando disponível (vítimas, criminosos e local do evento);
 - SAW-2:
 - * atualidade das denúncias (horário atual x horário da denúncia);
 - * condição estimada de vítimas, criminosos e local do evento;
 - * índice preliminar de certeza da informação sobre o crime em curso;
 - SAW-3:
 - * manutenção da natureza preliminar do crime;

O nó central e principal da árvore de atributos é a situação propriamente dita (situação de roubo no caso da Figura 5.1). Os nós subsequentes são as entidades fundamentais para classificar uma situação, como por exemplo, para ser considerado um roubo, a situação deve conter necessariamente uma vítima, um criminoso, um objeto roubado e um local definido. Já as folhas da árvore representam os atributos que descrevem cada entidade, conhecidos como descritores.

A árvore de atributos desempenha um importante papel nas próximas etapas, considerando a avaliação da qualidade e a representação do conhecimento do domínio, os quais são determinados pelos requisitos informacionais dos objetos e seus atributos.

No exemplo do roubo, é possível caracterizar os seguintes objetos ou entidades essenciais: vítima, criminoso, objeto roubado, local e momento do evento. Na sequência segue um exemplo da descrição dos atributos esperados para cada objeto:

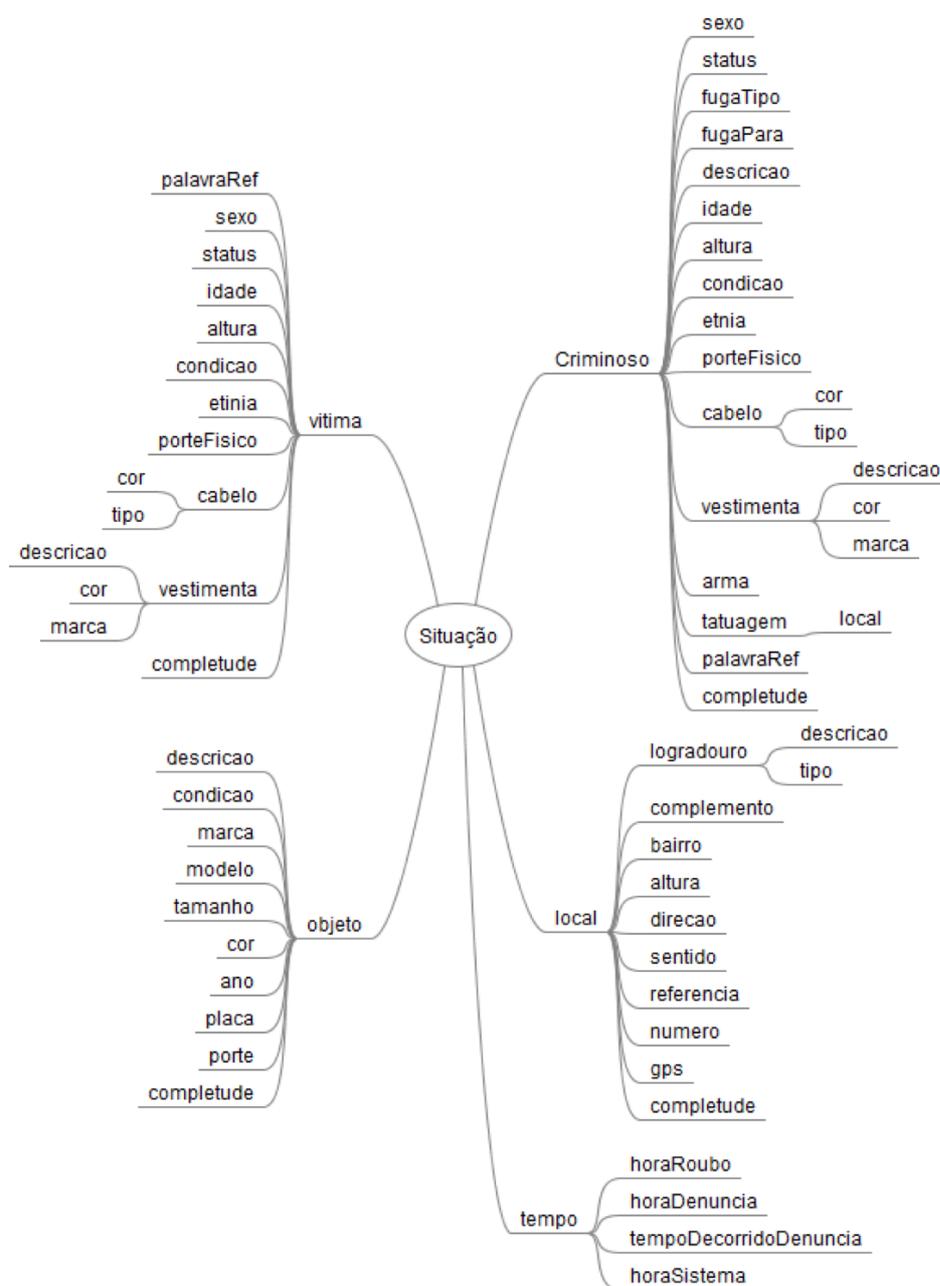


Figura 5.1: Árvore de atributos que ilustra a hierarquia e dependência das informações situacionais de crime de roubo

- Criminoso e Vítima, que tem atributos semelhantes aos indivíduos: roupas, características, ornamentos, e respectivas descrições;
 - O Criminoso especificamente têm atributos particulares como: a localização atual, direção e sentido de fuga;
- Objeto: define as características do objeto roubado, como cor, marca, tamanho e modelo. Há também uma extensão chamada de veículos com características específicas, tais como

placa e ano, no caso de tal informação ser fornecida;

- Local do evento: componente fornecido com algum tipo de especificação (casa, terreno, apartamento, quadrado) e informações relacionadas com o endereço, como rua e bairro.

O questionário de prioridades aplicado aos especialistas (ANEXO B), além de determinar quais informações do GDTA são prioritárias, é utilizado também para especificar as dimensões (ou critérios) e medidas de qualidade (como as dimensões são interpretadas e obtidas) do domínio de gerenciamento de emergências. Mesmo sabendo quais são as dimensões típicas deste domínio, faz-se necessário saber dos SMEs, qual a importância e relevância de cada uma ao processo.

Por se tratar de um domínio que emprega fusão de dados e informações como motor de inferência para o processo de avaliação de situações, utiliza-se como referência as dimensões e medidas de qualidade de dados e informações de Wang e Strong (1996) e Rogova e Bossé (2010).

A Tabela 5.1 apresenta os critérios de qualidade de dados de Wang e Strong (1996) e a Tabela 5.2 apresenta os critérios de qualidade de informações de Rogova e Bossé (2010).

Tabela 5.1: Critérios de qualidade de dados (Traduzido e adaptado de Wang e Strong, 1996)

Critério de qualidade	Medidas de Qualidade
Acurácia	Desvio padrão
Confiabilidade	Avaliação do usuário
Objetividade	Avaliação do usuário
Relevância	Avaliação do usuário
Atualidade	Prazo de atualização
Completeness	Proporção de valores ausentes
Quantidade	Número de atributos, entidades ou volume
Interpretabilidade	Avaliação do usuário
Consistência	Tipos, formatos ou redundância
Acessibilidade	Tempo para acessar, taxa de falhas ou tempo de recuperação
Segurança	Nível de segurança

5.1.2 Modelagem e Aplicação de Funções e Métricas para Quantificar Dimensões de Qualidade

Nesta etapa são definidas as funções e métricas para quantificar as dimensões de qualidade de dados e informações, pertinentes ao domínio de gerenciamento de emergências, sendo: precisão sintática, completude, completude temporal, atualidade, relevância e consistência das informações.

Todo objeto (entidade) encontrado nos processos de aquisição da informação, fusão de dados e fusão de informações, são avaliados quanto a estas dimensões, definindo assim, índices locais de qualidade de dados ou informações (valores para as dimensões), os quais evoluem junto com a informação situacional. A cada nova informação inferida ou transformação de informação existente, um novo índice local é calculado e é considerado como a confiança do sistema na informação inferida, também chamada de Certeza da Situação.

Desta maneira, ao final de cada módulo componente de um processo de fusão (aquisição, pré-processamento ou fusão de informações), ocorre a chamada a serviços de avaliação de qualidade de dados e informações, o que permite uma atualização constante dos índices sob as dimensões consideradas no domínio.

A Figura 5.2 mostra as entradas e saídas dos índices de qualidade em cada módulo, gerando índices locais de qualidade, determinado pelas variáveis $Q_{out (s|p|f)}$. É importante notar que os índices de qualidade locais, obtidos como saídas de cada módulo particular, são também utilizados para abastecer os módulos subsequentes, como descrito também no Capítulo 4, na especificação do modelo Quantify. Assim, as variáveis $Q_{in (s|p|f)}$ representam os índices de qualidade utilizados como entradas, aproveitando as saídas dos módulos anteriores.

As variáveis que guardam os índices locais de qualidade ainda são capazes de indicar o módulo de origem da informação qualificada, que pode ser caracterizada como Fonte (*Source - s*), Aquisição e Pré-processamento (*Acquisition - a*), Fusão de dados (*Processing - p* ou Fusão de Informações (*Fusion - f*).

Especificamente, $Q_{out sn}$ representam índices de qualidade de saídas provenientes diretamente de uma fonte de dados sn . Da mesma forma, $Q_{out an}$ representam saídas provenientes de módulos de aquisição, $Q_{out pn}$ representam saídas provenientes de módulos de fusão de dados e $Q_{out fn}$ representam saídas provenientes de módulos de fusão de informações. Somente à

Tabela 5.2: Critérios de qualidade de informações (Traduzido e adaptado de Rogova e Bossé, 2010)

Critério de qualidade	Medidas de Qualidade
Assertividade	Grau de validação
Confiabilidade	Avaliação do usuário, padrões
Objetividade	Avaliação do usuário
Reputação	Baseado em preferências pessoais ou experiência profissional
Relevância	Grau de aplicabilidade e utilidade para uma tarefa
Atualidade	Grau no qual a atualidade da informação é adequada para o uso
Compleitude	Grau no qual toda informação básica está presente
Compreensão	Avaliação do usuário
Integridade	Grau no qual a informação é consistente

partir de $Q_{out\ pn}$ é que os índices passam a quantificar informações. Os demais quantificam as dimensões de qualidade de dados.

Desta maneira, pode-se afirmar que: $Q_{out\ sn} = Q_{in\ an}$, ou seja, os índices de qualidade locais de saída dos módulos sensores são correspondentes aos de entrada dos módulos de aquisição. Da mesma forma, $Q_{out\ an} = Q_{in\ pn}$, indicando que os índices de qualidade locais de saída dos módulos de aquisição e pré-processamento correspondem aos índices utilizados como entrada para os módulos de fusão de dados (processamento).

Finalmente, pode-se afirmar que $Q_{out\ pn} = Q_{in\ fn}$, ou seja, os índices de qualidade locais de saída dos módulos de fusão de dados são correspondentes aos índices de entrada para a operacionalização da fusão de informações, módulo final que gera um índice de saída $Q_{out\ fn}$, considerado como último índice local do processo.

Nossa abordagem de quantificação das dimensões de qualidade permite ainda o uso de múltiplos índices de qualidade de entrada para os módulos subsequentes as utilizarem como parâmetro. Tal multidimensionalidade é representada pelo caractere “ ’ ” acrescentado ao Q_{in} de cada módulo, como por exemplo em $Q_{out\ a2} = Q_{in\ p1'}$, presente também na Figura 5.2, ilustrando que a qualidade obtida pela Aquisição rotulada como $Q_{out\ a2}$ pode ser também considerada como segunda entrada para o módulo de Fusão de Dados cujo parâmetro de qualidade é $Q_{in\ p1}$.

Tanto os índices de Q_{out} ou Q_{in} locais podem ser definidos pela combinação de múltiplas dimensões. Em nossa abordagem, tais objetos são compostos pelas dimensões já menciona-

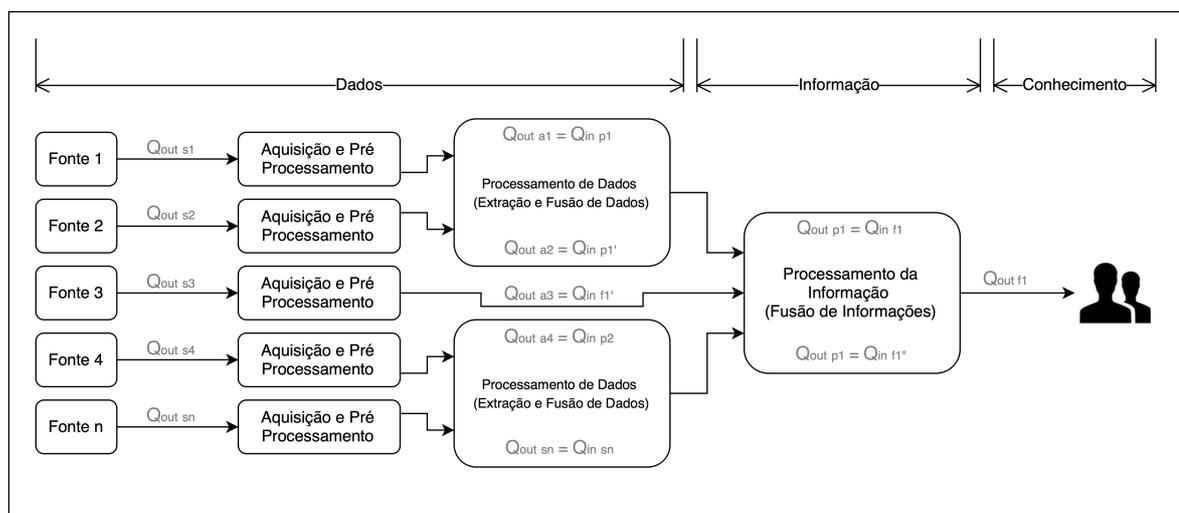


Figura 5.2: Processo modular típico de sistema de fusão de dados e informações, ilustrando os índices locais de qualidade ao longo das entradas e saídas de cada módulo de acordo com a metodologia IQESA

das, sendo: precisão sintática, completude, completude temporal, atualidade, relevância e consistência.

A Fórmula 5.1 apresenta o cálculo dos índices locais de qualidade, aplicado a cada módulo do processo, para inferir sobre as dimensões de completude, completude temporal e atualidade, definidas como necessidade do domínio.

$$Q_{out (s|p|f)} = Q_{in (s|p|f)} = (C_{o s} * W_{d s}) + (T_s * W_{d s}) + (TC_s * W_{d s}) + \dots + (D_{o s} * W_{d s}) \quad (5.1)$$

onde, $C_{o s} * W_{d s}$ representa o índice de completude para uma coleção de atributos de um objeto, proveniente de uma fonte (sensor, aquisição, fusão de dados ou informações) e seu respectivo peso para o cálculo do índice local de qualidade definido pelo questionário; $T_s * W_{d s}$ representa o índice de Atualidade e seu respectivo peso; e $TC_s * W_{d s}$ representa o índice de completude temporal, também multiplicado pelo seu fator de influência no cálculo do índice local de qualidade;

As próximas seções descrevem em detalhes como cada dimensão é inferida neste processo para a geração dos índices locais de qualidade.

5.1.2.1 Avaliação de Precisão Sintática

Precisão sintática é a primeira dimensão de qualidade de dados avaliada e aplicada sobre informações de objetos encontrados, em formato textual, como mostrados pela árvore de atributos.

Esta avaliação visa mitigar erros gramaticais que podem influenciar negativamente a avaliação de completude, a ser descrita na próxima seção. Estes erros gramaticais são geralmente presentes em dados provenientes de *soft-sensors* ou de inteligência humana (HUMINT)(Blasch *et al.*, 2013).

Para esta avaliação inicial, é utilizado um algoritmo chamado *Metaphone* (Phillips, 2000), o qual gera uma chave textual de acordo com o áudio de palavras pronunciadas. Consequentemente, mesmo se há uma palavra com um erro gramatical, a mesma chave textual é gerada.

Assim, um algoritmo chamado de distância de Levensthein (Levenshtein, 1966) é usado para comparar as chaves. O mesmo mede a distância de edição entre strings, e como resultado, o algoritmo retorna um número de operações requeridas para uma *string* se equivaler a outra.

Este processo depende de um dicionário com as chaves geradas à partir de outras entradas

para efeitos de comparação. Se o resultado da comparação das chaves for igual a 0, significa que as palavras são equivalentes, indicando a presença dos atributos (palavras que qualificam e descrevem objetos) obtidos por processos de aquisição de dados.

Assim, mesmo se há palavras com problemas de sintaxe, a rotina de avaliação de completude poderá ser aplicada.

Esta dimensão foi adotada como uma maneira de evitar inconsistências que poderiam impactar em outros processos de avaliação de dimensões, conseqüentemente afetando o processo de SAW conduzido por operadores humanos ao avaliar situações.

Eventualmente, se duas informações que se referem ao mesmo objeto fossem consideradas diferentes devido a um erro gramatical, as demais avaliações de qualidade seriam inevitavelmente prejudicadas, como por exemplo no caso da completude, descrita a seguir, que poderia deixar de considerar a presença ou ausência deste objeto devido à sintaxe distorcida.

A precisão sintática não é representada quantitativamente. Se trata de um mecanismo para o controle da qualidade dos dados.

5.1.2.2 Avaliação de Completude

A avaliação de Completude consiste em prover uma medida em porcentagem do quanto uma denúncia está completa em relação à presença dos atributos que a descrevem.

As métricas para o cálculo da completude foram definidas com base da árvore de atributos e no resultado do questionário, definindo assim os objetos essenciais, os atributos que necessariamente devem estar presentes, para não comprometer o índice (valor quantitativo da completude), bem como os atributos considerados prioritários, para controle da influência dos mesmos no cálculo. Como exemplo, em uma situação de análise de situação de roubo, tais atributos prioritários são:

- Local do evento;
- Presença e tipo de armas utilizadas;
- Localização atual do criminoso;
- Condição da vítima;
- Informações sobre o objeto roubado;

A Fórmula 5.2 define o arranjo das métricas para o cálculo do índice de completude dos objetos identificados em uma denúncia textual:

$$C_{os} = \delta \times \left[\left(\frac{\sum \beta \times \psi}{\sum \psi} \times 0.9 \right) + 0.1 \right] \quad (5.2)$$

Sendo:

- δ a presença do objeto (0 se não estiver presente, 1 se estiver presente no objeto JSON).
- β a presença do atributo (0 se não estiver presente, 1 se estiver presente no objeto JSON).
- φ o peso do atributo (2 se objeto prioritário, 1 se objeto não prioritário)

δ representa um dos quatro objetos essenciais cuja presença é esperada, sendo igual a 0, caso não houver objetos presentes no String, ou 1 se todos eles estiverem presentes.

Encontrar os índices para os demais itens de β consiste em determinar a presença dos atributos que o descrevem, sendo igual a 1 quando o atributo que está presente ou 0, caso ausente. Já o peso do atributo φ é definido como 1, se é um atributo convencional, ou 2, se é um atributo prioritário.

Primeiro ocorre a multiplicação entre o peso φ e a presença de atributos β . Supondo que existam 8 atributos β , apenas um deles com peso 2 φ e os demais com peso 1. Destes 8 atributos, 3 de peso 1 estão ausentes.

A somatória de $\varphi \times \beta$ seria igual a 6 e a somatória do peso φ seria 9. Dividindo 6 por 9, multiplicando por 0.9 e somando com 0.1, resultaria em 0.7, indicando 70% de completude local (valores finais são multiplicados por 100).

O valor 0.1 representa o caso em que o objeto está presente, mas nenhum atributo deste fora encontrado na denúncia, recebendo assim um valor mínimo de 10% de completude.

O cálculo do índice de completude é o mais frequente durante o processo de avaliação de qualidade, visto que pode ser diversos momentos de um processo de avaliação de situações, mais especificamente a cada momento que uma nova informação é inferida (ex: após a aquisição ou fusão de dados e informações).

Cada vez que houver um processo de inferência, como uma fusão de informações, a qual agrega mais informações sobre um evento, os índices devem ser recalculados, sendo ajustado para valor maior ou menor.

Se poucas informações são fornecidas em um relato textual, o índice de completude de alguns objetos são baixos e, de acordo com as métricas definidas, objetos sem atributos presentes recebem um índice mínimo de completude.

Se existem atributos prioritários presentes, os índices de completude destes objetos não sofrerão grandes descontos.

Para ilustrar a avaliação de completude, é apresentado um exemplo da aplicação desta dimensão em informações provenientes de uma denúncia, feita ao sistema de atendimento 190 da PMESP, neste caso destacando os atributos avaliados sobre um criminoso.

Crime reportado ao 190 : “Um crime acaba de acontecer aqui na avenida Domingos Setti. Um motorista foi ameaçado e expulso do carro sem levar nada. O ladrão fugiu em direção ao metrô Klabin”.

Nesta denúncia, o Criminoso encontrado, seus atributos e o índice de completude (atributos ausentes nesta lista não foram identificados) foram:

- “sexo”: “masculino”
- “status”: “correndo”
- “direção de fuga”: “ metrô Klabin”
- “Completude”: “23.80”.

A atualização do índice de completude acontece assim que um novo processamento é demandado pelo operador humano ou pelo próprio sistema. Esta rotina é necessária para complementar as informações que o operador julga necessário para seu entendimento da situação.

Neste caso, se tal processo ocorrer e de fato o sistema encontrar novos objetos ou atributos complementares e consistentes de outras fontes de dados, o índice de completude pode aumentar.

Na sequência, é apresentado um exemplo reduzido do resultado da atualização da avaliação de completude em informações provenientes da combinação da denúncia anterior com uma nova denúncia do roubo, novamente ilustrada utilizando somente os atributos avaliados sobre um criminoso.

Novo Crime reportado ao 190: “Um cara foi assaltado na minha frente por alguém armado. Foi na Domingos Setti perto do restaurante Don Paladino. O

ladrão tinha um revólver, era um cara alto e tinha tatuagens nos braços. A vítima parece muito machucada”.

O Criminoso encontrado com seus atributos e a avaliação de completude (atributos ausentes nesta lista não foram identificados) foram:

- “sexo”: “masculino”,
- “status”: “correndo”,
- “direção de fuga”: “ metrô Klabin”.
- “altura” : “alto”,
- “arma”: “revólver” ,
- “tatuagens”: “braços”,
- “Completude”: “42.85”.

Nesta nova denúncia foram encontrados novos atributos para o criminoso, como indícios de que este estava armado e que tinha tatuagem nos braços, bem como uma referência ao local. Desta maneira, o índice de completude de tais objetos aumentou.

Esse processo de atualização de peso ocorrerá sempre que uma nova inferência, sobre objetos ou atributos, for obtida pelo processo de fusão ou demais processos, como a própria interação do operador via interface de usuários.

5.1.2.3 Avaliação de Atualidade

A Atualidade (*timeliness*) consiste na verificação da evolução temporal de um evento e suas situações. A identificação de dados temporais é absolutamente importante, uma vez que, em certos casos, a denúncia de roubo pode ser notificada em tempo real, durante o evento, ou segundos, minutos ou horas depois do evento. A identificação desses aspectos temporais auxilia na definição do plano de ação a ser seguido, bem como na definição da categoria de serviço de segurança pública que será responsável pelo atendimento da situação de emergência (polícia civil, polícia militar, corpo de bombeiros, etc.).

Quatro atributos são definidos para avaliar a dimensão de Atualidade: (1) hora do evento de roubo, (2) o momento em que o relato de roubo foi gerado, (3) o tempo gasto para processar tais informações na busca de objetos e atributos e a (4) hora atual do sistema.

Nota-se que a avaliação da atualidade de acordo com a variação desses atributos podem contribuir para SAW de forma positiva, se for baseada em dados fidedignos, ou negativamente se os dados temporais estiverem incompletas ou forem mal interpretados.

A avaliação da dimensão de Atualidade resulta em dois tipos de informações: um índice quantitativo sobre a existência dos quatro atributos necessários e quantos minutos se passaram desde que o evento emergiu. A Fórmula 5.3 foi ajustada para realizar a contagem quantitativa da atualidade:

$$T_s = \sum_{y=1}^4 -\theta \quad (5.3)$$

Onde θ consiste num índice composto pelo horário atual, subtraído dos seguintes atributos temporais: a hora do evento contida em relato, o momento que o relato foi processado e o tempo gasto para processar tais informações ao encontrar objetos e atributos.

Considerando os dados temporais que podem ser obtidos em tal domínio pela dimensão de Atualidade, foi definida uma outra dimensão denominada Completude Temporal, visando prover um índice quantitativo (TC_s) do quanto tais dados temporais estão completos (presentes em uma denúncia). A forma de calcular TC_s é semelhante ao cálculo de $C_{o,s}$, porém, considera apenas os atributos temporais presentes no conjunto de dados.

5.1.2.4 Certeza da Situação: Medida Global de Qualidade

Ao compor uma situação considerada final, pelo menos temporariamente, determina-se que o índice do final do processo compõe o índice global, o qual representa a qualidade da informação situacional em sua totalidade.

Tal índice global, representado por $Q_{out\ fn}$, é também um índice de qualidade local, entretanto, considera-se como índice global desde que não haja uma nova inferência ou transformação de dados ou informações. Tal medida é tipicamente alcançada como resultado da execução dos módulos de pré-processamento, fusão de dados ou fusão de informações, e indica ao sistema e aos operadores humanos, a confiança que o sistema tem nas informações situacionais. Trata-se de uma generalização preliminar de qualidade calculada em função de cada dimensão de qualidade já calculada.

Apesar da certeza em uma situação ser calculada em função de outras dimensões locais, a ausência de alguma dimensão ou a impossibilidade de calculá-la, não impede que tal índice global seja inferido. A certeza da situação segue os mesmos critérios e medidas do cálculo dos

índices globais, de forma idêntica à Equação 5.1, baseando-se nas inferências de Completude, Atualidade e Completude Temporal.

5.1.2.5 Avaliação de Consistência e Relevância

Conforme definido na literatura, a consistência trata-se da violação de regras semânticas para um determinado conjunto de dados ou informações. Destaca-se que a consistência pode ser mensurada e avaliada estatisticamente e de acordo com a teoria relacional (Agre *et al.*, 2011). É importante notar que grande parte da literatura considera a consistência para tratar problemas de qualidade em bancos de dados, levando em consideração constantes pré-definidas para encontrar e solucionar tais problemas (Simon, 2006).

Scannapieco *et al.* (2005) exemplificam inconsistência de um dado em uma resposta provida para um conjunto de dados, no qual o estado civil de uma pessoa é “casado” e a idade do sujeito é “cinco anos de idade”.

Deste modo, métricas para avaliação são definidas segundo um conjunto de regras semânticas já estabelecidas para um conjunto de dados específico. Ainda conforme abordado por Batini *et al.* (2009) duas diferentes métricas para avaliação são comumente empregadas, sendo a primeira com base em técnicas de ligação entre dados, usada para identificar regras de consistência de chaves estrangeiras, na presença de dados inconsistentes; e a segunda métrica é utilizada para verificar regras de negócio.

Já a dimensão de relevância consiste no grau o qual determinado conjunto de informação atende às necessidades do usuário. Relevância também é definida como a extensão na qual do dado é aplicável e útil para a tarefa a ser realizada (Agre *et al.*, 2011). De acordo com o levantamento de avaliações de métricas para se quantificar uma dimensão, realizado por Batini *et al.* (2009), a relevância pode ser medida por meio de métodos subjetivos, como avaliações aplicadas com usuários experientes no domínio.

A avaliação quanto à consistência acontece com auxílio da análise sintática e as regras definidas para tal avaliação dependem da verificação de valores de dados existentes no atual contexto de análise.

Deve-se considerar que a informação a ser avaliada quanto a tais dimensões é inferida pelos mesmos processos mencionados para a Completude e Atualidade, ou seja, com sua origem em relatos de pessoas, suscetível a uma serie de imperfeições, inconsistências e incertezas.

Sabe-se que é possível que denúncias com características similares, porém com dados divergentes, ou considerados inconsistentes de acordo com o contexto atual da situação, sejam

submetidas ao processo de avaliação de situações, o que diminuiria o percentual de qualidade da situação, caso sejam incorporadas ao resultado parcial. O mesmo pode acontecer ao considerar a relevância da informação de acordo com o atual contexto de análise.

Um exemplo sobre informações inconsistentes para este domínio é apresentado a seguir. Visando realizar fusões sucessivas para ampliar a representatividade da informação, é possível que o sistema considere uma terceira denúncia em conjunto com as demais já citadas, a qual pode possuir em comum com a situação atual os atributos: data, horário e local. Entretanto, a descrição do crime denunciado pode ser totalmente distinta da situação atual em análise.

