

Andre Felipe Engelbrecht Ferreira

**UM MODELO DE APOIO A PERCEPÇÃO
SITUACIONAL NA RESPOSTA A
EMERGÊNCIAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



Instituto de Matemática



Instituto Tércio Pacitti de Aplicações
e Pesquisas Computacionais

Rio de Janeiro
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
INSTITUTO TÉRCIO PACCITI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

ANDRE FELIPE ENGELBRECHT FERREIRA

UM MODELO DE APOIO A PERCEPÇÃO SITUACIONAL
NA RESPOSTA A EMERGÊNCIAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática e Instituto Tércio Pacciti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Informática

Orientador: Marcos Roberto da Silva Borges

Co-Orientadora: Adriana Santarosa Vivacqua

Rio de Janeiro
2011

F383 Ferreira, Andre Felipe Engelbrecht

Um modelo de apoio a percepção situacional na resposta a emergências / Andre Felipe Engelbrecht Ferreira. – Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.
202 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacciti, 2011.

Orientador: Marcos Roberto da Silva Borges
Co-orientadora: Adriana Santarosa Vivacqua

1. Tomada de Decisão. 2. Gestão de Emergências. 3. Trabalho Cooperativo apoiado por Computador. 4. Sistemas de Apoio a Decisão – Teses. I. Marcos Roberto da Silva Borges (Orient.). II. Adriana Santarosa Vivacqua (Co-orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática. Instituto Tércio Pacciti. IV. Título.

CDD.

ANDRE FELIPE ENGELBRECHT FERREIRA

**UM MODELO DE APOIO A PERCEPÇÃO SITUACIONAL
NA RESPOSTA A EMERGÊNCIAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática e Instituto Tércio Pacciti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovada em 23 de Setembro de 2011.

Prof. Marcos Roberto da Silva Borges, Ph.D., PPGI/IM/UFRJ

Prof^a. Adriana Santarosa Vivacqua, D. Sc., PPGI/IM/UFRJ

Prof. Sergio Fábian Ochoa, D. Sc., DCC/Universidad de Chile

Prof. Alberto Barbosa Raposo, D. Sc., DI/PUC-RIO

Prof. José Orlando Gomes, D. Sc., PPGI/IM/UFRJ e DEI/EP/UFRJ

A minha família,
por todo apoio durante este trabalho

Agradecimentos

Agradeço a minha mãe por toda sua dedicação para meu desenvolvimento como ser humano e seu estímulo a minha formação acadêmica. A minha avó e meu irmão pelo apoio e incentivo que me ajudaram a concluir esta importante empreitada. Ao meu avô (*in memoriam*) pelo exemplo de vida.

Aos meus orientadores, Marcos Borges e Adriana Vivacqua, expresso meu profundo agradecimento por ajudarem a mudar minha visão do mundo e fomentarem a busca pela inovação. Agradeço também por seu empenho e pelos conselhos providenciais nos momentos mais críticos do trabalho.

Meus agradecimentos especiais aos professores do grupo Greco (PPGI), Maria Luiza, José Orlando, Paulo Victor, Jonice Oliveira, Vanessa Braganholo e Éber Schmitz, por sua colaboração e seus ensinamentos sobre a pesquisa científica.

A los maestros Sergio Ochoa y José Pino les agradezco por recibirme en la Universidad de Chile y por contribuir con sus conocimientos y opiniones que fueran tan valiosos para el éxito de este trabajo.

Muchas gracias a mi amigo chileno Álvaro Monares por toda tu ayuda cuando estuve en Santiago y por colaborar como bombero en esta investigación.

Aos comandantes do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, que participaram com afinco e acreditaram no sucesso do trabalho. Ao Coronel Roberto Lucente da Defesa Civil pelo seu especial empenho desde o início deste projeto.

Aos meus colegas de mestrado, Alessandro Jatobá, George Alex, Samantha Vrabl, Antônio Dias, Fernanda Araújo, Fabrício Firmino, Cristiano Expedito, Inês Boscá, Ruben Perorazio e Rafael Escalfoni pelo seu companheirismo e descontração nos momentos difíceis.

Aos professores Sérgio Ochoa (DCC-Universidad de Chile), Alberto Raposo (DI-PUC-RIO) e José Orlando (PPGI-UFRJ) pela gentileza de comporem a banca examinadora e pelas estimadas contribuições.

“O prazer no trabalho aperfeiçoa a obra.”
Aristóteles

Resumo

FERREIRA, Andre Felipe Engelbrecht. **Um modelo de apoio a percepção situacional na resposta a emergências**. 2011. 202 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacciti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

A tomada de decisão em situações de emergência caracteriza-se por sua rapidez, pressão e, principalmente, pela incerteza da informação. Decisões desinformadas ou baseadas em dados não confiáveis podem resultar em soluções ruins. No âmbito das emergências urbanas, esses fatores são agravados pelo envolvimento de vidas humanas. Embora sejam encontradas diversas pesquisas com o intuito de reunir distintas bases de dados e prover informações completas aos comandantes de operações de resposta a emergência, poucas se dedicam às informações contextuais da situação e mais raras ainda são as que visam a filtrar o conteúdo antes de disponibilizá-lo. O objetivo deste trabalho é propor um mecanismo de avaliação da informação com relação a sua utilidade a cada momento. A utilização de um mecanismo deste tipo tem a finalidade de reduzir a carga cognitiva dos tomadores de decisão, fornecendo a informação correta para a pessoa certa no momento adequado. Com isto, visa-se a auxiliar a primeira etapa do processo de resolução de problemas, que é a construção da percepção situacional e o entendimento do problema. Para isto, foram utilizadas técnicas de Análise do Trabalho Cognitivo para eliciar os critérios de utilidade da informação empregados tacitamente, na fase de resposta a emergências, por profissionais experientes em suas decisões. O modelo obtido baseia-se em métodos multicritério de tomada de decisão e foi aplicado em uma ferramenta colaborativa desenvolvida para uma mesa multitoque. O método e a aderência da ferramenta ao trabalho prático foram avaliados em um estudo de caso exploratório realizado com comandantes experientes do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, que demonstraram grande entusiasmo pelo auxílio no direcionamento das decisões, aceleração da atualização, possibilidades de persistência e compartilhamento da informação.

Palavras-chave: Tomada de Decisão. Gestão de Emergências. Trabalho Cooperativo apoiado por Computador. Sistemas de Apoio a Decisão.

Abstract

FERREIRA, Andre Felipe Engelbrecht. **Um modelo de apoio a percepção situacional na resposta a emergências**. 2011. 202 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacciti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Decision making in emergency situations is characterized by its speed, pressure, and especially the uncertainty of information. Uninformed decisions or decisions based on unreliable data can lead to inappropriate solutions. Within urban emergencies, these factors are exacerbated by the involvement of human lives. Although several studies that aim to combine different databases and provide full information to emergency response operation commanders can be found, only few of them are dedicated to the contextual information of the situation and even rarer are those that aim to filter content before providing it. The objective of this study is to propose a mechanism for evaluating the information in relation to its usefulness at each moment. The use of such a mechanism is intended to reduce the cognitive load of decision makers, providing the right information to the right person at the right time. Therefore, it aims to assist the first stage of problem solving, which is the construction of situational awareness and understanding of the problem. For this purpose, techniques of cognitive task analysis were employed to elicit the tacitly used criteria for determining usefulness of information in the phase of emergency response by experienced professionals in their decisions. The model obtained is based on multicriteria decision-making methods and was implemented in a collaborative tool developed for a multitouch tabletop. The method and adherence of the tool to the practical work were evaluated in an exploratory case study conducted with experienced commanders of the Fire Department of the State of Rio de Janeiro, who showed great enthusiasm for the aid the proposal may provide for decision control, update acceleration and possibilities of persistence and for sharing information.

Keywords: Decision Making. Emergency Management. Computer Supported Cooperative Work. Decision Support Systems.

Lista de Figuras

Figura 1.	Organizações que compõem o trabalho de resposta a uma emergência urbana (OCHOA <i>et al.</i> , 2007)	27
Figura 2.	Fases do ciclo de gestão de emergências	28
Figura 3.	Relacionamento entre dado, informação, conhecimento e sabedoria (Bellinger, 1997)	32
Figura 4.	Espiral do Conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1997)	33
Figura 5.	Fluxos de informações no ambiente de Comando e Controle (PADILHA, 2010)	35
Figura 6.	Mapa conceitual do conhecimento envolvido durante a resposta a emergências (DINIZ, 2006)	36
Figura 7.	Emprego de mesas digitais para auxiliar a tomada de decisão no comando	42
Figura 8.	Processo geral de resolução de problemas	47
Figura 9.	Matriz de Decisão Multicritério	51
Figura 10.	Exemplo de Função Utilidade para o critério consumo de combustível	52
Figura 11.	Esquema de hierarquia do método AHP	53
Figura 12.	Matriz paritária de alternativas (AHP)	54
Figura 13.	Recognition-Primed Model (KLEIN; KLINGER, 1991)	59
Figura 14.	Modelo de Percepção Situacional em Decisões Dinâmicas (ENDSLEY, 1995)	61
Figura 15.	Fluxo de observação da abordagem Análise do Trabalho Cognitivo Orientada a Objetivos	69
Figura 16.	Estrutura do comando da operação	72
Figura 17.	Quadros de situação dos dois casos analisados	74
Figura 18.	Esquematização dos objetivos da fase de resposta a emergências urbanas	76
Figura 19.	Requisitos de informação para o objetivo “Segurança da Operação”	80
Figura 20.	Requisitos de informação para o objetivo “Administrar Recursos”	80
Figura 21.	Quadro da situação com ponto de referência para localização dos demais pontos de interesse	84
Figura 22.	Modelo proposto de heurística de utilidade da informação	87
Figura 23.	Comparação entre a exibição da informação de forma tradicional e com a heurística proposta	90
Figura 24.	Matriz de decisão multicritério para uma entidade presente em determinado painel	98
Figura 25.	Borda de eficiência para um caso bidimensional	99
Figura 26.	Modelo de decisão multicritério para o segundo nível da heurística	100
Figura 27.	Padrão de visualização de relevância para o nível de entidade	103
Figura 28.	Padrão de visualização de volatilidade para o nível de entidade	103
Figura 29.	Padrão de visualização de completeza para o nível de entidade	104
Figura 30.	Padrão de visualização de confiabilidade para o nível de entidade	104
Figura 31.	Padrão de visualização de temporalidade para o nível de entidade	105
Figura 32.	Exemplos de Entidades com os padrões de visualização aplicados conjuntamente	105
Figura 33.	Padrões de visualização para o nível de atributo	106
Figura 34.	Padrões de visualização para o evento de recebimento de informação	107
Figura 35.	Propagação da heurística no entorno de uma entidade-núcleo	109
Figura 36.	Cenário de uso da ferramenta proposta (ENGELBRECHT; BORGES; VIVACQUA, 2011)	111

Figura 37.	Arquitetura em camadas da ferramenta WITS	113
Figura 38.	Grafo de visualização da cena principal	117
Figura 39.	Barra de ferramentas para controle de painéis.....	119
Figura 40.	Simbologia dos pontos de interesse.....	119
Figura 41.	Tipos de interação com um ícone	120
Figura 42.	Exemplo de dois painéis posicionados na interface	121
Figura 43.	Botões das barras de ferramentas dos painéis	122
Figura 44.	Gestos definidos para a interação humano-computador.....	123
Figura 45.	Ilustração do uso do painel “Entender o que Ocorreu”	125
Figura 46.	Exibição de informações nos painéis.....	125
Figura 47.	Anotações realizadas nos painéis	126
Figura 48.	Conteúdo dos painéis mesclado.....	126
Figura 49.	Ilustração do local da emergência simulada	132
Figura 50.	Ambiente montado para o experimento.....	135

Lista de Quadros

Quadro 1.	Classificação das abordagens de sistemas computacionais para emergências.	38
Quadro 2.	Principais decisões tomadas em situações de emergência urbana.....	79
Quadro 3.	Dicionário de atributos da entidade Vítima.....	85
Quadro 4.	Exemplo de avaliação de uma alternativa segundo os critérios de utilidade....	95
Quadro 5.	Variáveis relativas à heurística observadas no experimento	129
Quadro 6.	Variáveis relativas aos padrões de visualização observadas no experimento	130
Quadro 7.	Variáveis de aderência da tecnologia ao trabalho real	131

Lista de Siglas

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AIAOGDPC	Associação Ibero-Americana de Organismos Governamentais de Defesa e Proteção Civil
ARCE	<i>Aplicación en Red para Casos de Emergencia</i>
ATC	Análise do Trabalho Cognitivo
ATCOO	Análise do Trabalho Cognitivo Orientada a Objetivos
C2	Comando & Controle
CBA	<i>Cost-Benefit Analysis</i>
CBMERJ	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro
CC	Centro de Comando
CCA	Conhecimento Contextual Atual
CFP	Conhecimento Formal Prévio
CPP	Conhecimento Pessoal Prévio
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Translating Reality</i>
FEMA	<i>Federal Emergency Management Agency</i>
GC	Gestão do Conhecimento
GE	Gestão de Emergências
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MANET	Mobile Ad-hoc Networks
MAUT	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
NIMS	<i>National Incident Management System</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PC	Posto de Comando
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation</i>

RPD	<i>Recognition-Primed Decision</i>
SCI	Sistema de Comando de Incidentes
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SMART	<i>Smart Multi Attribute Rating Technique</i>
SOMU	<i>Service-Oriented Mobile Units</i>
TDN	Tomada de Decisão Naturalista
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução	17
1.1 Motivação	17
1.2 Contextualização	18
1.3 Caracterização do Problema	19
1.4 Hipótese	20
1.5 Objetivos da Pesquisa e Enfoque da Solução	21
1.6 Organização do Documento	21
Capítulo 2 - Gestão de Emergências	23
2.1 Conceitos e Classificações de Emergência	23
2.1.1 Classificação quanto à origem	24
2.1.2 Classificação quanto à evolução	24
2.1.3 Classificação quanto à intensidade do dano	25
2.2 Estrutura de Comando & Controle	26
2.3 Processo da Gestão de Emergências	28
2.3.1 Mitigação	29
2.3.2 Preparação	29
2.3.3 Resposta	29
2.3.4 Recuperação	30
2.4 Gestão do Conhecimento em Emergências	30
2.5 Sistemas Computacionais para Gestão de Emergências	37
2.5.1 Abordagens de apoio a equipe de operação	39
2.5.2 Abordagens de apoio ao comando	40
2.5.3 Abordagens de apoio ao comando e às equipes de operação	42
Capítulo 3 - Tomada de Decisão e Resolução de Problemas	44
3.1 Taxonomia	45
3.2 O Processo de Resolução de Problemas	47
3.3 Modelos de Tomada de Decisão	50
3.3.1 Teoria da Utilidade Multiatributo (<i>Multiattribute Utility Theory</i>)	51
3.3.2 Modelos de sobreclassificação (<i>Outranking Methods</i>)	54
3.3.3 Regra de Decisão (Decision Rule Approach)	57
3.3.4 Tomada de Decisão Naturalista (<i>Naturalistic Decision Making</i>)	58
3.4 Percepção Situacional e seus Fatores Subjacentes	60
3.5 Problemas da Tomada de Decisão	64
3.6 Decisão em Situações de Emergência	65
Capítulo 4 - Modelo de Apoio a Percepção Situacional em Emergências	68
4.1 Metodologia	68
4.2 Estruturação dos Objetivos, Decisões e Informações	71
4.3 Heurística de Utilidade	86
4.3.1 Primeiro Nível - Distribuição em Painéis de Informação	87
4.3.2 Segundo Nível - Modelo de Decisão Multicritério de Utilidade da Informação	91
4.4 Padrões de Visualização	101
4.5 Aplicação da Heurística	108

Capítulo 5 - Ferramenta de Apoio a Percepção Situacional em Situações de Emergência Urbana	110
5.1 Cenário de Uso	110
5.2 A Ferramenta WITS	113
5.2.1 Arquitetura	113
5.2.2 Interface com o Usuário	117
Capítulo 6 - Estudo de Caso	128
6.1 Preparação	128
6.2 Realização	134
6.3 Avaliação dos Resultados	137
Capítulo 7 - Conclusões	142
7.1 Retrospectiva	142
7.2 Contribuições	143
7.3 Problemas Encontrados e Limitações	145
7.4 Trabalhos Futuros	147
Referências	150
Apêndices	161
Apêndice A – Modelos de Objetivos da Fase de Resposta a Emergências	161
Apêndice B – Modelos de Relacionamentos entre as Entidades	164
Apêndice C – Dicionário de Atributos das Entidades	170
Apêndice D – Regras dos Critérios de Utilidade	177
Apêndice E – Especificação da Interface de Entrada da WITS	193
Apêndice F – Questionários de Avaliação	197

Capítulo 1 – Introdução

Uma das definições de **emergência** para a Secretaria Nacional de Defesa Civil do Brasil (2010) é a de “situação crítica”. O grau de severidade deste tipo de evento varia desde pequenos acidentes, com danos suportáveis pela população, até catástrofes de grandes proporções, que podem necessitar de apoio internacional. Estes tipos de acontecimentos ocorrem a todo instante em todos os lugares do mundo, porém, nos países em desenvolvimento, seus danos costumam ser maiores devido ao adensamento populacional, ocupação de áreas de risco e falta de infraestrutura e de investimentos na área de Gestão de Emergências.