Tais acontecimentos são suscetíveis a ocorrer após um processo de fusão ser realizado por pelo menos duas vezes, onde foram encontradas informações semelhantes em diferentes denúncias. As seguintes denúncias são exemplos realísticos para aplicar a avaliação de consistência e relevância:

Denúncia 1: “Acaba de acontecer um crime aqui na Domingos Setti, um motorista foi ameaçado e mandaram ele sair do veículo, sem levar nada o bandido fugiu em direção ao metrô Klabin. ”

Denúncia 2: “Acabei de presenciar dois homens roubar um Mercedes preto aqui na Domingos Setti, ameaçaram o senhor, entraram no carro e fugiram em direção ao metrô Kabin”

Denúncia 3: “Levaram um Mercedes preto de um senhor aqui na minha frente”

Denúncia 4: “2 minutos atrás uma senhora foi ameaçada e teve o carro roubado aqui na rua Domingos Setti o ladrão fugiu para a zona oeste levando o carro dela”

Denúncia 5: “Ocorreu um assalto na Avenida São José, o bandido bateu com a arma no motorista de um porsche cayenne prata”

As Denúncias 1 e 2 consistem em duas informações obtidas por meio de dois chamados diferentes e as denúncias 3 e 4 são provenientes de postagens em rede social. É importante ressaltar que, postagens publicadas em redes sociais como o *Twitter*, por exemplo, possuem informações de geolocalização. Deste modo, é possível observar que as denúncias 1 e 2 estão relacionadas, e por meio da comparação dos atributos e objetos presentes na denúncia 3, podemos afirmar que esta relaciona-se com as anteriores, processo que seria realizado por meio da fusão de dados.

Já na Denúncia 4, também proveniente de uma rede social, mesmo com o atributo de geolocalização equivalente ao mesmo endereço das denúncias anteriores, está inconsistente, considerando o evento do roubo de uma Mercedes preta, ocorrido na Avenida Domingos Setti.

Tal situação pode estar correta, mas de acordo com o contexto deste roubo em particular, encontra-se inconsistente, visto que de acordo com o processo de fusão realizado com as denúncias anteriores, foi inferido que a vítima do roubo foi uma pessoa do sexo masculino. Realizar a fusão com a Denúncia 4 poderia tanto reduzir o índice de certeza, quanto prejudicar a consistência, minando a informação cujo objetivo era a de auxiliar a melhor compreensão da situação. Desta maneira, a informação inconsistente é descartada, com anuência do operador humano.

A dimensão de Relevância, neste contexto, não foi definida visando o quanto uma informação é relevante para o operador, mas para auxiliar processos de baixo-nível a determinar entradas relevantes para o processamento da fusão de dados. Para exemplificar, a Denúncia 5 ilustra uma situação que possui a mesma geolocalização, porém descreve uma situação diferente da situação atual. Desta forma, tal denuncia é considerada irrelevante para o processo de fusão de dados. Isto acontece porque, mesmo descrevendo a situação de um roubo de um carro, a mesma possui atributos distintos como o tipo do carro, a cor e até mesmo um endereço diferente. Tal denúncia poderia ser analisada em um momento posterior, no qual por um processo de fusão, seriam buscadas denúncias similares para obter mais informações e assim melhorar a qualidade desta situação em particular.

No caso da Denúncia 4, mesmo que seja evidente a inconsistência em razão da informação quanto à vítima (o que já foi comprovada como uma pessoa do sexo masculino), há uma nova informação relevante sobre uma possível localização atual dos criminosos (zona oeste), e conforme os resultados do questionário aplicado com especialistas neste domínio, informações sobre a localização atual do criminoso são consideradas prioritárias. Desta forma, a relevância é estabelecida como um critério para auxiliar a fusão de dados.

A fase de avaliação da qualidade sempre disponibilizará consigo informações sobre a existência ou não de atributos prioritários. Deste modo, mesmo que uma informação com limitada qualidade ou inconsistente chegue ao processo de fusão, esta poderá ou não ser descartada, caso o atributo prioritário já tiver sido obtido previamente, ou não, caso a inconsistência não interfira na relevância da nova informação (processo de seleção a ser realizado por critérios definidos pelo algoritmo de fusão de dados).

Deve-se destacar que a consistência e relevância não possuem índices quantitativos. Estas auxiliam o processo de avaliação da máquina a fim de prover informações seguras ao operador.

Adicionalmente, deve-se observar que o sistema não têm autonomia para tomar decisões. Caso o operador decida que as Denúncias 1, 2 e 3 estão imperfeitas, e que a denúncia 4 é a mais correta, o sistema pode realizar fusões sob demanda à partir desta Denúncia 4 e descartar as anteriores.

5.1.3 Representação do Conhecimento Situacional Qualificado

Conforme apresentado na etapa de Representação do Conhecimento Situacional, como parte do modelo Quantify de Fusão de Dados e Informações, a representação do conhecimento situacional do domínio acontece por meio de uma ontologia, a qual foi modelada e definida com base nas informações do domínio de gerenciamento de emergências militares, mais especificamente para modelar situações de roubo.

Em complemento à ontologia já descrita e ao modelo de dados que representa sua instância, esta etapa da metodologia IQESA busca agregar à ontologia que representa o modelo Quantify e o conhecimento situacional, as questões referentes à qualificação da informação. Desta maneira, deve-se notar que nesta seção são apresentadas as classes, objetos, atributos e propriedades destinadas a este fim exclusivo.

Neste contexto, os atributos referentes à qualidade de dados e informações configuram-se como propriedades de dado (*Data Properties*). Todos os dados, independentes da natureza, são sempre associados a uma classe e a um valor decimal que quantifica a qualidade. O índice de qualidade é um valor absoluto representado por um valor decimal, em porcentagem, que indica o nível de qualidade de acordo com as dimensões abordadas neste trabalho. As classes que contém atributos sobre qualidade de dados e informações e as propriedades de dados são representadas pela Figura 5.3.

Assim, após as duas primeiras etapas da metodologia IQESA, que especifica as informações geradas nos ciclos da “Avaliação da Qualidade de Dados e Informações”, as informações esperadas pelo objeto JSON, no caso os índices que qualificam os objetos de cada classe, são instanciados e adequados de acordo com a ontologia.

Estes atributos são inseridos na representação ontológica à medida que o cálculo da qualidade da informação é realizado. Estes atributos de qualidade são apenas utilizados para representar a qualidade, enquanto que os outros atributos e seus respectivos objetos e relações fazem parte do cálculo propriamente dito. Desta maneira, os atributos referentes à ontologia e a representação da qualidade da informação são: completude, completude temporal, consistência, relevância e certeza.

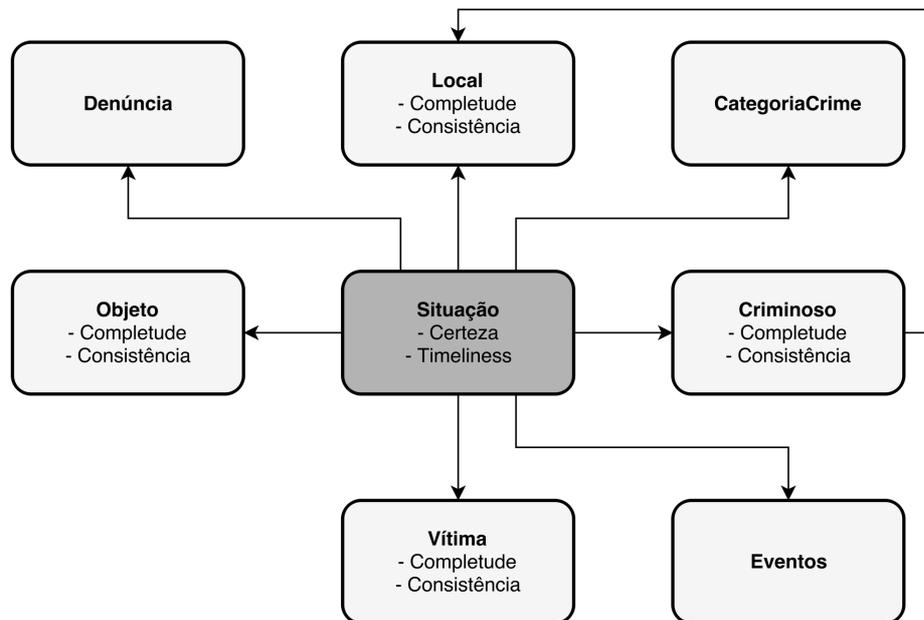


Figura 5.3: Classes da ontologia e as suas respectivas propriedades de dados que representam as dimensões de qualidade

É importante notar que as classes da ontologia podem ou não conter atributos de qualidade. Antes de uma classe ser avaliada, o atributo de qualidade recebe um valor nulo e somente depois do processamento da ontologia será associado um valor quantitativo referente à qualidade da informação associada à referida classe.

Deve-se ressaltar que, neste trabalho, a ontologia é utilizada somente como uma estrutura de representação, com o intuito de representar a informação situacional enriquecida pela semântica agregada a cada objeto e atributo qualificado.

É também possível verificar na Figura 5.4, as propriedades referentes à qualidade da informação. Em todas as quatro classes: criminoso, vítima, objeto e local, há atributos referentes à qualidade de dados e informações, como parte da atual instancia. Dados referentes à qualidade são propriedades dos dados da ontologia, que dentro do objeto JSON se tornam atributos referentes à classe que o contém.

5.2 Exemplos da Avaliação da Qualidade de Informações Situacionais de Roubo

Este estudo de caso apresenta um exemplo simplificado (abstraindo o papel do modelo Quantify) no qual SAW é um fator decisivo para a tomada de decisão devido ao impacto na alocação de recursos da polícia. Dado a grande quantidade de eventos de crime reportados à

Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP) e considerando o stress que operadores de sistemas de gerenciamento de emergências são submetidos. O principal objetivo deste estudo é ilustrar como a ciência da qualidade da informação pode suportar sistemas de avaliação de situações e conseqüentemente ajudar operadores a melhorar sua SAW, reduzindo suas incertezas e provendo abstrações de alto nível, resultando em um serviço de atendimento de emergências mais eficiente.

Os resultados quanto à avaliação de dados e informações ilustrados nesta seção foram todos obtidos através da aplicação da Metodologia IQESA. Além disso, todas as informações (inferência, processamento e representação) são geridos por um sistema de avaliação de situações completo, enriquecido com a classificação e fusão de dados, avaliação de qualidade, visualização de informação e interface de usuários orientada a SAW, descritos no Capítulo anterior.

Este estudo de caso discute a situação de roubo. Desta maneira, busca-se identificar e entender contextos associados com este tipo de crime, tais como: localização, criminosos, objetos roubados e vítimas. O crime é inicialmente reportado por telefone e então é aplicada os passos de avaliação mencionados anteriormente. Para este estudo de caso, é considerada que a informação situacional já foi adquirida e teve seus objetos (e relações/situações) entre eles reconhecidas, como parte de um ciclo de avaliação de situações e fusão de informações.

Um exemplo de relato de roubo é mostrado abaixo:

Relato 1: “Acabo de ver uma senhora sendo assaltada aqui na praça da Sé. O meliante levou sua bolsa”

Depois de tal relato ser submetido à identificação e classificação dos objetos e seus atributos, a primeira avaliação da qualidade de dados é realizada. Tal processo é realizado toda vez que o sistema recebe e infere uma nova informação sobre objetos e situações.

Cada objeto tem atributos prioritários cada qual com seu devido peso. Os objetos classificados e atributos com seus respectivos índices de completude e completude temporal são mostrados na Figura 5.4.

Desta maneira, os índices de completude são calculados da seguinte maneira:

Apenas dois atributos foram encontrados se referindo à vítima, sendo o gênero e uma palavra de referência, dos quais nenhum é prioritário. Dividido pela quantidade de atributos necessários, é obtido um total de 0.1428 pontos, ou seja, um índice de 14.28% de completude.

O mesmo ocorre com outros objetos encontrados no Relato. Considerando que poucas informações sobre eles foram denunciadas, tais objetos receberam índices limitados de qua-

```

"criminoso":{
  "sexo": "masculino",
  "status":null,
  "fugaTipo": null,
  "fugaPara":null,
  "descricao":null,
  "idade":null,
  "altura":"tall",
  "condicao":null,
  "etnia":null,
  "porteFisico":null,
  "corCabelo":null,
  "tipoCabelo":null,
  "corVestimenta":null,
  "marcaVestimenta":null,
  "arma":null,
  "tatuagem":null,
  "palavraRef": "desgraçado"
  "completude":10.52,
}
"vitima":{
  "sexo": "feminino",
  "status":null,
  "idade":null,
  "altura":null,
  "condicao":null,
  "etnia":null,
  "porteFisico":null,
  "corCabelo":null,
  "tipoCabelo":null,
  "corVestimenta":null,
  "marcaVestimenta":null,
  "palavraRef": "senhora",
  "completude":14.28,
}
"local":{
  "logradouro":null,
  "tipoLogradouro":null,
  "complemento":null,
  "bairro":null,
  "altura":null,
  "direcao":null,
  "sentido":null,
  "referencia": "sé",
  "numero":null,
  "gps":["-23.549987", "-46.633955"]
  },
"objeto":{
  "descricao": "bolsa"
  "condicao":null,
  "marca":null,
  "modelo":null,
  "tamanho":null,
  "cor":null,
  "ano":null,
  "placa":null,
  "porte":null
  "completude":10.2,
}
certeza: 22
completudeTemporal:50

```

Figura 5.4: Resultado da avaliação de qualidade da informação de objetos e atributos à partir do Relato 1

lidade quanto à completude (10.52% para os dados de criminoso, 25% para a localização e 10.2% para os dados do objeto roubado).

De acordo com a descrição acima, a completude temporal considera os quatro atributos temporais anteriormente definidos. Assim, a presença de cada um deles é pontuada com um índice de 25%. Considerando o Relato 1, há dois destes atributos. Desta maneira, um índice de 50% foi definido para a completude temporal.

O cálculo da certeza ocorre por meio da soma de todos os índices de qualidade disponíveis até o momento (quatro índices de completude e um para a completude temporal), então divididos por cinco (total de índices disponíveis), resultando em um índice de 22% de certeza.

O mesmo processo ocorre se um segundo relato for entregue ao sistema, como por exemplo o Relato 2, com o seu respectivo objeto JSON apresentado na Figura 5.5.

Relato 2: “Um cara de camisa azul ameaçou e roubou uma senhora perto da praça da Sé. Ele tinha uma faca.

Uma vez que o Relato 2 tem informações complementares, este apresenta melhores índices de qualidade, e conseqüentemente, a fusão de seus resultados com os atuais produz uma informação única mais significativa com melhores índices de qualidade.

A Figura 5.6 apresenta o resultado da fusão entre o Relato 1 e o Relato 2, o qual também foi submetido ao mesmo processo (primeiro a identificação de objetos e depois a avaliação da qualidade da informação), para obter seus índices de completude e completude temporal.

```

"criminoso":{
  "sexo": "masculino",
  "status":"null",
  "fugaTipo": "null",
  "fugaPara":"null",
  "descricao":"null",
  "idade":"null",
  "altura":"alto",
  "condicao":"null",
  "etnia":"null",
  "porteFisico":"null",
  "corCabelo":"null",
  "tipoCabelo":"null",
  "vestimenta":[
    {
      "tipo":"capuz",
      "cor":"null",
      "descricao":"null"
    },
    {
      "tipo":"camiseta",
      "cor":"azul",
      "descricao":"null"
    }
  ],
  "arma":"faca",
  "tatuagem":"null",
  "palavraRef":[{"cara","desgraçado"}],
  "completude":23.80
}

"vitima":{
  "sexo": "feminino",
  "status":"null",
  "idade":"null",
  "altura":"null",
  "condicao":"null",
  "etnia":"null",
  "porteFisico":"null",
  "corCabelo":"null",
  "tipoCabelo":"null",
  "corVestimenta":"null",
  "marcaVestimenta":"null",
  "palavraRef":"senhora",
  "completude":14.28
}

"local":{
  "logradouro":"null",
  "tipoLogradouro":"null",
  "complemento":"null",
  "bairro":"null",
  "altura":"null",
  "direcao":"null",
  "sentido":"null",
  "referencia":"sé",
  "numero":null,
  "gps":["-23.549987", "-46.633955"],
  "completude":25
}

"objeto":{
  "descricao":"null",
  "condicao":"null",
  "marca":"null",
  "modelo":"null",
  "tamanho":"null",
  "cor":"null",
  "ano":"null",
  "placa":"null",
  "porte":"null",
  "completude":10
}

certeza:19.61
completudeTemporal:25

```

Figura 5.5: Resultado da avaliação de qualidade da informação de objetos e atributos à partir do Relato 2

```

"criminoso":{
  "sexo": "masculino",
  "status":"null",
  "fugaTipo": "null",
  "fugaPara":"null",
  "descricao":"null",
  "idade":"null",
  "altura":"alto",
  "condicao":"null",
  "etnia":"null",
  "porteFisico":"null",
  "corCabelo":"null",
  "tipoCabelo":"null",
  "vestimenta":[
    {
      "tipo":"capuz",
      "cor":"null",
      "descricao":"null"
    },
    {
      "tipo":"camiseta",
      "cor":"azul",
      "descricao":"null"
    }
  ],
  "arma":"faca",
  "tatuagem":"null",
  "palavraRef":[{"cara","desgraçado"}],
  "completude":23.80
}

"vitima":{
  "sexo": "feminino",
  "status":"null",
  "idade":"null",
  "altura":"null",
  "condicao":"null",
  "etnia":"null",
  "porteFisico":"null",
  "corCabelo":"null",
  "tipoCabelo":"null",
  "corVestimenta":"null",
  "marcaVestimenta":"null",
  "palavraRef":"senhora",
  "completude":14.28
}

"local":{
  "logradouro":"null",
  "tipoLogradouro":"null",
  "complemento":"null",
  "bairro":"null",
  "altura":"null",
  "direcao":"null",
  "sentido":"null",
  "referencia":"sé",
  "numero":null,
  "gps":["-23.549987", "-46.633955"],
  "completude":25
}

"objeto":{
  "descricao":"bolsa",
  "condicao":"null",
  "marca":"null",
  "modelo":"null",
  "tamanho":"null",
  "cor":"null",
  "ano":"null",
  "placa":"null",
  "porte":"null",
  "completude":10.2
}

certeza:24.65
completudeTemporal:50

```

Figura 5.6: Resultado da avaliação da qualidade da informação da situação fundida entre objetos e atributos do Relato 1 e Relato 2

Depois do processo de fusão, o operador humano é livre para demandar ao sistema uma nova fusão, novos dados de outras fontes HUMINT (inteligência humana, ex: redes sociais), ou então por sua interação direta para a atualização ou inserção de novas informações.

Se considerarmos um terceiro relato (Relato 3), é possível notar que este é descartado por problemas referentes à falta consistência e relevância.

Relato 3: “Um carro fox preto foi roubado de um cara na praça da Sé. Ele machucou o motorista. Consegui a placa 000-1111”.

Neste caso, o objeto tem 4 atributos, sendo: descrição, modelo, cor e placa. Dividindo pelo total acumulado de atributos, também considerando seus pesos, tem-se um total de 0.5454 e multiplicando-o por 100, um índice de completude de 54% é obtido. A Figura 5.7 apresenta o resultado a avaliação do Relato 3.

```

"criminoso":{
  "sexo": "null",
  "status": "null",
  "fugaTipo": "null",
  "fugaPara": "null",
  "descricao": "null",
  "idade": "null",
  "altura": "alto",
  "condicao": "null",
  "etnia": "null",
  "porteFisico": "null",
  "corCabelo": "null",
  "tipoCabelo": "null",
  "corVestimenta": "null",
  "marcaVestimenta": "null",
  "arma": "faca",
  "tatuagem": "null",
  "palavraRef": "null",
  "completude": 10
}

"vitima":{
  "sexo": "feminino",
  "status": "machucado",
  "idade": "null",
  "altura": "null",
  "condicao": "null",
  "etnia": "null",
  "porteFisico": "null",
  "corCabelo": "null",
  "tipoCabelo": "null",
  "corVestimenta": "null",
  "marcaVestimenta": "null",
  "palavraRef": "cara",
  "completude": 28.57
}

"local":{
  "logradouro": "null",
  "tipoLogradouro": "null",
  "complemento": "null",
  "bairro": "null",
  "altura": "null",
  "direcao": "null",
  "sentido": "null",
  "referencia": "sé",
  "numero": null,
  "gps": ["-23.549987", "-46.633955"],
  "completude": 25
}

"objeto":{
  "descricao": "carro",
  "condicao": "null",
  "marca": "null",
  "modelo": "fox",
  "tamanho": "null",
  "cor": "preto",
  "ano": "null",
  "placa": "000-1111",
  "porte": "null",
  "completude": 54.54
}

certeza: 28.62
completudeTemporal: 25

```

Figura 5.7: Resultado da avaliação de qualidade da informação de objetos e atributos à partir do Relato 3

Entretanto, tal relato não será considerado para compor a situação atual (e também no processo de fusão), uma vez que este possui problemas de consistência e consequentemente de relevância.

Por ter a mesma localização, o Relato 3 é classificado como candidato para a fusão e para a situação em mãos, entretanto, este não está de acordo com o contexto atual (bolsa roubada de uma senhora perto da praça da Sé) e consequentemente não é relevante para o contexto. Desta maneira, a fusão de informação não é realizada com este relato e a situação não incorpora tal informação.

5.3 Considerações Finais

Neste Capítulo foi apresentada a Metodologia para Avaliação da Qualidade de Dados e Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências (*Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situation Awareness - IQESA*), especificada por etapas de elucidação dos requisitos de qualidade, definição e aplicação de funções e métricas para quantificar dimensões de qualidade e a representação da informação situacional qualificada.

Tal metodologia, além de inovar ao avaliar informações provenientes do domínio do gerenciamento de emergências, destaca-se pela adoção dos requisitos informacionais gerados por especialistas para a concepção de suas fórmulas de inferência.

No próximo Capítulo será apresentado um estudo de caso completo com denúncias de roubo, objetivando aplicar e validar o modelo Quantify e a metodologia IQESA. Também no Capítulo 6 será apresentado o resultado da avaliação do modelo e da metodologia. Tal avaliação, foi realizada medindo-se o nível de SAW dos operadores da PMESP, ao desempenhar a tarefa de identificação de uma situação de roubo, mediante o uso de protótipos de sistemas de avaliação de situações que implementam os processos introduzidos nesta tese.

Capítulo 6

ESTUDO DE CASO E AVALIAÇÃO

Neste Capítulo será apresentado um Estudo de Caso com a submissão, processamento e avaliação de dados reais do domínio de gerenciamento de emergências, cujos resultados visam adquirir SAW com o suporte dos conceitos do modelo Quantify e metodologia IQESA. Adicionalmente, será apresentado um processo de avaliação da SAW gerada pelas soluções propostas, aplicada a operadores da PMESP.

O Estudo de Caso baseia-se na avaliação e consciência situacional de uma situação de emergência, mais especificamente de um crime de roubo, denunciado ao serviço de atendimento de emergências da PMESP. Para a realização de tal estudo, um sistema de avaliação de situações foi construído, orientado pelo modelo Quantify e metodologia IQESA, denominado Sistema de Avaliação de Situações de Emergências (*Emergency Situation Assessment System - ESAS*).

Para avaliação de SAW e comparação com uma outra abordagem de fusão de informações, foi criado um segundo sistema de avaliação de situações, orientado pelo modelo do estado da arte. Neste contexto, uma situação de emergência foi submetida aos dois sistemas e os resultados quanto à aquisição de SAW dos operadores são apresentados e discutidos, visando comprovar as hipóteses apresentadas nesta tese. A arquitetura computacional utilizada por tais sistemas será também apresentada.

6.1 Arquitetura e Sistemas Desenvolvidos

Para validar o modelo Quantify apresentado no Capítulo 4 e a metodologia apresentada no Capítulo 5, e ilustrar a aplicabilidade de suas etapas e características em um processo de avaliação de situações, foram propostas uma arquitetura de software e um sistema, denominado Sistema de Avaliação de Situações de Emergências (*Emergency Situation Assessment System*

- ESAS). Tal arquitetura apresenta entre suas características o emprego de serviços de fusão distribuídos e assíncronos (SOA), de acordo com conceitos de Das (2012) e Rimland (2012), banco de dados relacional (MySQL), linguagens orientadas a objetos (PHP e Java) e tecnologias de interface rica e responsivas (JavaScript, ExtJS e VivaGraphJS). A Figura 6.1 apresenta um diagrama da arquitetura proposta, utilizada para implementar o sistema ESAS. O ANEXO F mostra a modelagem conceitual de dados do ESAS.

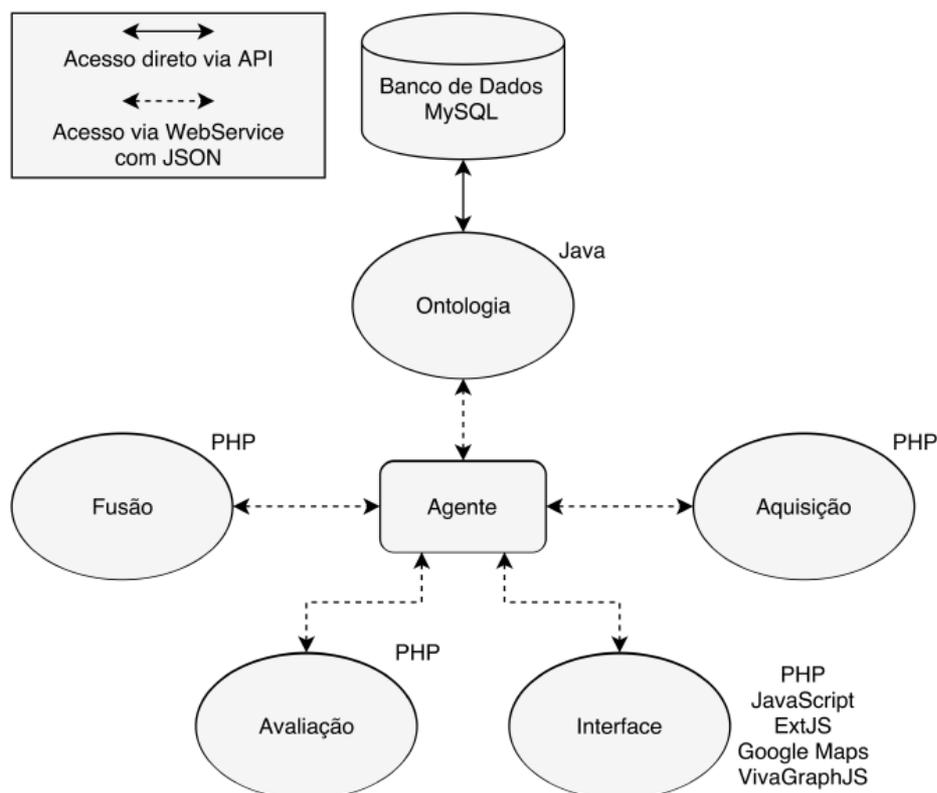


Figura 6.1: Arquitetura orientada a serviços utilizada para o desenvolvimento do sistema ESAS, que implementa as soluções propostas pelo modelo Quantify

Adicionalmente, para efeitos de comparação e avaliação da melhoria de SAW frente ao estado da arte, foi desenvolvido um segundo sistema, mais especificamente orientado pelo consolidado modelo User-Fusion (Blasch, 2006), sobre o qual o modelo Quantify busca inovar. Este segundo sistema também segue a arquitetura da Figura 6.1, porém sem considerar o módulo de avaliação de qualidade de dados e informações. A escolha do User-Fusion é justificada por este ser um modelo que conta com a participação ativa e especificada do humano no processo de fusão, além de sua grande adoção na literatura.

Tais sistemas diferem especialmente na forma de gestão da informação situacional, que no modelo Quantify é orientada pela qualidade de dados e informações. Especificamente, no sistema alternativo não se emprega a avaliação contínua de dados e informações, não há

parametrização do processo com base em índices de qualidade e os refinamentos dependem exclusivamente da experiência do operador humano.

Para representar fielmente as informações situacionais geridas pelos sistemas, cada um possui sua própria interface de usuários. A Figura 6.2 apresenta a interface do sistema orientado pelo modelo User-Fusion, o qual apresenta restrições quanto à gestão da qualidade (representação e controle) e refinamentos da informação situacional. A Figura 6.3 apresenta a interface do sistema ESAS orientado pelo modelo Quantify.

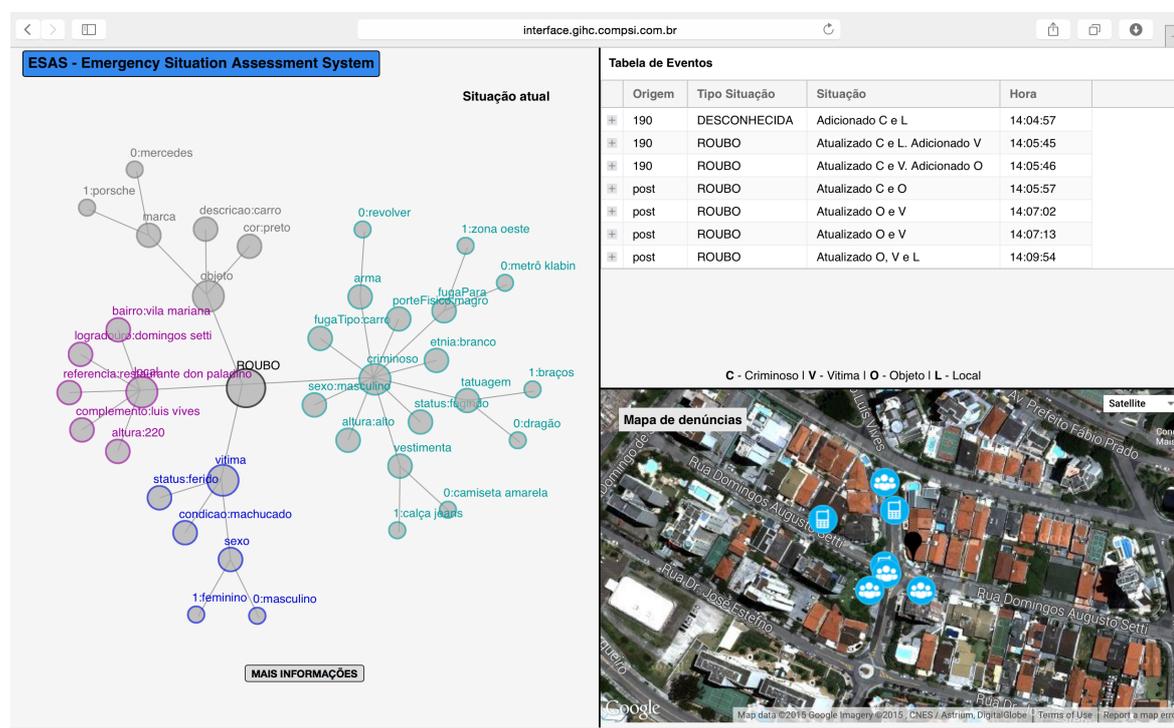


Figura 6.2: Interface do sistema orientado pelo modelo User-Fusion

Na próxima seção serão descritos os aspectos referentes ao emprego dos dados do estudo de caso nas etapas do modelo Quantify apresentadas no Capítulo 4, destacando dados de entrada e as partes de informação obtidas a cada ciclo de análise.

6.2 Estudo de Caso: Gerenciamento de Situação de Emergência de Roubo

O Estudo de Caso apresenta um exemplo completo de um processo de avaliação de situações, operacionalizado pelo sistema ESAS, o qual foi orientado pelo modelo Quantify e por sua respectiva arquitetura de suporte.

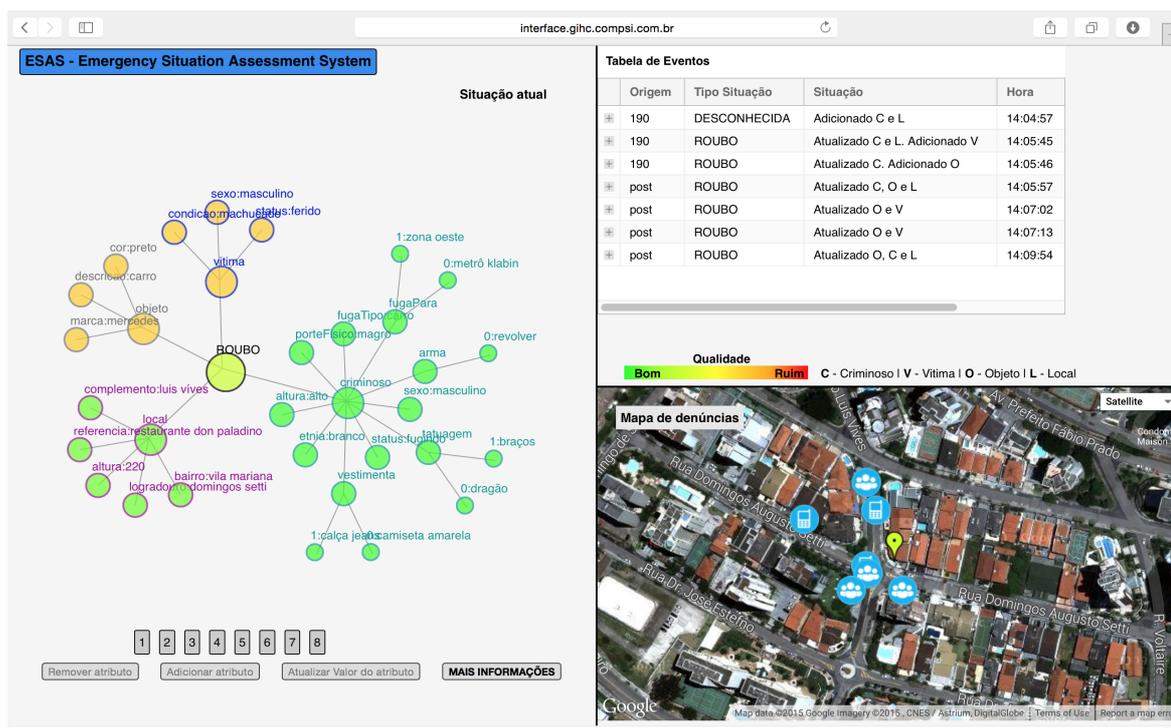


Figura 6.3: Interface do sistema ESAS orientado pelo modelo Quantify

Um roubo é o ato de subtrair objeto móvel alheio, para si ou para outro, mediante grave ameaça ou violência à vítima, a qual é incapaz oferecer de resistência. No Brasil, é apontado com um dos cinco crimes que mais ocorrem (SINESP, 2014).

Uma situação pode ser caracterizada como roubo se há a presença de quatro entidades básicas: local do evento, um ou mais criminosos, uma ou mais vítimas e um objeto roubado.

O caso apresentado nesta seção é real, obtido à partir de registros da PMESP. Por meio do Estudo de Caso, um exemplo completo do processo de avaliação de situações foi desenvolvido.

Assim, dados reais provenientes de inteligência humana foram submetidos ao ESAS e a informação situacional foi coletada, inferida, analisadas e avaliadas quanto à SAW obtida pelos operadores humanos, membros da PMESP, mais precisamente do 9º Batalhão da Polícia Militar do Interior (9ºbmpi). Resultados da avaliação na seção 6.3.

Para a PMESP, adquirir SAW é um fator primordial para a tomada de decisão, devido ao impacto direto sobre a alocação de recursos policiais e determinação de táticas de atendimento. A grande incidência de eventos de crime relatados diariamente à central de emergências, o fator temporal, o estresse que os operadores de emergência são submetidos e a qualidade da informação que é reportada aos canais de atendimento da PMESP são conhecidos fatores limitantes a este objetivo.

O principal objetivo deste Estudo de Caso é demonstrar, além da aplicabilidade do modelo Quantify com seus processos internos e arquitetura, como a consciência da qualidade da informação pode apoiar a avaliação de situações e, conseqüentemente, ajudar os operadores humanos a adquirir SAW, reduzindo as suas incertezas e fornecendo abstrações de alto nível, resultando em melhores subsídios de resposta às chamadas de emergência.

Para tal, foi escolhido um caso bem representativo que melhor ilustra a complexidade do problema de análise de um cenário de gerenciamento de emergência por um sistema crítico.

Os resultados apresentados nesta seção foram obtidos por meio da aplicação e uso do sistema ESAS, construído à luz do modelo Quantify, de seus processos internos e da Metodologia IQESA.

Este estudo de caso trata especificamente de uma situação de roubo. Por isso, buscou-se com a operação do ESAS identificar e caracterizar os contextos associados a este tipo de crime, tais como: a localização dos eventos e atores, os criminosos, os objetos roubados e os contextos das vítimas.

O crime é inicialmente relatado por telefone e em seguida denunciado também por rede social. Assim, são aplicadas as etapas de inferência, processamento e representação previstas pelo modelo Quantify, sob diversos ciclos de operação. Considera-se os dados de entrada à partir de sua origem em ligações telefônicas, até a sua integração com posts de rede social e finalmente a representação gráfica das informações situacionais na interface de usuário.

6.2.1 Processo e Resultados do Estudo de Caso

O processo de avaliação e construção da informação situacional, desde a aquisição até sua gestão na interface, de acordo com os princípios do modelo Quantify e da metodologia de avaliação de qualidade de dados e informações, é descrito nesta seção.

Considere a Denúncia 1, cujo audio foi adquirido de uma primeira ligação telefônica ao serviço de atendimento da PMESP (190) e transcrito pelo ESAS.

Denúncia 1: “Acaba de acontecer um crime aqui na domingos setti. Um motorista foi ameaçado e mandaram ele sair do veículo sem levar nada. O bandido fugiu em direção ao metrô klabin”

Primeiramente, tal denúncia foi submetida à “Aquisição de Dados HUMINT” que fará a classificação inicial dos objetos e de seus respectivos atributos presentes na denúncia. Assim, foram identificados na Denúncia 1, os objetos e atributos da Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Objetos e atributos da Denúncia 1

Objeto	Atributo
Criminoso	Status
Criminoso	fugaPara
Local	logradouro
Tempo	quantidade
Tempo	tipo
Denúncias	fonte
Denúncias	horaInicio
Denúncias	horaFim
Denúncias	testo
Denúncias	origemMensagem

Em seguida, acontece a “Avaliação de Qualidade de Dados e Informações”, processo que ocorre todas as vezes que o sistema recebe novas denúncias ao 190, ou de qualquer outra fonte, e estas foram antes submetidas à “Aquisição de dados HUMINT”. Todo novo objeto que possui atributos prioritários tem os pesos dobrados, conforme descrito anteriormente. Os objetos e atributos classificados, juntamente com os índices de completude e completude temporal compõem a Situação 1 e são apresentados na Figura 6.4, estruturado no modelo de dados previsto pelo Quantify. Já a figura 6.5 apresenta o status da interface do sistema ESAS ao representar a Situação 1.

```

{
  "id": "1",
  "fonte": "190",
  "horaInicio": "2015-05-29 14:03:27",
  "horaFim": "2015-05-29 14:04:57",
  "gps": ["-23.593611", "-46.627527"],
  "origemMensagem": "14 4335-2323",
  "eventos": "Adicionado C e L",

  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:03:49"
  },

  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugindo",
    "fugaTipo": null,
    "fugaPara": "metrô klabin",
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": null,
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "vestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": null,
    "tatuagem": null,
    "palavraRef": null,
    "completude": 27.72
  },

  "objeto": {
    "descricao": null,
    "condicao": null,
    "marca": null,
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "cor": null,
    "ano": null,
    "placa": null,
    "porte": null,
    "completude": 10
  },

  "vitima": {
    "palavraRef": null,
    "sexo": null,
    "status": null,
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": null,
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 10
  },

  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "sexo": null,
    "status": null,
    "complemento": null,
    "bairro": null,
    "altura": null,
    "direcao": null,
    "sentido": null,
    "referencia": null,
    "numero": null,
    "gps": ["-23.593680", "-46.627397"],
    "corVestimenta": null,
    "completude": 30.76
  },

  "certeza": 35.69,
  "completudeTemporal": 100,
  "eventos": ["addCriminoso", "addLocal"],
  "ignorarFlag": false,
  "ignorarMensagem": null
};

```

Figura 6.4: Situação 1 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Denúncia 1

O cálculo dos índices de completude acontece da seguinte maneira: apenas três atributos foram identificados para o criminoso, sendo estes: o sexo do criminoso, o status que descreve a fuga e para onde foi tal fuga, dos quais dois são prioritários, somando um índice de presença total de 5 atributos, de acordo com a fórmula de atribuição de pesos. Quando divididos pela quantidade de atributos necessários, foi obtido um total de 0.2772, que multiplicado por 100, gera o total de 27.72%.

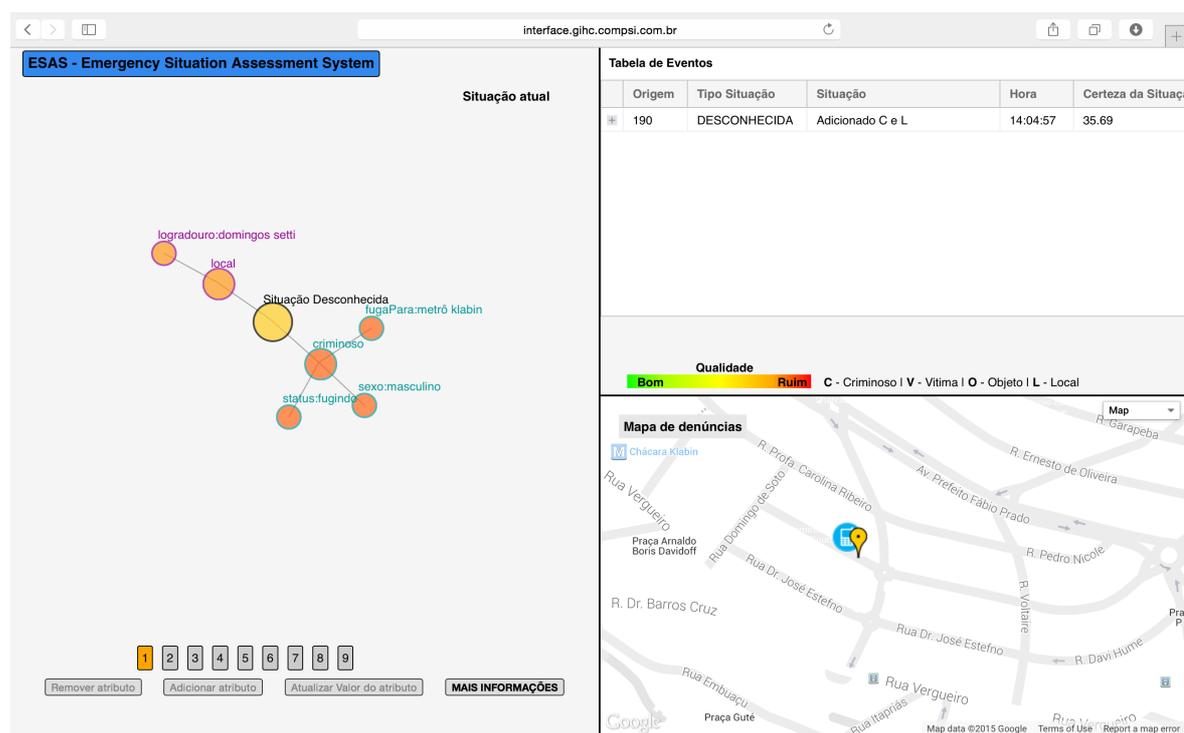


Figura 6.5: Interface do sistema ESAS representando a Situação 1

O mesmo acontece com os outros objetos presentes na denúncia. Visto que poucas informações foram relatadas, tais entidades obtiveram baixos índices de qualidade com relação à completude (criminoso 27.72%, objeto 10%, vítima 10% e local 30.76%).

O índice de completude temporal incide da seguinte maneira: existem 4 atributos temporais definidos e a presença de cada atributo equivale a 25%, o que gerou um índice de 100%.

O cálculo da certeza acontece por meio da soma de todos os índices de qualidade presente (4 de completude e 1 de completude temporal), dividido por 5 (quantidade de índices somados) resultando em 35.69%.

O cálculo dos índices de qualidade ocorrerá toda vez que novas informações complementares e sinérgicas aos dados da situação atual forem inferidos, seja por fusão de dados ou pela atuação direta do operador humano em interface de usuários. Desta maneira, considerando que o processo de fusão de dados relaciona e agrega informações de denúncias sinérgicas, os índices de qualidade podem aumentar.

Assim, denúncias que relatam eventos de roubo na mesma localização serão relacionadas pelo sistema como possíveis candidatas à fusão. Considerando a Situação 1, nenhuma fusão foi realizada, por ser a primeira situação formada, ainda sem outras candidatas à fusão, adicionado somente informações de Criminoso e Local à Situação 1.

Em seguida, considerou-se a Denúncia 2, também originária de uma chamada telefônica ao serviço 190.

Denúncia 2: “Um cara foi roubado aqui na minha frente por alguém armado foi tudo muito rápido foi na domingos setti perto do restaurante don paladino o bandido tinha um revolver era alto e tinha tatuagens nos braços ele deu uma coronhada no homem e ele parece estar bem machucado”

Os objetos e atributos identificados na Denúncia 2 são apresentados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Objetos e atributos da Denúncia 2

Objeto	Atributo
Criminoso	Status
Criminoso	fugaPara
Criminoso	arma
Criminoso	tatuagem
Vítima	sexo
Vítima	status
Vítima	palavraRef
Local	logradouro
Local	Referência
GERAL	categoria
Denúncias	fonte
Denúncias	horaInício
Denúncias	horaFim
Denúncias	texto
Denúncias	origemMensagem

Para gerar a Situação 2, ocorreu uma fusão da situação atual (Situação 1) com a Denúncia 2. A fusão foi realizada com base no local em comum, além de índices de qualidade iguais ou superiores ao atual, atualizando o Criminoso e o Local, além de adicionar uma Vítima. Desta forma a Figura 6.6 apresenta o resultado da fusão de dados da Situação 1 com a Denúncia 2. Já a Figura 6.7 apresenta o status da interface do sistema ESAS ao representar a Situação 2. É possível notar na Figura 6.7 as mudanças referentes à representação gráfica da situação no grafo e na tabela de eventos.

Visto que a Denúncia 2 auxiliou a obtenção de novas informações complementando a Denúncia 1, observa-se o aumento dos índices de qualidade.

Há a possibilidade de que tais requisições à fusão sejam automatizadas ou realizadas por ação direta do operador humano. Para este estudo de caso, cabe ao humano determinar quando a fusão deve ou não ocorrer para auxiliar o seu processo de SAW.

```

{
  "id": "1",
  "fonte": "190",
  "horaInicio": "2015-05-29 14:04:27",
  "horaFim": "2015-05-29 14:05:45",
  "gps": ["-23.593862", "-46.627167"],
  "origemMensagem": "14 4365-2325",

  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:03:49"
  },

  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugindo",
    "fugaTipo": null,
    "fugaPara": "metrô klabin",
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": null,
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": ["arma"],
    "tatuagem": ["braços"],
    "palavraRef": null,
    "completude": 32.18,
  },

  "objeto": {
    "descricao": null,
    "condicao": null,
    "marca": null,
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "cor": null,
    "ano": null,
    "placa": null,
    "porte": null,
    "completude": 10,
  },

  "vitima": {
    "palavraRef": "homem",
    "sexo": "masculino",
    "status": "ferido",
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": "machucado",
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 42.85,
  },

  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "complemento": null,
    "bairro": null,
    "altura": null,
    "direcao": null,
    "sentido": null,
    "referencia": "restaurante don paladino",
    "numero": null,
    "gps": ["-23.593763", "-46.627001"],
    "completude": 38.46,
  },

  "certeza": 43.80,
  "completudeTemporal": 100,
  "eventos": ["updtCriminoso", "updtLocal", "addVitima"],
  "ignorarFlag": false,
  "ignorarMensagem": null
};

```

Figura 6.6: Situação 2 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Denúncia 1 (Situação 1) integrados com a Denúncia 2

The screenshot shows the ESAS interface with the following components:

- Header:** "ESAS - Emergency Situation Assessment System" and "interface.gihc.compsi.com.br".
- Situação atual:** A central node "ROUBO" is connected to several attribute nodes: "criminoso" (with sub-attributes like "sexo: masculino", "status: fugindo", "fugaPara: metrô klabin", "idade", "altura", "condicao", "etnia", "porteFisico", "corCabelo", "tipoCabelo", "corVestimenta", "marcaVestimenta", "arma", "tatuagem", "palavraRef", "completude: 32.18"), "objeto" (with "descricao", "condicao", "marca", "modelo", "tamanho", "cor", "ano", "placa", "porte", "completude: 10"), "vitima" (with "palavraRef: homem", "sexo: masculino", "status: ferido", "idade", "altura", "condicao: machucado", "etnia", "porteFisico", "corCabelo", "tipoCabelo", "corVestimenta", "marcaVestimenta", "completude: 42.85"), and "local" (with "logradouro: domingos setti", "tipoLogradouro", "complemento", "bairro", "altura", "direcao", "sentido", "referencia: restaurante don paladino", "numero", "gps", "completude: 38.46").
- Tabela de Eventos:**

	Origem	Tipo Situação	Situação	Hora	Certeza da Situação
#	190	DESCONHECIDA	Adicionado C e L	14:04:57	35.69
#	190	ROUBO	Atualizado C e L. Adicionado V	14:05:45	43.8
- Mapa de denúncias:** A map showing the location of the incident on a street grid, with a red pin indicating the location. A legend below the map shows quality levels: "Bom" (green), "Ruim" (red), and "C - Criminoso | V - Vitima | O - Objeto | L - Local".
- Footer:** "Remover atributo", "Adicionar atributo", "Atualizar Valor do atributo", and "MAIS INFORMAÇÕES".

Figura 6.7: Interface do sistema ESAS representando a Situação 2.

Considere a Denúncia 3 a seguir, também proveniente de fonte 190. A Tabela 6.3 apresenta os objetos e atributos identificados na Denúncia 3.

Denúncia 3: “2 minutos atrás uma senhora foi ameaçada e teve o carro roubado aqui na rua domingos setti. O ladrão fugiu para a zona oeste levando o carro dela”

Para gerar a Situação 3, ocorreu uma fusão da situação atual (Situação 2) com a Denúncia 3, e novamente o parâmetro utilizado para fusão foi o local. Entretanto, embora haja sinergia entre atributos referentes ao local, neste caso a informação inferida sobre a Vítima é inconsistente,

Tabela 6.3: Objetos e atributos da Denúncia 3

Objeto	Atributo
Tempo	quantidade
Tempo	tipo
Criminoso	status
Criminoso	fugaPara
Criminoso	fugaTipo
Objeto	Descrição
Vítima	sexo
Vítima	status
Vítima	palavraRef
GERAL	categoria
Denúncias	fonte
Denúncias	horaInício
Denúncias	horaFim
Denúncias	texto
Denúncias	origemMensagem
Local	logradouro

em relação às informações anteriores sobre a vítima, e não útil para a composição da situação. A Denúncia 3 apresenta a informação de que a vítima é do sexo Feminino, enquanto que na situação atual (Situação 2) é do sexo Masculino.

Tal problema de qualidade irá gerar duas possíveis situações: a primeira considera as novas informações sobre a vítima, que no caso é uma senhora, atualiza as informações de Criminoso e da própria Vítima, e ainda adiciona um Objeto à situação. No outro caso, o caso adotado, as informações sobre Vítima não são consideradas, ou seja, somente são atualizadas as informações do Criminoso e adicionado um Objeto. A Figura 6.8 apresenta o resultado do processo de fusão das Denúncias 1 e 2 com a Denúncia 3 (Situação 3). Já a Figura 6.9 apresenta o status da interface do sistema ESAS ao representar a Situação 3.

Quando informações inferidas possam vir a prejudicar a qualidade da informação situacional, como no caso descrito ao formar a Situação 3, o operador humano é avisado quanto à iminente baixa no índice de certeza da situação e recomendado a atuar em prol da manutenção dos índices atuais.

O processo de fusão de dados também utilizou redes sociais como fonte qualitativa de dados. Visto que a quantidade de caracteres para redigir a informação é limitada, como no caso do Twitter, pedaços de informações significativas podem ser obtidos caso o processo de fusão encontre diversos posts relacionados ao evento em questão. Tais posts podem auxiliar também na confirmação da situação em análise.

```

{
  "id": "3",
  "fonte": "190",
  "horalInicio": "2015-05-29 14:04:40",
  "horalFim": "2015-05-29 14:05:46",
  "gps": ["-23.593562", "-46.627108"],
  "origemMensagem": "14 4335-2323",

  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:06:25"
  },

  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugindo",
    "fugaTipo": "carro",
    "fugaPara": "metrô klabin",
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": "alto",
    "condicao": null,
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "vestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": ["armado", "revolver"],
    "tatuagem": ["braços"],
    "palavraRef": null,
    "completude": 45.54,
  },

  "objeto": {
    "descricao": "carro",
    "condicao": null,
    "marca": null,
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "cor": null,
    "ano": null,
    "placa": null,
    "porte": null,
    "completude": 10.10,
  },

  "vitima": {
    "palavraRef": "homem",
    "sexo": "masculino",
    "status": "ferido",
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": "machucado",
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 42.85,
  },

  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "complemento": null,
    "bairro": null,
    "altura": null,
    "direcao": null,
    "sentido": null,
    "referencia": "restaurante don paladino",
    "numero": null,
    "gps": ["-23.593763", "-46.627001"],
    "completude": 38.46,
    "certeza": 47.39,
    "completudeTemporal": null,
    "eventos": ["updtCriminoso", "updtVitima", "addObjeto"],
    "ignorarFlag": false,
    "ignorarMensagem": null
  }
}

```

Figura 6.8: Situação 3 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 2 integrados com a Denúncia 3

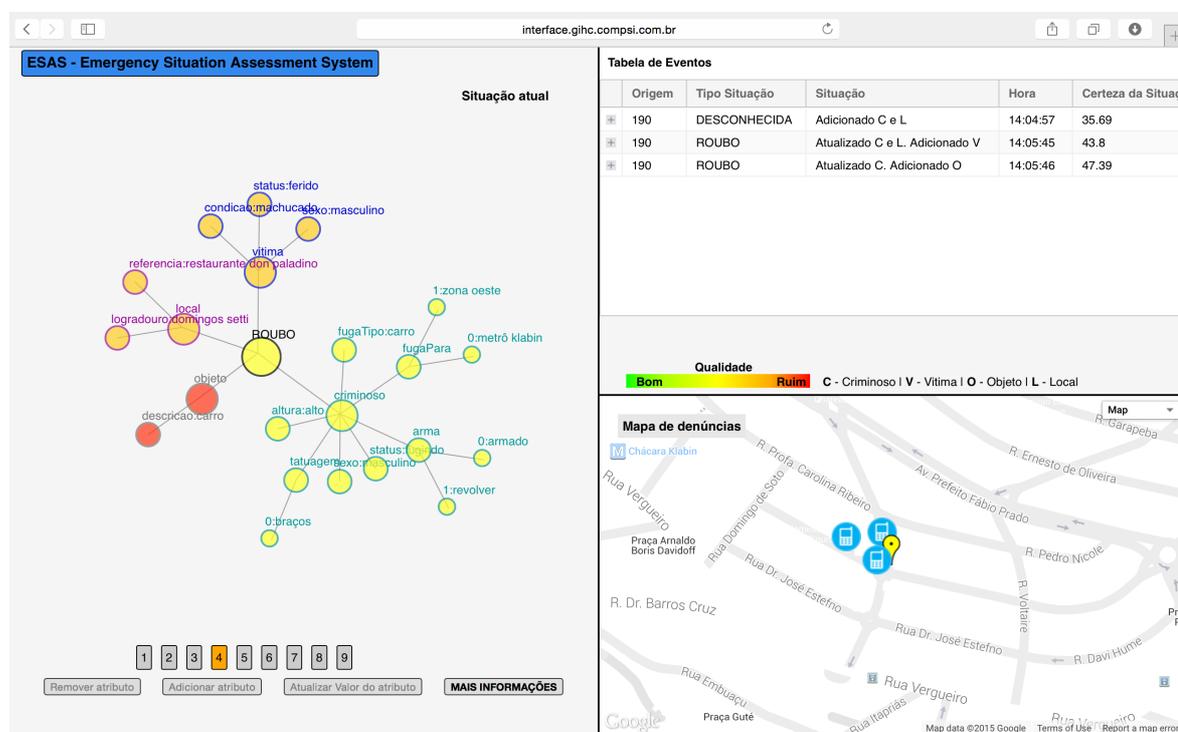


Figura 6.9: Interface do sistema ESAS representando a Situação 3

Considere o *Post* 1 proveniente de rede social.

Post 1: “Nossa acabei de ver um cara com uma camiseta amarela e calça branca roubando um carro aqui”

A Tabela 6.4 apresenta os objetos e atributos identificados no Post 1.

Para gerar a Situação 4, foi considerado o primeiro post de rede social como parte candidata à fusão de dados. O vínculo entre as informações se dá pelo Objeto e GPS, presentes no *post*.