1.1 Motivação

De acordo com dados do Banco Internacional de Desastres EM-DAT (2010), estima-se que 1.544.967 pessoas tenham morrido e mais de 2 bilhões sido afetadas entre 2000 e 2009 em todo o mundo devido a eventos classificados como desastres¹. Os prejuízos econômicos, neste mesmo período, ultrapassaram 25 trilhões de dólares. Nesta base de dados, o Brasil ocupa a 21ª posição no número de pessoas afetadas por desastres e a 33ª no número de mortos, dentre 211 nações acompanhadas.

Os eventos extremos naturais, responsáveis por muitos desastres em todo o mundo, se tornarão ainda mais frequentes no século 21, segundo dados do 4º relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007). Somam-se a isso, ainda, as situações de emergência provocadas pelos humanos de forma acidental e intencional, como, por exemplo, incêndios e ataques terroristas (ALDUNATE *et al.*, 2006).

Esta perspectiva reforça a necessidade de se melhorar as ações de prevenção a emergências. Contudo, por mais eficazes que estas sejam, nem todos os tipos de eventos extremos deixarão de existir. Assim, torna-se fundamental aprimorar, também, a capacidade de resposta a tais situações.

¹ Para ser classificado como um desastre pelo EM-DAT, ao menos um dos critérios seguintes deve ser atendido: a) número de mortes informadas igual ou superior a 10; b) mais de 100 pessoas informadas como afetadas; c) declaração de estado de emergência; d) pedido de assistência internacional.

1.2 Contextualização

Normalmente, o trabalho de resposta a situações de emergência se inicia com ações das principais organizações de proteção e salvamento, como bombeiros e polícia. A partir deste momento, é estabelecido um papel temporário de comandante de operação, que é responsável pela condução do trabalho realizado no local do incidente. A responsabilidade pelo papel pode ser transferida diversas vezes ou agrupar pessoas ao longo da evolução da situação, em função de sua escala. O grupo ou indivíduo que o assume se concentra em unidades móveis, chamadas de Postos de Comando, que ficam situadas próximas ao evento. Seu trabalho envolve a compreensão da situação, elaboração do plano de ações, mobilização de equipes de diferentes organizações, avaliação de riscos, priorização de objetivos, decisões rápidas e coordenação de recursos.

A execução deste trabalho é bastante dinâmica, pois o desdobramento de eventos externos e das próprias ações das equipes modifica a evolução da situação. Isto faz com que seja necessário ao comando atualizar constantemente suas informações sobre as mudanças no contexto para, a partir disso, dar continuidade ao entendimento da situação e realizar novas escolhas (DINIZ *et al.*, 2008).

As decisões tomadas por um comandante de operação em um posto de comando diferem das tomadas em centros ou salas de controle. Enquanto as primeiras são mais relacionadas à dinâmica dos acontecimentos em um local e devem ser pensadas em um curto espaço de tempo, as últimas, realizadas em mais alto nível hierárquico, visam ao alívio da situação como um todo em um prazo mais extenso. Além disso, as decisões no posto de comando são baseadas em poucas informações, que chegam, quase sempre, via rádio, fora de ordem e não são armazenadas. São ocasiões não previsíveis e de alta complexidade, que dependem de grande habilidade do tomador de decisão. Esse tipo de decisão pode ser classificado como 'Não Estruturado' e é mais bem explicado no capítulo 3.

Uma decisão atrasada ou errada pode ocasionar mais danos às vítimas e bens materiais ou até mesmo pôr em risco as próprias equipes de resposta. Por isso, é fundamental que estes indivíduos possuam informações precisas e no momento certo para a compreensão da situação e, conseqüentemente, para que suas avaliações e decisões sejam as mais seguras e acertadas possíveis.

1.3 Caracterização do Problema

A dificuldade de se prover o comando da operação com informações contextuais está em filtrar o **que** realmente deve ser visualizado, **como**, por **quem** e **quando**. O excesso de informações deve ser evitado, pois prejudica a rápida interpretação e tomada de decisões, o que é vital em situações de emergência. Porém, não se pode negligenciar o seu acesso, sob o risco de serem tomadas decisões desinformadas, que podem ser equivocadas e agravar as perdas humanas, econômicas e ambientais.

Outro fator complicador está ligado à incerteza relativa às informações obtidas. Durante operações de resposta a emergências, é bastante comum o recebimento de informações a partir de diversas fontes. Uma delas é a própria população local, vítima ou testemunha do acontecimento, que fornece os primeiros dados às equipes de salvamento. Apesar de serem muito importantes para a construção inicial do cenário encontrado, estes dados não podem ser considerados totalmente confiáveis, devido ao envolvimento emocional destas pessoas com a situação.

As demais fontes são oficiais, porém, dificilmente possuem sistemas de comunicação integrados e padrões e códigos de trabalho unificados. Desta forma, o compartilhamento de informações pode se tornar fragmentado, ambíguo e dissonante. A pressão por tempo, o estresse dos indivíduos envolvidos na operação e a divisão da atenção das pessoas em muitos assuntos simultâneos também contribuem para ocasionar falhas de compreensão das mensagens.

Todos estes fatores indicam a necessidade de se possuir um mecanismo que possa controlar a disponibilização de informações ao comandante da operação, de forma a lhe fornecer os dados que possam realmente contribuir para sua tomada de decisão. Este conjunto deve possuir somente o que seja necessário e suficiente para seu entendimento e processamento mental. Para isto, as informações disponibilizadas devem atender a critérios de utilidade que filtrem o grande volume de dados recebido, proporcionando a entrega da **informação certa para a pessoa certa no momento certo**.

Sendo assim, o problema de apoiar o comando, em postos avançados, na compreensão da situação, gerência de recursos disponíveis e tomada de decisão em emergências urbanas pode ser enunciado como:

Dado um conjunto de condições de uma situação de resposta à emergência urbana, como determinar quais informações contextuais correntes devem ser disponibilizadas ao Comando para apoiar a sua percepção situacional?

1.4 Hipótese

Uma forma de reduzir a dificuldade de se compreender a situação e tomar decisões, sob a pressão do tempo e da responsabilidade de se lidar com vidas humanas, consiste em ampliar o uso de tecnologia de ponta. Sua adoção pode acelerar e tornar mais confiável este processo.

Todavia, esta imposição requer alterações nos processos que já são utilizados com relativo sucesso há bastante tempo. Isto resulta, na prática, no abandono do uso da tecnologia, em razão das alterações que esta impõe em procedimentos que são realizados sob extrema pressão e que foram fortemente treinados (BHAROSA; APPELMAN; DE BRUIN, 2007).

Diante disso, a introdução de forma gradual de tecnologia para apoiar a resposta a emergências se mostra uma opção com maiores possibilidades de êxito. Assim, as primeiras propostas devem procurar respeitar a estrutura hierárquica existente e apoiar as atividades já realizadas com a menor interferência possível no modo atual de trabalho.

A solução escolhida neste trabalho consiste em distinguir as informações com maior utilidade a cada momento para serem providas aos comandantes de operação durante o processo de tomada de decisão. Acredita-se que este enfoque não provoque alterações nos procedimentos realizados costumeiramente e possa contribuir substancialmente para a melhoria da compreensão da situação e, conseqüentemente, seleção das melhores resoluções para os problemas.

Sendo assim, a hipótese desta pesquisa parte do pressuposto de que existe um conjunto de características das informações, típico das situações de emergência, que pode ser utilizado para determinar quais delas devem ser disponibilizadas ao comando sob certas condições. Estas características podem ser encontradas no conhecimento tácito de comandantes mais experientes.

Sendo assim, tal hipótese pode ser enunciada da seguinte maneira:

A disponibilização das informações contextuais correntes baseada em heurísticas sobre a sua utilidade a cada momento pode ampliar e agilizar a construção da percepção situacional do comando e, com isso, permitir a tomada mais rápida de decisões durante a resposta a situações de emergência urbana.

1.5 Objetivos da Pesquisa e Enfoque da Solução

O objetivo geral desta pesquisa é apoiar a criação e manutenção da percepção situacional no processo de tomada de decisão em um posto de comando durante situações de emergência por meio da disponibilização da informação de acordo com sua utilidade em cada momento. Para isto, as seguintes metas intermediárias devem ser atingidas:

- a) definir o conjunto de informações contextuais correntes necessário para a tomada de decisão pelo comando durante a fase de resposta a situações de emergências urbanas;
- b) eliciar os tipos de metainformação associada a estas informações que podem ser utilizados para apoiar a decisão e suas regras de aplicação.

Para a resposta à primeira questão é desejável obter-se um modelo com grande flexibilidade, para atender a unicidade das situações, e, ao mesmo tempo, conciso, para evitar a necessidade de domínio de muitos conceitos por parte dos usuários, o que pode atrasar a comunicação e interpretação das informações.

Não obstante esta meta, o conjunto eliciado para situações de alta complexidade e com grande variabilidade, certamente abrange uma grande quantidade de dados heterogêneos. Por conseguinte, é necessário que se selecione as informações essenciais e adequadas às condições momentâneas, a fim de se evitar a sobrecarga cognitiva do indivíduo que as consumirá.

Para isto, foram eliciadas, por meio de técnicas de Análise do Trabalho Cognitivo (ATC), as estratégias utilizadas tacitamente pelos comandantes para filtrar aquilo que realmente os auxilia em um determinado momento da emergência. Estas estratégias são referenciadas no restante desta dissertação como heurísticas de utilidade da informação e são detalhadas por meio de critérios, apropriados para este âmbito, no capítulo 4.

Com isso, é definido um modelo de utilidade da informação para o apoio a percepção situacional em situações de emergência. Este modelo reúne um conjunto de critérios e regras para disponibilizar as informações contextuais correntes sob determinadas condições da situação enfrentada e em respeito às capacidades cognitivas dos indivíduos.

1.6 Organização do Documento

No capítulo a seguir são caracterizadas as situações de emergência urbana, suas estruturas, organização e processos de trabalho. Além disto, o papel da gestão de conhecimento neste domínio é brevemente discutido, mostrando as oportunidades de apoio

tecnológico encontradas e situando os avanços das pesquisas obtidos até então. O capítulo 3 revisa as etapas do processo de resolução de problemas e os modelos multicritério de tomada de decisão que inspiraram a elaboração da solução proposta nesta dissertação. A importância da percepção situacional neste processo, os problemas da tomada de decisão em geral e suas peculiaridades no âmbito da gestão de emergências são discutidas em seguida. O capítulo 4 descreve detalhadamente o modelo de apoio a percepção situacional proposto, apresentando a heurística de utilidade da informação e os padrões de visualização elaborados. O desenvolvimento de uma ferramenta computacional que aplique a solução proposta para apoiar a percepção situacional e ainda o trabalho colaborativo do comando de operações de resposta a emergências é explicado no capítulo 5. No capítulo seguinte os passos do planejamento e realização de um estudo de caso exploratório são descritos. Seus resultados são também relatados neste capítulo. Por fim, análises críticas do retrospecto da pesquisa, seus produtos gerados e resultados coletados são discutidos no capítulo 7. As conclusões sobre as contribuições, limitações e oportunidades futuras são também apresentadas.

Capítulo 2 - Gestão de Emergências

O significado do termo “desastre” ainda não é uma unanimidade entre os pesquisadores. Quarantelli (1985) já em 1985 discutia a necessidade de se tornar clara sua definição ante a variedade de formas com que é empregado na pesquisa. Mais recentemente, Murria (2004) também o fez, atribuindo a esta diversidade a sua origem linguística.

No campo profissional, as diversas organizações de resposta à emergência em todo o mundo tentam evitar este problema gerando vocabulários padronizados. Esta estratégia visa a facilitar a cooperação local e internacional em caso de grandes catástrofes. Contudo, é encontrada grande variedade de termos que se destinam a descrever acontecimentos críticos nestes glossários. São definidos termos como incidente, acidente, emergência, desastre e catástrofe, que são empregados por cada organização de acordo com sua atuação.

2.1 Conceitos e Classificações de Emergência

Para a Agência Federal de Gestão de Emergências dos Estados Unidos (FEMA, 2010), um **incidente** é “uma ocorrência, natural ou provocada pelo homem, que requer uma resposta para proteger a vida e a propriedade”. Sentido semelhante é conferido pela Associação Ibero-Americana de Organismos Governamentais de Defesa e Proteção Civil (AIAOGDPC), da qual o Brasil faz parte, ao termo **acidente**, definido como um evento não premeditado, embora algumas vezes possa ser previsível, que altera a regularidade dos acontecimentos de forma súbita e causa danos às pessoas e seus bens materiais (AIAOGDPC, 2010). A visão da ONU para o conceito de **emergência** se assemelha a dos termos supracitados, uma vez que se refere a uma situação em que a normalidade já foi rompida e se restringe apenas a determinar a necessidade de se tomar “medidas imediatas para minimizar suas consequências adversas” (ONU, 1992) sem, contudo, procurar delimitar a intensidade da ocorrência.

Porém, para a FEMA e AIAOGDPC, respectivamente, o termo emergência delimita os acontecimentos pela capacidade da comunidade afetada de superar os danos e prejuízos com ou sem o auxílio de recursos externos à localidade. Enquanto para a primeira, uma emergência é uma ocasião que necessita de ajuda Federal para suplementar os esforços do Estado e da localidade vitimada, para a segunda é uma ocasião que não excede a capacidade de resposta local em um país.

No Brasil, segundo a Secretaria Nacional de Defesa Civil (2010), **eventos adversos** são considerados ocorrências causadoras de danos e prejuízos. Seus resultados são os

desastres ou **catástrofes**, que alteram gravemente a ordem da sociedade, provocando grande número de vítimas e severos danos. Uma catástrofe envolve um número excepcional de vítimas e prejuízos. Já os desastres são classificados quanto à origem, evolução e intensidade de danos e prejuízos (SECRETARIA Nacional de Defesa Civil, 1999).

2.1.1 Classificação quanto à origem

Quanto à sua origem, os desastres são classificados em naturais, antropogênicos ou de causa mista, conforme o agente causador do fenômeno ou evento adverso.

Os desastres naturais são provocados por desequilíbrios na natureza e podem ser relacionados a fenômenos siderais, meteorológicos, tectônicos ou das populações de seres vivos. Abrangem, portanto, eventos como impacto de meteoritos, vendavais, chuvas de granizo, inundações, geadas, secas, ciclones, terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas e pragas.

Já aqueles que estão relacionados a ações humanas, se dividem em tecnológicos, sociais e biológicos. Os primeiros são consequência do adensamento populacional urbano sem infraestrutura adequada e comprometimento com a segurança, tais como problemas com produtos perigosos, acidentes com transportes, explosões industriais etc. O segundo tipo se caracteriza por desequilíbrios sócio-econômicos e culturais nos meios urbanos e rurais, o que provoca fome, banditismo, tráfico de drogas, desnutrição e violência. Já os desastres humanos de natureza biológica estão vinculados à ineficiência da saúde pública, provocando pandemias como AIDS, dengue, cólera, dentre outras.

Os desastres de causa mista são aqueles provocados pela interação de atividades humanas com fenômenos naturais. As ocorrências desta categoria costumam afetar profundamente grandes extensões do meio ambiente e alterar o ecossistema. Desertificação, salinização, chuva ácida, efeito estufa e a redução da camada de ozônio são alguns exemplos de desastres de causa mista.

2.1.2 Classificação quanto à evolução

De acordo com a Secretaria Nacional de Defesa Civil, a evolução de desastres pode ocorrer de forma súbita, gradual ou por soma de efeitos parciais. Os eventos súbitos caracterizam-se pela velocidade de evolução, violência e surpresa. Podem ocorrer de forma inesperada ou serem antecedidos por sinais. Este tipo de evento também pode ser sazonal, como as inundações e escorregamentos de solos.

Desastres de evolução gradual são aqueles que apresentam um quadro de agravamento ao longo do tempo, como, por exemplo, seca, desertificação e perda de solo para a agricultura. Já os relacionados à soma de efeitos parciais ocorrem com frequência constante e, com isso, em um prazo determinado produzem danos significativos. Pode-se citar, como exemplo, o fumo, a pandemia de AIDS, tráfico de drogas, acidentes de trabalho e a fome.

2.1.3 Classificação quanto à intensidade do dano

Os desastres também são classificados relativamente em função da importância e intensidade dos danos e prejuízos, diferenciando-se em quatro níveis:

- a) nível I: desastres de pequeno porte ou intensidade com danos causados pouco importantes e prejuízos pouco vultuosos. São facilmente suportados e superados pela comunidade afetada;
- b) nível II: desastres de médio porte ou intensidade que podem ser suportados por comunidades preparadas. Seus danos e prejuízos possuem alguma importância;
- c) nível III: desastres de grande porte ou intensidade com grandes danos e prejuízos e superáveis por comunidades preparadas. Este tipo de desastre requer reforço por parte de recursos estaduais e federais já disponíveis para se restabelecer a normalidade na área afetada;
- d) nível IV: desastres de muito grande intensidade ou porte que causam danos e prejuízos muito importantes e não são superáveis pela comunidade, a menos que recebam ajuda de fora da área afetada.

Nesta dissertação, serão utilizados os termos **evento adverso** e **desastre** da Defesa Civil e **emergência** tal como definido pela ONU. Evento adverso será empregado para referir-se ao fenômeno ou acontecimento causador de uma situação de emergência, seja sua origem natural ou antrópica. Já o segundo e terceiro termos serão utilizados intercambiavelmente com o intuito de se referir à situação de perigo à qual os habitantes, bens materiais e o próprio meio ambiente estão expostos com o acontecimento de um evento adverso sobre um conglomerado urbano. Enquanto o evento é classificado por sua magnitude, a emergência ou desastre são divididos em níveis de intensidade.

A proposta deste trabalho visa a proporcionar apoio em emergências de qualquer um dos quatro níveis de intensidade mencionados anteriormente, sempre que a instalação de um Posto de Comando (PC) for considerada necessária. Esta decisão é condicionada à impressão pessoal e se deve a flexibilidade que esta classificação apresenta. Contudo, a condição da instalação de um PC limita o tipo de desastre referido àqueles que exigem uma mobilização

rápida de grande contingente de socorristas para organizar o trabalho de resposta devido à ocorrência súbita e, muitas vezes, imprevisível, do evento adverso.

2.2 Estrutura de Comando & Controle

As organizações de resposta a emergências normalmente se baseiam em princípios militares. Isso se deve ao momento e forma de sua criação. Os primeiros responsáveis pelo combate a incêndios no Brasil, por exemplo, surgiram durante o Império de D. Pedro II e pertenciam ao Arsenal de Marinha. Em 1880, já com um Corpo de Bombeiros formado, foi promulgado o decreto que concedia condição militar aos oficiais do Corpo (RJ, 2010).

A Defesa Civil também apresenta laços estreitos com a estrutura militar. As primeiras organizações deste tipo foram criadas nos países envolvidos com a II Guerra Mundial. Como participante desta guerra, o Brasil também estabeleceu, em 1942, o Serviço de Defesa Passiva Antiaérea, que, no ano seguinte, teria sua denominação alterada para Serviço de Defesa Civil (SECRETARIA Nacional de Defesa Civil, 2010).

Por isso, são encontrados nas estruturas destas organizações princípios como o de hierarquia e cadeia de comando, ordem e disciplina, centralização e poder. Estes princípios são alguns dos principais a formarem a base da estrutura de Comando & Controle (C2).

Esta estrutura atribui o poder e a responsabilidade do comando a um só indivíduo e determina suas responsabilidades na direção e controle de um grupo de trabalho, tal como estabelecido na definição de C2 do Departamento de Defesa dos Estados Unidos:

O exercício da autoridade e direção por um comandante devidamente designado sobre forças atribuídas e vinculadas para a execução da missão. Funções de comando e controle são realizadas por meio de uma combinação de pessoal, equipamento, comunicações, instalações e procedimentos empregados por um comandante no planejamento, direção, coordenação e controle de forças e operações no cumprimento da missão. (UNITED STATES OF AMERICA, 2010)

Tanto no cenário militar, em operações de guerra, quanto no urbano, em atividades de resposta a emergências, esta estrutura prevê, de forma simplificada, a divisão dos indivíduos em duas categorias ou grupos: o Comando e a Operação. Estas equipes precisam colaborar entre si e compartilhar o conhecimento a fim de obterem êxito em suas atividades. Quanto maior o nível de intensidade do desastre, maior será a quantidade de pessoas e organizações trabalhando, o que torna mais difícil a comunicação e a gestão do conhecimento devido ao enorme volume de dados heterogêneos (CAREEM; BITNER; DE SILVA, 2007). A Figura 1 (OCHOA *et al.*, 2007) mostra como são estabelecidos os relacionamentos entre as equipes de operação e comando das organizações que tipicamente atuam em uma situação de emergência urbana.

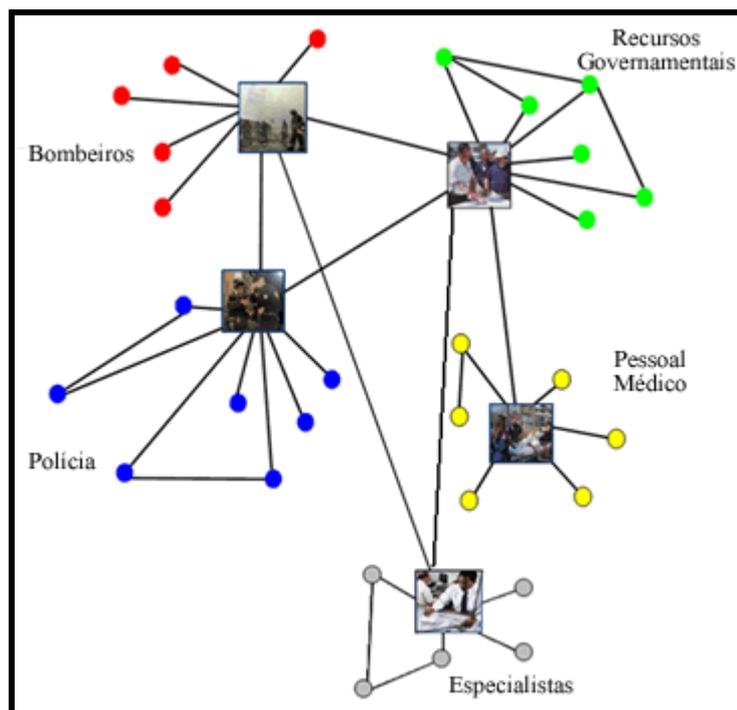


Figura 1. Organizações que compõem o trabalho de resposta a uma emergência urbana (OCHOA *et al.*, 2007)

A equipe de Operação é formada pelos indivíduos responsáveis pela realização do socorro. Este grupo trabalha na linha de frente da emergência, resgatando vítimas, realizando atendimentos médicos, orientando as pessoas, dentre outras tarefas. Suas atividades são intensamente colaborativas e precisam de alto grau de coordenação a fim de se obter os resultados almejados sem comprometer a segurança própria.

Acompanhando este trabalho estão os indivíduos da Sala ou Centro de Comando (CC). Além de informar as ordens a serem executadas e fornecer informações que possam ser úteis ou que tenham sido solicitadas, o comando monitora o desdobramento dos fatos, avaliando as mudanças ocorridas na situação com o intuito de planejar os próximos passos. Devido ao seu distanciamento do local da ocorrência, sua percepção situacional é construída a partir dos relatos que lhe são enviados pelas equipes de operação.

Mais próximos do local da ocorrência estão os Comandantes de Operação (também chamados de Comandantes de Incidente). De acordo com a definição do Sistema Nacional de Gestão de Incidentes dos Estados Unidos (*National Incident Management System - NIMS*), (NIMS, 2008) estes comandantes são responsáveis pelo desenvolvimento de estratégias e táticas, pela distribuição de ordens às equipes e por gerir todas as operações realizadas no local da emergência. Seu trabalho é realizado no Posto de Comando, que pode ser uma instalação móvel montada ou um veículo estacionado na parte frontal da ocorrência. Enquanto

os Centros de Comando são equipados com diversos equipamentos de comunicação e grandes bases de dados, estas unidades móveis possuem acesso mais restrito aos dados da ocorrência.

Outra diferença está no tipo de decisão tomada. Nos Centros de Comando, trabalham autoridades e comandantes das organizações. Sendo assim, suas avaliações e escolhas são mais focadas no planejamento de atividades para a estabilização da situação como um todo e em um prazo ligeiramente mais extenso. Já nos Postos de Comando, as decisões tomadas por um comandante de operação são mais relacionadas à dinâmica dos acontecimentos e devem ser tomadas muito rapidamente para salvar vidas ou evitar o agravamento dos problemas. São baseadas em poucas informações que apresentam alto grau de incerteza.

2.3 Processo da Gestão de Emergências

Uma situação de emergência urbana inicia-se com a existência de uma vulnerabilidade local. A ela combinam-se a ocorrência de um evento adverso e a incapacidade de se combater e mitigar completamente seus efeitos. O resultado disto são os danos e perdas humanas e prejuízos econômicos e ao meio ambiente.

A Gestão de Emergências (GE) é a disciplina que aplica ciência e tecnologia para lidar com estes eventos por meio de avaliações de riscos, planejamento de ações para reduzir sua probabilidade de incidência ou seus impactos, coordenação de recursos, execução de operações de socorro e assistência e reabilitação da área e da população afetadas.

Suas atividades se distribuem entre quatro fases que se relacionam de forma cíclica: mitigação (*mitigation*), preparação (*preparedness*), resposta (*response*) e recuperação (*recovery*) (MILETI, 1999; FEMA, 2007). Este ciclo é mostrado na Figura 2.



Figura 2. Fases do ciclo de gestão de emergências

2.3.1 Mitigação

A fase de mitigação é realizada muito antes da ocorrência de um evento adverso e se repete após seu término. Esta etapa se refere às políticas e atividades que visam a reduzir a vulnerabilidade de uma população ou minimizar os efeitos prejudiciais de desastres futuros e inevitáveis. É iniciada pela identificação e avaliação dos perigos existentes e seguida pelo planejamento e execução de medidas em longo prazo. Dentre estas medidas estão planos de ocupação de terreno, construção de estruturas de proteção, tais como diques, escoadouros de água etc., legislações e aplicação de sanções, adoção de melhores padrões e técnicas na engenharia e alocação de abrigos.

2.3.2 Preparação

Esta fase, que deve ser realizada constantemente antes da ocorrência de um desastre, compreende ações que ampliam a capacidade de se responder com êxito a situações de emergência. Incluem a elaboração de planos de emergência, treinamento de pessoal, realização de exercícios interorganizacionais, avaliação constante dos planos, manutenção de abrigos, recursos e equipamentos e realização de estudos e previsões sobre os impactos e necessidades geradas na ocorrência de um determinado desastre. Além disso, medidas envolvendo a população civil também podem ser adotadas, tais como treinamento de voluntários, testes de sistemas de comunicação e alerta e exercícios de evacuação.

2.3.3 Resposta

A fase de resposta é considerada a mais complexa e, por conseguinte, a mais estudada entre todas. Alguns dos fatores que a caracterizam desta forma são a imprevisibilidade, velocidade dos acontecimentos, número de envolvidos, pouco tempo para decidir e agir, indisponibilidade de recursos, incerteza sobre a percepção situacional, pressão e estresse dos participantes.

Esta fase objetiva salvar vidas e evitar maiores perdas econômicas e ambientais. Inicia-se logo após a ocorrência de um evento adverso com impactos sobre uma comunidade e finaliza-se ao término da estabilização da situação. Consiste, a princípio, em colocar em ação os planos elaborados e exercitados. Porém, como cada emergência é única, esses planos podem não ser aplicáveis e, com isso, torna-se necessário também que o pessoal envolvido tome atitudes inéditas e crie procedimentos distintos dos planejados durante a execução do trabalho (TURNER, 1995).

Suas principais atividades incluem a mobilização e coordenação de recursos, avaliação de riscos, priorização de objetivos, combate aos perigos deflagrados, atendimento médico, busca e salvamento e orientação e acolhimento dos desabrigados. Diniz *et al.* (2005) define, de forma simplificada, esta fase como um ciclo composto por três etapas. Primeiro, a situação é compreendida e decisões a seu respeito são tomadas. Em seguida, as ações escolhidas são realizadas, o que afeta, junto com eventos externos, o contexto situacional. Isto gera nova necessidade de atualização das informações sobre a emergência para que novas decisões sejam tomadas.

2.3.4 Recuperação

A fase de recuperação inicia-se tão logo o perigo está controlado. Sua função principal é reparar, reconstruir ou reconquistar o que foi perdido com o desastre, o que pode durar semanas, meses ou até anos para ser concluído. Esta é a fase menos estudada e organizada dentre todas e, por isso, executada mais precipitadamente, tornando-se também a mais custosa (COPPOLA, 2007). Suas ações são tanto em curto prazo, visando ao restabelecimento de serviços vitais para a população, quanto em longo prazo, para reconstruir a infraestrutura destruída e recuperar a economia local e o moral da população. É muito comum pensar-se nesta etapa como sendo composta por ações tomadas para retornar a comunidade ao normal. Entretanto, neste momento existe a oportunidade singular de se tomar medidas que reduzam os riscos ou efeitos de um novo desastre, conforme o princípio “reconstruir melhor”² (KENNEDY *et al.*, 2008). Este princípio tem sido amplamente discutido desde seu aparecimento na recuperação dos estragos do tsunami na Ásia em 2004 (UNICEF, 2005) e vem sendo aplicado em vários outros desastres, tais como o do terremoto no Haiti em 2010 (OECD, 2010), com o intuito de tornar estas comunidades mais resilientes.

2.4 Gestão do Conhecimento em Emergências

O conceito de conhecimento possui distintos sentidos atribuídos hoje em dia. Epistemologicamente, sua definição é a de “crença verdadeira justificada”. Para Nonaka (1994), há uma diferença crítica entre esta visão e a de sua teoria da criação de conhecimento. Enquanto a primeira atribui uma natureza não humana, absoluta e estática, focada na veracidade, a segunda credita às crenças pessoais o ponto central de sua definição e percebe o conhecimento como um processo humano dinâmico que almeja justificar tais crenças como parte da aspiração pela verdade.

² Traduzido de “build back better” pelo autor

Um aspecto relevante desta visão é a distinção entre **dado, informação, conhecimento e sabedoria**.

O primeiro refere-se a fatos ou observações em estado bruto, sem organização ou processamento. De acordo com Davenport e Prusak (1997), são facilmente estruturados, capturados por máquinas e transferíveis e frequentemente quantificados.

Peter Drucker (1988) define informação como “dados dotados de relevância e propósito”. De acordo com a visão “ecológica” de Davenport e Prusak (1997), a informação pode assumir significados distintos em uma organização e pode ser ou não facilmente armazenada em computadores, sendo a tecnologia apenas mais um componente deste ambiente. Ainda segundo os autores, quanto mais complexo um modelo de informações, menos útil este será. Nonaka (1994) a define como um fluxo de mensagens, a representação de um dado aplicado em um contexto e possivelmente com uma interpretação humana. A informação está relacionada à maneira como o indivíduo percebe algo. Todos, portanto, concordam que a informação corresponde aos dados situados com um propósito em um contexto.

O conhecimento distingue-se por tratar da compreensão da informação pelo indivíduo e sua capacidade de saber como agir a partir dela (SVEIBY, 1997). Para Davenport e Prusak (1997), ele inclui contexto, significado e uma interpretação particular e sintética de muitas fontes de informação ao longo do tempo.

Bellinger (1997) acrescenta ainda o conceito de sabedoria. Para o autor, conforme aumentam o entendimento e a conexidade, o dado se transforma em informação, conhecimento e, por fim, sabedoria. Esta última consiste em se compreender o que o conhecimento realmente é por meio de princípios fundamentais.

Estes quatro conceitos são tratados costumeiramente como uma hierarquia, tendo em vista que, de dado a sabedoria, passando pela informação e conhecimento, há um processo sucessivo de agregação de valores, interpretações, análises, reflexões e experiências pessoais que enriquecem o substrato anterior. Uma maneira de se representar tal hierarquia, proposta por Bellinger (1997), é mostrada na Figura 3.