Tabela 6.4: Objetos e atributos do Post 1

Objeto	Atributo
Criminoso	palavraRef
Criminoso	sexo
Criminoso	status
Criminoso	fugaTipo
Criminoso	vestimenta
Criminoso	tatuagem
Objeto	descrição
GERAL	categoria
Denúncias	fonte
Denúncias	horaInício
Denúncias	horaFim
Denúncias	texto
Denúncias	origemMensagem

A partir desta fusão são atualizadas as informações do Criminoso e do Objeto. O resultado da fusão da situação atual (Situação 3) com o Post 1 é apresentado na Figura 6.10, onde dados adicionais sobre o criminoso foram revelados ("Camiseta amarela" e "Calça branca"). Já a Figura 6.11 apresenta o status da interface do sistema ESAS ao representar a Situação 4.

```
{
  "id": "4",
  "categoria": "ROUBO",
  "fonte": "post",
  "horaInicio": "2015-05-29 14:04:57",
  "horaFim": "2015-05-29 14:05:57",
  "hora": "14:05:57",
  "gps": ["-23.593413", "-46.627164"],
  "origemMensagem": "@twitter",
  "eventos": "Atualizado C e O",
  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:06:25"
  },
  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugindo",
    "fugaTipo": "carro",
    "fugaPara": ["metrô klabin", "zona oeste"],
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": "alto",
    "condicao": null,
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "vestimenta": ["camiseta amarela", "calça branca"],
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": ["armado", "revolver"],
    "tatuagem": ["braços"],
    "palavraRef": null,
    "completude": 50,
  },
  "objeto": {
    "descricao": "carro",
    "condicao": null,
    "marca": null,
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "cor": "preto",
    "ano": null,
    "placa": null,
    "porte": null,
    "completude": 18.18
  },
  "vitima": {
    "palavraRef": "homem",
    "sexo": "masculino",
    "status": "ferido",
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": "machucado",
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 42.85,
  },
  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "complemento": null,
    "bairro": null,
    "altura": null,
    "direcao": null,
    "sentido": null,
    "referencia": "restaurante don paladino",
    "numero": null,
    "gps": ["-23.593763", "-46.627001"],
    "completude": 41.66
  },
  "certeza": 50.53,
  "completudeTemporal": 100,
  "eventos": ["updtCriminoso", "updtObjeto"],
  "ignorarFlag": false,
  "ignorarMensagem": null
}
```

Figura 6.10: Situação 4 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 3 integrados com o Post 1

Neste momento do processo, o sistema informa ao operador humano que refinamentos manuais são necessários para a melhoria da qualidade, sendo estes: Inclusão de atributos no LOCAL, Atualização de atributos no CRIMINOSO e Remoção de atributos no CRIMINOSO.

Tais refinamentos são sugeridos por considerar que tais entidade possuem índices de qualidade inferiores a um limiar mínimo depois de alguns ciclos de análise. Considera-se também que o denunciante, ao relatar o crime por telefone, pode ter informado novos eventos desco-

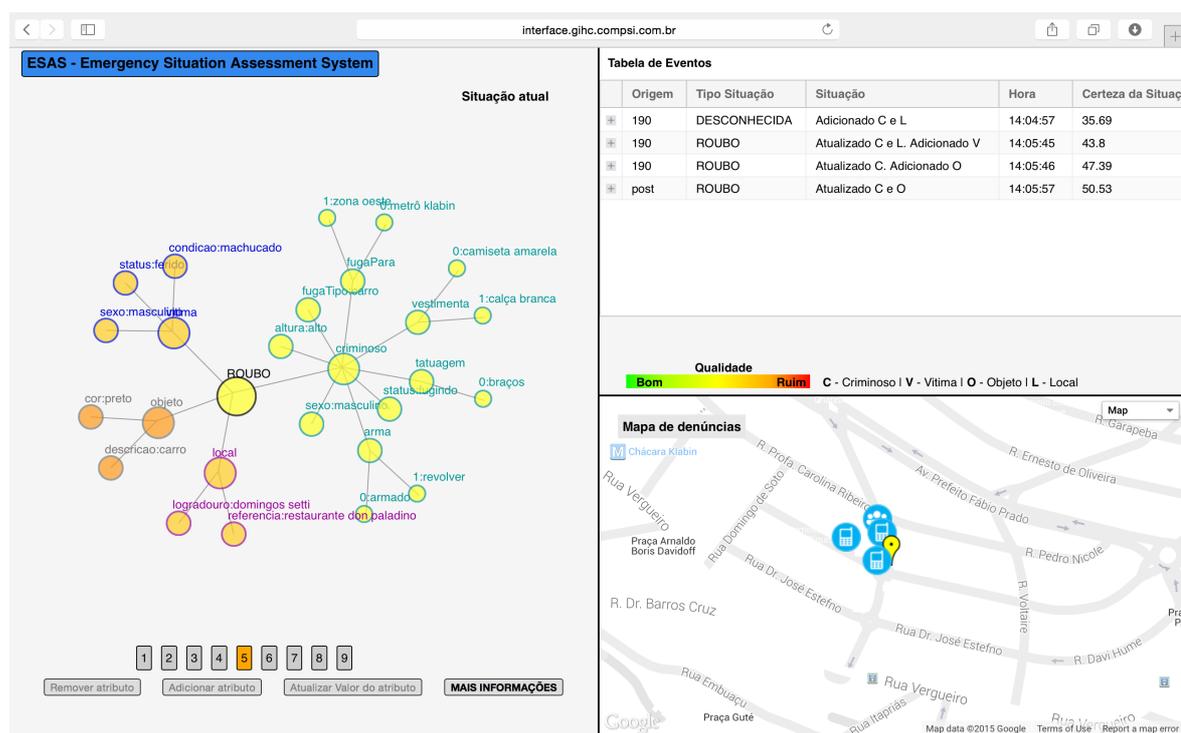


Figura 6.11: Interface do sistema ESAS representando a Situação 4

nhecidos ao processo e que não foram e nem serão considerados automaticamente. Em uma situação real de aplicação, tanto o processo de atendimento convencional, quanto o suportado pelo ESAS podem ocorrer em paralelo. Desta maneira, o operador humano pode incluir no ESAS tais informações isoladas.

Desta maneira, como forma de ilustrar o resultado de um refinamento manual, operacionalizado pela interface, mais especificamente no grafo da situação atual, foi realizada a inserção de bairro com o valor de “vila mariana”, a rua “luis vives” e o numero “220”. Além disso, foram atualizados o valor da “calça branca” para “calça jeans” nos atributos do criminoso e removido o atributo de arma: “armado”.

Considere agora a *Post 2*, proveniente de rede social.

Post 2: “Levaram um Mercedes preto de um senhor aqui na minha frente”

A Tabela 6.5 apresenta os objetos e atributos identificados no *Post 2*.

Para gerar a Situação 5, foi considerado o segundo post em redes sociais. Neste caso a fusão é realizada com base nas informações da Vítima e Objeto, no caso um homem e um carro. A partir deste processo são atualizadas as informações do Objeto: marca e cor, e da Vítima, indicando ser um senhor. Pode acontecer de existirem posts relacionados que talvez não

Tabela 6.5: Objetos e atributos do Post 2

Objeto	Atributo
Objeto	descrição
Objeto	marca
Objeto	cor
GERAL	categoria
Denúncias	fonte
Denúncias	horaInício
Denúncias	horaFim
Denúncias	texto
Denúncias	origemMensagem

contribuam para aumentar os índices de qualidade e agregar novas informações, porém podem orientar a decisão do operador, visto que descrevem o mesmo evento de roubo, auxiliando a confirmar a veracidade do evento em questão.

O resultado da fusão da situação atual (Situação 4) com o Post 2, somados aos refinamentos manuais sobre a Situação 4, é apresentado na figura 6.12. A Figura 6.13 apresenta a interface do sistema ESAS com as informações da Situação 5.

```
{
  "id": "5",
  "categoria": "ROUBO",
  "fonte": "post",
  "horaInicio": "2015-05-29 14:07:02",
  "horaFim": "2015-05-29 14:07:02",
  "hora": "14:07:02",
  "gps": ["-23.593905", "-46.627153"],
  "origemMensagem": "@twitter",
  "eventos": "Atualizado O e V",
  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:07:02"
  },
  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugindo",
    "fugaTipo": "carro",
    "fugaPara": ["metrô klabin", "zona oeste"],
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": "alto",
    "condicao": null,
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "vestimenta": ["camiseta amarela", "calça jeans"],
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": ["revolver"],
    "tatuagem": ["dragão", "braços"],
    "palavraRef": null,
    "completude": 54.54
  },
  "objeto": {
    "descricao": "carro",
    "condicao": null,
    "marca": "mercedes",
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "cor": "preto",
    "ano": null,
    "placa": null,
    "porte": null,
    "completude": 27.27
  },
  "vitima": {
    "palavraRef": "homem",
    "sexo": "masculino",
    "status": "ferido",
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": "machucado",
    "etnia": null,
    "sentido": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 42.85
  },
  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "complemento": "luis vives",
    "bairro": "vila mariana",
    "altura": "220",
    "direcao": null,
    "referencia": "restaurante don paladino",
    "numero": null,
    "gps": ["-23.593763", "-46.627001"],
    "completude": 69.23,
    "certeza": 58.69,
    "completudeTemporal": 100,
    "eventos": ["updtCriminoso", "updtObjeto"],
    "ignorarFlag": false,
    "ignorarMensagem": null
  }
}
```

Figura 6.12: Situação 5 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 4 integrados com o Post 2 e os refinamentos manuais

Considere agora o Post 3, também proveniente de rede social.

Post 3: “Ocorreu um assalto na avenida são josé, o bandido bateu com a arma no motorista de um porsche cayenne prata”

A Tabela 6.6 apresenta os objetos e atributos identificados no *Post 3*.

Para gerar a Situação 6, ocorreu uma fusão da situação atual (Situação 5) com o *Post 3*, utilizando como parâmetro o Local e a Vítima para a fusão. Tais fontes de informação, Situação

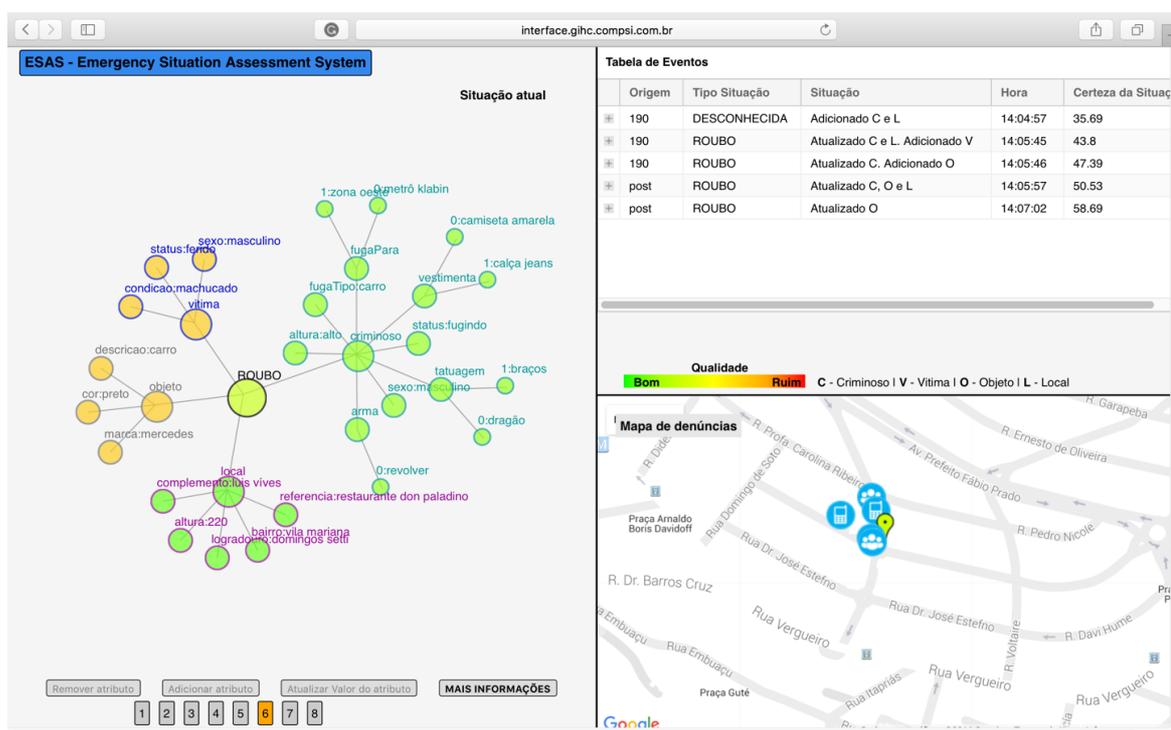


Figura 6.13: Interface do sistema ESAS representando a Situação 5

Tabela 6.6: Objetos e atributos do Post 3

Objeto	Atributo
Criminoso	arma
Objeto	descrição
Objeto	marca
Objeto	modelo
Objeto	cor
Vítima	sexo
Vítima	palavraRef
Local	logradouro
GERAL	categoria
Denúncias	fonte
Denúncias	horaInício
Denúncias	horaFim
Denúncias	texto
Denúncias	origemMensagem

5 e Post 3 apresentam informações divergentes (inconsistentes) sobre o Objeto, gerando duas possíveis situações: uma considerando o novo Objeto (Porsche), atualizando assim o Objeto, e outra situação que não irá considerar nenhuma informação presentes neste post, mantendo o objeto da Situação 5 (Mercedes). Tal problema é exposto ao operador humano, acusando que considerar esta combinação seria prejudicial à qualidade da situação. Desta maneira, o mesmo

é recomendado a ignorar os dados do *Post* 3, através de mensagens pop-up que identificam claramente os motivos.

Assim, o *Post* 3 é descartado no processo de fusão de dados de acordo com problema de qualidade na dimensão de relevância, apesar do *Post* 3 possuir indicadores de geolocalização que remetem ao mesmo local. O resultado da fusão da situação atual (Situação 5) com o *Post* 3, é apresentado na figura 6.14. A Figura 6.15 apresenta a interface do sistema ESAS com as informações da Situação 6.

```
{
  "id": "6",
  "categoria": "ROUBO",
  "fonte": "post",
  "horainicio": "2015-05-29 14:07:13",
  "horaFim": "2015-05-29 14:07:13",
  "hora": "14:07:13",
  "gps": ["-23.593995", "-46.627253"],
  "origemMensagem": "@twitter",
  "eventos": "Atualizado O e V",
  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:07:13"
  },
  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugindo",
    "fugaTipo": "carro",
    "fugaPara": ["metrô klabin", "zona oeste"],
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": "alto",
    "condicao": null,
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "vestimenta": ["camiseta amarela", "calça jeans"],
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": ["revolver"],
    "tatuagem": ["dragão", "braços"],
    "palavraRef": null,
    "completude": 54.54
  },
  "objeto": {
    "descricao": "carro",
    "condicao": null,
    "marca": "mercedes",
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "cor": "preto",
    "ano": null,
    "placa": null,
    "porte": null,
    "completude": 27.27
  },
  "vitima": {
    "palavraRef": "homem",
    "sexo": "masculino",
    "status": "ferido",
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": "machucado",
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 42.85
  },
  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "complemento": "luis vives",
    "bairro": "vila mariana",
    "altura": "220",
    "direcao": null,
    "sentido": null,
    "referencia": "restaurante don paladino",
    "numero": null,
    "gps": ["-23.593763", "-46.627001"],
    "completude": 69.23,
    "certeza": 58.69,
    "completudeTemporal": 100,
    "eventos": ["updtCriminoso", "updtObjeto"],
    "ignorarFlag": false,
    "ignorarMensagem": null
  }
}
```

Figura 6.14: Situação 6 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 5 integrados com o Post 3

Considere agora o *Post* 4, também proveniente de rede social. A Tabela 6.7 apresenta os objetos e atributos identificados no *Post* 4.

Post 4: “Homem branco magro roubou um carro aqui na Domingos Setti”

Tabela 6.7: Objetos e atributos do Post 4

Objeto	Atributo
Criminoso	sexo
Criminoso	etnia
Criminoso	porteFísico
Objeto	descrição
Local	logradouro
Local	gps
Denúncias	fonte
Denúncias	hora
Denúncias	gps
Denúncias	origemMensagem
Denúncias	texto

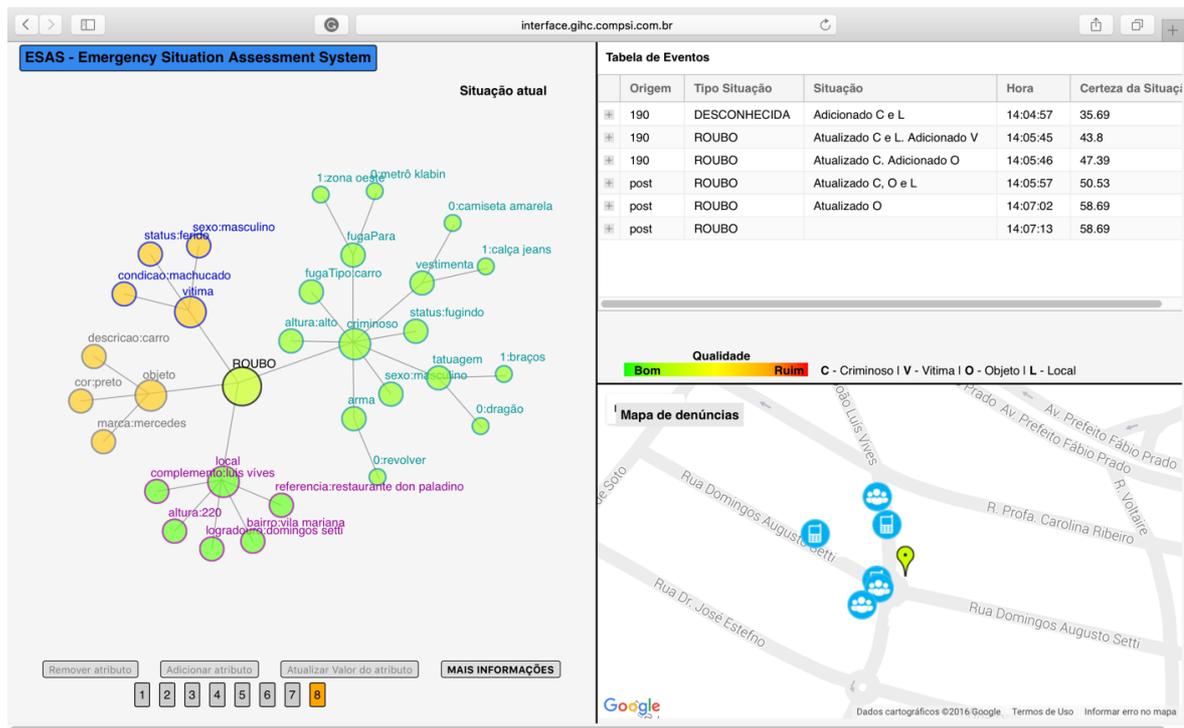


Figura 6.15: Interface do sistema ESAS representando a Situação 6

Para gerar a Situação 7, ocorreu uma fusão da situação atual (Situação 6) com o Post 4, utilizando como parâmetro o Local e o Objeto. Esta atividade atualizou o Criminoso com os atributos branco e magro. O resultado da fusão da situação atual (Situação 6) com o Post 4, é apresentado na Figura 6.16. A Figura 6.17 apresenta a interface do sistema ESAS com as informações da Situação 7.

```

{
  "id": "7",
  "categoria": "ROUBO",
  "fonte": "post",
  "horaInicio": "2015-05-29 14:09:54",
  "horaFim": "2015-05-29 14:09:54",
  "hora": "14:09:54",
  "gps": ["-23.593995", "-46.626953"],
  "origemMensagem": "@twitter",
  "eventos": "Atualizado O, V e L",

  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:07:13"
  },

  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugindo",
    "fugaTipo": "carro",
    "fugaPara": ["metrô klabin", "zona oeste"],
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": "alto",
    "condicao": null,
    "etnia": "branco",
    "porteFisico": "magro",
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "vestimenta": ["camiseta amarela", "calça jeans"],
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": ["revolver"],
    "tatuagem": ["dragão", "braços"],
    "palavraRef": null,
    "completude": 63.63
  },

  "objeto": {
    "descricao": "carro",
    "condicao": null,
    "marca": "mercedes",
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "ano": null,
    "placa": null,
    "porte": null,
    "completude": 27.27
  },

  "vitima": {
    "palavraRef": "homem",
    "sexo": "masculino",
    "status": "ferido",
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": "machucado",
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 42.85
  },

  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "complemento": "luis vives",
    "bairro": "vila mariana",
    "altura": "220",
    "direcao": null,
    "sentido": null,
    "referencia": "restaurante don paladino",
    "numero": null,
    "tipoCabelo": null,
    "gps": ["-23.593763", "-46.627001"],
    "completude": 69.23
  },

  "certeza": 60.59,
  "completudeTemporal": 100,
  "eventos": ["updtCriminoso", "updtObjeto"],
  "ignorarFlag": false,
  "ignorarMensagem": null
}

```

Figura 6.16: Situação 7 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 6 após refinamentos finais no Objeto criminoso

Neste momento do processo, o sistema informa ao operador humano que refinamentos manuais são necessários para a melhoria da qualidade, sendo estes: Inclusão de atributos no OB-

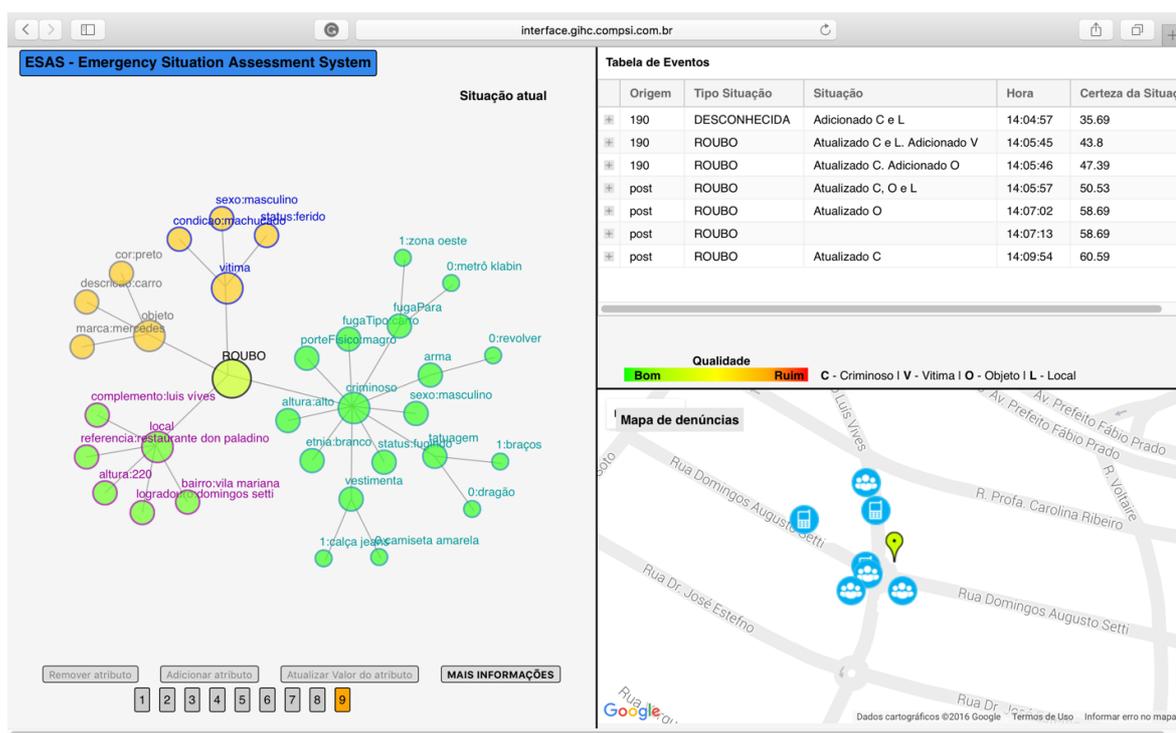


Figura 6.17: Interface do sistema ESAS representando a Situação 7

JETO, Atualização de atributos no CRIMINOSO e Remoção de atributos no CRIMINOSO.

Desta maneira, novamente para ilustrar o resultado de um refinamento manual, operacionalizado pela interface, mais especificamente no grafo da situação atual, foi realizada a inserção de placa do OBJETO com o valor de “XKT 8937”, a atualização da direção de fuga do CRIMINOSO para o valor “zona norte” e a remoção do atributo “dragão” como tatuagem do CRIMINOSO. Além disso, foram atualizados o valor da “calça branca” para “calça jeans” nos atributos do criminoso e removido o atributo de arma: “armado”.

O resultado da fusão da situação atual (Situação 7) com os refinamentos manuais descritos, é apresentado na Figura 6.18. A Figura 6.19 apresenta a interface do sistema ESAS com as informações da Situação 8.

Na próxima seção é apresentado o experimento no qual operadores da PMESP foram submetidos para a avaliação de SAW. Também são apresentados e discutidos os resultados da avaliação.

```

{
  "id": "7",
  "categoria": "ROUBO",
  "fonte": "post",
  "horaInicio": "2015-05-29 14:09:54",
  "horaFim": "2015-05-29 14:09:54",
  "hora": "14:09:54",
  "gps": ["-23.593995", "-46.626953"],
  "origemMensagem": "@twitter",
  "eventos": "Atualizado O, C, V e L",
  "tempo": {
    "quantidade": "0",
    "tipo": "2015-05-29 14:07:13"
  },
  "criminoso": {
    "sexo": "masculino",
    "status": "fugido",
    "fugaTipo": "carro",
    "fugaPara": ["metrô klabin", "zona norte"],
    "descricao": null,
    "idade": null,
    "altura": "alto",
    "condicao": null,
    "etnia": "branco",
    "porteFisico": "magro",
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "vestimenta": ["camiseta amarela", "calça jeans"],
    "marcaVestimenta": null,
    "arma": ["revolver"],
    "tatuagem": ["braços"],
    "palavraRef": null,
    "completude": 63.63
  },
  "objeto": {
    "descricao": "carro",
    "condicao": null,
    "marca": "mercedes",
    "modelo": null,
    "tamanho": null,
    "cor": "preto",
    "ano": null,
    "placa": "XKT8937",
    "porte": null,
    "completude": 45.45
  },
  "vitima": {
    "palavraRef": "homem",
    "sexo": "masculino",
    "status": "ferido",
    "idade": null,
    "altura": null,
    "condicao": "machucado",
    "etnia": null,
    "porteFisico": null,
    "corCabelo": null,
    "tipoCabelo": null,
    "corVestimenta": null,
    "marcaVestimenta": null,
    "completude": 42.85
  },
  "local": {
    "logradouro": "domingos setti",
    "tipoLogradouro": null,
    "complemento": "luis vives",
    "bairro": "vila mariana",
    "altura": "220",
    "direcao": null,
    "sentido": null,
    "referencia": "restaurante don paladino",
    "numero": null,
    "tipoCabelo": null,
    "completude": 69.23
  },
  "certeza": 64.23,
  "completudeTemporal": 100,
  "eventos": ["updtCriminoso", "updtVitima", "addObjeto"],
  "ignorarFlag": false,
  "ignorarMensagem": null
};

```

Figura 6.18: Situação 8 composta pelos objetos e atributos avaliados encontrados na Situação 7 após refinamentos finais no Objeto criminoso

The screenshot shows the ESAS interface with the following components:

- Top Bar:** "ESAS - Emergency Situation Assessment System" and "interface.gihc.compsi.com.br".
- Central Area:** "Situação atual" showing a network diagram with nodes for "ROUBO", "criminoso", "objeto", "vitima", and "local", each with associated attributes.
- Right Panel:** "Tabela de Eventos" table with columns: Origem, Tipo Situação, Situação, Hora, Certeza da Situação.
- Bottom Panel:** "Qualidade" scale from Bom (green) to Ruim (red), and "Mapa de denúncias" showing a street map with location markers.
- Bottom Controls:** Buttons for "Remover atributo", "Adicionar atributo", "Atualizar Valor do atributo", and "MAIS INFORMAÇÕES" with a numbered list 1-9.

Figura 6.19: Interface do sistema ESAS representando a Situação 8

6.3 Avaliação com Operadores

Para a realização da avaliação de SAW proporcionada pelos sistemas, os testadores, membros da PMESP, treinados em resposta a emergências pelo sistema 190, do 9º bpm, foram divididos em dois grupos de dez pessoas cada. Cada grupo realizou a avaliação utilizando apenas uma das interfaces que representa um dos modelos de fusão de dados e informações (Quantify ou User-Fusion). Dessa maneira, foi possível aplicar a Técnica de Pontuação de Consciência

Situacional (*Situation Awareness Rating Technique* - SART) (ANEXO C).

6.3.1 Participantes

Para a realização dos procedimentos de avaliação, foram empregados 20 operadores humanos, todos do sexo masculino, com pelo menos um ano de experiência em atividades relacionadas à análise de situações e despacho de recursos para o atendimento a denúncias de crime. Em média, os SMEs possuem cinco anos de experiência na atividade (mínimo de um e máximo de 25 anos de experiência), o que significa que todos os participantes são familiarizados com a tarefa de analisar e avaliar situações de emergência, considerados analistas despachadores experientes.

Apenas quatro participantes têm menos de cinco anos de experiência em análise de situações e despachos de recursos. A média de idade entre os participantes é de 36 anos. Todos os participantes têm experiência no uso de computadores pessoais.

6.3.2 Materiais

Duas versões do Sistema de Avaliação de Situações de Emergência (ESAS), desenvolvidos para a validação das abordagens descritas nesta tese, foram utilizadas para o experimento. O detalhamento dos conceitos e recursos que o sistema ESAS implementa pode ser consultado no Capítulo 4 e 5 (Modelo Quantify e Metodologia IQESA).

Um computador pessoal com tela grande (22”) posicionado em local silencioso foi utilizado como recurso físico para uma visão abrangente da interface de usuários.

Atualmente, o sistema ESAS e o sistema alternativo, destinam-se a analisar e avaliar apenas situações de roubo, dada complexidade deste domínio crítico. Adicionalmente, é válido pontuar que o sistema ESAS está preparado para ser utilizado em dispositivos diversos (ex: *smartphone*, *tablets* e grandes superfícies *touchscreen*).