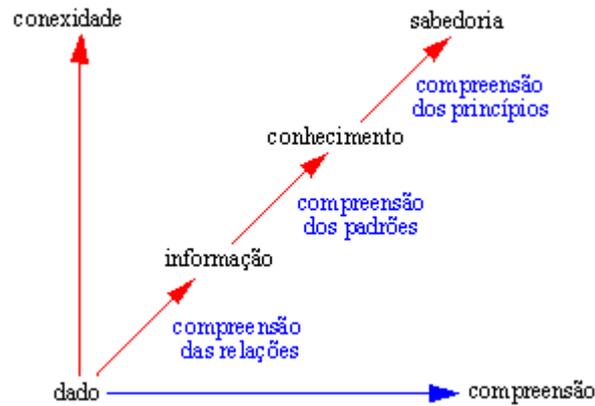


Figura 3. Relacionamento entre dado, informação, conhecimento e sabedoria (Bellinger, 1997)

A Gestão do Conhecimento (GC) é outro conceito bastante amplo e utilizado de diversas maneiras em distintas áreas de pesquisa (ALVESSON; KÄRREMAN, 2001). As definições que mais se assemelham aos interesses deste trabalho se encontram na área de negócios que, com o intuito de tornar as organizações mais competitivas no mercado, se concentrou nas ideias de aprendizado e cultura organizacional, trabalho baseado em conhecimento e empresas de conhecimento intensivo (*Knowledge-Intensive Firms*).

Neste âmbito, Nonaka e Takeuchi (1997) consideram as formas tácita e explícita do conhecimento e suas transformações por meio de processos que se sucedem em uma espiral. Enquanto o primeiro tipo se traduz em experiências e crenças individuais, o segundo refere-se ao conhecimento que pode ser transmitido em linguagem formal e sistemática. A Figura 4 representa a espiral proposta pelos autores e as formas de geração e conversão do conhecimento, tratadas como “um diálogo contínuo [...] que conduz a criação de novas ideias e conceitos”. Apesar de a criação poder ocorrer em qualquer um dos quatro modos, a teoria dos autores deixa claro que o principal tema é tornar a organização geradora de conhecimento, por meio da interação e conversão entre os seus tipos.

A geração de conhecimento tácito a partir de outro tácito, que pode ocorrer por prática, observação ou convivência com indivíduos mais experientes, é chamada de **socialização**. Nonaka (1994) aponta dois fatores para a qualidade deste tipo de conhecimento: a variedade da experiência individual e o envolvimento e comprometimento do trabalhador com ela. A **exteriorização** é a conversão para a forma explícita e sua comunicação aos demais. Isto pode ser feito pela criação de manuais ou outras formas de ensino. A **combinação** refere-se à geração de conhecimento explícito e pode se dar por meio de união, classificação ou síntese. Já a **incorporação** corresponde ao enriquecimento do conhecimento individual por assimilação do organizacional explícito e pode ocorrer mediante métodos de aprendizagem,

leitura ou debates. Finalmente, o processo se reinicia com a aplicação dos novos conhecimentos para gerar ideias ou inovações em patamares mais elevados.

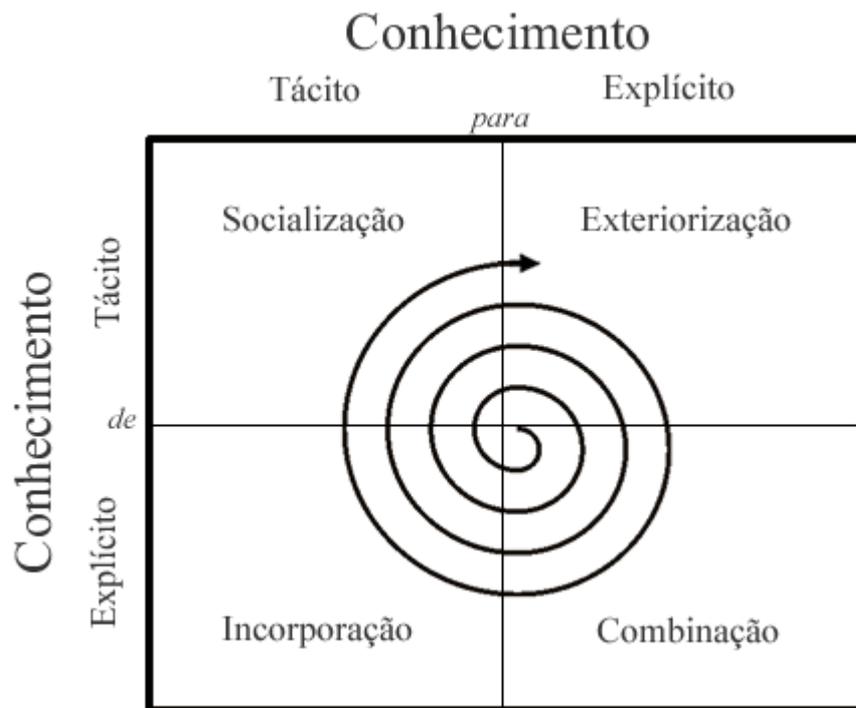


Figura 4. Espiral do Conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1997)

Davenport e Prusak (1998) categorizam as atividades de GC em geração, codificação, coordenação e transferência. A primeira e a última são utilizadas com o mesmo significado, respectivamente, de “criação” e “disseminação” propostos por Nonaka e Takeuchi. Já a codificação significa a conversão ou transformação do conhecimento, tácito ou explícito, para formatos mais adequados para o entendimento. O que os distingue dos primeiros autores é a crença de que o conhecimento tácito é quase impossível de ser codificado.

Para Wiig, “a GC é para entender, focar em, e gerenciar sistemática, explícita e deliberadamente a construção, renovação e aplicação do conhecimento – ou seja, gerir processos de conhecimento eficazes” (WIIG, 1997, p.3). Por construir, renovar e aplicar, o autor refere-se à aquisição, descoberta e inovação constantes, transformação, em sua forma explícita, e incorporação. Apesar de não mencionar a distribuição nestas categorias mais generalizadas, o autor menciona a transferência e o compartilhamento como funções operacionais e de percepção do valor do conhecimento. Além disso, difere-se de Nonaka e Takeuchi por manter seu foco centrado no conhecimento explícito.

Analisando estas três definições, pode-se perceber que os autores, apesar de divergirem ligeiramente no enfoque e nas categorias utilizadas, delineiam processos sistemáticos de **criação, disseminação, incorporação e reaplicação** do conhecimento para

aumentar a eficácia, competitividade e o retorno obtido com o seu emprego em conformidade aos objetivos das organizações. Além disso, melhores decisões podem ser tomadas no plano estratégico sabendo-se gerenciar o conhecimento.

Estes processos são igualmente encontrados entremeados na Gestão de Emergências (GE) e, da mesma forma que ocorre nas empresas, o conhecimento exerce um destacado papel nesta área. Sua coleta, armazenamento e disponibilização são bastante estudados em todas as fases da GE e partes da estrutura de Comando e Controle. Suas peculiaridades neste âmbito estão relacionadas à pluralidade de organizações envolvidas e, conseqüentemente, grande quantidade de dados heterogêneos. A velocidade da coleta de informações e sua volatilidade são, também, bastante diversificadas conforme a fase da GE e o tipo de situação de emergência. Outro fator que representa grande desafio para a pesquisa é a distribuição da “informação correta no momento adequado para as pessoas que as precisam”.

O atentado de 9 de Setembro de 2001 no World Trade Center, em Nova Iorque, apresenta exemplos de falhas na gestão do conhecimento durante a resposta a esta emergência. O relatório produzido para o Departamento de Bombeiros do estado mostra que 347 combatentes morreram devido à falta de informação. Mesmo os comandantes nos postos de comando não tinham acesso aos relatórios da televisão e do helicóptero da polícia, o que resultou em decisões desinformadas e que levaram à destruição temporária de um posto de comando e a permanência dos bombeiros nos edifícios que colapsaram (MCKINSEY, 2010).

Para o comando, além do conhecimento armazenado em bases de dados e nos planos de emergência, é fundamental receber informações atualizadas a respeito do desdobramento da operação, sobre o trabalho de cada equipe e localização de recursos. A análise posterior de suas decisões também agrega novo conhecimento que deve ser mantido e distribuído.

Não só o comando necessita de conhecimento em seu trabalho. Os procedimentos e técnicas de combate à emergência devem estar explícitos em manuais e internamente absorvidos por meio de treinamentos pelo pessoal da operação. Durante a fase de resposta, certas informações podem facilitar seu trabalho, bem como salvar suas vidas. Entretanto, esse pessoal não dispõe de tempo ou mãos livres para acessar tais informações, o que pode ser suprido com o emprego de tecnologia, como, por exemplo, o uso de sensores e dispositivos móveis acoplados ao uniforme ou capacete.

Em todas as fases da GE encontram-se abordagens centradas em conhecimento para apoiar o trabalho. Isto demonstra que a complexidade do trabalho realizado evoluiu proporcionalmente à elevação da magnitude dos eventos adversos. Algumas destas propostas são apresentadas na seção 2.5.

Durante a fase de mitigação, é importante possuir informações sobre os riscos e vulnerabilidades as quais estão expostas certas áreas ou comunidades com o intuito de se elaborar ações que minimizem os perigos. Informações sobre a legislação local e medidas adotadas em outras regiões ou países podem ser úteis para esse trabalho. É fundamental que o conhecimento seja gerenciado e compartilhado efetivamente para que ideias criativas para estas ações possam surgir nesta fase.

Já na fase de preparação, o ciclo de coleta, armazenamento, representação e distribuição de conhecimento é bastante transparente na realização das atividades de elaboração de planos de emergência, execução de simulações e suas análises posteriores e realimentação dos planos com novas informações.

A fase de resposta talvez seja a mais intensiva com relação ao compartilhamento de informações. Padilha (2010) analisou as comunicações entre Comando e Operações com a finalidade de apoiar tais fluxos colaborativamente. De acordo com seus resultados, as equipes de Operação relatam ao Comando o estado da situação, os resultados de suas ações e solicitam apoio, que pode ser de recursos humanos, materiais ou de conhecimentos específicos. Por outro lado, o Comando pode solicitar informações a respeito do contexto, enviar ordens e apoio informacional à Operação. Há ainda fontes externas que participam, podendo gerar informações tanto a partir do Comando, por meio da central de atendimento, quanto para a Operação, por meio de comunicados no local da emergência. Estas trocas de informação no ambiente de Comando e Controle são mostradas na Figura 5.

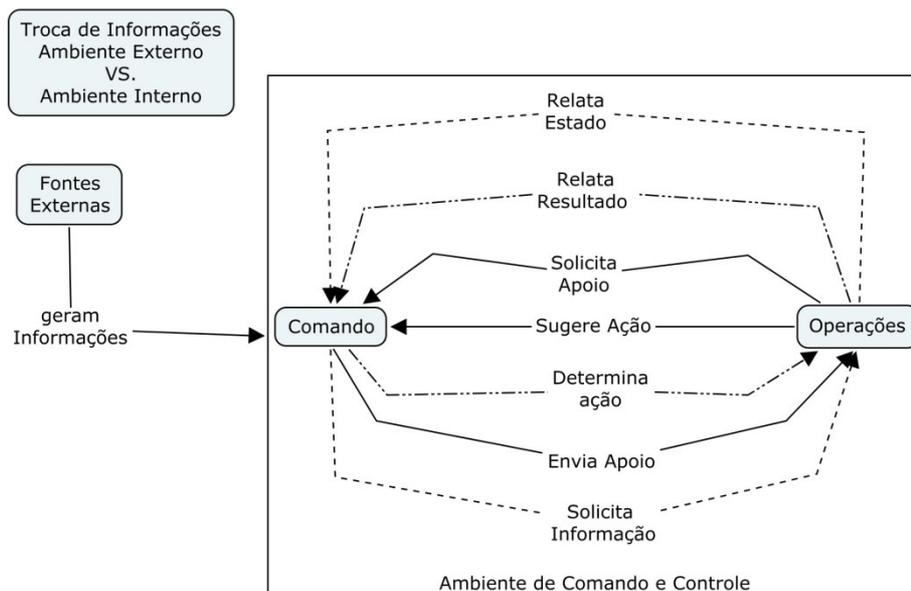


Figura 5. Fluxos de informações no ambiente de Comando e Controle (PADILHA, 2010)

Segundo Diniz *et al.* (2005), o conhecimento envolvido nesta fase distribui-se em três categorias, esquematizadas na Figura 6: Pessoal Prévio (CPP), Formal Prévio (CFP) e

Contextual Atual (CCA). O primeiro é altamente pessoal e refere-se ao aprendizado com treinamentos e simulações das condições reais e pela vivência em experiências anteriores. Sua importância está na agilidade que provê para a tomada de decisão. Os outros dois tipos tratam do contexto, distinguindo-se, principalmente, pelo momento de sua aquisição e volatilidade. O Conhecimento Formal Prévio provém de fonte confiável e já está armazenado em planos de emergência, mapas do local, plantas de edificações etc. antes da ocorrência da emergência. É, portanto, um conhecimento explícito e que não sofre alterações durante o andamento da situação. Por fim, o resultado das ações das equipes de operação e a própria evolução da emergência modificam o cenário de trabalho e precisam ser considerados nas decisões futuras. Este tipo de conhecimento, de natureza dinâmica, muda constantemente e é definido como Contextual Atual. Precisa, primeiro, ser percebido, para, em seguida, ser processado e aproveitado para o entendimento da nova configuração da situação. Estas tarefas devem ser realizadas rapidamente, pois sua validade no decorrer do tempo pode ser curta.

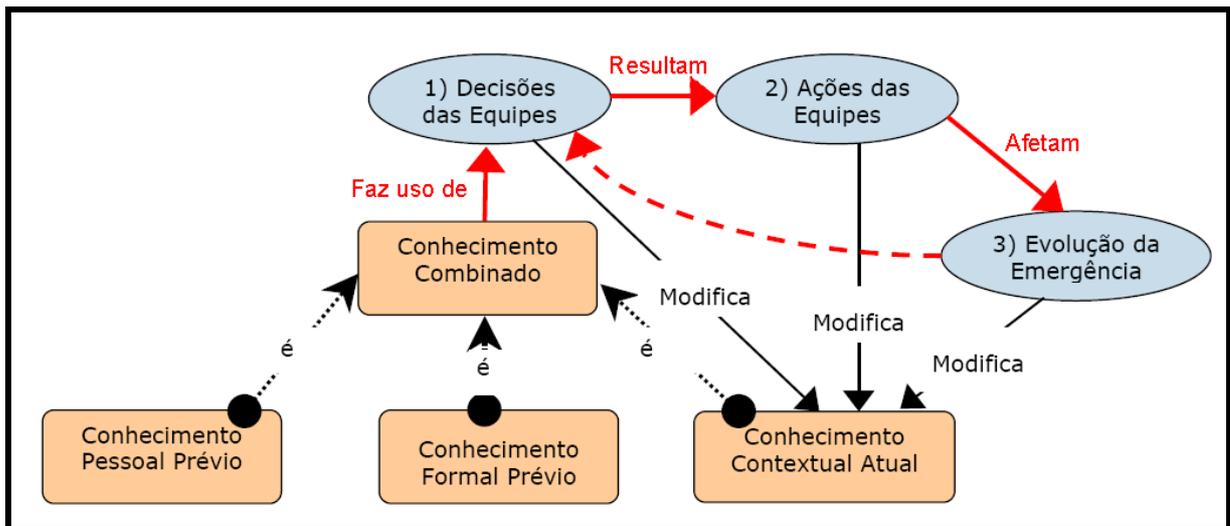


Figura 6. Mapa conceitual do conhecimento envolvido durante a resposta a emergências (DINIZ, 2006)

Após o controle da situação, tanto as informações sobre os danos e prejuízos causados quanto às relativas aos riscos e vulnerabilidades, já eliciadas na fase de mitigação, devem ser utilizadas de forma combinada para se iniciar a reconstrução da vida das pessoas, do meio ambiente e da economia e a recuperação dos serviços afetados. As primeiras, referentes ao estado atual da situação, precisam ser disseminadas rapidamente às organizações envolvidas nesse trabalho para poderem ser utilizadas nas tomadas de decisão e priorização das ações de assistência e restabelecimento da normalidade. Estas medidas envolvem, por exemplo, a logística para manutenção dos abrigos, provimento de alimentação e condições mínimas para o retorno das pessoas à suas habitações. Há ainda a incorporação de conhecimento sobre as estruturas danificadas para o planejamento de sua reconstrução em médio prazo.

2.5 Sistemas Computacionais para Gestão de Emergências

As organizações que trabalham com Gestão de Emergências vêm empregando ferramentas computacionais, principalmente desde a década de 90, para apoiar suas atividades (JOHANSSON; TRNKA; GRANLUND, 2007). Analisando as abordagens dos últimos cinco anos da década de 2000, percebe-se claramente que a grande maioria se divide entre as fases de Preparação e Resposta a emergências. Além disso, mantém seu foco nos conhecimentos formal prévio e contextual atual e apóia o centro de comando ou a operação. Como pode ser percebido no Quadro 1, são poucas as propostas que auxiliam o trabalho no Posto de Comando, objeto de estudo desta pesquisa.

	SISTEMAS COMPUTACIONAIS DE APOIO A GESTÃO DE EMERGÊNCIAS									
	Quem?			Quando?				Como?		
	Operação	Centro de Comando	Posto de Comando	Mitigação	Preparação	Resposta	Recuperação	CPP	CFP	CCA
(JIANG <i>et al.</i> , 2004)	X					X				X
(TATOMIR; ROTHKRANTZ, 2005)	X					X				X
(ALDUNATE <i>et al.</i> , 2006)	X					X				X
(CARMINATTI, 2006)		X		X				X		
(DINIZ, 2006)		X				X				X
(LLAVADOR <i>et al.</i> , 2006)		X			X				X	
(MEISSNER <i>et al.</i> , 2006)	X	X	X			X			X	X
(ANDRIENKO; ANDRIENKO, 2007)		X				X			X	
(BABER <i>et al.</i> , 2007)	X					X				X
(BELLO <i>et al.</i> , 2007)	X		X			X			X	X
(BONFIGLIO <i>et al.</i> , 2007)	X					X				X
(CAREEM; BITNER; DE SILVA, 2007)		X				X			X	
(CARROL <i>et al.</i> , 2007)		X				X			X	
(ERNST; OSTROVSKII, 2007)		X				X			X	X
(FRÖHLICH; SIMON; KAUFMANN, 2007)	X					X			X	
(JOHANSSON; TRNKA; GRANLUND, 2007)		X				X			X	
(LÖFFLER <i>et al.</i> , 2007)	X		X			X			X	X
(MEISSNER, ECK, 2007)		X				X			X	
(OCHOA <i>et al.</i> , 2007)	X					X			X	
(BADER; MEISSNER; TSCHERNEY, 2008)		X				X			X	
(BERG-CROSS, 2008)		X				X				X
(SAMUELSON <i>et al.</i> , 2008)		X			X			X		
(DE WALLE; TUROFF, 2008)		X				X			X	
(BERGSTRAND; LANDGREN, 2009)	X	X				X				X
(ENGELMANN; FIEDRICH, 2009)		X			X			X		
(FITRIANE; ROTHKRANTZ, 2009)	X	X				X				X
(RASKOB; GERING; BERTSCH, 2009)		X				X			X	
(SAPATEIRO, ANTUNES, 2009)		X				X				X
(CANÓS <i>et al.</i> , 2010)		X				X			X	X
(GUPTA; KNOBLOCK, 2010)		X				X				X
(MONARES <i>et al.</i> , 2010)	X					X			X	X
(PADILHA, 2010)	X	X				X			X	X

Quadro 1. Classificação das abordagens de sistemas computacionais para emergências

2.5.1 Abordagens de apoio a equipe de operação

O objetivo destas abordagens, em sua maior parte, é transferir as informações sobre a situação em campo para o grupo de comando, localizado em uma sala ou em um posto avançado, e consultar dados disponíveis no quartel da organização. Para isto, as tecnologias mais exploradas têm sido as de dispositivos móveis, tais como *Personal Digital Assistants* (PDAs), Smartphones, Tablet PCs e outros dispositivos que possam ser acoplados ou embutidos nos uniformes, chamados de *wearable devices*. Pretende-se, desta forma, evitar que estas pessoas tenham que portar grandes equipamentos ou computadores, o que atrapalharia sua locomoção e, portanto, seu trabalho. Ainda assim, a entrada de dados deve ser rápida e direta, enquanto que a visualização dos dados recebidos deve ser simples e focada.

Para Bello *et al.* (2007), a comunicação na resposta a uma emergência é um recurso vital, porém, frágil em sua organização e tecnologia. Para isto, apresentam um fluxo de comunicação para organizar a troca de informação e, com isso, garantir que as infraestruturas móveis ubíquas possam funcionar corretamente. Os autores desenvolveram um sistema de informações para situações de emergência se baseando nas diretrizes do projeto *Aplicación en Red para Casos de Emergencia* (ARCE) e utilizando o *framework* para computação ubíqua UILE. Com isso, é possível organizar e garantir o fluxo de informações entre o pessoal de resposta, equipado com PDAs, e os escritórios móveis, que possuem infraestrutura de redes e são montados em áreas próximas aos desastres, de modo a atuar como um servidor para as equipes móveis distribuídas.

Já Neyem, Ochoa e Pino (2008) propõem uma arquitetura de software chamada Service-Oriented Mobile Units (SOMU) com a finalidade de descentralizar os dados e serviços em redes móveis, chamadas de *Mobile Ad-hoc Networks* (MANETs). Cada unidade funciona autonomamente e pode prover e consumir serviços com pouco acoplamento a outras unidades, de forma a contribuir para a colaboração sob demanda entre pessoas dispersas e de equipes distintas. Em outro trabalho, Neyem, Ochoa e Pino (2006) também desenvolvem uma estratégia para compartilhar dados neste tipo de rede, fazendo uso de algoritmos de sincronização e reconciliação de dados entre os dispositivos móveis para contornar a instabilidade e a pequena largura de banda.

Monares *et al.* (2010) propõem o aproveitamento do tempo de viagem dos bombeiros para enviar, por meio de dispositivos móveis, conhecimento formal prévio sobre a região do desastre. Isso inclui a localização de pontos de interesse, como hidrantes, por exemplo, e informações sobre outras unidades e suas disponibilidades para servirem como possíveis

reforços. De forma complementar, Jiang *et al.* (2004) trabalham a troca de informações contextuais correntes entre os dispositivos móveis das equipes de operação e o posto de comando de forma implícita por meio de sensores.

Outras tecnologias que não necessitam de quase nenhuma intervenção humana vêm sendo estudadas para apoiar as equipes de resposta a emergências. Fröhlich, Simon e Kaufmann (2007) investigaram o uso de realidade aumentada para fornecer informações a respeito de objetos e construções. Esta abordagem permite a interação da informação virtual com a espacial e maior precisão entre as tarefas e objetivos do usuário, uma vez que o mesmo pode utilizar um dispositivo com a tecnologia *Point-to-Discover*, que permite, apenas apontando para um objeto diretamente, que se transmita informações sobre ele. Já Bonfiglio e seus colegas (2007) desenvolveram um uniforme equipado com sensores e transmissores para fornecer automaticamente ao comando informações a respeito de seus dados físicos, posicionamento e a presença de possíveis fontes de perigo. Para isso, foi preciso estudar a disposição destes artefatos sem que os mesmos restringissem os movimentos ou aumentassem muito o peso do uniforme.

2.5.2 Abordagens de apoio ao comando

O grupo de Comando e Controle é responsável pelas decisões e gerenciamento de recursos durante a ocorrência de um evento. Para que estas decisões possam ser tomadas da melhor maneira possível, é preciso que sejam baseadas em conhecimento contextual atual, por meio da percepção da situação enfrentada pelas equipes de operação, e em conhecimento formal prévio, que, geralmente, costuma estar armazenado em bancos de dados disponíveis no centro de comando e controle. Por isso, diversas abordagens que visam a apoiar a decisão com base nestes dois tipos de conhecimento têm sido propostas.

Carrol *et al.* (2007) conduziram experimentos com problemas a serem resolvidos em grupo, contando com o apoio apenas de mapas individuais e um compartilhado, em papel, *post-its* e canetas, a fim de levantar os principais requisitos para um sistema de informações geo-espaciais para planejamento colaborativo de resposta a emergências. Dentre todos os requisitos eliciados, destacam-se a capacidade de adicionar notas, o uso de ícones para representar objetos, possibilidade de realçar objetos no mapa, uso de cores para identificar severidades, sincronização de dados entre os mapas de cada participante e o compartilhado, contato por voz e exibição de detalhes sobre os objetos quando solicitado.

Ernst e Ostrovskii (2007) e Andrienko e Andrienko (2007) também estudaram a visualização inteligente de informações em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), porém,

com foco na apresentação específica para cada papel envolvido e seu contexto. Para isso, ambos utilizam visualização temática, interpretação da necessidade e da intenção do usuário e conhecimento específico do domínio, documentado em ontologias. Ernst e Ostrovskii ainda defendem o uso de imagens em três dimensões para melhorar a orientação e fornecer mais detalhes sobre a área, além de considerar a dimensão temporal dos acontecimentos sobre os objetos representados.

Por outro lado, Careem, Bitner e De Silva (2007) enxergam alguns problemas ainda na adoção de Sistemas de Informações Geográficas, tais como a necessidade da presença de um especialista em análises nestes sistemas, a falta de dados espaciais e de padronização das informações dos diferentes SIGs. Para o projeto Sahana, foi idealizada uma mistura de ferramentas do tipo SIG para fazer uso dos dados espaciais disponíveis. Estas ferramentas podem adquirir tais informações e trabalhá-las de forma comum, dado que aderem a uma mesma padronização proposta.

Por fim, com o intuito de responder esta questão sobre a melhoria do desempenho de equipes utilizando SIGs, Johansson, Trnka e Granlund (2007) realizaram simulações em micro-mundos com algumas equipes providas de sistemas de informação e outras somente com artefatos físicos reais, como mapas em papel. Os resultados mostraram que as equipes de comando utilizando SIGs obtiveram melhor desempenho e necessitaram de menor número de mensagens trocadas. Isto mostra que o gargalo temido pela dificuldade técnica de se utilizar um sistema novo não é capaz de afetar o desempenho das tarefas. Para amenizar ainda o impacto dessa introdução de uma nova tecnologia, Bharosa, Appelman e De Bruin (2007) sugerem a criação de um novo papel a ser desempenhado no posto de comando: o gerente de informação. Este papel cuida do fluxo da informação e da apresentação para o grupo de tomadores de decisão, auxiliando-os durante a criação da percepção situacional e tomada de decisão.

Uma tecnologia pouco adotada em Gestão de Emergências é a de mesas digitais nas salas de controle. Bader, Meissner e Tscherney (2008) propõem o uso de dispositivos Fovea-Tablett® de forma complementar às mesas, permitindo uma mistura de comunicação em grupo com trabalho individual, conforme ilustra a Figura 7. Além disso, são captados os gestos e movimentos realizados com as mãos sobre a mesa para realizar operações como, por exemplo, mover ou selecionar objetos no mapa. Este tipo de tecnologia difere da computação tradicional devido às mudanças de perspectivas, com a visão horizontal das informações, e da forma de interação dos usuários. Importantes trabalhos com estas mesas digitais vêm sendo desenvolvidos nas áreas de suporte computacional ao trabalho colaborativo e interface

humano-computador, porém, sem considerar as peculiaridades da área de gestão de emergências.



Figura 7. Emprego de mesas digitais para auxiliar a tomada de decisão no comando

2.5.3 Abordagens de apoio ao comando e às equipes de operação

Algumas abordagens mais avançadas, decorrentes de projetos de longa duração, visam a apoiar tanto o grupo de operação quanto o de comando e controle. Um exemplo é o projeto MikoBos, em que Meissner *et al.* (2006) propõem um sistema móvel de informação e comunicação que permite interligar a sala de controle, o comando da operação e o pessoal da frente de resposta. Desta forma, as informações em bancos de dados no quartel, como, por exemplo, sobre materiais perigosos e mapas, podem ser acessadas pelo comando da operação e as alterações na situação podem ser informadas de volta ao quartel. A arquitetura do sistema permite a comunicação sem fio entre a equipe de resposta e o comando e por diversas alternativas, como, por exemplo, satélite e rádio e, entre o comando e o quartel, por GSM/GPRS/UMTS.

Meissner e Eck (2007) estendem este trabalho incluindo uma mesa digital, para a sala de controle, que permite a visualização de mapas em grande escala, porém, baixa resolução, com visões aéreas ou de satélites que possibilitam gerenciar as tarefas e entender o cenário. Pode ser utilizado sobre esta mesa um dispositivo Fovea-Tablet®, que oferece maiores detalhes e alta resolução sobre a área que este sobrepõe o mapa. É possível ainda utilizar mais

de um dispositivo destes e interagir com uma caneta digital. Esta integração com o MikoBos facilita a coordenação de operações com várias equipes. Entretanto, ainda é preciso evoluir o controle dos objetos em movimento e há a possibilidade dos próprios veículos enviarem um sinal de GPS que os posicionaria no mapa.

Capítulo 3 - Tomada de Decisão e Resolução de Problemas

Quase todas as atividades humanas envolvem decisões, sejam estas triviais ou críticas. Uma decisão pode ser entendida como uma escolha, realizada por um indivíduo ou um grupo, de uma alternativa, dentre várias disponíveis, a ser executada em resposta a um problema identificado ou potencial. Parmigiani, Inoue e Lopes (2009) definem a tomada de decisão sob incerteza como “fazer escolhas cujas consequências não são completamente previsíveis, pois eventos irão ocorrer no futuro que afetarão as consequências das ações tomadas agora”. É um processo, portanto, subjetivo, que depende da percepção e julgamento do responsável, exigindo conhecimento, segurança e coerência para ser considerada confiável (TCHEMRA, 2007).

Adair (2010) distingue Tomada de Decisão (*Decision Making*) da Resolução de Problemas (*Problem Solving*), sendo a primeira uma escolha de ações a serem tomadas, enquanto que o objeto de estudo da segunda envolve uma solução, resposta ou conclusão. De acordo com o estudo independente da FEMA (2005), a tomada de decisão é apenas um mecanismo de escolha empregado a cada passo da resolução de um problema. Esta, por sua vez, compreende atividades para analisar a situação, gerar, executar e avaliar soluções.

Outras definições importantes para o contexto desta dissertação são a de **tomador de decisão, problema, objetivo, critério (preferência ou requisito), alternativa e resultado**. O primeiro corresponde à pessoa ou grupo que é responsável pela escolha entre várias alternativas de ações. Em decisões coletivas é preciso lidar ainda com os diferentes objetivos, conhecimento base e formas de pensar dos integrantes do grupo.

Um **problema** pode ser definido como uma situação ou condição considerada indesejável (FEMA, 2005) e que requer que sejam identificadas as suas causas e restrições existentes (ALMEIDA; GOMES; GOMES, 2006).

Os **objetivos** são determinados pelos tomadores de decisão e correspondem aos resultados que eles pretendem alcançar com suas ações. Tipicamente, são definidos como uma função de valor ou utilidade que funciona como base para as escolhas, podendo ocorrer trocas, nas quais se decrementa valor em um objetivo e se incrementa em outro, com a finalidade de maximizar os resultados finais da função que os agrega. Porém, no ramo da Psicologia, Simon (1959) também considera os modelos que buscam apenas alcançá-los de

forma satisfatória. Keeney e Raiffa (1976) diferenciam os termos **objetivo** e **meta**, sendo o primeiro uma direção a ser seguida para se alcançar melhores resultados e o segundo algo que pode ser conseguido ou não, servindo satisfatoriamente ao propósito de inspirar as pessoas, mas não tão bem para avaliar alternativas em problemas de tomada de decisão.

Os **critérios**, que podem ser preferências ou requisitos, são condições que devem ser atendidas pelas soluções propostas, sendo utilizados para avaliá-las em função dos objetivos determinados. Correspondem aos valores que serão utilizados para determinar o quanto uma alternativa está próxima dos objetivos determinados e devem existir em um número razoável para que o problema seja gerenciável e não sejam redundantes. Além disto, devem ser mensuráveis, inteligíveis e inquestionáveis para os tomadores de decisão e, juntos, satisfazer os requisitos lógicos do problema. Contudo, os critérios não necessariamente precisam ser independentes entre si (ROY, 2005).

As **alternativas** são cursos de ações que estão acessíveis ao tomador de decisão durante o processo de decisão. Este conjunto de opções pode ser bem definido em menor ou maior grau, sendo, no primeiro caso, possível que novas alternativas sejam inventadas ou descobertas durante o processo. Já o outro extremo abrange problemas que não admitem novas inclusões (HANSSON, 1994).

Por fim, os **resultados** são as consequências de uma dada decisão combinada com fatores externos, que podem ser previsíveis ou não pelos tomadores de decisão. A avaliação destes resultados pode fornecer mais dados para a compreensão do problema.

3.1 Taxonomia

Encontra-se na literatura e na prática um grande número de classificações para as tomadas de decisão. A mais simples delas é a que as divide pela quantidade de critérios: um único critério ou muitos. No entanto, o primeiro caso, considerado reducionista e até mesmo antinatural, não costuma sequer ser considerado de fato uma tomada de decisão, pois a mesma já ocorreu implicitamente na medição das alternativas (ZELENY, 1981). Já a tarefa de combinar vários aspectos em um único indicador de valor ou utilidade se torna mais difícil e menos prática à medida que cresce a quantidade de critérios. Estas decisões que apresentam múltiplos objetivos e critérios são conhecidas como **Decisões Multicritério**.

De acordo com Mitra e Koutsoukis (2003), as decisões também podem ser caracterizadas pela escala de tempo do problema, nível gerencial em que o mesmo ocorre, seu efeito sobre os objetivos da organização, grau de estruturação do problema e disponibilidade de modelos para representá-lo ou assisti-lo.