Ainda em relação aos dispositivos, diferentes formas de apresentação das informações na interface nos diferentes *displays* foram analisadas para garantir a rápida e correta resposta do operador.

Por conveniência, optou-se por realizar os experimentos em ambiente desktop para evitar problemas referentes a não-familiaridade dos participantes com dispositivos diferentes do usual.

Em condição ideal, o sistema ESAS apresentou todas as informações necessárias para o início na operação, sem atrasos ou obstáculos durante o processo interativo.

A tarefa prioritária solicitada aos operadores foi a caracterização das entidades (também chamados objetos), tais como criminosos, vítimas, local do evento e objeto roubado. Ao participante foi solicitado que construísse, em conjunto com o sistema, a situação atual que estava sendo denunciada, até o momento em que o mesmo se considerava suficientemente consciente da situação.

Para a realização da tarefa, os participantes foram treinados, e um material de apoio foi fornecido para caso de surgirem dúvidas durante a operação. Adicionalmente, um instrutor treinado no uso do ESAS acompanhou a realização do experimento, sendo que cada operador o fez individualmente. Não houve a realização de experimentos simultâneos por mais de um SME.

6.3.3 Variáveis de Estudo

Para a realização da tarefa de caracterização da situação e a avaliação de SAW dos operadores humanos, uma única variável independente foi considerada, com dois níveis distintos. O Sistema de Avaliação de Situações de Emergências (ESAS) compõe o primeiro nível independente, a qual envolve o modo de operação orientado pelo modelo Quantify, ciente de qualidade (qualidade orientando e parametrizando o processo) e dirigido pelo humano (operador como parte proativa para a construção do conhecimento situacional).

O sistema ESAS inclui entre suas funções, mecanismos para que o operador humano seja capaz de construir um conhecimento incremental dinâmico em conjunto com as funções automatizadas do sistema. Para tal, a cada nova parte de informação inferida ou transformada, a mesma tem sua qualidade quantificada e representada, para assim orientar o operador na busca por sua melhoria e qualificação. Orientado por índices de qualidade que acompanham as visualizações na interface, operadores humanos podem atuar diretamente nas fontes de dados, determinando o uso e busca por nova informação; nos mecanismos de fusão, determinando a sinergia entre informações candidatas à fusão e o emprego de filtros de resultados preliminares; e na informação situacional propriamente dita, corrigindo ou complementando o conhecimento agregado.

O segundo nível é o sistema alternativo de avaliação de situações de emergência, cuja operação é orientada pelo modelo User-Fusion, conhecida abordagem de fusão de informações que inclui o humano como membro ativo do processo de fusão.

Apesar de possibilitar grande parte das interações para promover a participação ativa do humano no processo, o sistema alternativo não permite que o operador atue diretamente na

informação situacional, mas sim requisitando novas fontes ou novas fusões. O conhecimento situacional é intangível e pode ser enriquecido apenas indiretamente. Adicionalmente, tal abordagem não suporta a orientação e parametrização do sistema (e do humano) com as questões referentes à qualidade da informação. Neste sentido, considera-se apenas a dimensão de incerteza, porém de forma implícita.

Perceber os dados de entrada (transcrições 190 e posts de rede social), suas fontes; entender os objetos inferidos (ex: vítimas, criminosos, objetos roubados e locais), atributos que os descrevem (ex: descrição física, vestimentas) e o significado de seus relacionamentos para caracterizar uma situação, fazem parte da tarefa que os SMEs têm que desempenhar.

A operação dos sistemas se inicia com uma única fonte de dados disponível, incapaz de estimular no operador uma conclusão sobre a situação. Desta maneira, o operador buscará enriquecer a informação com dados de mais fontes e pela combinação entre estas. Não orientado pela qualidade da informação, o operador humano do sistema alternativo, buscará enriquecer a informação situacional com base somente em sua experiência, sujeitando-se a resultados finais insuficientes, enquanto que o operador do ESAS poderá acompanhar a evolução da informação passo a passo, concordando ou discordando das partes da informação qualificada.

Durante a operação dos sistemas em um determinado instante, a automação é incapaz de prosseguir porque chegou ao seu limite de inferências. Neste contexto, operadores humanos podem concordar ou discordar da informação situacional. No caso da operação do ESAS, o humano tem mais possibilidades para desconstruir e construir a informação, sendo informado a todo momento das consequências de suas escolhas quanto à qualidade da informação. No caso da operação do sistema alternativo, resta ao operador solicitar novas integrações e validar se estas foram suficientes para sua SAW.

6.3.4 Design do Experimento

De acordo com os estudos refletidos nesta tese, sabe-se que a qualidade da informação é um fator limitante ao processo de avaliação de situações e à obtenção de consciência situacional. Dessa maneira, os participantes do experimento, durante treinamento foram submetidos a uma situação de emergência simplificada, mas que contém todos os elementos da situação real a fim de evitar que os mesmos aprendessem ou memorizassem os prováveis resultados parciais e finais do processo.

Os participantes foram randomicamente divididos em dois grupos de 10 SMEs cada. Para um grupo foi associado o experimento com o sistema ESAS e para o outro grupo foi associado

o sistema alternativo de avaliação de situações. Membros de um grupo não tiveram acesso aos experimentos de outro grupo e conheceram apenas o sistema que lhe fora designado, evitando assim a influência dos resultados da avaliação do outro sistema.

6.3.5 Procedimento do Experimento

O experimento completo com ambos os grupos teve duração aproximada de cinco horas. Antes de realizar a avaliação, os SMEs da PMESP foram instruídos quanto aos objetivos dos sistemas. Posteriormente, eles foram treinados em sessões de 15 minutos e apresentados aos sistemas a fim de que obtivessem o conhecimento satisfatório para operar as funções fundamentais para controlar a análise de uma situação pela interface de usuários.

Nesse treinamento foi estabelecido um roteiro para a execução de uma tarefa de avaliação de uma situação, de forma que fosse possível explorar o potencial da interface e do modelo Quantify, considerando as questões referentes à qualidade da informação, fusão sob demanda e os refinamentos de aquisição, fusão e conhecimento situacional.

O experimento propriamente dito durou dez minutos por participante que, ao final, foram avaliaram e pontuaram sua consciência situacional utilizando a Técnica de Pontuação de Consciência Situacional (*Situation Awareness Rating Technique - SART*).

SART, conforme visto no Capítulo 2, é uma técnica de autoavaliação que se baseia em um questionário em que os operadores indicam o quão cientes estiveram durante um experimento.

Neste trabalho foi escolhido o uso de SART (descrito no Capítulo 2) para avaliar SAW devido à demanda de continuidade no processo de avaliação de situações, impossibilitando que simulações fossem interrompidas, como no caso do SAGAT, o que poderia prejudicar o entendimento de situações em evolução. Alguns trabalhos indicaram tal problema em domínios similares ao abordado por esta tese (Selcon e Taylor, 1991) (Endsley, 1993). Adicionalmente, o emprego da técnica SART justifica-se pela subjetividade presente também no julgamento de operadores humanos ao concordar ou discordar da automação. A inexistência de um ponto de parada pré-definido (momento em que o operador humano encontra-se consciente da situação) também impossibilita a aplicação de uma técnica como o SAGAT, já que objetivamente a informação exata esperada pode nunca ser conhecida ou obtida.

A avaliação SART aplicada foi a modalidade de 14 questões (14D-SART), possibilitando assim maior confiabilidade e maior nível de granularidade para a análise das respostas, em comparação com o modelo de três ou o de nove questões. Finalmente, procedeu-se o cálculo de uma pontuação global SART utilizando a fórmula: $SAW = U - (D - S)$, onde: U = entendimento

médio; D = demanda média; S = oferta média.

6.4 Resultados da Avaliação e Discussão

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos da avaliação de uma situação, utilizando os sistemas que representam os modelos Quantify e User-Fusion, cada qual com sua respectiva interface, mediante cada componente da metodologia SART.

Em uma análise estatística dos dados, índices SART e seus três componentes, os efeitos da operação do sistema ESAS foram significantes para as dimensões de Oferta e Entendimento, influenciando um índice superior para o SART combinado (medida geral SART).

Ao final da seção, são apresentadas hipóteses para justificar os valores obtidos para cada componente, considerando o modelo, processos e metodologia desenvolvida.

6.4.1 Demanda de Atenção

O componente Demanda de atenção (demanda de recursos ou atenção dos operadores), formado pela Instabilidade da Situação (o quão instável é a situação), Complexidade da Situação (o quão complexa é a situação), Variabilidade da Situação (o quão variável é a situação) e Demanda de Atenção (o quanto de atenção exige a situação) apresentou os seguintes resultados de acordo com a Figura 6.20.

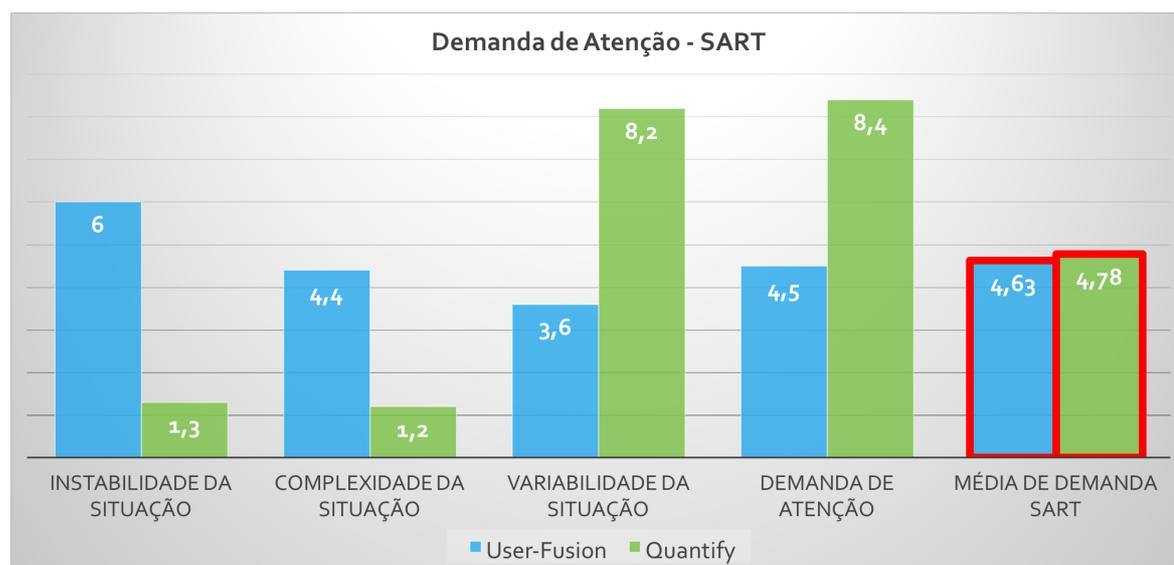


Figura 6.20: Resultados da avaliação SART quanto ao componente Demanda de Atenção

A menor taxa de Instabilidade no modelo Quantify pode ser justificada pela linearidade na

construção do conhecimento situacional, sem mudanças bruscas. Cada nova parte de informação integrada à situação foi conectada à hierarquia da informação situacional e representada graficamente no grafo da situação atual, de forma que foi possível representar e acompanhar atualizações locais, em objetos e atributos, e globais na situação como um todo. A evolução da informação situacional pôde ser também acompanhada pela tabela de eventos e pela linha do tempo na interface, habilitando o operador a consultar a informação situacional antes e depois de cada transformação.

Como se trata de um domínio complexo, há também a necessidade de compreender as diversas relações e a influência da qualidade em tais relações entre os componentes de uma situação. Assim, a Complexidade das relações do modelo Quantify apresentou-se reduzida, pois foram justificadas com a qualidade da informação. Embora a situação seja complexa e dinâmica, essa característica foi contornada pelo novo modelo e sua interface.

Com o emprego da qualidade de dados e informações para parametrização de grande parte das atividades propostas pelo modelo Quantify, como fusões e refinamentos, naturalmente, os índices que quantificam a qualidade e qualificam a informação situacional estão em constante mudança, justificando a grande Variabilidade na situação. A maior dinâmica provocada pelo uso da qualidade pode também aumentar a complexidade e prejudicar o entendimento do operador humano.

Parte da inteligência do modelo Quantify, tais como o cálculo dos índices de qualidade, é inferida pela automação e desconhecido ao operador humano. Muitas vezes, há a necessidade de justificativa quanto à concepção e lógica de inferência de tais índices para melhor orientar decisões de refinamento. O acesso direto aos índices globais pode também ter sido prejudicial ao operador humano, pois demanda esforço cognitivo para compreender sua formação (Demanda de Atenção).

6.4.2 Oferta de Atenção

O componente Oferta (oferta de recursos aos operadores), formado pelos componentes Desperto (o quão alerta a mudanças), Concentração de Atenção (o quão concentrado na situação), Divisão de Atenção (o quanto a atenção pôde ser dividida com tarefas diversas), Capacidade Mental Livre (o quanto de capacidade mental livre para outras atividades) e Oferta de Recursos (recursos disponíveis) apresentou os seguintes resultados de acordo com a Figura 6.21.

A taxa superior de Estímulo pelo modelo Quantify pode ser justificada por alguns fatores, tais como a representação gráfica da qualidade das informações na forma de grafo colorido

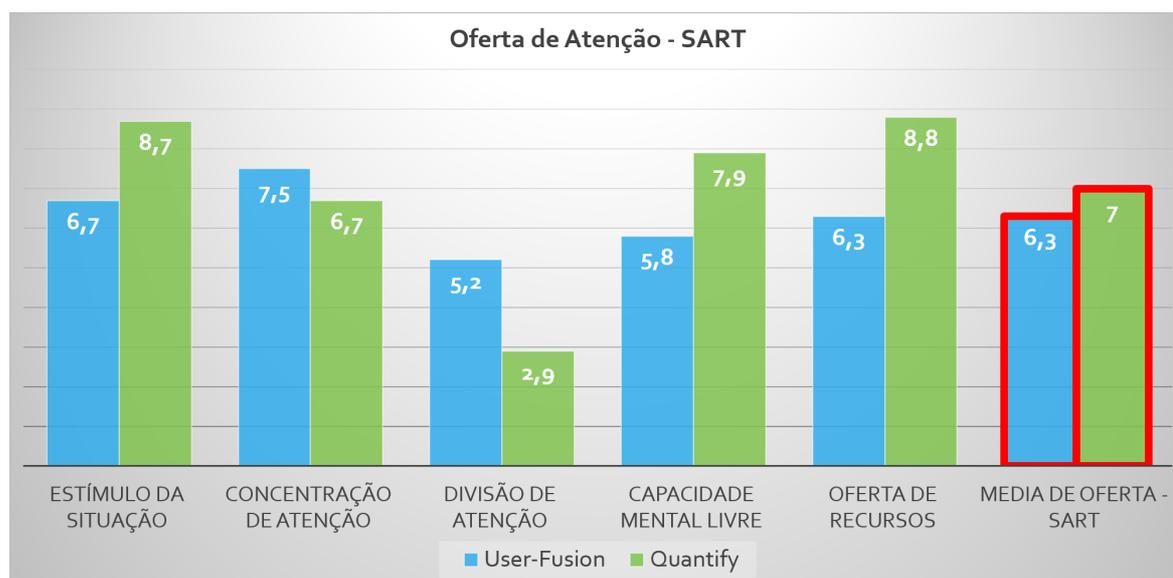


Figura 6.21: Resultados da avaliação SART quanto ao componente Oferta de Atenção

de acordo com os índices locais e globais de qualidade, chamando a atenção do operador humano para baixos índices que demandavam refinamento. Os problemas de qualidade ficaram evidentes, e à medida que surgiram, ações foram sugeridas e incentivadas.

Já a taxa de Concentração de atenção reduzida no modelo Quantify pode ser explicada pela mesma representação gráfica e atualizações diversas, que em alguns momentos pode ter distraído o operador, impedindo-o de ficar focado na tarefa que realizava.

No caso da Divisão de atenção, o valor superior do modelo User-Fusion pode ser explicado pela menor complexidade de variáveis, e conseqüentemente uma maior simplicidade de gestão e representação das situações. O modelo Quantify exigiu um maior dinamismo para o acompanhamento da evolução da informação em três visões que se atualizam frequentemente e que possuíam detalhes relevantes para serem notados a cada nova evolução.

Ao considerar a Capacidade mental livre, o valor do modelo Quantify foi superior em virtude da realização direta de cálculos de Nível 2 de SAW pela inteligência do modelo, habilitando o operador humano a prestar atenção em diversas variáveis, sem sobrecarga de informação que o impeça de reparar em algo novo.

Uma hipótese para explicar a baixa Divisão de Atenção e ao mesmo tempo a alta Capacidade Mental Livre é que o operador humano pode ter concluído que não foi necessário dividir sua atenção e se concentrou somente no grafo de situações, já que tal estrutura oferecia o necessário para que ele desenvolvesse SAW. Dessa maneira, o humano teve maior capacidade mental livre, embora pudesse se dedicar a outras informações caso quisesse. Adicionalmente,

o operador humano poderia achar que seria prejudicial ao entendimento se sua atenção fosse dividida com outras informações de outras visões.

O valor de Oferta de Recursos foi superior no modelo Quantify devido à disponibilidade de ferramentas para facilitar a atenção do operador humano, tais como a gestão do processo, cujos efeitos podem ser imediatamente percebidos na interface, o que habilitou o operador humano a customizar a situação em análise. No modelo User-Fusion, os humanos se sentiram impotentes em gerir o processo ao perceber que informações tinham problemas de qualidade para serem sanados.

6.4.3 Entendimento da Situação

O componente Entendimento (nível de entendimento do operador), formado pelos componentes Quantidade de Informação (o quão suficiente é o volume de informação), Qualidade de Informação (o quão confiável é a informação), Familiaridade com a Situação (o quão familiar é a situação) e Entendimento da Situação (o quanto a informação foi compreendida) apresentou os seguintes resultados de acordo com a Figura 6.22.

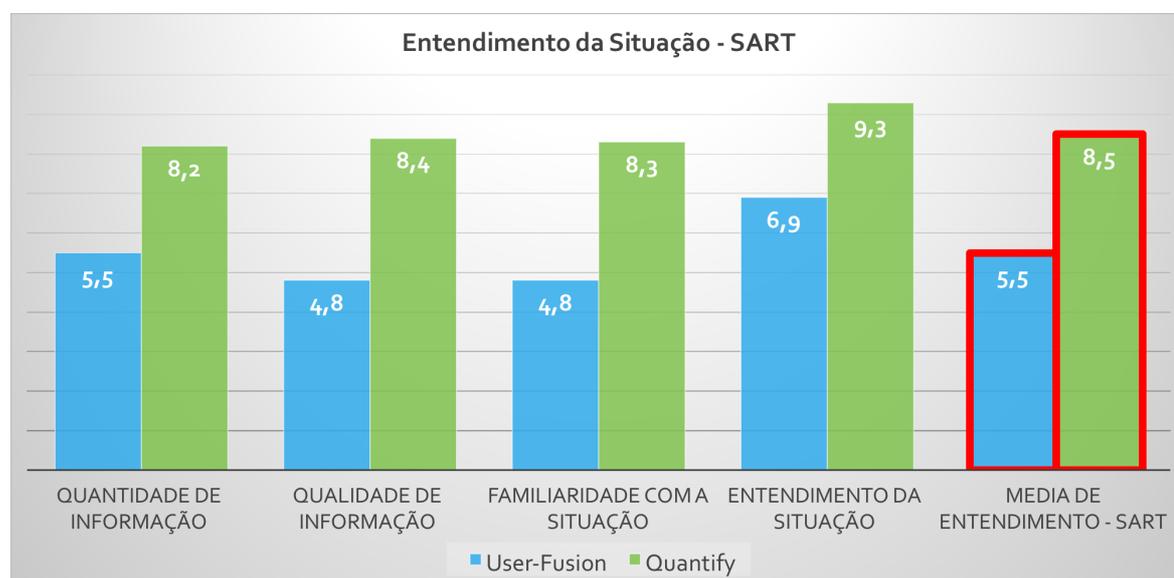


Figura 6.22: Resultados da avaliação SART quanto ao componente Entendimento da Situação

Quanto à Quantidade de informação, o modelo Quantify mostrou-se superior dado os novos insumos que descrevem e qualificam a informação, que são os metadados de qualidade, ajudando os operadores a entenderem a situação.

Já a Qualidade da Informação apresentou alto valor não somente por considerar que as informações propriamente ditas eram de alta qualidade, mas também quando estas foram infe-

ridas com baixa qualidade e imediatamente representadas e qualificadas como tal, contribuindo para que o operador humano estabelecesse confiança no sistema ESAS.

Quanto à Familiaridade com a Situação, o modelo User-Fusion apresentou valor inferior, pois muitas mudanças na situação passaram despercebidas, sendo incorporadas variáveis muitas vezes fora de contexto e sem justificativa para a incorporação na situação. O modelo Quantify evolui linearmente a situação e ajuda a tomar decisões embasando-se em qualidade de informações.

A hierarquia formada por partes da informação ajudou também a estabelecer o entendimento e a relação de cada parte da informação com o índice de confiança que a situação apresentava a cada ciclo de análise. Dessa maneira, o sistema contribuiu para que o operador humano conhecesse a situação atual durante a realização da tarefa.

Finalmente, os participantes foram questionados quanto ao seu nível de entendimento geral sobre a situação, ou seja, se os mesmos compreenderam o que estava acontecendo no cenário durante a simulação. O resultado é mostrado na Figura 6.23, a qual indica um nível superior de SAW no modelo Quantify. O resultado final da avaliação SART também é mostrado pela Figura 6.23, que também mostra um valor superior para o modelo Quantify.

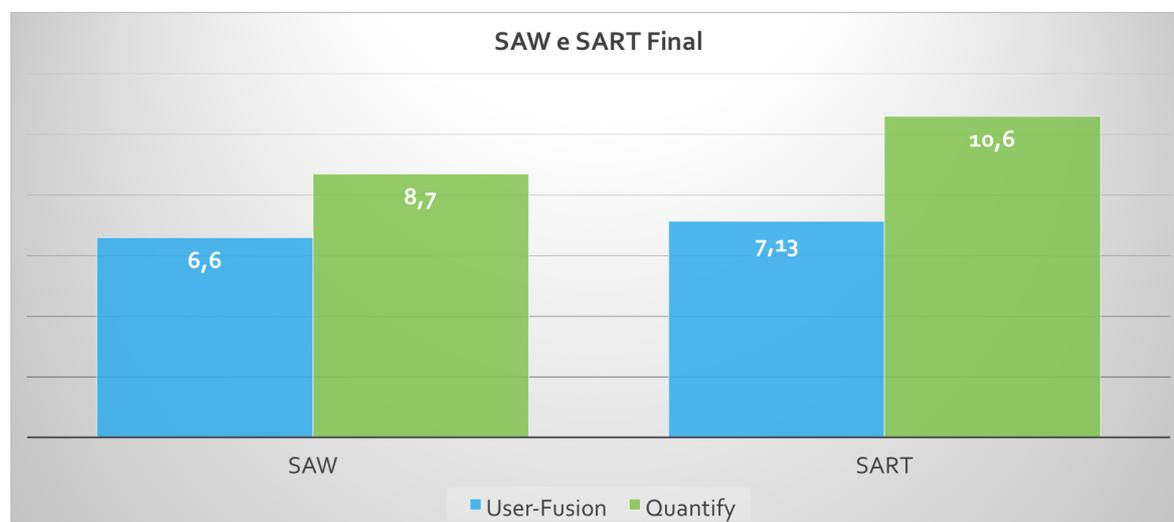


Figura 6.23: O resultado final da avaliação SART e avaliação de SAW

Em complemento ao resultado da avaliação SART combinado, foi aplicado o teste-t entre os resultados de cada sistema, objetivando comprovar a relevância estatística em torno das médias obtidas para cada componente do SART.

Para o componente Demanda, a hipótese nula é que o índice deste componente é igual entre os dois sistemas. Assim, a hipótese nula não pôde ser rejeitada, sendo $F > F\text{-crítico}$ ($0.94 >$

0.29) e teste-t demonstrando médias consideradas iguais com $\text{Stat } t > t\text{-crítico}$ ($-0,32 > -1,74$, $P=0.05$).

Para o componente Oferta, a hipótese nula pôde ser rejeitada, sendo $F < F\text{-crítico}$ ($1.60 < 3.43$) e teste-t demonstrando médias consideradas diferentes com $\text{Stat } t < t\text{-crítico}$ ($-3.66 < -1.74$, $P=0.001$).

Para o componente Entendimento, a hipótese nula pôde ser rejeitada, sendo $F < F\text{-crítico}$ ($2.39 < 3.43$) e teste-t demonstrando médias consideradas diferentes com $\text{Stat } t < t\text{-crítico}$ ($-12,31 < -1.74$, $P<0.001$).

Para o SART combinado, a hipótese nula pôde ser rejeitada, sendo $F < F\text{-crítico}$ ($1.04 < 3.43$) e teste-t demonstrando médias consideradas diferentes com $\text{Stat } t < t\text{-crítico}$ ($-14,68 < -1.74$, $P<0.001$).

A Figura 6.24 apresenta tais resultados sumarizados e ilustra cada componente SART para os dois modelos. É possível notar que os valores de Demanda (*Demand*) não apresentam diferença significativa para justificar a melhoria de consciência situacional, comprovada estatisticamente. Entretanto, a diferença significativa nos componentes de Oferta (*Supply*) e de Entendimento (*Understanding*) fez com que o modelo Quantify obtivesse um melhor resultado de SART, o que se traduz em uma melhor SAW gerada pelo novo modelo.

Parte do Entendimento superior deve-se às questões referentes à qualidade da informação e aos refinamentos por ela orientados que formam a base do presente trabalho. Este resultado mostra os benefícios do emprego da qualidade de dados e informações no contexto de fusão da forma que foi estruturada, o que indicia que a proposta apresentada nesta tese é válida para fins de avaliação de situações sobre cenários complexos.

6.5 Discussão

A preocupação com a qualidade de dados e informações não se restringe às etapas iniciais do processo de avaliação de situações. A informação situacional, que é propagada pelo processo, não somente evolui positivamente, mas também pode ser comprometida por cada transformação que a mesma sofre ao longo do tempo. Desta maneira, há a necessidade da gestão da qualidade da informação desde a aquisição até a visualização de informações e controle via interface.

A “Aquisição de Dados HUMINT”, como mecanismo interno que dá início ao processo avaliação de situações, apresenta grandes desafios. A inerente limitação de tais fontes de dados

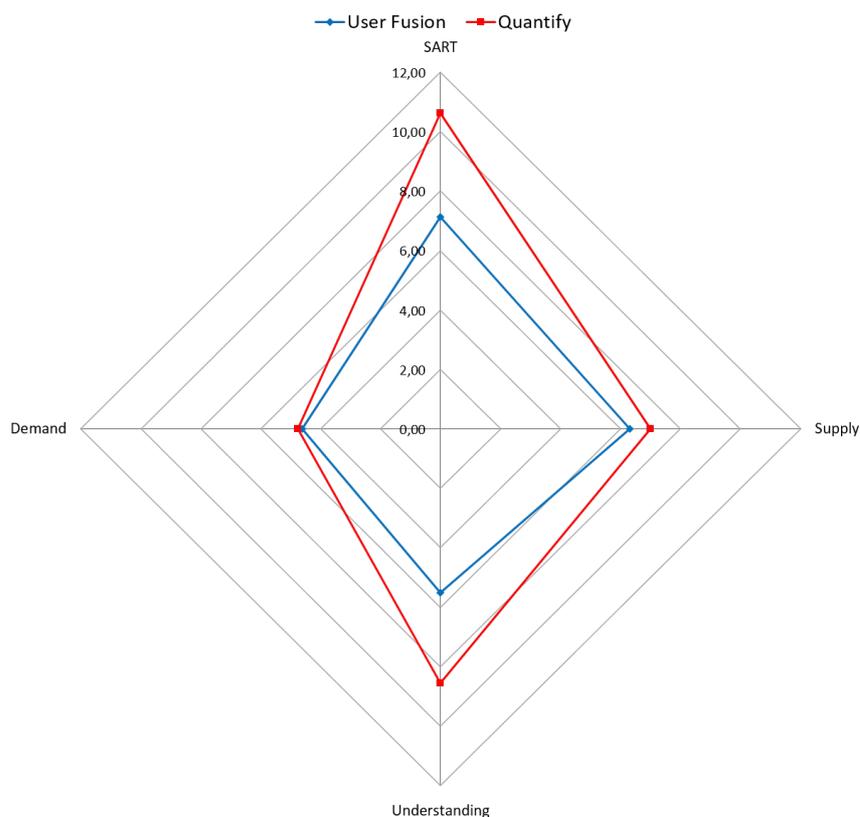


Figura 6.24: Resultado da avaliação de SAW sobre os sistemas de User-Fusion e Quantify, utilizando a metodologia SART, representada também por seus três componentes: Demanda (*Demand*), Oferta (*Supply*) e Entendimento (*Understanding*).

em fornecer dados fidedignos sob condições cognitivas adversas, variações fonéticas e fatores humanos dos mesmos são algumas das variáveis que restringem a obtenção de dados e informações assertivas.

Adicionalmente, os próprios algoritmos de aquisição de dados podem ser restritos em identificar objetos e atributos, em número/variedade e em qualidade. O algoritmo de PLN em particular pode remeter a este problema, gerando mais incertezas ao processo de avaliação de situações, em virtude da reduzida abrangência dos dicionários de termos relevantes conhecidos.

A primeira etapa do processo é altamente dependente do conjunto de amostras e rótulos associados ao domínio. É necessário que hajam modelos de comparação suficientes para que o referido processo interno “Aquisição de Dados HUMINT” saiba “o que” procurar nas sentenças e saiba também classificar devidamente o termo identificado na devida categoria. Neste contexto, é improvável que, num primeiro ciclo de análise, o processo esteja preparado para domínios diversos, cujas situações, entidades e seus atributos sejam diferentes de situações já verificadas, bem como suas propriedades de classe e de dados que a descrevem.

Desta maneira, faz-se necessário pontuar a limitação do processo em acomodar a imprevisibilidade neste momento. Entretanto, é possível afirmar que, com o uso frequente do sistema que implementa as funções descritas neste Capítulo, o conhecimento detido e consultado pelo processo interno de “Aquisição de dados HUMINT” pode também evoluir para suportar o reconhecimento cada vez mais amplo de objetos, atributos e situações. Tal evolução é obtida pelo conhecimento gerado pelos demais processos internos ao Quantify (fusão de dados, avaliação da qualidade de dados e informações e interface de usuários), e representado pelo processo interno de “Representação da Informação Situacional”.

Adicionalmente, a etapa inicial do modelo Quantify não deve ser também responsabilizada por todo o sucesso ou insucesso do processo de avaliação de situações. Cabe aos demais processos trabalhar para enriquecer o conhecimento situacional com as inferências obtidas durante o processo de fusão de dados e informações, seja por meios automatizados ou manuais com a participação ativa do operador humano.

Quando um dado ou informação apresenta problemas referentes à qualidade, os metadados que qualificam a informação devem ser idealmente revelados ao sistema pela etapa de “Avaliação de Qualidade de Dados e Informações”. Entretanto, é possível que um objeto ou atributo não seja inferido e deixe de fornecer ao sistema uma informação que poderia ser útil para as funções subsequentes do processo ou mesmo para suportar SAW. Se informações consideradas prioritárias não foram identificadas pela etapa inicial do processo Quantify, os índices de qualidade incidirão negativamente sobre um objeto e conseqüentemente sobre a situação, demandando mais refinamentos para atingir o resultado desejado. Desta maneira, é possível afirmar que quanto menor a assertividade das fases iniciais do processo, maior deverá ser o esforço do operador humano para refinar a informação situacional.

Outros problemas podem ocorrer ao propagar informações não qualificadas ao processo, como nos atuais modelos de fusão de dados e informações. Além da redução de subsídios para a orientação do operador, a automação deixa de ser parametrizada com os ricos artefatos que são os índices de qualidade, limitando-se a empregar os próprios atributos identificados anteriormente como variáveis de busca e integração de informação. Atributos estes que podem também ser imperfeitos e prejudicar ainda mais o processo de avaliação. Desta forma, operador humano e sistema assumem o risco e supõem que a informação é perfeita e suficiente para suportar as tarefas de inferência no processo de avaliação de situações.

O mesmo acontece no caso de informações inconsistentes, irrelevantes e desatualizadas. Informações não qualificadas não habilitam adequadamente a comparação dos novos dados de entrada com a atual imagem da situação, dificultando o descarte de informação sem utilidade

para a situação atual, e que eventualmente a depreciaria. Finalmente, uma limitação da avaliação de qualidade é a dependência de uma base auxiliar de palavras para calcular a relevância e a completude de objetos, além de uma chave que represente sua pronúncia, para calcular a precisão sintática. Desta forma é necessário um processamento auxiliar e um mecanismo que auxilie o crescimento da base de dados que denominamos de dicionário.

Já o processo interno de “Fusão de informações com Critérios de Qualidade” apontou a utilidade em se adotar os índices de qualidade de informação como referência para novas buscas e integrações de dados. Em SFDs convencionais, emprega-se a integração de dados de entrada com base em atributos em comum, como o local do evento ou alguma característica física de uma pessoa. O emprego da qualidade de dados e informações neste domínio ajuda não somente a estabelecer outros pontos em comum entre os dados de entrada, mas também a determinar critérios com base em limiares de qualidade, que podem ser empregados sistematicamente, e de forma hierárquica juntamente com outros critérios, para produzir uma informação situacional ainda mais refinada e de menor dimensão.

Até o momento, o processo de fusão é abastecido com entradas que representam a objetos de forma sintática, ou seja, de acordo com semelhanças sintáticas entre os termos e classes encontradas pela fase anterior. Se preparado para a imprevisibilidade, o processo de fusão poderia enriquecer o conhecimento situacional, ajudando a relacionar objetos e atributos qualificados com base em seu significado inferido a pouco pela fase de Aquisição, buscando e integrando elementos próximos semanticamente sob demanda. Por ainda depender da sintaxe dos objetos e atributos, os resultados das fusões são ainda extensos, pois há inúmeras possibilidades de integração à partir de objetos ou atributos semelhantes. O uso de propriedades como insumo de fusão, em conjunto com os demais critérios, como a própria qualidade, ajuda amplamente a reduzir a dimensionalidade destes resultados.

Quanto à “Representação do Conhecimento Situacional”, é possível destacar que o atual mecanismo de representação, apesar de não inferir diretamente novas relações semânticas, a mesma proporciona meios para o desenvolvimento de uma base de conhecimento incremental sobre situações relacionadas e avaliadas quanto à qualidade, e que pode abastecer e ser abastecida por todas fases do processo. Mesmo que represente relações semânticas produzidas por outros meios, as ontologias desenvolvidas para este trabalho são ainda incapazes de produzir as próprias relações.

Já o processo interno especificado em “Interface de Usuários Orientada a SAW” foi proposto para incluir no modelo Quantify, o suporte à representação gráfica do conhecimento agregado pelas fases anteriores e à gestão plena da informação situacional e dos processos que

contribuem para a sua formação.

A composição das visualizações é orientada pela “Representação do Conhecimento Situacional”, que é atualizada e refletida na interface a cada nova inferência. Tal atividade habilita o operador humano a atuar de forma proativa frente à natureza dinâmica e complexa da informação produzida pelo modelo Quantify. Atuar proativamente refere-se a atuar nas partes da informação a cada evolução da informação situacional.

Neste contexto, a qualidade dos dados e informações, quantificada e representada graficamente promove o acompanhamento mais rico de tal evolução, estimulando a percepção e até mesmo a compreensão direta da informação situacional. Uma vez melhor orientado pelas questões referentes à qualidade, o humano é capaz de tomar melhores decisões quanto à necessidade de refinamento ou encerramento do processo de avaliação da situação.

Como já apresentado, todas as interações dos processos internos do modelo com a atual parte de informação em análise, inclusive via interface de usuários, geram um efeito de propagação e evolução no conhecimento situacional, refletindo na atuação de todas as demais etapas. Com este processo interno, o operador humano foi habilitado a atuar sobre partes da informação em maior nível de granularidade, influenciando em sua composição. A atuação direta no conhecimento situacional permite também que fontes externas ao SFDs sejam também consideradas, inseridas no contexto e incorporadas em tempo-real à situação representada.

É importante ressaltar que o modelo Quantify suporta o processo de inferência não-linear de situações, ou seja, é possível que cada ciclo de análise seja desencadeado e retomado por qualquer uma das etapas do modelo, além de que o subproduto de cada fase pode influenciar a atuação humana e o mesmo influenciar cada uma das demais etapas de forma independente e assíncrona. Com esta abordagem é possível notar que utilizando o modelo Quantify, SA ativa SAW e SAW ativa SA.

Entretanto, é possível observar, que embora o modelo como um todo tenha esta característica, os processos internos devem necessariamente seguir uma ordem pré-determinada para a geração de entradas e saídas que contribuam para o abastecimento de demais processos internos e para a continuidade do modelo de processo Quantify.

Adicionalmente, não é obrigatório que todas os processos internos sejam ativados para que o operador humano determine o encerramento do ciclo de análise, ou seja, processos como a fusão propriamente dita, podem não ser necessários para atingir SAW.

Embora haja uma limitação quanto aos dados esperados de entrada, é possível afirmar que tanto o modelo Quantify, quanto a metodologia IQESA poderão estar preparados para gerir

estudos de caso diversos, desde que sejam do domínio de gerenciamento de emergências (considerando o conhecimento representado pelas ontologias).

Como limitações da interface apresentada, destaca-se a ausência de situações simultâneas para fins de comparação (de um mesmo evento ou de outro) e uma forma mais efetiva de ilustrar objetos e atributos ausentes, ao invés de apenas quantificar os objetos pela ausência de atributos, mostrando “quais” não compõem a atual situação.

Conclui-se previamente que aumentar os poderes do operador e também da automação, intensificando seu relacionamento através da qualidade da informação para construir uma imagem mais fidedigna das situações, tem o potencial para promover a aquisição, manutenção e retomada de SAW, o que ainda não foi largamente explorado.

6.5.1 Considerações Finais

Neste Capítulo foi apresentado um Estudo de Caso para validar o modelo Quantify e metodologia IQESA, aplicando os processos internos descritos no Capítulo 4 e também a metodologia de avaliação de qualidade de dados e informações apresentada no Capítulo 5. Adicionalmente, foi aplicada uma avaliação com operadores da PMESP, apresentando resultados satisfatórios principalmente quanto ao entendimento da situação.

No próximo capítulo serão apresentadas as Conclusões da tese frente aos objetivos, hipóteses e contribuições do trabalho.

Capítulo 7

CONCLUSÕES

Desenvolver a consciência situacional em operadores humanos para tomar decisões sobre ambientes complexos é um trabalho desafiador devido à dinamicidade, variedade e limitações de qualidade inerentes aos dados e informações disponíveis. Sistemas de Avaliação de Situações buscam contribuir para o processo de SAW, provendo ferramentas capazes de transformar dados e ajudar operadores humanos a desenvolver um modelo fidedigno da situação. Com melhores subsídios informacionais, eles podem tomar melhores decisões. A Fusão de Dados ou Informações é considerada uma implementação deste conceito com capacidades de buscar, integrar e representar informações de fontes heterogêneas, com alguma sinergia, e transformar grandes conjuntos de dados em informações de menor dimensão, porém úteis para o processo de avaliação de situações.

O Estado da Arte apresenta modelos de fusão de dados orientados por dados, tarefas ou objetivos, com características distintas, orientadas pelos requisitos impostos pelos domínios de atuação e dotados de alguma inovação seja no modo de operação de seu processo, mecanismos internos de processamento de dados, representação, gestão da informação e ou na participação humana no processo.

A literatura apresenta limitadas soluções de fusão de dados que abordam a questão da gestão da qualidade de dados e informações como parte integrante de seu processo, menos ainda como mecanismo de orientação de seus processos internos.

Quanto à participação humana, a qualidade da informação apresenta também oportunidades para a inclusão do operador como participante proativo no processo ao invés da figura reativa já abordada em trabalhos relacionados.

Esta tese apresentou um novo Modelo de Fusão de Informações que visa a melhoria de SAW de humanos especialistas que avaliam situações e buscam tomar decisões em cenários

complexos, como o gerenciamento de emergências. Este modelo, denominado “Modelo de Fusão Dirigido por Humanos e Ciente de Qualidade de Informação” (*Quality-aware Human-driven Information Fusion Model - Quantify*) tem como pilar o emprego de avaliações frequentes sobre a qualidade de dados e informações, inferidas dinamicamente por seus processos, cujos resultados dão suporte e parametrizam atividades de humanos e sistemas na construção do conhecimento situacional.

Adicionalmente, foi desenvolvida a “Metodologia para Avaliação da Qualidade de Informações no Contexto de Consciência Situacional de Emergências” (*Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situation Awareness - IQESA*), cujas etapas especificam a análise, cálculo e atribuição de índices de qualidade de dados e informações em suporte a processos de fusão de informações.

Com a orientação conceitual e sistemática apresentada pelo modelo Quantify, seus processos internos e a metodologia IQESA para avaliar a qualidade, foram desenvolvidos uma arquitetura e um Sistema de Avaliação de Situações de Emergência (*Emergency Situation Assessment System - ESAS*), para validar os conceitos e processos propostos nesta tese. Posteriormente, tal sistema foi submetido a um experimento com SMEs da PMESP, que avaliaram a solução quanto à consciência situacional utilizando a técnica SART. Os índices obtidos foram comparados ao produto da avaliação aferido pelo uso de outro sistema, orientado pelo modelo do estado da arte, denominado User-Fusion.

Resultados da avaliação indicaram que o sistema orientado pelo modelo Quantify apresentou índices superiores de SAW em relação ao sistema orientado pelo modelo User-Fusion, mais especificamente nos componentes Entendimento e Oferta da avaliação SART e no índice geral SART, o que comprova que o modelo e metodologia introduzidos nesta tese, são capazes de orientar o desenvolvimento de SFDs para promover uma melhor aquisição de SAW.

7.1 Atendimento às proposições de pesquisa

Os resultados também indicaram comprovações para as hipóteses:

A avaliação de qualidade de dados e informações como um dos serviços de suporte à fusão de dados e informações pode ajudar a sustentar o processo como um todo, quantificando a qualidade de cada parte de informação e parametrizando os demais serviços;

O sistema ESAS, quando em operação, baseou-se na qualidade dos dados e informações inferidas em cada ciclo do processo de fusão, para garantir que os módulos seguintes fossem mais

bem orientados e parametrizados. Tal atividade, demonstrada pelo estudo de caso, garantiu que a fusão fosse limiarizada e otimizada, que o conhecimento fosse representado com qualificação e que a interface pudesse representar graficamente as limitações da informação, reduzindo em quantidade a informação situacional e aumentando sua representatividade.

Além disso, o emprego dos índices de qualidade como parâmetros para os processos internos da fusão pode contribuir futuramente para a fusão de dados provenientes de sensores físicos hard-sensors com dados de fontes humanas soft-sensors, pois pode constituir um parâmetro sinérgico para a integração de dados heterogêneos.

A informação qualificada no contexto de fusão de dados pode contribuir para a automação ao suportar a conexão entre os níveis de inferência, com base em índices desejados de qualidade de informações para cada tipo de serviço;

A avaliação de qualidade permitiu também que o processo de fusão fosse automatizado utilizando-se os índices de qualidade locais e globais como parâmetros, antecipando-se na produção de soluções candidatas a integrar o conhecimento situacional. O estudo de caso mostrou que informações avaliadas e automaticamente propagadas podem contribuir para que a automação atinja mais rapidamente seu limite de inferência, estabelecendo pontos de partida para que o humano comece a atuar no refinamento. Este processo comprovou a utilidade da qualidade da informação orientando sistemas. É importante notar que o enriquecimento contínuo do conhecimento situacional pode contribuir para o aumento cada vez maior do nível de automação do sistema.

A avaliação contínua da qualidade da informação durante o processo de fusão deve ocorrer a cada nova inferência de partes da informação, visando garantir a atualidade da informação qualificada;

A avaliação contínua demonstrada no estudo de caso proporcionou que, a cada evolução da situação, informações qualificadas e atualizadas fossem sempre disponibilizadas para a fusão e representação fidedigna da situação, mesmo que recém-inferidas. Esse processo comprovou a natureza de retroalimentação e iteração do modelo.

A consciência da qualidade da informação pode ser usada como referência para habilitar o humano especialista a raciocinar sob limitações de qualidade de informação a cada etapa do processo e melhor desenvolver SAW;

Estar ciente da qualidade da informação ajudou operadores humanos a melhor raciocinar sobre a informação situacional. A avaliação demonstrou que os operadores humanos passaram a confiar mais na automação quando a informação apresentou-se continuamente qualificada, o

que influenciou diretamente em sua consciência situacional.

É importante destacar que o humano exerce múltiplas funções no modelo Quantify, ou seja, ele atua como fonte de dados HUMINT, como parceiro cognitivo na interpretação dos dados e como agente proativo na transformação da informação e melhoria da qualidade da situação.

A consciência da qualidade da informação pode ser usada como referência para melhor orientar os refinamentos e a construção da informação situacional;

Uma vez consciente da qualidade da informação, humanos foram mais bem orientados a ajustar a informação situacional em prol de sua SAW e em geral, as sugestões quanto ao refinamento foram seguidas pelos operadores humanos, que também compreenderam e concordaram com os motivos apresentados pela automação.

A consciência da qualidade da informação proveniente de sistema de fusão pode fortalecer a produção, abastecimento e utilização de um conhecimento incremental sobre situações;

A avaliação demonstrou que o sistema ESAS foi fortalecido pela ciência da qualidade da informação, o que influenciou diretamente na gestão da informação situacional. Neste contexto, foi comprovada que, também sob o contexto de qualidade de dados e informações para fusão de dados, SA é capaz de gerar SAW e que SAW deve abastecer o processo de SA.

7.2 Limitações da Pesquisa

Este trabalho apresenta como limitações:

7.2.1 A ausência de informações de Nível 3 de SAW

Até o momento, o modelo Quantify é dedicado a suportar a análise de situações que já ocorreram ou que acabaram de ocorrer. Desta maneira, o modelo ainda é incapaz de realizar predições e conseqüentemente, não suporta inferências de Nível 3 de SAW (projeção de estados em futuro próximo). Em complemento, apenas estados futuros quanto à qualidade da informação são inferidos como resultados de fusão de informações, como forma de alertar o sistema e o operador humano que a qualidade da informação de uma situação sofreria decréscimo caso uma parte de informação fosse considerada. Casos assim podem ser observados no Capítulo 6.

7.2.2 Suporte a um conjunto limitado de denúncias

Como evidenciado no Capítulo 4, o modelo Quantify ainda não suporta a identificação, e consequentemente a análise, de uma grande variedade de termos presentes nos dados de entrada. Assim, conjuntos de objetos e atributos não esperados, que podem fazer parte das denúncias, ainda não são identificados e considerados na construção do conhecimento situacional.

7.3 Contribuições

Esta tese de doutorado apresentou as seguintes contribuições:

- Um modelo, arquitetura e implementação de um processo completo de Fusão de Informações, desde a aquisição de dados até a visualização e refinamento da informação, para a geração de conhecimento situacional e consequentemente suporte à consciência situacional.
- Cinco processos internos ao modelo de fusão que contribuem para a integração entre os níveis de fusão de informações, em benefício da obtenção de partes de informação sinérgicas e resultados globais que melhor reproduzem a realidade do cenário, sendo eles:
 - Processo de aquisição de dados de múltiplas fontes, e a geração de informações preliminares de baixo e alto-níveis sobre as quais o especialista já é capaz de agir (Níveis 1 e 2);
 - Processo de suporte à inferência, representação e atualização da qualidade da informação propagada no processo, via interação direta e indireta, do especialista e do sistema;
 - Processo de representação incremental e semântica de conhecimento gerado pelo sistema, pelo humano ou em colaboração entre ambos. Conhecimento este que é enriquecido e consultado a cada etapa do processo;
 - Processo de Fusão de Informações provenientes do conhecimento situacional agregado, seja este completo e rico, ou limitado quanto à qualidade das informações. Tal rotina de fusão pode ser realizada automaticamente em etapas iniciais e automatizadas do processo ou solicitada pelo especialista sob demanda, utilizando critérios variados e combinados.
 - Processo de refinamento e controle do processo via interface de usuários e visualização de informações, orientados a SAW, para a incorporação de atuação proativa do especialista e apresentação contínua do conhecimento situacional, visando acelerar e melhorar os modelos automatizados;

- Uma Metodologia para a Avaliação de Dados e Informações do Contexto de Consciência Situacional de Emergências, para a especificação das etapas, procedimentos e artefatos referentes a processos internos de avaliação de dados e informações, como o presente no modelo Quantify;
- Uma Arquitetura Computacional para a Implementação de Sistemas de Avaliação de Situações, com organização estrutural orientada a serviços e ferramentas necessárias para a implementação do Modelo Quantify, Metodologia IQESA e processos internos de fusão de informações;
- Dois Sistemas de Avaliação de Situações, sendo um orientado pelo modelo Quantify e metodologia IQESA, e outro orientado pelo modelo *User-Fusion* de fusão de informações, dedicados a validar os conceitos e argumentos apresentados nesta tese.

7.3.1 Publicações

Nesta seção são apresentadas as publicações e submissões de artigos científicos relacionados ao tema da tese.

- *Visualização Interativa como Ferramenta para a Ciência de Situação em Sistemas de Fusão de Informações*. Leonardo Botega e Regina Borges de Araújo. 4th Workshop on Interactive Data Visualization, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.
- *A Model to Promote Interaction between Humans and Data Fusion Intelligence to Enhance Situational Awareness*. Leonardo Botega, Claudia Beatriz Berti, Regina Borges de Araújo, Vânia Paula de Almeida Néris. 16th International Conference on Human-Computer Interaction. Heráclio, Grécia, 2014.
- *SAW-Oriented User Interfaces for Emergency Dispatch Systems*. Leonardo Castro Botega, Lucas Cesar Ferreira, Natália Oliveira, Allan Oliveira, Claudia Beatriz Berti, Vânia Paula de Almeida Néris, Regina Borges de Araújo. 17th International Conference on Human-Computer Interaction. Los Angeles, Estados Unidos, 2015.
- *Conceptual Framework to Enrich Situation Awareness of Emergency Dispatchers*. Jessica Souza, Leonardo Botega, José Eduardo Santarém Segundo, Claudia Beatriz Berti, Márcio Roberto de Campos, Regina Borges de Araújo. 17th International Conference on Human-Computer Interaction. Los Angeles, Estados Unidos, 2015.

- *Multi-criteria Fusion of Heterogeneous Information for Improving Situation Awareness on Emergency Management Systems*. Valdir Junior, Matheus Ferraroni Sanches, Leonardo Botega, Jessica Souza, Caio Saraiva Coneglian, Elvis Fusco, Márcio Roberto de Campos. 17th International Conference on Human-Computer Interaction. Los Angeles, Estados Unidos, 2015.
- *Uncertainty Visualization Framework for Improving Situational Awareness in Emergency Management Systems*. Natália Oliveira, Leonardo Botega, Lucas Ferreira, Márcio Roberto de Campos. 17th International Conference on Human-Computer Interaction. Los Angeles, Estados Unidos, 2015.
- *A Methodology for the Assessment of the Quality of Information from Robbery Events to Enrich Situational Awareness in Emergency Management Systems*. Jéssica Souza, Leonardo Botega, Claudia Berti, José Eduardo Santarém Segundo. VI International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Las Vegas, Estados Unidos, 2015.
- *User-Driven Methodology for Data Quality Assessment in the Context of Robbery Event*. Jéssica Souza, Leonardo Botega, Claudia Berti, José Eduardo Santarém Segundo. New Contributions in Information Systems and Technologies. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer International Publishing, 2015.
- *Visualização de incertezas para a melhoria da consciência situacional em sistemas de chamadas de emergência*. Natália Oliveira, Leonardo Botega, Claudia Berti, Márcio Campos, Vânia Paula de Almeida Néris e, Regina Borges de Araújo. 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, Foz do Iguaçu, Brasil, 2014.
- *Uncertainty Visualization for the Improvement of Situational Awareness in Emergency Call Systems*. Natália Oliveira, Leonardo Botega. XXVII Conference on Graphics, Patterns and Images, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.
- *Methodology for Data and Information Quality Assessment in the Context of Emergency Situation Awareness*. Leonardo Castro Botega, Jéssica Oliveira de Souza, Fábio Rodrigues Jorge, Caio Saraiva Coneglian, Vânia Paula de Almeida Néris e Regina Borges de Araújo. Journal on Universal Access in the Information Society, Springer, 2015.

7.4 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros é possível estabelecer:

- O tratamento da imprevisibilidade de dados adquiridos ao ESAS. Processo que estimularia o surgimento de desafios referentes a novas dimensões de qualidade de dados e informações e novos algoritmos de avaliação. O tratamento da imprevisibilidade traria mais robustez ao modelo e a possibilidade de tratamento de informações HUMINT em domínios diversos, além de contribuir para um modelo de conhecimento mais refinado, que poderia ser utilizado para auxiliar novas inferências;
- O emprego dos modelos semânticos para auxiliar nas inferências com base nas conexões semânticas. Desta maneira, a fusão de informações não usaria elementos das ontologias apenas para inferir sintaticamente, mas também para fundir informações com base em similaridades de significados;
- A evolução do modelo para acomodar o desenvolvimento de SAW de nível 3 nos operadores humanos. Atualmente o modelo Quantify é útil e superior aos concorrentes considerando o nível de Entendimento que o mesmo é capaz de proporcionar, indicado pela avaliação SART. Entretanto, o mesmo ainda é incapaz de inferir a evolução dos estados dos objetos e situações em futuro próximo. Esta evolução demandaria também a adoção de modelos de representação preditivos.
- A medida de efetividade dos algoritmos de fusão de dados e informações empregados pelo modelo Quantify, visando a verificação das melhores técnicas a serem aplicadas sobre os dados HUMINT, em conjunto com dados de sensores físicos, para a obtenção dos melhores resultados no menor tempo possível.
- A adaptação de modelos matemáticos de representação da incerteza, para formalizar a evolução da informação situacional e de sua qualidade ao longo do tempo.
- Um estudo mais aprofundado sobre as hipóteses geradas pelo resultado da avaliação SART quanto ao componente Oferta de Atenção, especificamente pelas variáveis de Concentração e Divisão de atenção, as quais obtiveram medidas inferiores às geradas pelo modelo do estado da arte.

REFERÊNCIAS

AGRE, J.; VASSILIOU, M. S.; KRAMER, C. **Science and Technology Issues Relating to Data Quality in C2 Systems**. [S.l.]: DTIC Document, 2011.

AL-HIYARI, A.; AL-MASHREGY, M. H. H.; MAT, N.; ALEKAM, J. M. Factors that affect accounting information system implementation and accounting information quality: a survey in university utrara malaysia. 3, 1, 27–31. (2013). **American Journal of Economics**, [S.l.], v.3, n.1, p.27–31, 2013.

AMICIS, F. D.; BATINI, C. A methodology for data quality assessment on financial data. **Studies in Communication Sciences**, [S.l.], p.1–12, 2004.

BATINI, C.; CAPPIELLO, C.; FRANCALANCI, C.; MAURINO, A. Methodologies for data quality assessment and improvement. **ACM Computing Surveys**, [S.l.], v.41, n.3, p.1–52, jul 2009.

BATINI, C.; SCANNAPIECO, M. **Data Quality: concepts, methodologies and techniques**. [S.l.: s.n.], 2006. 262p.

BAUMGARTNER, N.; GITTESHEIM, W.; MITSCH, S.; RETSCHITZEGGER, W.; SCHWINGER, W. Be Aware!—situation awareness, the ontology-driven way. **Data and Knowledge Engineering**, [S.l.], v.69, n.11, p.1181–1193, 2010.

BEDNY, G.; MEISTER, D. **Theory of Activity and Situation Awareness**. 1999. 63–72p. v.3, n.1.

BEDWORTH, M.; BRIEN, J. O.; BOX, P. O. The Omnibus Model : a new model of data fusion. **IEEE Aerospace and Electronics System Magazine**, [S.l.], p.30–36, 1999.

BLASCH, E. Level 5: user refinement issues supporting information fusion management. **2006 9th International Conference on Information Fusion**, [S.l.], v.5, p.1–8, jul 2006.

BLASCH, E. Introduction to level 5 fusion: the role of the user. In: **Handbook of multisensory data fusion: theory and practice**. [S.l.: s.n.], 2008. p.503–533.

BLASCH, E. P. High Level Information Fusion (HLIF): survey of models, issues, and grand challenges. **IEEE A&E Systems magazine**, [S.l.], p.4–20, 2012.

BLASCH, E. P.; PLANO, S. Level 5: user refinement to aid the fusion process. **AeroSense 2003**, [S.l.], v.5099, p.288–297, 2003.

BLASCH, E. P.; PLANO, S. DFIG level 5 (user refinement) issues supporting situational assessment reasoning. **8th International Conference on Information Fusion**, [S.l.], v.5, 2005.

BLASCH, E.; STEINBERG, A.; DAS, S. Revisiting the JDL model for information Exploitation. **Information Fusion**, [S.l.], 2013.

BLASCH, E.; VALIN, P. Top ten trends in high-level information fusion. **Information Fusion**, [S.l.], p.2323–2330, 2012.

BOBROWSKI, M.; MARRÉ, M.; YANKELEVICH, D. A Homogeneous Framework to Measure Data Quality. **Fourth Conference on Information Quality**, [S.l.], p.115–124, 1999.

BOSSÉ, E.; ROY, J.; WARK, S. **Concepts, Models, and Tools for Information Fusion**. [S.l.]: Artech, 2007. 393p.