Com respeito à estruturação do problema, Herbert Simon (1987) sugere que, conforme a sua repetição e previsibilidade, as decisões podem ser programadas (estruturadas) ou não-programadas (não-estruturadas). Posteriormente, estas categorias foram estendidas para incluir as semi-estruturadas. As decisões **estruturadas** são aquelas que já são conhecidas pela organização, pois ocorrem com frequência, e, por isso, possuem um conjunto de respostas previamente definido ou diretrizes para conduzir a sua realização. Seus passos e variáveis podem ser facilmente realizados por sistemas de informação baseados em lógica clássica. As **semi-estruturadas** não são totalmente bem definidas, porém, possuem aspectos que podem ser estruturados e incorporados a sistemas de informação. No outro extremo, as decisões **não-estruturadas** são aquelas que envolvem situações inéditas, com variáveis sobre as quais se possui pouco controle, não apresentam padrão de procedimento e requerem maior capacidade de julgamento, percepção e intuição do tomador de decisão (MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976). Nestes casos, os sistemas de informação podem apenas apoiar a tarefa do tomador de decisão.

Em outra classificação de Simon as decisões se dividem em **racionais** (ou lógicas), não-racionais e irracionais. A primeira categoria se aplica às decisões que são conscientemente analíticas. As **não-racionais** são intuitivas, ou seja, dependem da experiência do tomador de decisão. E, por fim, as **irracionais** são aquelas baseadas em comportamentos assumidos em resposta a emoções ou que se desviam de ações escolhidas “racionalmente”.

Gary Klein (1999) sugere a consideração de condições tipicamente reais para classificar as decisões em **naturalistas** (*Naturalistic Decision Making*) e analíticas (*Analytical Decision Model*). As primeiras se caracterizam por possuírem maior complexidade devido à sua proximidade com a vida real, o que proporciona novas dificuldades, tais como pressão, informações inadequadas (ambíguas, ausentes ou equivocadas), restrições de tempo, riscos, objetivos vagos, procedimentos mal definidos e condições dinâmicas, e por atribuírem grande importância à experiência dos tomadores de decisão. Já as **analíticas** são quantitativas, podem ser resolvidas com processamento computacional para avaliar as diversas alternativas, oferecem otimização da solução, permitem justificar mais facilmente uma opção e, com isso, reduzem os conflitos de opiniões. São mais indicadas para novatos, pois se constituem em estratégias gerais que podem ser aplicadas em diversas situações, são mais rigorosas e apresentam os mesmos resultados sempre que se repete a análise.

3.2 O Processo de Resolução de Problemas

Diversas descrições para o processo de resolução de problemas já foram apresentadas, com ligeiras distinções (EASTON, 1973; HARRISON, 1975; CHANKONG; HAIMES, 1983; FEMA, 2005; BAKER *et al.*, 2001; ZELENY, 1981). Apesar destas variações, seu cerne pode ser descrito, de forma generalizada, em um processo cíclico que compreende cinco fases, conforme ilustrado na Figura 8.



Figura 8. Processo geral de resolução de problemas

A primeira fase consiste na identificação de uma situação ou condição indesejável do sistema³. Esta fase é considerada a mais difícil e crucial, pois do resultado dos passos executados nela dependem todas as fases subsequentes. O problema é delineado, examinando-se sua extensão, envolvimento de pessoas ou instituições e avaliando-se os riscos. Além disso, os objetivos e critérios são determinados e, no caso da responsabilidade ser dividida por um grupo de tomadores de decisão, é necessário alcançar-se um consenso sobre suas prioridades.

Ainda nesta fase, Chakong e Haimes (1983) definem um passo de modelagem, que inclui as variáveis-chave e seus relacionamentos lógicos ou físicos que, juntos, facilitam a análise do sistema. Estes modelos podem ser mentais, gráficos e matemáticos e visam a auxiliar a geração de alternativas.

Uma vez definidos os objetivos e critérios, inicia-se a fase de desenvolvimento de alternativas que vão conduzir as transformações do estado atual para o desejado. Geralmente, estas alternativas diferem entre si na maneira como satisfazem os objetivos, sendo que aquelas

³ O termo sistema é empregado aqui, de acordo com a Teoria Geral dos Sistemas de von Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1975), com o sentido de conjunto de elementos que se inter-relacionam.

que não alcançam um determinado nível ou requisito são descartadas. Porém, nesta fase elas ainda não são avaliadas quanto à viabilidade de execução.

Algumas técnicas que favorecem a criatividade para essa fase são *Brainstorming*, *Discussion Groups*, *Idea Generating Questions* e *Checklists*. Enquanto as duas primeiras se caracterizam por atrasar as avaliações e julgamentos a fim de evitar bloqueios nos participantes, as últimas visam a estimular a recuperação, em suas mentes, de possibilidades para abordar o problema.

A fase seguinte compreende a avaliação, segundo os critérios definidos, das alternativas sugeridas e a sua comparação. Aquela que é capaz de solucionar o problema, atendendo a todos os requisitos, e apresentar mais vantagens e menos desvantagens em relação aos objetivos propostos é, finalmente, escolhida para ser executada. Algumas estratégias empregadas na prática são a escolha, o ordenamento e a classificação (ROY, 2005). Na primeira, o objetivo é selecionar um pequeno grupo de alternativas que possuam as melhores avaliações em relação aos objetivos propostos ou, inversamente, eliminar um conjunto das piores opções. Já a segunda visa a possibilitar a comparação entre as alternativas, incluindo-as em classes que são, por sua vez, ordenadas. Por último, a classificação visa a atribuí-las apenas a classes pré-definidas que contemplam diversos tipos de julgamentos importantes para a avaliação das alternativas.

Diversos métodos multicritério para orientar esta decisão já foram propostos e bastante experimentados, como Análise de Prós e Contras, *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE), *Elimination and Choice Translating Reality* (ELECTRE), *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH), *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *Cost-Benefit Analysis* (CBA), dentre outros. Alguns deles e outros são apresentados na seção 3.3 - Métodos de Tomada de Decisão.

Após a escolha de uma alternativa candidata, esta é planejada e executada, tendo suas consequências observadas com a finalidade de gerar dados para a fase seguinte de avaliação dos resultados. De acordo com a FEMA, em situações de emergência, é recomendável que se realize os seguintes passos:

- a) desenvolver um plano de ação: articular quem irá fazer o que, com quais recursos, em que momento e para que objetivo, além de determinar quem deve tomar ciência da decisão;

- b) determinar objetivos: definir alvos mensuráveis que permitam o monitoramento do progresso e estabeleçam prioridades;
- c) identificar necessidade de recursos: consiste em determinar quais recursos serão necessários, como serão obtidos, por quanto tempo serão utilizados, dentre outras questões;
- d) construir um plano: consolidar o plano de ações que será executado e comunicá-lo a todos os envolvidos;
- e) executar o plano: garantir a execução, na prática, de cada passo planejado.

Por fim, na fase de avaliação todo o progresso da alternativa escolhida e os resultados obtidos são monitorados e revistos para se conhecer as mudanças ocasionadas na situação inicial e se detectar a necessidade ou não de fazer ajustes no seu andamento ou elaborar novas alternativas.

Em todas estas fases diversas decisões são tomadas constantemente, além daquela que pode se considerar a principal para a resolução do problema. Na primeira fase, o foco destas decisões está na pesquisa, coleta, avaliação, seleção e uso das informações. Determinar um conjunto suficiente de informações confiáveis e úteis para ser utilizado durante todo o processo de resolução do problema é um dos principais objetivos destas decisões. O excesso de informações com pouca relevância pode dificultar o raciocínio para o entendimento do problema e geração de alternativas. Por outro lado, a sua ausência, falta de confiança, ambiguidade ou até mesmo erros nas informações empregadas podem conduzir o processo a um desfecho indesejável. Além disso, outros exemplos de decisões nesta fase são a escolha de objetivos e critérios, além dos métodos para se estabelecê-los, formas de trabalho em grupo, modelos que retratem o problema, e a maneira como serão elaborados, e a própria obtenção de consenso em um grupo.

Já na geração de alternativas são escolhidos métodos de trabalho que estimulem a criatividade, a maneira como serão conduzidos e formas de comunicação e coordenação dos integrantes do grupo. Ademais, alternativas sugeridas podem ser descartadas de imediato caso violem alguma restrição imposta ou não atendam à preferência de um tomador de decisão.

A escolha de uma alternativa a ser executada implica em definir, primeiramente, um método para avaliá-las. Após isto, pode-se optar pela que causar menos prejuízos, a que maximizar os benefícios, alguma que satisfizer as condições ou mesmo aquela que proporcionar uma combinação balanceada destes três fatores.

Durante a execução da alternativa selecionada diversas decisões operacionais precisam ser tomadas, com a finalidade de se cumprir o estabelecido e monitorar possíveis ajustes demandados pelas mudanças de condições.

Na última fase, as escolhas estão voltadas para a maneira como serão observados os resultados e identificada a necessidade de mudança de planejamento. Uma vez detectada esta necessidade, é preciso optar entre o ajuste da alternativa que está sendo executada, o seu abandono e escolha de outra já avaliada ou, no pior dos casos, reiniciar todo o processo.

3.3 Modelos de Tomada de Decisão

Para auxiliar essas decisões existe uma vasta quantidade de modelos capazes de recomendar, classificar ou ordenar as alternativas disponíveis. O mais simples e, de certa forma, incompatível com a complexidade dos problemas atuais, assume um único ponto de vista, sob a forma de uma função que representa a preferência de uma alternativa, e visa a maximizá-la. Esse caso se torna mais raro ainda em decisões tomadas em grupo, quando cada participante prioriza seus objetivos e valores.

Uma abordagem mais adequada para problemas complexos se encontra no domínio de Análise de Decisões Multicritério. Neste âmbito, a construção de uma família de critérios evita o reducionismo fictício do problema e permite a inclusão de diversos pontos de vista dos atores envolvidos. Algumas formalizações desta abordagem, necessárias para o entendimento do restante do capítulo e da proposta deste trabalho, são apresentadas a seguir.

Seja A o conjunto de alternativas consideradas em um determinado momento da tomada de decisão. Se este conjunto é finito, então $|A| = m$ denota a quantidade de alternativas a existentes. Deste modo, o conjunto completo pode ser enumerado como:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}.$$

Cada alternativa a pode ser caracterizada por variáveis c_i , que refletem cada um dos critérios empregados. Assim, sendo n o número de critérios, a pode ser representada como:

$$a = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$$

Para cada critério c_i existe uma escala X_i ($i = 1, 2, \dots, z$) que define os seus valores possíveis. Estes valores $x \in X_i$ são chamados de pontuação (ou grau) da escala e devem ser distintos e ordenados. Uma escala pode ser quantitativa, quando a diferença entre dois valores traz consigo o significado de quão melhor um é em relação ao outro, ou qualitativa, quando esta diferença não representa nada mais do que o simples posicionamento delas em uma ordem. Além disso, pode ser discreta ou constituída por um intervalo numérico.

O desempenho ou **pontuação** de uma alternativa a_i sob um dado critério c_j é denotado por $c_j(a_i)$. Assim, para um determinado problema, é definida uma matriz de decisão M , disposta como na Figura 9, que contém a pontuação de cada alternativa calculada para cada critério.

$$M = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & a_1 & a_2 & \dots & a_i & \dots & a_m \\ \hline c_1 & c_1(a_1) & c_1(a_2) & & c_1(a_i) & & c_1(a_m) \\ \hline c_2 & c_2(a_1) & c_2(a_2) & & c_2(a_i) & & c_2(a_m) \\ \hline \dots & & & & & & \\ \hline c_j & c_j(a_1) & c_j(a_2) & & c_j(a_i) & & c_j(a_m) \\ \hline \dots & & & & & & \\ \hline c_n & c_n(a_1) & c_n(a_2) & & c_n(a_i) & & c_n(a_m) \\ \hline \end{array}$$

Figura 9. Matriz de Decisão Multicritério

Além da matriz M , os modelos multicritério também possuem uma função de agregação que possibilita o julgamento e comparação das alternativas pontuadas. Estas funções podem incluir, por exemplo, pesos aos critérios, constantes de dimensionamento, níveis de aceitação ou rejeição e lógicas de compensação. A quantidade de abordagens com esta finalidade é bastante extensa e variada para ser integralmente abordada neste capítulo, contudo algumas delas serviram como inspiração para a proposta nesta dissertação e merecem uma breve explanação. Uma relação mais completa e muito bem elaborada pode ser encontrada em (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005).

3.3.1 Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiattribute Utility Theory*)

Os modelos que seguem esta teoria realizam uma comparação quantitativa que transforma medidas distintas das preferências ou critérios dos tomadores de decisão em uma agregação em mais alto nível e sem dimensão por meio de uma função de utilidade. Nestes modelos, para cada critério é construída uma função cuja curva corresponda às preferências por valores e requisitos de eliminação dos interessados na decisão. Pode ser atribuído um peso p a cada critério, que indica sua importância no cumprimento dos objetivos. Na prática, tanto a pontuação das alternativas quanto os pesos dos critérios costumam ser normalizados no intervalo $[0,1]$. Assim, se, por exemplo, para a escolha de compra de um automóvel haja um requisito para seu consumo de combustível, tal que o mesmo deva ser mais econômico do que 8 Km/l, então essa função atribui 0 a este valor, eliminando os carros que consomem mais combustível, e segue de forma crescente até o ponto ideal (de valor 1). A Figura 10 ilustra este exemplo.

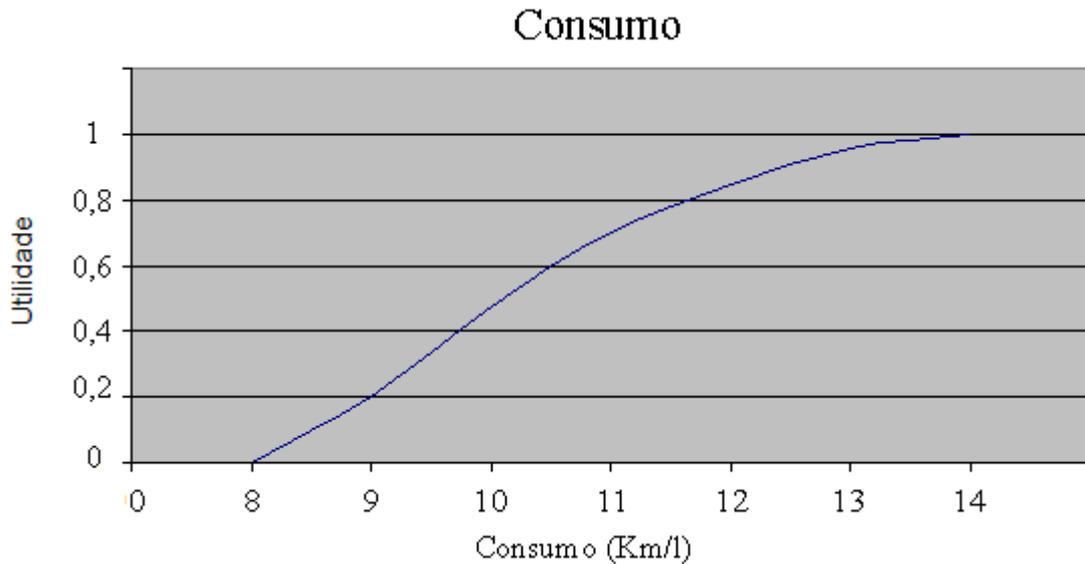


Figura 10. Exemplo de Função Utilidade para o critério consumo de combustível

Por conseguinte, o cálculo de desempenho das alternativas é a soma da pontuação de todos os seus critérios multiplicados por seus respectivos pesos, conforme mostrado na equação (1).

$$a_i = \sum_{j=1}^n p_j \times c_j(a_i), \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

Uma variação bastante simples deste modelo é conhecida como *Smart Multi Attribute Rating Technique* (SMART). Sua técnica emprega funções de utilidade lineares bastante simples, como a média algébrica ponderada. Segundo Edwards (1977), médias ponderadas lineares apresentam rendimento bastante próximo a algumas funções mais complexas não-lineares e, ainda, são mais fáceis de eliciar e entender. Desta forma, a priorização das alternativas sugerida pelo autor é calculada segundo a equação (2).

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^n p_j \times c_j(a_i)}{\sum_{j=1}^n p_j}, \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

Um dos modelos pertencente também a essa família, e talvez um dos mais amplamente difundidos, é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), criado por Saaty (1980). O fundamento deste modelo é a estruturação hierárquica e decomposição do problema em partes menores, as quais são comparadas em pares, e, posteriormente, sua síntese. Isso se justifica pelo fato dos seres humanos serem mais familiarizados e capazes de realizar julgamentos comparativos do que absolutos, sobretudo em sistemas complexos. Assim, visa-se a obter o quanto um subcritério influencia o mais geral na hierarquia. Por este motivo, essa técnica se mostra bastante útil quando a quantidade de critérios é grande, o que torna muito difícil a consideração de todos ao mesmo tempo. Esta estruturação se inicia pelo objetivo da decisão,

localizado no nível mais alto, seguido pelos critérios e subcritérios, que podem existir em quantos níveis forem necessários para se alcançar a granularidade ideal para seu julgamento, e finaliza-se com as alternativas, conforme esquematizado na Figura 11.