BOVEE, R.; SRIVASTAVA, R.; MAK., B. A conceptual framework and belief-function approach to assessing overall information quality. **International Journal of Intelligent Systems**, [S.l.], v.18, n.1, p.51–74, 2003.

BOWEN, P. **managing data quality accounting information systems: a stochastic clearing system approach**. 1993. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Tennessee state university.

BOWEN, P. **Managing Data Quality Accounting Information Systems: a stochastic clearing system approach**. 1993. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — University of Tennessee.

BRADLEY, J. Management based critical success factors in the implementation of enterprise resource planning systems. **International Journal of Accounting Information Systems**, [S.l.], v.9, n.3, p.175–200, 2008.

BREHMER, B. The Dynamic OODA Loop: amalgamating boyd's ooda loop and the cybernetic approach to command and control. In: INTERNATIONAL COMMAND AND CONTROL RESEARCH AND TECHNOLOGY SYMPOSIUM, 10., 2005. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005.

BRETON, R.; ROUSSEAU, R. The C-OODA: a cognitive version of the ooda loop to represent c2 activities. In: INTERNATIONAL COMMAND AND CONTROL RESEARCH TECHNOLOGY SYMPOSIUM, 10., 2005. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005.

CIARAMELLA, A.; CIMINO, M. G. C. a.; MARCELLONI, F.; STRACCIA, U. Combining fuzzy logic and semantic web to enable situation-awareness in service recommendation. **Lecture Notes in Computer Science**, [S.l.], v.6261 LNCS, p.31–45, 2010.

COHEN, O.; EDAN, Y. A sensor fusion framework for online sensor and algorithm selection. **Robotics and Autonomous Systems**, [S.l.], v.56, n.9, p.762–776, 2008.

CONG, G.; FAN, W.; GEERTS, F.; JIA, X.; MA, S.; ZHANG, Z.; WANG, S.; CONG, G.; FAN, W.; GEERTS, F.; JIA, X.; MA, S. Improving data quality: consistency and accuracy. In: VERY LARGE DATA BASES, 33., 2007. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2007. v.Vienna, Au, p.315–326.

- CORREA, C. D.; CHAN, Y.-H.; MA, K.-L. A framework for uncertainty-aware visual analytics. **2009 IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology**, [S.l.], p.51–58, 2009.
- CUMMINGS, M. L.; RYAN, J. Shared Authority Concerns in Automated Driving Applications. **Journal of Ergonomics**, [S.l.], v.3, p.1–4, 2013.
- DAOUD, H.; TRIKI, M. Accounting information systems in an ERP environment and Tunisian firm performance. *International Journal of Digital Accounting Research*, [S.l.], v.13, p.1–35, 2013.
- DASARATHY, B. V. Sensor fusion potential exploitation-innovative architectures and illustrative applications. **Proceedings of the IEEE**, [S.l.], v.85, n.1, p.24–38, 1997.
- DENNEHY, K. **Situation Awareness Scale, User Manual**. [S.l.]: Applied Psychology unit, College of Aeronautics, Cranfield University, 1997.
- DEY, A. K. Understanding and using context. **Personal Ubiquitous Computing**, [S.l.], v.5, n.1, p.4–7, 2001.
- DURSO, F. T.; BLECKLEY, M. K.; DATTEL, A. R. Does Situation Awareness Add to the Validity of Cognitive Tests? **Human Factors**, [S.l.], v.48, n.4, p.721–733, 2006.
- ENDSLEY, M. What Is Situation Awareness? In: **Designing for Situation Awareness: an approach to user-centered design**. 2.ed. [S.l.]: CRC Press, 2011. p.13–30.
- ENDSLEY, M. R. Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.l.], v.32, n.2, p.97–101, 1988.
- ENDSLEY, M. R. A Methodology ForThe Objective Measurement of Pilot Situation Awareness. **Situation Awareness in Aerospace Operations**, [S.l.], 1990.
- ENDSLEY, M. R. Predictive Utility of an Objective Measure of Situation Awareness. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY ANNUAL MEETING, 1990. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1990. v.34, n.1, p.41–45.
- ENDSLEY, M. R. A taxonomy of situation awareness errors. **Human factors in aviation operations**, [S.l.], p.287–292, 1995.
- ENDSLEY, M. R. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.l.], v.37, n.1, p.32–64, mar 1995.
- ENDSLEY, M. R. Situation Awareness and Human Error : designing to support human performance. In: HIGH CONSEQUENCE SYSTEMS SURETY CONFERENCE, 1999. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1999. v.Endsley, M, p.2–9.
- ENDSLEY, M. R. The Challenge of the Information Age. In: SECOND INTERNATIONAL WORKSHOP ON SYMBIOSIS OF HUMANS, ARTIFACTS AND ENVIRONMENT, 2001, Kyoto, Japan. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2001.

CRC Press (Ed.). **Designing for Situation Awareness: an approach to user-centered design**. 2.ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2011. 396p.

ENDSLEY, M. R.; CONNORS, E. S. Situation Awareness : state of the art. In: POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING: CONVERSION AND DELIVERY OF ELECTRICAL ENERGY IN THE 21ST CENTURY, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p.1–4.

ENDSLEY, M. R.; JONES, D. G. **Designing for Situation Awareness: an approach to user-centered design, second edition**. [S.l.]: Taylor & Francis, 2012.

ENDSLEY, M. R.; KIRIS, E. O. The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.l.], v.37, n.2, p.381–394, 1995.

ENGLISH, L. **Improving Data Warehouse and Business Information Quality: methods for reducing costs and increasing profits**. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1999. 544p.

ENGLISH, L. **Information Quality Applied: best practices for improving business information, processes and systems**. Indianapolis, IN: John Wiley & Sons, 2009.

EPPLER, M. J.; MUENZENMAYER, P. Measuring Information Quality in The Web Context: a survey of state-of-the-art instruments and an application methodology. In: SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE OF INFORMATION QUALITY, 2002. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2002. p.187–196.

ETHIRAJ, S.; LEVINTHAL, D. Modularity and innovation in complex systems. **Management Science**, [S.l.], v.50, n.2, p.159–173, 2004.

FLORIDI, L. Philosophical conceptions of information. In: **In Formal Theories of Information**. Berlin: Springer, 2009. p.13–53.

FOO, P.; NG, G. High-level Information Fusion: an overview. **Journal of Advanced Information Fusion**, [S.l.], v.8, n.1, 2013.

GABA, D. M.; HOWARD, S. K.; SMALL, S. D. Situation awareness in anesthesiology. **Human factors**, [S.l.], v.37, n.1, p.20–31, 1995.

GERSHON, N. Visualization of an imperfect world. **IEEE Computer Graphics and Applications**, [S.l.], v.18, p.43–45, 1998.

Grabski, S. V., Leech, S. A., Schmidt., P. J. A review of ERP research: a future agenda for accounting information systems. **Journal of Information Systems**, [S.l.], v.25, n.1, p.37–78, 2011.

GRILLO, F.; GRILLO, F.; LALK, G.; LALK, G.; ANGELETTI, P.; ANGELETTI, P.; MISSIER, P.; MISSIER, P.; LORUSSO, T.; LORUSSO, T.; VERYKIOS, V.; VERYKIOS, V. Improving data quality in practice: a case study in the italian public administration. **Distributed and Parallel Databases**, [S.l.], v.13, n.2, p.135–160, 2003.

HALL, D.; JORDAN, J. **Human-centered information fusion**. [S.l.]: Artech House, 2010.

HALL, D. L.; LLINAS, J.; MCNEESE, M. **Modeling and Mapping of Human Source Data**. [S.l.]: College of Information Sciences and Technology. The Pennsylvania State University, 2011.

HALL, D. L.; MCMULLEN, S. A. H. **Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion**. [S.l.]: Artech House, 2004. 466p. v.2.

HALL, D. L.; MCNEESE, M.; YEN, J.; EL-NASR, M. S. **A Three Pronged Approach for Improved Data Understanding : 3-d visualization , use of gaming techniques , and intelligent advisory agents**. [S.l.]: Pennsylvania State Univ., University Park, PA. College of Information Sciences and Technology., 2006.

HAUG, A.; ZACHARIASSEN, F.; LIEMPD, D. V. The costs of poor data quality. **Journal of Industrial Engineering and Management**, [S.l.], v.4, n.2, p.168–193, 2011.

HOGG, D. N.; FOLLES, K.; STRAND-VOLDEN, F.; TORRALBA, B. Development of a situation awareness measure to evaluate advanced alarm systems in nuclear power plant control rooms. **Ergonomics Journal**, [S.l.], v.38, n.11, p.2394–2413, 1995.

HOLSOPPLE, J.; YANG, S. Designing a Data Fusion System Using a Top-Down Approach. In: MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE, 2009. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p.1–7.

JAMESON, S. M. Architectures for Distributed Information Fusion to Support Situation Awareness on the Digital Battlefield. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA FUSION, 4., 2001. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2001. p.7–10.

JEANNOT, E.; KELLY, C.; THOMPSON, D. The Development of Situation Awareness Measures in ATM Systems. In: EUROCONTROL CONFERENCE, 2003, Brussels. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2003. v.1.0, p.88.

JENNER, S.; MOLLOY, R.; BYRNE, E.; STRAUCH, B. Automation and Situation Awareness in transportation accidents. In: HUMAN PERFORMANCE, SITUATION AWARENESS AND AUTOMATION CONFERENCE, 2000, Savannah. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2000.

JEUSFELD, M. A.; QUIX, C.; JARKE, M. Design and Analysis of Quality Information for Data Warehouses. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL MODELING / THE ENTITY RELATIONSHIP APPROACH, 1998. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1998. p.349–362.

JONES, D. G.; ENDSLEY, M. R. Sources of situation awareness errors in aviation. **Aviation Space and Environmental Medicine**, [S.l.], v.67, n.6, p.507–512, 1996.

JONES, R. E. T. Incorporating the Human Analyst into the Data Fusion Process by Modeling Situation Awareness Using Fuzzy Cognitive Maps. **Information Fusion**, [S.l.], p.1265–1271, 2009.

KADAR, I.; SVENSSON, P.; BIERMANN, J.; CHRISTENSEN, H. I.; STEINBERG, A.; KOKAR, M. M.; R. P. Mahler; LLINAS, J. Challenges in higher level fusion: unsolved, difficult, and misunderstood problems/approaches in levels 2 and 4 fusion research. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, 2004. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2004.

KARAKOWSKI, J. A. Towards Visual Data Fusion. In: NSSDF INTERNATIONAL OPEN SESSION, 1998. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1998.

KESSLER, J. **Functional Description of the Data Fusion Process - Presentation to the US Naval Board**. [S.l.]: Office of Naval Technology Data Fusion Development Strategy, 1991.

- KHALEGHI, B.; KHAMIS, A.; KARRAY, F. O.; RAZAVI, S. N. Multisensor data fusion: a review of the state-of-the-art. **Information Fusion**, [S.l.], v.14, n.1, p.28–44, 2013.
- KIM, W.-S.; LEE, S.-T.; KIM, Y.; CHOI, H.-M. Evaluating the Data Quality and the Uncertainty in Electroencephalogram Signals for a Neuromarketing Service which Computes Attentional Engagement. In: THE SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCES ON ADVANCED SERVICE COMPUTING, 2014. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p.62–66.
- KLEINE-OSTMANN, T.; BELL, A. E. A data fusion architecture for enhanced position estimation in wireless networks. **IEEE Communications Letters**, [S.l.], v.5, n.8, p.343–345, 2001.
- KOKAR, M. M.; ENDSLEY, M. R. Situation Awareness and Cognitive Modeling. **IEEE Intelligent Systems**, [S.l.], v.27, n.3, p.91–96, may 2012.
- KOUDAS, N.; SARAWAGI, S.; SRIVASTAVA, D. Record linkage: similarity measures and algorithms. In: MANAGEMENT OF DATA, 2006. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2006. p.803–804.
- LAMBERT, D. A. A Blueprint for Higher Level Fusion Systems. **Journal of Information Fusion**, [S.l.], v.9, n.1, p.6–24, 2009.
- LASKEY, K.; NG, G.; NAGI, R. Issues of Uncertainty Analysis in High-Level Information Fusion. **Fusion2012 Panel Discussion**, [S.l.], 2012.
- LAUDON, K. C. Data quality and due process in large interorganizational record systems. **Communications of the ACM**, [S.l.], v.29, n.1, p.4–11, 1986.
- LEE, J. D.; KIRLIK, A.; BISANTZ, A. M. Uncertainty Visualization and Related Techniques. **The Oxford Handbook of Cognitive Engineering**, [S.l.], n.January, 2013.
- LEE, Y. W.; STRONG, D. M.; KAHN, B. K.; WANG, R. Y. AIMQ: a methodology for information quality assessment. **Information & management**, [S.l.], v.40, n.2, p.133–146, 2002.
- LEVENSHTEIN, V. I. Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. **Soviet Physics Doklady**, [S.l.], v.10, n.8, p.707–710, 1966.
- LEWANDOWSKI, C. M. **No Title No Title**. 2015. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — .
- LISCOUSKI, B.; ELLIOT, W. **Final Report on the August 14, 2003 blackout in the United States and Canada: causes and recommendations**. [S.l.]: United States Department of Energy, 2004.
- LLINAS, J.; BOWMAN, C.; ROGOVA, G.; STEINBERG, A.; WALTZ, E.; WHITE, F. Revisiting the JDL Data Fusion Model II. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, 7., 2004. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2004.
- LONG, J. A.; SEKO, C. E. A cyclic-hierarchical method for database data-quality evaluation and improvement. **Information quality**, [S.l.], v.1, p.52, 2005.
- LOSHIN, D. **Enterprise Knowledge Management: the data quality approach**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2001. 301–331p.

- MACEACHREN, A. M.; ROBINSON, A.; HOPPER, S.; GARDNER, S.; MURRAY, R.; GAHEGAN, M.; HETZLER, E. Visualizing Geospatial Information Uncertainty: what we know and what we need to know. **Cartography and Geographic Information Science**, [S.l.], v.32, n.3, p.139–160, 2005.
- MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003. 310p.
- MARÔCO, J. Análise estatística com o SPSS Statistics. In: **Análise e Gestão da Informação**. 5.ed. [S.l.]: LDA, 2011. p.990.
- LIGGINS, M. E.; HALL, D. L.; LINAS, J. (Ed.). **Handbook of multisensor data fusion: theory and practice**. [S.l.]: CRC Press, 2008.
- MASALONIS, A.; MULGUND, S.; SONG, L. Using probabilistic demand prediction for traffic flow management decision support. **Proceedings of the 2004 AIAA Guidance Navigation and Control Conference**, [S.l.], 2004.
- MATHEUS, C. J.; KOKAR, M. M.; BACLAWSKI, K. A core ontology for situation awareness. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, FUSION 2003, 6., 2003. **Proceedings...** IEEE Computer Society, 2003. v.1, p.545–552.
- MATHEUS, C.; KOKAR, M.; BACKAWSKI, K.; LETKOWSKI, J.; CALL, C.; HINMAN, M.; SALERNO, J.; BOULWARE, D. SAWA: an assistant for higher-level fusion and situation awareness. **Defense and Security. International Society for Optics and Photonics.**, [S.l.], 2005.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 2007. 348p.
- MATTHEWS, M.; BEAL, S. A. **Assessing Situation Awareness in Field Training Exercises**. [S.l.]: U.S. Army Research Institute for the Behavioural and Social Sciences, 2002.
- MATTHEWS, M.; PLEBAN, R.; ENDSLEY, M.; STRATER, L. Measures of Infantry Situation Awareness for a Virtual MOUT Environment. In: HUMAN PERFORMANCE, SITUATION AWARENESS AND AUTOMATION: USER CENTRED DESIGN FOR THE NEW MILLENNIUM CONFERENCE, 2000. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2000.
- MCGUINNESS, B.; FOY, J. L. A subjective measure of SA: the crew awareness rating scale (cars). In: OF THE FIRST HUMAN PERFORMANCE, SITUATION AWARENESS, AND AUTOMATION CONFERENCE, 2000, Savannah, Georgia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2000.
- MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- NAUMANN, F. Information quality criteria. In: **Quality-Driven Query Answering**. Berlin: Springer- Verlag, 2002. p.29–50.
- NILSSON, M.; LAERE, J. V.; SUSI, T.; ZIEMKE, T. Information fusion in practice: a distributed cognition perspective on the active role of users. **Information Fusion**, [S.l.], v.13, n.1, p.60–78, jan 2012.
- NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology development 101: a guide to creating your first ontology**. [S.l.: s.n.], 2001.

- O'BRIEN, J. **Sistemas de Informação e as Decisões Gerenciais na Era da Internet**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 431p.
- OKAZAKI, T.; OHYA, M. A study on situation awareness of marine pilot trainees in crowded sea route. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.1525 – 1530.
- PANG, A. T.; WITTENBRINK, C. M.; LODHA, S. K. Approaches to uncertainty visualization. **The Visual Computer**, [S.l.], v.13, n.8, p.370–390, 1997.
- PHILLIPS, B. L.; JOURNAL, C. C. U.; PHILIPS, L. The Double Metaphone Search Algorithm The Double Metaphone Search Algorithm. **C/C++ users journal**, [S.l.], v.18, n.6, p.1–5, 2006.
- PINKER, S. How the mind works. **Annals of the New York Academy of Sciences**, [S.l.], 2006.
- PIPINO, L. L.; LEE, Y. W.; WANG, R. Y. Data quality assessment. **Communications of the ACM**, [S.l.], v.45, n.4, p.211–218, 2002.
- RIMLAND, J. Service-Oriented Architecture for Human-Centric Information Fusion. In: Martin Liggins , David Hall, and James Llinas, E. (Ed.). **Distributed Data Fusion for Network-Centric Operations**. [S.l.]: CRC Press, 2012. p.347–364.
- RIVEIRO, M. Cognitive evaluation of uncertainty visualization methods for decision making. In: APPLIED PERCEPTION IN GRAPHICS AND VISUALIZATION, 4., 2007, New York, NY, USA. **Anais...** ACM, 2007. p.133.
- RIVEIRO, M. Evaluation of uncertainty visualization techniques for information fusion. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, 10., 2007. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2007. p.1–8.
- ROGOVA, G. L.; BOSSE, E. Information quality in information fusion. In: CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, 13., 2010. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. p.1–8.
- ROGOVA, G.; NIMIER, V. Reliability in information fusion: literature survey. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, 7., 2004. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2004.
- ROUSSEAU, R.; BRETON, R. The M-OODA: a model incorporating control functions and teamwork in the ooda loop. **Proceedings of CCRTS**, [S.l.], v.2004, n.418, p.15–17, 2004.
- SALERNO, J. Information fusion: a high-level architecture overview. In: FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION., 2002. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2002. v.1, p.680–686.
- SALMON, P. M.; STANTON, N. a.; WALKER, G. H.; JENKINS, D. P. What really is going on? Review of situation awareness models for individuals and teams. In: **Theoretical Issues in Ergonomics Science**. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2008. v.9, n.4, p.297–323.
- SALMON, P.; STANTONA, N.; WALKERA, G.; DAMIAN, G. Situation awareness measurement: a review of applicability for c4i environments. **Applied Ergonomics**, [S.l.], v.38, n.1, 2007.

SCANNAPIECO, M.; MISSIER, P.; BATINI, C. Data Quality at a Glance. **Datenbank-Spektrum**, [S.l.], v.14, p.6–14, 2005.

SCANNAPIECO, M.; PERNICI, B.; PIERCE, E. IP-UML: a methodology for quality improvement based on ip-map and uml. **Advances in Management Information Systems-Information Quality (AMIS-IQ) Monograph**, [S.l.], 2005.

SCHOESS, J.; CASTORE, G. **A Distributed Sensor Architecture For Advanced Aerospace Systems**. 1988. 74–87p. v.0931.

SHAHBAZIAN, E.; BLODGETT, D. E.; LABBÉ, P. The extended OODA model for data fusion systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, FUSION'2001, 4., 2001. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2001.

SHELTON, C. L.; KINSTON, R.; MOLYNEUX, A. J. A.; JANE, L. Real-time situation awareness assessment in critical illness management: adapting the situation present assessment method to clinical simulation. **BMJ Quality and Safety**, [S.l.], 2012.

SINESP. **Distribuição e evolução de roubos de veículo no Brasil**. [S.l.]: Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública. Ministério da Justiça, 2014.

SMIRNOV, a.; PASHKIN, M.; SHILOV, N.; LEVASHOVA, T.; KASHEVNIK, a. Context-aware operational decision support. **2007 10th International Conference on Information Fusion**, [S.l.], p.1–8, jul 2007.

SMITH, K.; HANCOCK, P. a. Situation Awareness Is Adaptive, Externally Directed Consciousness. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.l.], v.37, n.1, p.137–148, 1995.

SMOLENSKY, M. W. Toward the physiological measurement of situation awareness: the case for eye movement measurements. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 1993. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1993.

STANTON, N. A.; CHAMBERS, P. R. G.; PIGGOTT, J. Situational awareness and safety. **Safety Science**, [S.l.], v.44, p.0–17, 2001.

STATISTICS, B. o. J. U. S. **Assessing completeness and accuracy of criminal history record systems: audit guide**. [S.l.]: U.S. Department. of Justice, Office of Justice Programs, Bureau of Justice Statistics., 1992.

STEINBERG, A.; BOWMAN, C.; WHITE, F. Revisions to the JDL Model. In: JOINT NATO/IRIS CONFERENCE, 1998, Quebec, Canada. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1998.

STEINBERG, A. N.; BOWMAN, C. L. Chapter 2: revisions to the jdl data fusion model. In: David L . Hall and James Llinas (Ed.). **Multisensor Data Fusion**. [S.l.]: CRC Press, 2001.

STEINBERG, A. N.; BOWMAN, C. L.; WHITE, F. E. Revisions to the JDL data fusion model. **Proceedings of SPIE**, [S.l.], v.3719, n.1, p.430–441, 1999.

SU, Y.; JIN, Z. A methodology for information quality assessment in the designing and manufacturing process of mechanical products. **Information Quality Management: Theory and Applications**, [S.l.], p.190–220, 2006.

- SUBRATA, D. A Framework for Distributed High-Level Fusion. In: HALL, D.; CHONG, C.-Y.; LLINAS, J.; LIGGINS, M. (Ed.). **Distributed Data Fusion for Network-Centric Operations**. [S.l.]: CRC Press, 2012. p.271–294.
- TAYLOR, R. M. Situational Awareness Rating Technique(SART): the development of a tool for aircrew systems design. In: SITUATIONAL AWARENESS IN AEROSPACE OPERATIONS (AGARD-CP-478), 1990. **Anais...** NATO Science and Technology Organization, 1990. p.3/1–3/17.
- TEE, S. W.; BOWEN, P. L.; DOYLE, P.; ROHDE, F. H. Factors influencing organizations to improve data quality in their information systems. **Accounting and Finance**, [S.l.], v.47, n.2, p.335–355, 2007.
- THOMOPOULOS, S. C. A.; VISWANATHAN, R.; BOUGOULIAS, D. K. **Optimal distributed decision fusion**. 1989. 761–765p. v.25, n.5.
- TODORAN, I. G.; LECORNU, L.; KHENCHAF, A.; CAILLEC, J. M. L. Assessing information quality in information fusion systems. In: NATO SAS-106 SYMPOSIUM ON ANALYSIS SUPPORT TO DECISION MAKING IN CYBER DEFENCE {&} SECURITY., 2014. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2014.
- TODORAN, I.-G.; LECORNU, L.; KHENCHAF, A.; CAILLEC, J.-M. L. A Methodology to Evaluate Important Dimensions of Information Quality in Systems. **Journal of Data and Information Quality**, [S.l.], v.6, n.2-3, p.1–23, 2015.
- TRUITT, T. R.; AHLSTROM, V. **Situation Awareness in Airway Facilities: replacement of maintenance control centers with operations control centers**. [S.l.]: Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration William J. Hughes Technical Center., 2000.
- TUFTE, E. R. **Visual explanations: images & quantities, evidence & narrative**. 1997. NoPg.p.
- TURBAN, E. **Decision Support Systems and Intelligent Systems**. 7.ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2005.
- UMBLE, E. J.; HAFT, R. R.; UMBLE., M. M. Enterprise resource planning: implementation procedures and critical success factors. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v.146, p.241–257, 2003.
- VIDULICH, M.; DOMINGUEZ, C.; VOGEL, E.; MCMILLAN, G. **Situation Awareness: papers and annotated bibliography**. [S.l.]: Human System Center, 1994.
- VINCEN, D.; STAMPOULI, D.; POWELL, G. Foundations for system implementation for a centralised intelligence fusion framework for emergency services. In: INFORMATION FUSION, 2009. FUSION'09. 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2009. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p.1401–1408.
- WAAG, W.; HOUCK, M. Tools for assessing situational awareness in an operational fighter environment. **Aviation Space and Environmental Medicine**, [S.l.], v.65, n.5, 1994.
- WALTZ, E.; LLINAS, J. **Multisensor Data Fusion**. Norwood, MA: Artech House, 1990.

WAND, Y.; WANG, R. Y. Anchoring data quality dimensions in ontological foundations. **Communications of the ACM**, [S.l.], v.39, n.11, p.86–95, 1996.

WANG, R. W.; STRONG, D. M. Beyond Accuracy: what data quality means to data consumers. **Journal of Management Information Systems**, [S.l.], v.12, n.4, p.5, 1996.

WANG, R. Y. A product perspective on total data quality management. **Communications of the ACM**, [S.l.], v.41, n.2, p.58–65, 1998.

White JR, E. F. Data Fusion Lexicon. In: TECHNICAL PANEL FOR C3, DATA FUSION SUB-PANEL, 1987, Naval Ocean Systems Center, San Diego. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1987.

White JR, E. F. JDL, Data Fusion Lexicon. In: TECHNICAL PANEL FOR C3, 1991, San Diego, Calif, USA. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1991.

WINKLER, W. E. Methods for evaluating and creating data quality. **Information Systems**, [S.l.], v.29, n.7, p.531–550, 2004.

XU, H. Data quality issues for accounting information system implementation: systems, stakeholders, and organizational factors. **journal of technology research**, [S.l.], v.1, p.1–11, 2009.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZHANG, L.; LEE, M. K. O.; ZHANG, Z.; BANERJEE, P. Critical success factors of enterprise resource planning systems implementation success in China. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 36., 2003. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2003.

GLOSSÁRIO

COP – *Common Operating Picture*

DFIG – *Data Fusion Information Group*

ESAS – *Emergency Situation Assessment System*

HLIF – *High-level Information Fusion*

HUMINT – *Human Intelligence*

IQESA – *Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situation Awareness*

JDL – *Joint Directors Laboratories*

LLIF – *Low-level Information Fusion*

MFD – *Modelo de Fusão de Dados*

PMESP – *Polícia Militar do Estado de São Paulo*

Quantify – *Quality-aware Human-driven Information Fusion Model*

SART – *Situation Awareness Rating Technique*

SAW – *Situational Awareness*

SA – *Situation Assessment*

SFD – *Sistema de Fusão de Dados*

SME – *Subject Matter Expert*

SOA – *Service-oriented Architecture*

Anexo A

ANÁLISE DE TAREFAS DIRIGIDA POR OBJETIVOS (*Goal-Driven Task Analysis - GDTA*)

Objetivo geral: Caracterizar uma situação como roubo.

- Sub-objetivo 1: Caracterizar as denúncias do crime.
- Decisão 1-1: Qual a natureza preliminar do crime?
 - SAW-1:
 - * local de origem das denúncias;
 - * tipo/fonte de dados (post, ligação ou câmera);
 - * horário das denúncias;
 - * informações brutas das denúncias em texto, imagem ou audio quando disponível (vítimas, criminosos e local do evento);
 - SAW-2:
 - * atualidade das denúncias (horário atual x horário da denúncia);
 - * condição estimada de vítimas, criminosos e local do evento;
 - * índice preliminar de certeza da informação sobre o crime em curso;
 - SAW-3:
 - * manutenção da natureza preliminar do crime;
- Sub-objetivo 2: Caracterizar as quatro entidades essenciais do crime (vítimas, criminosos, objetos e locais).

- Decisão 2-1: Os eventos que ocorrem são suficientes para identificar e caracterizar as entidades?
 - SAW-1:
 - * Vítimas identificadas e não identificadas na denúncia e seus atributos;
 - * Criminosos identificados e não identificados na denúncia e seus atributos;
 - * Objeto de roubo e não identificados na denúncia e seus atributos;
 - * Locais do crime e não identificados na denúncia e seus atributos;
 - * Hora de geração/atualização do evento - hora em que a informação foi produzida (que pode ser diferente da hora da denúncia); - sequencia de eventos;
 - * Entidades e atributos ausentes na denúncia;
 - SAW-2:
 - * Evolução dos estados das entidades (eventos que descrevem se uma entidade foi adicionada, alterada ou removida de uma situação preliminar);
 - * Índice de certeza sobre uma informação inferida em evento;
 - * Índice de certeza acumulado sobre uma entidade;
 - SAW-3:
 - * Formação da situação futura com as entidades disponíveis;
 - * Propagação da incerteza das entidades nas situações que formarão;
- Sub-objetivo 3 Caracterizar a evolução da situação:
- Decisão 3-1 Os relacionamentos entre as entidades caracterizam uma situação como roubo?
 - SAW-1:
 - * Informações da Decisão 1-1 e Decisão 2-1;
 - SAW-2:
 - * Natureza atualizada do crime;
 - * Índices locais (sobre as entidades) e globais (sobre a situação) de certeza;
 - * Histórico da evolução das entidades (eventos que apareceram);
 - * Histórico da evolução da situação (relacionamentos que apareceram);

– SAW-3:

- * Oportunidade de melhoria da informação.
- * Futuras entidades e atributos que poderiam compor a situação.