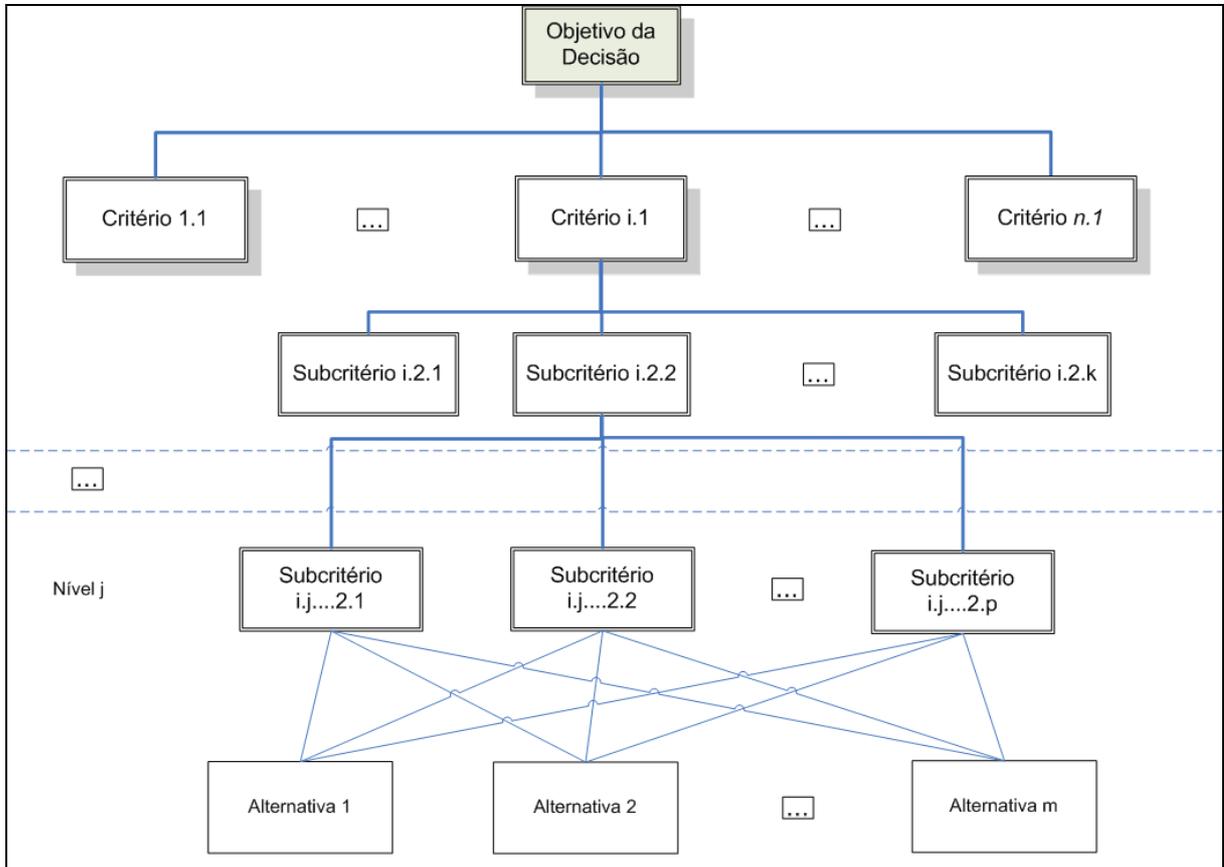


Figura 11. Esquema de hierarquia do método AHP

Seu cálculo inicia com a construção de uma matriz na qual os critérios são comparados um a um por meio de uma escala, como a sugerida por Saaty, de 1 a 9, significando:

- 1 = igual importância ou preferência
- 3 = importância ou preferência moderadamente superior de um sobre o outro
- 5 = importância ou preferência superior ou essencial
- 7 = importância ou preferência muito superior
- 9 = importância ou preferência extrema

Assim, dado que um critério c_i é extremamente importante em comparação a outro critério c_j , então o primeiro recebe valor 9 e o segundo $1/9$ na matriz paritária. A diagonal desta matriz é toda preenchida com 1, pois a importância de um critério em relação a ele mesmo é sempre de igualdade, e a parte inferior esquerda é preenchida com os inversos da parte superior direita.

O mesmo é realizado com as alternativas em relação a cada critério, ou seja, para n critérios são construídas, então, n matrizes. A Figura 12 demonstra a disposição de uma

matriz paritária para um critério c_1 e, para fins de simplificação, apenas três alternativas. Neste caso, as preferências de uma alternativa sobre outra estão representadas por variáveis x_i .

	c_1		
	a_1	a_2	a_3
a_1	1	x_1	x_2
a_2	$1/x_1$	1	x_3
a_3	$1/x_2$	$1/x_3$	1

Figura 12. Matriz paritária de alternativas (AHP)

Tanto na matriz paritária de critérios quanto nas de alternativas, estes valores são normalizados por meio da divisão da média geométrica de cada um pela soma das médias geométricas de todos os critérios. Esta média é obtida calculando-se a raiz n -ésima do produto da pontuação para cada linha da matriz e é menos sensível a valores extremos do que a aritmética.

Por fim, para se eleger a melhor alternativa, é preciso multiplicar sua pontuação normalizada em cada critério pelo peso, também normalizado, do mesmo. A soma destes valores resulta em sua pontuação total.

O último dos modelos desta classe aqui apresentado visa a gerar modelos numéricos baseados em avaliações qualitativas, sendo realizado em duas fases: estruturação do problema e julgamento. Assim, utilizando os próprios sistemas de valores e preferências dos tomadores de decisão, os elementos, tanto os critérios quanto as alternativas, podem ser comparados e ordenados quanto a sua atratividade para o objetivo definido nessas duas fases. Este modelo é conhecido como *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* – MACBETH – e inicia-se por um procedimento de comparação ordinal dos elementos um a um. Em seguida, a diferença de atratividade entre cada um do par é determinada em uma escala pré-cardinal, escolhendo-se uma dentre as seis categorias semânticas: “muito fraca”, “fraca”, “moderada”, “forte”, “muito forte” e “extrema” (COSTA; VANSNICK, 1999). Modelos de programação linear permitem a transformação dos valores numéricos desta escala, ajustando as proporções entre as diferenças de atratividade de acordo com a predileção dos indivíduos envolvidos.

3.3.2 Modelos de sobreclassificação (*Outranking Methods*)

Esta classe de modelos se assemelha bastante a anterior quanto à disponibilidade de dados, isto é, requer alternativas, critérios e utiliza os mesmos dados da matriz de decisão (FÜLÖP, 2005). Porém, é mais recomendada para problemas nos quais existe grande heterogeneidade na natureza das avaliações dos critérios, o que torna mais difícil agregá-los

em uma função única de utilidade com uma escala comum a todos, ou não há compensação na perda de um critério pelo ganho em outro.

A metodologia *Elimination and Choice Translating Reality* – ELECTRE – se fundamenta em dois índices, um de concordância c_{jk} e outro de discordância d_{jk} , que são calculados para cada par de alternativas (a_j, a_k) e determinam sua relação de dominância. O primeiro deles é resultado da soma de todos os pesos dos critérios sob os quais a_j possui pontuação igual ou superior a a_k . Já o segundo é calculado subtraindo-se a_j de a_k , para cada critério sob o qual a_k supera a_j , e dividindo isso pela maior diferença encontrada neste critério entre quaisquer alternativas. A discordância é determinada, então, pelo maior destes resultados. No caso de a alternativa a_j superar a_k em todos os critérios, o índice resultante é 0. Nesta metodologia os pesos devem estar situados entre 0 e 1, logo ambos os índices também estarão neste intervalo.

Para se ordenar as alternativas, um limite de concordância c^* e um de discordância d^* são estabelecidos, tais que $0 < d^* < c^* < 1$, e a_j é considerada superior a a_k se $c_{jk} > c^*$ e $d_{jk} < d^*$. Este método resulta em um conjunto de alternativas promissoras para a resolução do problema, pois superam, pelo menos, uma outra e não são superadas por nenhuma. Por meio do ajuste dos limites, o tamanho deste conjunto pode ser reduzido. Outras versões, apresentadas posteriormente, permitem, por exemplo, o ordenamento mais preciso das alternativas (ELECTRE II) e o estabelecimento de um grau de sobreclassificação (ELECTRE III).

Outra metodologia pertencente a esta classe é conhecida como *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE), e foi introduzida por Brans, Vincke e Mareschal (1986) como sendo de fácil entendimento para os tomadores de decisão. Seu principal diferencial encontra-se na perspectiva global da comparação das alternativas. Primeiro, é definida uma função de preferência que normaliza no intervalo $[0,1]$ a diferença entre as pontuações de duas alternativas com relação a um critério. Nessa função, quanto mais próximo o valor for de 0, mais fraca é a sua preferência, com 0 indicando sua inexistência. Por outro lado, quanto mais próximo do valor 1, mais estrita é a preferência. Sendo representada por $P_j(a_i, a_j)$, para as alternativas a_i e a_j , e tendo os pesos dos critérios definidos por p_k ($k = 1, 2, \dots, n$), então os índices de preferência agregada $\pi(a, b)$ são definidos por:

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi(a_i, a_j) = \sum_{k=1}^n P_k(a_i, a_j) p_k, \\ \pi(a_j, a_i) = \sum_{k=1}^n P_k(a_j, a_i) p_k \end{array} \right.$$

Estes índices, que também se situam no intervalo $[0,1]$, representam a intensidade global da preferência entre as alternativas. Contudo, para ordenar as alternativas é preciso ainda calcular os fluxos de precedência positiva e negativa, conforme as equações:

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi^+(a_i) = 1/(n-1) \sum_{j=1}^m \pi(a_i, a_j) \\ \phi^-(a_i) = 1/(n-1) \sum_{j=1}^m \pi(a_j, a_i) \end{array} \right.$$

O primeiro fluxo expressa o quanto a alternativa a_i supera todas as outras, enquanto que o segundo mostra o quanto ela é superada pelas demais. Assim, quanto maior o valor do primeiro e menor o do segundo, melhor é a alternativa. Dessa forma, a fim de realizar o ordenamento parcial, é preciso considerar as relações binárias de preferência, indiferença e incomparabilidade, representadas, respectivamente, pelos símbolos $>$, $=$, $*$. Com isto, tal ordenamento é construído a partir desses fluxos da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_i > a_j \text{ se, e somente se} \\ \left\{ \begin{array}{l} \phi^+(a_i) > \phi^+(a_j) \text{ e } \phi^-(a_i) < \phi^-(a_j) \text{ ou} \\ \phi^+(a_i) = \phi^+(a_j) \text{ e } \phi^-(a_i) < \phi^-(a_j) \text{ ou} \\ \phi^+(a_i) > \phi^+(a_j) \text{ e } \phi^-(a_i) = \phi^-(a_j) \end{array} \right. \\ a_i = a_j \text{ se, e somente se} \\ \phi^+(a_i) = \phi^+(a_j) \text{ e } \phi^-(a_i) = \phi^-(a_j) \\ a_i * a_j \text{ se, e somente se} \\ \left\{ \begin{array}{l} \phi^+(a_i) > \phi^+(a_j) \text{ e } \phi^-(a_i) > \phi^-(a_j) \text{ ou} \\ \phi^+(a_i) < \phi^-(a_j) \text{ e } \phi^-(a_i) < \phi^+(a_j) \end{array} \right. \end{array} \right.$$

O PROMETHEE I ordena as alternativas apenas parcialmente, tendo em vista que continuam a existir pares incomparáveis. Contudo, assim como o ELECTRE, existem diversas evoluções nesta família, apesar de algumas não terem sido implementadas. Estas extensões visam a alcançar o ordenamento total, eliminando as incomparabilidades (PROMETHEE II), a ampliação das indiferenças, considerando não somente a igualdade, mas também seus intervalos de sobreposição (PROMETHEE III), a estender a computação das preferências globais para gerar perfis das alternativas (PROMETHEE IV) e a realizar otimizações das classificações das alternativas sob restrições (PROMETHEE V) (MARESCHAL, 2011).

3.3.3 Regra de Decisão (Decision Rule Approach)

Esta abordagem de classificação multicritério difere das demais na transformação da informação descrita pelo tomador de decisão sobre as preferências dos elementos em um modelo. Seus métodos visam a classificar ou ordenar as preferências em termos de regras do tipo “se..., então...”, baseando-se em exemplos passados de decisões.

Considerando as alternativas avaliadas e os atributos definidos, é construída uma tabela de dados, na qual cada célula corresponde à pontuação de uma alternativa para um atributo. Essa pontuação é elaborada de forma ordenada, isto é, dentro do domínio $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, tem-se que $v_{i+1} > v_i$ para todo $i = \{1, 2, \dots, n-1\}$.

Nessa abordagem, o conjunto de atributos é diferenciado em atributos de decisão, independentes, e atributos de condição, que dependem dos primeiros. Divisões do conjunto de alternativas são realizadas por meio dos atributos de decisão, gerando um conjunto ordenado de classes Cl . Cada alternativa está contida em uma, e somente uma, classe $Cl_t \in Cl$.

Contudo, para problemas de decisão multicritério, estas classes apenas não são suficientes e devem ser empregadas, também, outras constituídas pela união ascendente ou descendente das primeiras (SALVATORE; BENEDETTO; ROMAN, 2002). Desta forma, definem-

se $Cl_t^{\geq} = \bigcup_{s \geq t} Cl_s$ e $Cl_t^{\leq} = \bigcup_{s \leq t} Cl_s$, $t = 1, \dots, n$, como sendo o conjunto de alternativas pertencentes

à classe Cl_t , ou outra superior, e o de alternativas pertencentes à Cl_t , ou outra classe inferior, respectivamente. A partir, então, da análise das alternativas particionadas nestas classes, é possível gerar regras de decisão sobre a preferência dos tomadores de decisão para o problema em questão.

A abordagem de conjuntos aproximativos clássica, introduzida por Pawlak (1982), não é capaz de descobrir inconsistências oriundas de classificações nas quais uma alternativa pertence a uma classe superior a outra, porém, sem ser superior nos atributos de condição, o que viola o princípio de domínio de uma sobre outra. Por meio de alterações metodológicas nesta abordagem, Salvatore, Benedetto e Roman (2002) propõem um método para substituir a relação de indiscernibilidade por uma de domínio na aproximação das classes. Assim, a separação do conhecimento que apresenta certeza do que possui incerteza sobre as preferências dos tomadores de decisão é realizada por meio desse novo tipo de aproximação proposta. Segundos os autores, as principais vantagens sobre o método clássico são a capacidade aumentada de encontrar inconsistências, maior precisão na identificação dos atributos mais importantes, geração de um conjunto mais sintético de regras de decisão,

melhores resultados, quando aplicados a outros conjuntos de alternativas, e a eliminação da necessidade de discretização prévia dos atributos de valor contínuo.

3.3.4 Tomada de Decisão Naturalista (*Naturalistic Decision Making*)

Esta abordagem visa a compreender como a cognição humana é empregada nas tomadas de decisão reais, considerando fatores como pressão por tempo, altos riscos, estresse, condições dinâmicas, informações ambíguas, objetivos vagos e restrições do ambiente e das organizações. Neste tipo de situação, a qualquer momento novas informações podem ser adquiridas, outras podem ser invalidadas e até mesmo os objetivos podem ser radicalmente transformados (KLEIN, 1999).

Além disto, outro aspecto amplamente citado nas técnicas que seguem essa abordagem é o alto nível de experiência requerido para tomar esse tipo de decisão. Nesta experiência acumulada é que residem mecanismos subjacentes que auxiliam os responsáveis pelas escolhas e precisam ser capturados e modelados formalmente (TODD; GIGERENZER, 2001). Estes mecanismos incluem reconhecimento de padrões, identificação de pistas e analogias com casos típicos ou raros.

A principal crítica dos pesquisadores da Tomada de Decisão Naturalista (TDN) aos modelos analíticos é a de que estes não são apropriados para decisões complexas e sob pressão. Nestas situações, não há tempo suficiente para elaborar um vasto conjunto de alternativas e calcular o desempenho de cada uma comparativamente. Assim, baseando-se em sua experiência, o tomador de decisão é capaz de reconhecer e discriminar uma variedade de situações típicas para as quais, possivelmente, já conhece algumas estratégias para solucioná-las. A partir deste reconhecimento da situação, as soluções são avaliadas em sequência e é escolhida a primeira que satisfaça os requisitos e cumpra os objetivos estabelecidos, dispensando a comparação com as demais. Essa estratégia é chamada de *Recognition-Primed Decision* (RPN) e um de seus pioneiros é Gary Klein (1989), que conduziu seus principais estudos com bombeiros e militares trabalhando em situações de emergência.