Anexo B

QUESTIONÁRIO PARA ESPECIFICAR A QUALIDADE DE DADOS E INFORMAÇÕES EM CRIME DE ROUBO

Questionário aplicado para a coleta de informações sobre qualidade e prioridades de atributos de roubo.

1. Qual sua patente?
2. Qual a sua função?
3. Por quanto tempo executa tal função?
4. Quais são os critérios para atender uma denúncia de roubo?
5. Quais são as informações necessárias para o atendimento?
6. Quais são as informações mais importantes? (prioritárias)
7. Qual o prazo satisfatório para o atendimento de uma ocorrência? Depois de quanto tempo a ocorrência é atribuída a outra agência?
8. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Criminoso - CARACTERÍSTICAS (ALTURA, CONDIÇÃO, ETNIA, IDADE, PORTE FISÍCO, SEXO)
9. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Criminoso - COR, TIPO CABELO

10. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Criminoso - ADEREÇOS (TATUAGEM, PIERCING, ARMA)
11. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Criminoso - VESTIMENTA (DESCRIÇÃO, COR, MARCA)
12. Sobre os atributos relacionados ao CRIMINOSO, sugira algum atributo importante não listado?
13. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Objeto Roubado - OBJETO (COR, MARCA, MODELO, TAMANHO, DESCRIÇÃO)
14. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Objeto Roubado - VEICULO (ANO, PLACA, PORTE)
15. Sobre os atributos relacionados ao OBJETO ROUBADO, sugira algum atributo importante não listado?
16. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Horário do Evento - HORÁRIO (INÍCIO, FIM)
17. Sobre os atributos relacionados ao HORÁRIO DO EVENTO, sugira algum atributo importante não listado?
18. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo.
Local Evento - TIPO DO LOCAL (APARTAMENTO, CHÁCARA, FAZENDA, RESIDENCIAL, TERRENO)
19. Objetos e Atributos de Roubo - Insira de 1 a 10 a importância de cada Atributo de roubo. Local Evento - ENDEREÇO (BAIRRO, CEP, COMPLEMENTO, NUMERO, REFERENCIA, RUA)
20. Sobre os atributos relacionados ao LOCAL DO EVENTO, sugira algum atributo importante não listado?

Anexo C

TÉCNICA DE PONTUAÇÃO DE CONSCIÊNCIA SITUACIONAL (*Situation Awareness Rating Technique - SART*)

As questões 1 a 8 buscam mapear o perfil do participante e sua experiência nas atividades específicas do domínio de gerenciamento de emergências.

1. Qual seu sexo?
2. Qual sua faixa etária?
3. Qual sua patente?
4. Qual o grau de conhecimento/habilidade você tem em utilizar o computador?
5. Qual o grau de conhecimento/habilidade você tem em utilizar sistemas de apoio à decisão?
6. Tem experiência na atividade de avaliação de situações
7. Tem experiência na realização da análise de crimes
8. Conhece a árvore de decisão da PMESP?

As questões 9 a 18 buscam mapear aspectos gerais do sistema e interface, obedecendo a escala de "concordo plenamente" a "discordo plenamente".

9. A organização da interface do sistema é fácil de entender
10. Na Interface é fácil lembrar onde cada tipo ou categoria de informação esta localizada

11. A Interface me mostrou uma quantidade ideal de informação ao início de cada atividade (nem a mais e nem a menos), embora fosse possível aumentar ou diminuir manualmente o volume de informações
 12. A possibilidade de controlar e customizar a informação apresentada na interface me agradou e achei útil esse recurso.
 13. A possibilidade de acompanhar a evolução da informação situacional na interface me agradou e achei útil esse recurso.
 14. A possibilidade de obter um índice de qualidade para entidades e situações na interface me agradou e achei útil esse recurso.
 15. A possibilidade de acompanhar a atualização dos índices de qualidade apresentados na interface me agradou e achei útil esse recurso.
 16. Tabela de eventos: a interface baseada em tabela de eventos me ajudou a entender as entidades, atributos e situações?
 17. Mapa Georeferenciado de situações: a interface baseada em mapa me ajudou a entender as entidades, atributos e situações?
 18. Grafo de situações: a interface baseada em grafo me ajudou a entender as entidades, atributos e situações?
- As questões 19 a 32 constituem o SART propriamente dito e as respostas obedecem uma escala de 0 (baixa) a 10 (alta).**
19. Instabilidade da situação (o quão mutável é a situação?): Durante a simulação, a situação em análise apresentou mudanças bruscas (alta) ou se apresentou estável e linear (baixa)?
 20. Complexidade da situação (o quão complicada é a situação?): Durante a simulação a situação era de difícil compreensão, devido às diversas relações entre os componentes (alta) ou se apresentou simples e linear (baixa)?
 21. Variabilidade da situação (o quão mutável eram as variáveis da situação?): Durante a simulação havia um grande número de variáveis em constante atualização (alta) ou não (baixa)?
 22. Estímulo da situação (o quão alerta você estava aos estímulos da situação?): Durante a simulação você se sentia alerta e pronto para uma atividade (alta) ou não (baixa)?

23. Concentração de atenção (o quanto você estava concentrado?): Durante a simulação você conseguia ficar focado no que estava fazendo (alta) ou não (baixa)?
24. Divisão de atenção (O quanto sua atenção foi dividida na situação?): Durante a simulação você prestava atenção em múltiplas informações (alta) ou focava em apenas um aspecto (baixa)?
25. Demanda de atenção: Durante a simulação você precisava gastar muito esforço cognitivo para estar atento às mudanças da situação (alta) ou não (baixa)?
26. Capacidade mental livre (o quanto de sua capacidade mental você é capaz de despendar para a situação?): Durante a simulação você se sentia com capacidade mental suficiente para prestar atenção em diversas variáveis (alta) ou se sentiu sobrecarregado de informações, a ponto de não conseguir reparar algo diferente/novo rapidamente (baixa)?
27. Oferta de recursos para facilitar a atenção: Durante a simulação era possível focar em diversos aspectos da situação simultaneamente (alta) ou não (baixa)?
28. Quantidade de informação (quanta informação você obteve sobre a situação?): Durante a simulação o volume de informações foi suficiente para te ajudar a entender a situação (alta) ou não (baixa)?
29. Qualidade da informação: Durante a simulação as informações tinham qualidade alta e confiável (alta) ou não (baixa)?
30. Familiaridade com a situação (o quão familiar você é com a situação?): Durante a simulação você se sentia perdido (baixa) ou sabia o que estava fazendo (alta)?
31. Entendimento: Durante a simulação a interface te ajudava a entender a situação atual (alta) ou não (baixa)?
32. Consciência da situação (quão boa era sua consciência da situação?): Durante a simulação era possível compreender o que estava acontecendo (alta) ou não (baixa)?

Anexo D

ÁRVORE DE DECISÃO DA PMESP

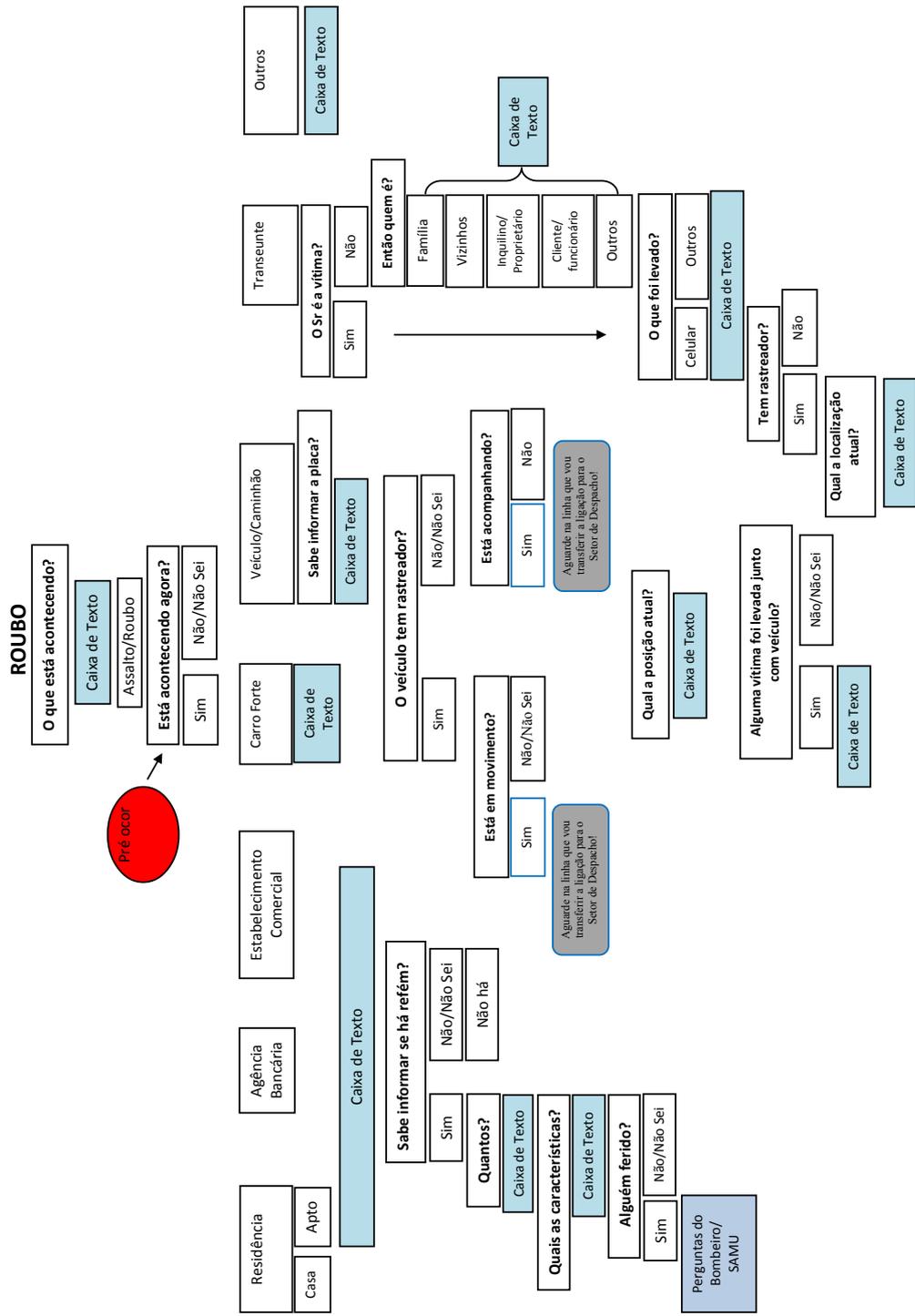


Figura D.1: Árvore de decisão utilizada pela PMESP para orientar atendimentos a emergências - Parte 1

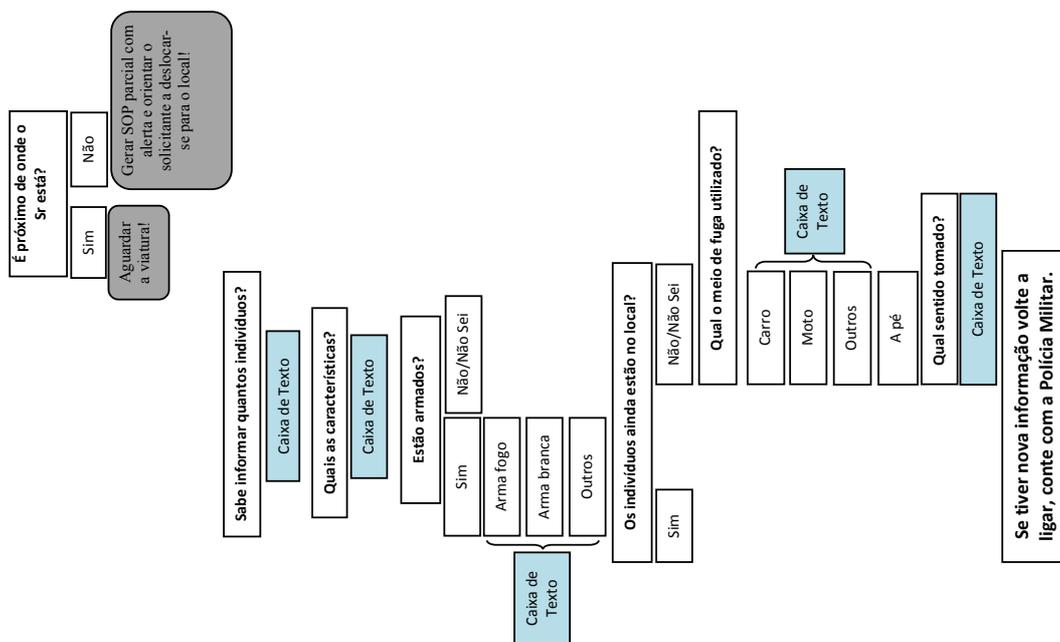


Figura D.2: Árvore de decisão utilizada pela PMESP para orientar atendimentos a emergências - Parte 2

Anexo E

ONTOLOGIA PARA GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS

```
<?xml version="1.0"?>
```

```
<!DOCTYPE Ontology [  
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >  
  <!ENTITY xml "http://www.w3.org/XML/1998/namespace" >  
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >  
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >  
>
```

```
<Ontology xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"  
  xml:base=  
  "http://www.semanticweb.org/caio/ontologies/2015/1/OntologiaPM"  
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"  
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"  
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"  
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"  
  ontologyIRI=  
  "http://www.semanticweb.org/caio/ontologies/2015/1/OntologiaPM">  
<Prefix name="" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#"/>  
<Prefix name="owl" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#"/>
```

```
<Prefix name=
"rdf" IRI="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" />
<Prefix name="xsd" IRI="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" />
<Prefix name="rdfs" IRI="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" />
<Declaration>
  <Class IRI="#Adereco" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Caracteristicas" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#CaracteristicasCriminoso" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#CaracteristicasVitima" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#CategoriaCrime" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Criminoso" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Denuncia" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Denunciante" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Local" />
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado" />
</Declaration>
<Declaration>
```

```
<Class IRI="#Pessoa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Roubo"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Situacao"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#VeiculoRoubado"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Vitima"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_a"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_adereco"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_caracteristica_crim"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_caracteristica_vit"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_categoria"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_criminoso"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_denunciante"/>
</Declaration>
```

```
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_vitima"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#is_composta"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#aderecoAdereco"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#alturaCaracteristica"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#alturaLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#anoVeiculo"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#armaCriminoso"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#atualidadeCriminoso"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#atualidadeLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#atualidadeVitima"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#bairroLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#certezaSituacao"/>
```

```
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#complementoLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#completudeCriminoso"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#completudeLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#completudeObjeto"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#completudeVitima"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#condicaoCaracteristica"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#condicaoObjeto"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#contatoPessoa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#corCabeloCaracteristica"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#corObjeto"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#corVestimentaCaracteristica"/>
</Declaration>
<Declaration>
```

```
    <DataProperty IRI="#cpfPessoa"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#dataDenuncia"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#descricaoCategoriaCrime"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#descricaoObjeto"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#detalheAdereco"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#direcaoLocal"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#etniaCaracteristica"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#horaAlteracaoSituacao"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#horaFimDenuncia"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#horaInicioDenuncia"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#idadeCaracteristica"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#ligacaoTranscritaDenuncia"/>
  </Declaration>
```

```
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#localCorpoAdereco"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#logradouroLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#marcaObjeto"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#marcaVestimentaCaracteristica"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#modeloObjeto"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#nomeMaePessoa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#nomePaiPessoa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#nomePessoa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#numeroLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#origemDadoSituacao"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#placaVeiculo"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#porteFisicoCaracteristica"/>
```

```
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#porteVeiculo"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#precisaoCriminoso"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#precisaoLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#precisaoObjeto"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#precisaoVitima"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#referenciaLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#rgPessoa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#sentidoLocal"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#sexoCriminoso"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#sexoPessoa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <DataProperty IRI="#sexoVitima"/>
</Declaration>
<Declaration>
```

```
    <DataProperty IRI="#statusCriminoso"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#tamanhoObjeto"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#tipoCabeloCaracteristica"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#tipoLocal"/>
  </Declaration>
<SubClassOf>
    <Class IRI="#Adereco"/>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  </SubClassOf>
<SubClassOf>
    <Class IRI="#Caracteristicas"/>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  </SubClassOf>
<SubClassOf>
    <Class IRI="#CaracteristicasCriminoso"/>
    <Class IRI="#Caracteristicas"/>
  </SubClassOf>
<SubClassOf>
    <Class IRI="#CaracteristicasVitima"/>
    <Class IRI="#Caracteristicas"/>
  </SubClassOf>
<SubClassOf>
    <Class IRI="#CategoriaCrime"/>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  </SubClassOf>
<SubClassOf>
    <Class IRI="#Criminoso"/>
    <Class IRI="#Pessoa"/>
  </SubClassOf>
```

```
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Denunciante"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Local"/>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Roubo"/>
  <Class IRI="#CategoriaCrime"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Situacao"/>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#VeiculoRoubado"/>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Vitima"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
```

```
</SubClassOf>
<DisjointClasses >
  <Class IRI="#Adereco"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
  <Class IRI="#CategoriaCrime"/>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
  <Class IRI="#Local"/>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
  <Class IRI="#Situacao"/>
</DisjointClasses >
<DisjointClasses >
  <Class IRI="#Criminoso"/>
  <Class IRI="#Vitima"/>
</DisjointClasses >
<ObjectPropertyDomain >
  <ObjectProperty IRI="#has_a"/>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
</ObjectPropertyDomain >
<ObjectPropertyDomain >
  <ObjectProperty IRI="#has_adereco"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</ObjectPropertyDomain >
<ObjectPropertyDomain >
  <ObjectProperty IRI="#has_caracteristica_crim"/>
  <Class IRI="#Criminoso"/>
</ObjectPropertyDomain >
<ObjectPropertyDomain >
  <ObjectProperty IRI="#has_caracteristica_vit"/>
  <Class IRI="#Vitima"/>
</ObjectPropertyDomain >
<ObjectPropertyDomain >
  <ObjectProperty IRI="#has_categoria"/>
  <Class IRI="#Situacao"/>
</ObjectPropertyDomain >
```

```
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_criminoso"/>
  <Class IRI="#Criminoso"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_denunciante"/>
  <Class IRI="#Denunciante"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_vitima"/>
  <Class IRI="#Vitima"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#is_composta"/>
  <Class IRI="#Situacao"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_a"/>
  <Class IRI="#Criminoso"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_a"/>
  <Class IRI="#Denunciante"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_a"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_a"/>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_a"/>
  <Class IRI="#Vitima"/>
```

```
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_adereco"/>
  <Class IRI="#Adereco"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_caracteristica_crim"/>
  <Class IRI="#CaracteristicasCriminoso"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_caracteristica_vit"/>
  <Class IRI="#CaracteristicasVitima"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_categoria"/>
  <Class IRI="#CategoriaCrime"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_criminoso"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_denunciante"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#has_local_vitima"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#is_composta"/>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
</ObjectPropertyRange>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#aderecoAdereco"/>
```

```
    <Class IRI="#Adereco"/>
  </DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#alturaCaracteristica"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#alturaLocal"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#anoVeiculo"/>
  <Class IRI="#VeiculoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#armaCriminoso"/>
  <Class IRI="#Criminoso"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#atualidadeCriminoso"/>
  <Class IRI="#Criminoso"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#atualidadeLocal"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#atualidadeVitima"/>
  <Class IRI="#Vitima"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#bairroLocal"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
```

```
    <DataProperty IRI="#certezaSituacao"/>
    <Class IRI="#Situacao"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#complementoLocal"/>
    <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#completudeCriminoso"/>
    <Class IRI="#Criminoso"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#completudeLocal"/>
    <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#completudeObjeto"/>
    <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#completudeVitima"/>
    <Class IRI="#Vitima"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#condicaoCaracteristica"/>
    <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#condicaoObjeto"/>
    <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#contatoPessoa"/>
    <Class IRI="#Pessoa"/>
</DataPropertyDomain>
```

```
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#corCabeloCaracteristica"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#corObjeto"/>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#corVestimentaCaracteristica"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#cpfPessoa"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#dataDenuncia"/>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#descricaoCategoriaCrime"/>
  <Class IRI="#CategoriaCrime"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#descricaoObjeto"/>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#detalheAdereco"/>
  <Class IRI="#Adereco"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#direcaoLocal"/>
  <Class IRI="#Local"/>
```

```
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#etniaCaracteristica"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#horaAlteracaoSituacao"/>
  <Class IRI="#Situacao"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#horaFimDenuncia"/>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#horaInicioDenuncia"/>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#idadeCaracteristica"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#ligacaoTranscritaDenuncia"/>
  <Class IRI="#Denuncia"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#localCorpoAdereco"/>
  <Class IRI="#Adereco"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#logradouroLocal"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#marcaObjeto"/>
```

```
    <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
  </DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#marcaVestimentaCaracteristica"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#modeloObjeto"/>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#nomeMaePessoa"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#nomePaiPessoa"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#nomePessoa"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#numeroLocal"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#origemDadoSituacao"/>
  <Class IRI="#Situacao"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#placaVeiculo"/>
  <Class IRI="#VeiculoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
```

```
    <DataProperty IRI="#porteFisicoCaracteristica"/>
    <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#porteVeiculo"/>
    <Class IRI="#VeiculoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#precisaoCriminoso"/>
    <Class IRI="#Criminoso"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#precisaoLocal"/>
    <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#precisaoObjeto"/>
    <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#precisaoVitima"/>
    <Class IRI="#Vitima"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#referenciaLocal"/>
    <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#rgPessoa"/>
    <Class IRI="#Pessoa"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
    <DataProperty IRI="#sentidoLocal"/>
    <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
```

```
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#sexoCriminoso"/>
  <Class IRI="#Criminoso"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#sexoPessoa"/>
  <Class IRI="#Pessoa"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#sexoVitima"/>
  <Class IRI="#Vitima"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#statusCriminoso"/>
  <Class IRI="#Criminoso"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#tamanhoObjeto"/>
  <Class IRI="#ObjetoRoubado"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#tipoCabeloCaracteristica"/>
  <Class IRI="#Caracteristicas"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyDomain>
  <DataProperty IRI="#tipoLocal"/>
  <Class IRI="#Local"/>
</DataPropertyDomain>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#aderecoAdereco"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#alturaCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
```

```
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#alturaLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#anoVeiculo"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:int"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#armaCriminoso"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#atualidadeCriminoso"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#atualidadeLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#atualidadeVitima"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#bairroLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#certezaSituacao"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#complementoLocal"/>
```

```
    <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
  </DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#completudeCriminoso"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#completudeLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#completudeObjeto"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#completudeVitima"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#condicaoCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#condicaoObjeto"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#contatoPessoa"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#corCabeloCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
```

```
<DataProperty IRI="#corObjeto"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#corVestimentaCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#cpfPessoa"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#dataDenuncia"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:dateTime"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#descricaoCategoriaCrime"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#descricaoObjeto"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#detalheAdereco"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#direcaoLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#etniaCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
```

```
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#horaAlteracaoSituacao"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:dateTime"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#horaFimDenuncia"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:dateTime"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#horaInicioDenuncia"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:dateTime"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#idadeCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:int"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#ligacaoTranscritaDenuncia"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#localCorpoAdereco"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#logradouroLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#marcaObjeto"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#marcaVestimentaCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
```

```
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#modeloObjeto"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#nomeMaePessoa"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#nomePaiPessoa"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#nomePessoa"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#numeroLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:int"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#origemDadoSituacao"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#placaVeiculo"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#porteFisicoCaracteristica"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#porteVeiculo"/>
```

```
    <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
  </DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#precisaoCriminoso"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#precisaoLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#precisaoObjeto"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#precisaoVitima"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:float"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#referenciaLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#rgPessoa"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#sentidoLocal"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
  <DataProperty IRI="#sexoCriminoso"/>
  <Datatype abbreviatedIRI="xsd:int"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
```

```
        <DataProperty IRI="#sexoPessoa"/>
        <Datatype abbreviatedIRI="xsd:int"/>
    </DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
    <DataProperty IRI="#sexoVitima"/>
    <Datatype abbreviatedIRI="xsd:int"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
    <DataProperty IRI="#statusCriminoso"/>
    <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
    <DataProperty IRI="#tamanhoObjeto"/>
    <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
    <DataProperty IRI="#tipoCabeloCaracteristica"/>
    <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
<DataPropertyRange>
    <DataProperty IRI="#tipoLocal"/>
    <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
</DataPropertyRange>
</Ontology>

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

Anexo F

MODELAGEM DE DADOS DOS PROTÓTIPOS DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE SITUAÇÕES

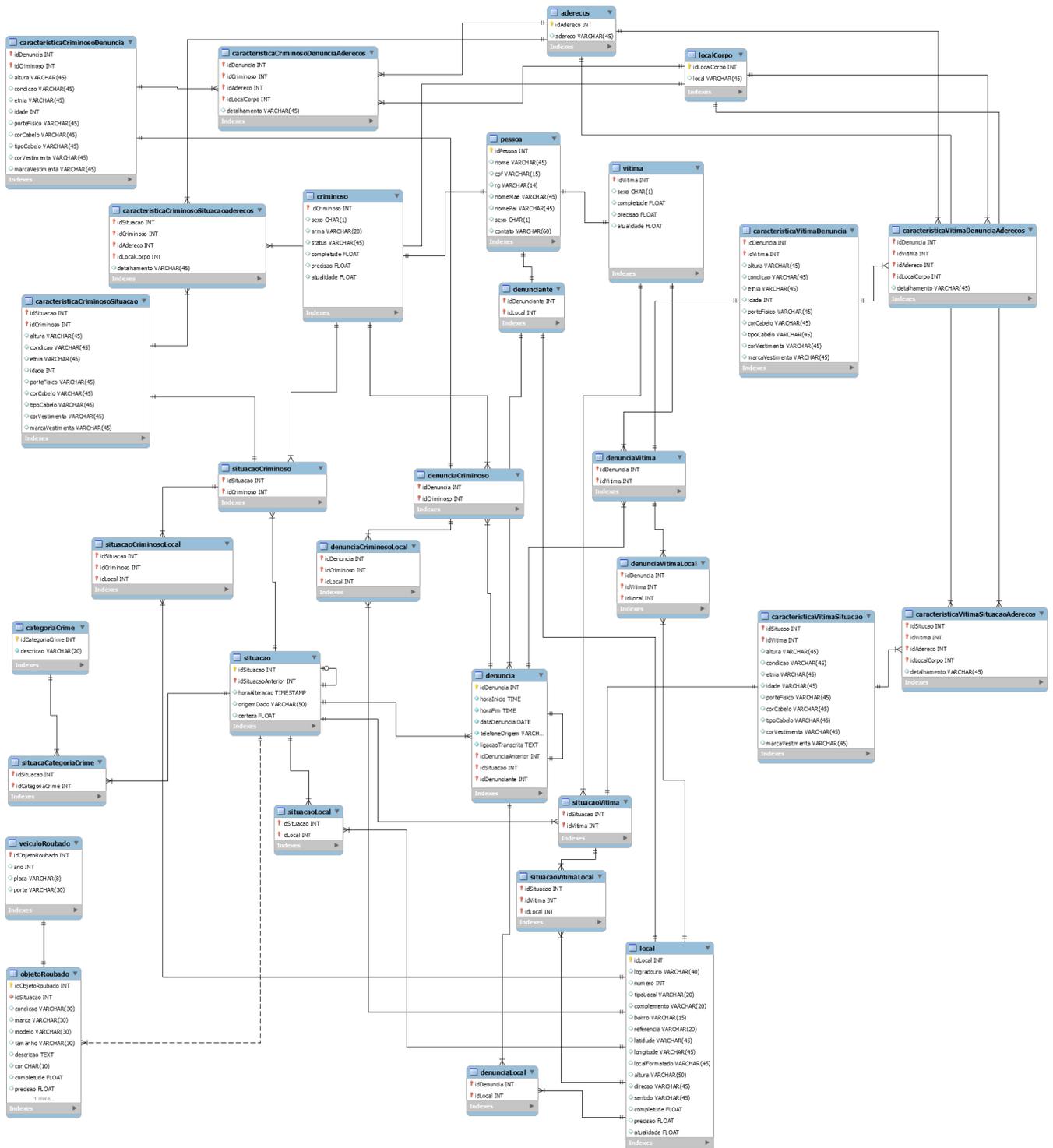


Figura F.1: Diagrama Entidade-Relacionamento utilizando para o desenvolvimento dos protótipos de sistema de avaliação de situações.