O modelo da Figura 13 exibe o caso mais complexo desta estratégia, no qual se tenta, primeiro, verificar a familiaridade da situação para, em seguida, recuperar os objetivos, expectativas, restrições e ações que já são conhecidos para este tipo de situação. Caso não se consiga reconhecer um padrão ou as informações recuperadas não atendem às expectativas, nova coleta de dados e avaliação da situação é executada. Após isto, é realizada uma simulação mental para avaliar se as ações planejadas são adequadas e, caso sejam, são colocadas em prática. Caso contrário podem ser adaptadas ou repensadas desde seu início.

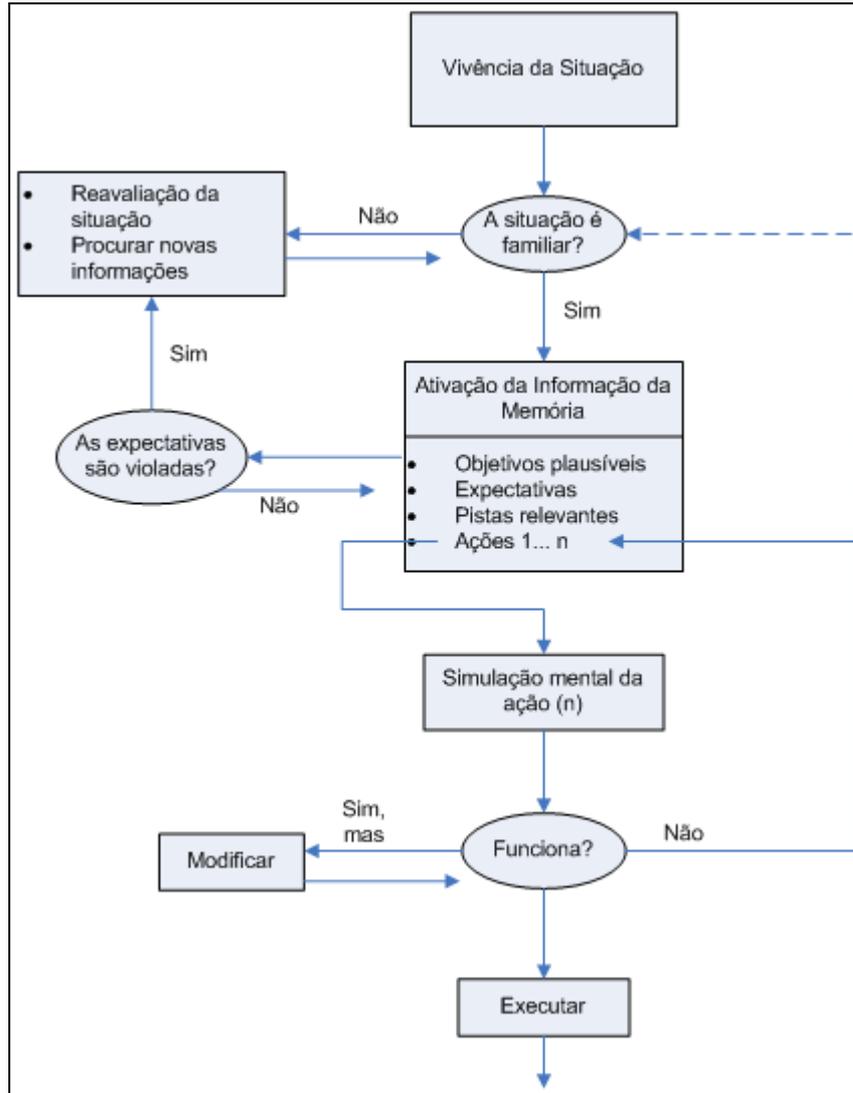


Figura 13. Recognition-Primed Model (KLEIN; KLINGER, 1991)

Em paralelo ao surgimento da teoria da Tomada de Decisão Naturalista, as áreas de Engenharia Cognitiva e Interface Humano-Computador desenvolveram métodos poderosos de análise, com o propósito de modelar processos cognitivos que são empregados em domínios específicos. Tais métodos são conhecidos coletivamente como técnicas de Análise do Trabalho Cognitivo (ATC) (ZACHARY; RYDER; HICINBOTHOM, 1998).

Estas técnicas são capazes de identificar habilidades cognitivas necessárias para desempenhar tarefas eficientemente e, portanto, são adequadas para a captura da macrocognição, que é definida como o conjunto de processos envolvidos na maneira como as pessoas pensam naturalmente. Isso as torna apropriadas para o estudo da tomada de decisão, uma vez que esta é, em parte, realizada com base na *expertise* do comando. Esta habilidade se constrói a partir do conhecimento tácito que está na cognição dos agentes, não é formalizada e não aparece em procedimentos, regras e manuais (CRANDALL; KLEIN; HOFFMAN, 2006).

Na Engenharia Cognitiva, um termo bastante comum no estudo da tomada de decisão em situações reais é a “cognição na natureza” (“*cognition in the wild*”). Essa visão abandona a ideia de que apenas modelos mentais servem como base para a decisão e considera as informações e interações entre a mente, o corpo e o ambiente, uma vez que não há uma linha nítida que separe o que se passa dentro da cabeça do que acontece no mundo (HOLLNAGEL; WOODS, 2005). A cognição não é, *a priori*, o ponto central da resolução dos problemas, mas sim uma parte do que deve ser estudado, assim como as influências das condições do trabalho e da situação como um todo. Logo, as sensações e percepções oriundas do mundo externo desempenham um papel fundamental para o entendimento da situação e descoberta de elementos que são utilizados tacitamente pelos tomadores de decisão mais experientes no reconhecimento de problemas e soluções durante o desempenho de suas tarefas. Sem o emprego de filtros perceptivos para determinar as informações que as pessoas devem buscar e observar, a sua quantidade, que aumenta drasticamente com o uso de sistemas computacionais, pode atrapalhar o desempenho dos tomadores de decisão, que, em ambientes reais, ainda sofrem interrupções e dividem sua atenção com outros assuntos. Assim, a percepção situacional desempenha um papel crítico para que decisões sejam tomadas.

3.4 Percepção Situacional e seus Fatores Subjacentes

A percepção situacional é estudada sob diversos prismas, tais como trabalho colaborativo, interação humano-computador e na tomada de decisão. No primeiro, a fonte principal de informações são os companheiros de trabalho, enquanto que no segundo há uma mescla entre ambiente e comportamento do sistema. Já para a tomada de decisão, o ambiente que circunda o sujeito, as ações de outras pessoas e, em alguns casos, também os sistema de informação, é que proveem as informações cruciais para o entendimento da situação.

Apesar de apresentarem ligeiras diferenças entre si, todas as definições concordam que a percepção situacional refere-se a conhecimento ou sabedoria, tal como definido em 2.4 - Gestão do Conhecimento em Emergências, ou, ainda mais especificamente, ao domínio do conhecimento contextual atual.

Isto significa que a percepção situacional refere-se ao entendimento da situação atual e suas implicações. Mica Endsley (1988, 1995) a define como “a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão dos seus significados e a projeção dos seus estados no futuro próximo”. Esta visão a considera como um produto, o estado do conhecimento momento a momento, que depende de processos empregados para alcançá-lo e mantê-lo, considerados parte da “avaliação da situação”. Ainda de acordo com a

autora, essa representação mental do mundo ao seu entorno em um dado momento é uma peça-chave para a tomada de decisão e desempenho em sistemas complexos. Smith e Hancock (1995) corroboram essa afirmação, propondo que a percepção situacional “é a compreensão atualizada de informações relevantes para o trabalho que possibilita a tomada de decisão sob estresse”.

Conforme o modelo proposto por Endsley, reproduzido na Figura 14, a percepção situacional deve ser considerada independente de fatores de sistema e do próprio indivíduo que podem afetá-la. Além disto, a seleção e desempenho de ações são estágios distintos e posteriores, que decorrem diretamente dela. Por isso, mesmo os mais bem treinados tomadores de decisão podem cometer erros se possuírem uma percepção situacional incompleta ou não apurada. Por outro lado, uma pessoa com perfeita percepção continua suscetível a realizar escolhas equivocadas.

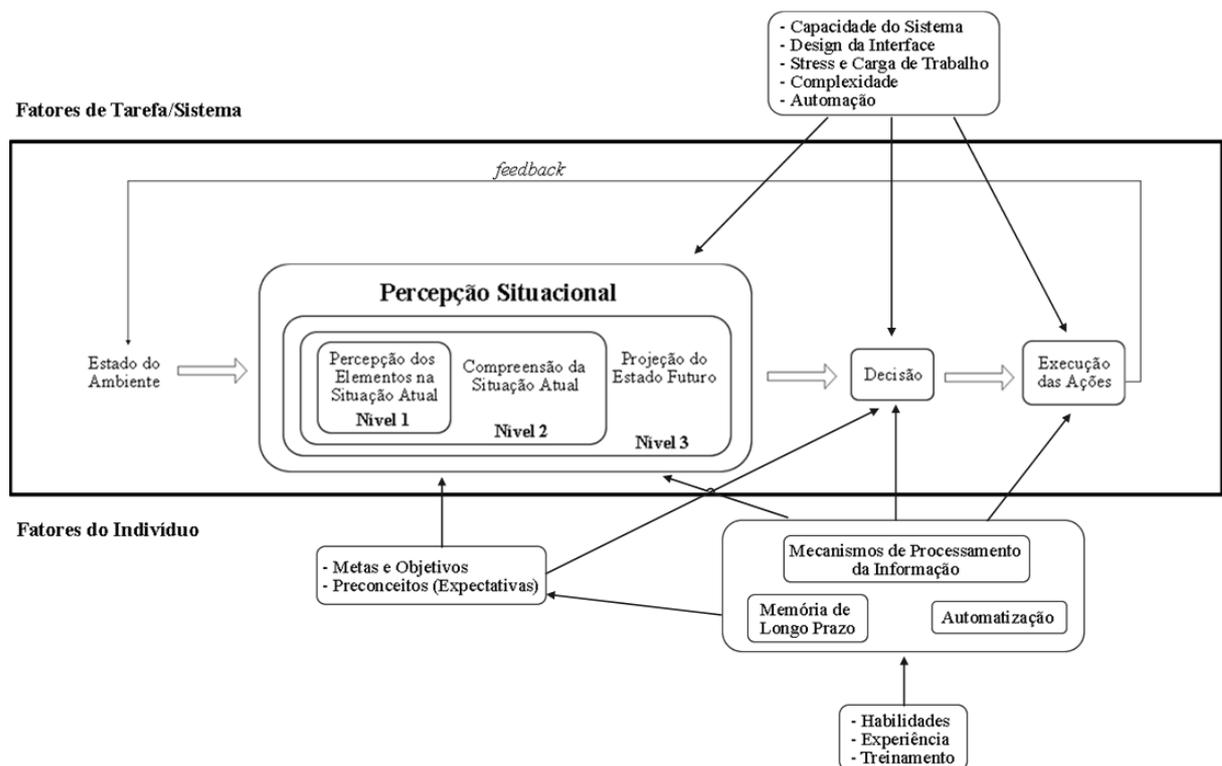


Figura 14. Modelo de Percepção Situacional em Decisões Dinâmicas (ENDSLEY, 1995)

Este modelo ainda prevê três fases ou níveis hierárquicos para a construção da percepção. O primeiro nível é a apreensão de informações a respeito do estado, atributos e dinâmicas dos elementos relevantes do ambiente. Para isto, é preciso determinar sobre quais elementos o indivíduo deve ter ciência e orientar sua atenção. Algumas características detectadas pela mente humana durante o processamento de informações proveem estímulos que atraem a atenção, tais como a proximidade espacial, cor, tamanho e forma, e podem ser

empregadas para salientar as porções do ambiente que devem ser captadas nessa fase, considerando as limitações da capacidade humana.

O segundo nível consiste em construir uma visão holística do ambiente, considerando os relacionamentos entre os elementos e, com isto, compreendendo os significados dos objetos e eventos em consonância com os objetivos do indivíduo. Ao longo do tempo os elementos variam em sua relevância para essa compreensão, porém, sem nunca deixarem completamente de serem considerados.

Por último, o nível mais alto é alcançado pela habilidade de projetar ações futuras dos elementos do ambiente que sejam valorosas para a tomada de decisão. Isto é conseguido com a aplicação de vários processos cognitivos subjacentes realizados sobre os conhecimentos dos níveis um e dois.

Fatores relativos às capacidades individuais também desempenham um papel importante nesse processo. Os objetivos e expectativas da pessoa exercem influência direta na maneira como sua atenção é direcionada, a informação é percebida e interpretada. Já a atenção e memória de trabalho são fatores limitantes para o processamento de informação simultâneo. A memória de longo prazo e a realização de tarefas de forma automática, ou seja, sem a consciência plena do indivíduo, contribuem de certa forma para reduzir essas limitações. Contudo, isto pode provocar a oclusão da receptividade a novos estímulos.

Junto com os fatores humanos supracitados, o projeto de ferramentas e sua interface podem afetar positiva ou negativamente a construção da percepção. Os principais problemas de projeto estão relacionados à captura incompleta de informação pelo sistema e à transmissão dessas informações ao usuário. O primeiro pode ser causado por limitações tecnológicas ou por ter sido a captura planejada com base apenas no entendimento do projetista. O segundo ocorre, principalmente, pela desconsideração de algumas informações ou diminuição da sua importância individual, devido à formação de agrupamentos ou agregações que não são tão adequados ao modo como o trabalho é realmente realizado.

Com respeito à interface, é necessário balancear a quantidade de informações exibidas a fim de evitar o seu excesso, que provoca a sobrecarga de esforço cognitivo para seu entendimento, contudo sem negligenciar elementos importantes à percepção do usuário. Essa seleção, bem como a precisão e granularidade das informações dispostas, devem ser orientados aos objetivos e necessidades do indivíduo, de forma a facilitar a identificação e correspondência da situação vivida com casos típicos, ou mesmo raros, já conhecidos.

Além disso, os artifícios utilizados para destacá-las ou posicioná-las na interface precisam ser meticulosamente pensados para que não desviem a atenção do usuário, em um

momento inoportuno, para informações não tão relevantes, deixando de notar outras mais prioritárias. Em sistemas críticos, como uma cabine de aeronave ou em usinas nucleares, o desacoplamento entre o estado do sistema e o entendimento humano a seu respeito podem conduzir a eventos fatais ou catastróficos.

Segundo Endsley, a carga de estresse do trabalho a ser desempenhado, seja físico, como barulho, cansaço, calor etc., ou psicológico, como, por exemplo, devido à importância das consequências dos eventos, pressão por tempo, dentre outros, podem limitar a capacidade de retenção da atenção, concentrá-la em porções reduzidas de informações ou reduzir a memória de trabalho. A carga de trabalho e sua complexidade, oriundas da necessidade de lidar com múltiplos objetivos, decisões e tarefas realizadas simultaneamente, associadas à quantidade de componentes e sistemas e seu grau de inter-relacionamento, também podem contribuir negativamente para o nível de percepção situacional alcançado pelo indivíduo. A complexidade das tarefas e, conseqüentemente, dos sistemas que as apóiam geram mais oportunidades para falhas (HOLLNAGEL; WOODS, 2005), normalmente causadas por insuficiência na detecção de pistas para o entendimento do estado do sistema, dissonância na interpretação das informações percebidas via tecnologia, divergências no entendimento das responsabilidades de cada indivíduo e falha na comunicação entre operadores da mesma equipe e entre equipes (STANTON; CHAMBERS; PIGGOTT, 2001).

Por último, a automação de parte do trabalho também pode ser responsável pela diminuição da atenção, devido à perda de vigilância, por considerar que há mecanismos automáticos desempenhando este papel, e à mudança de paradigma na interação, que se desloca do modo manual, no qual o indivíduo é um processador ativo de informações, para o automático, no qual passa a ser um destinatário passivo.

Não só individualmente a percepção situacional foi estudada, tendo em vista a crescente especialização e colaboração que envolve o trabalho moderno. Para Kaber e Endsley (1998), a percepção em uma equipe depende de cada indivíduo possuir a parcela que lhe é necessária à realização de suas tarefas e de acordo com seus objetivos particulares. As interseções entre as percepções dos indivíduos definem os elementos de informação que constituem a coordenação do grupo. As interdependências entre tarefas de cada membro, características e processos do grupo, que podem se modificar dinamicamente durante o trabalho, também podem ser consideradas variáveis de entrada nesse tipo de visão da percepção situacional em equipes (SALAS *et al.*, 1995).

Uma abordagem dissonante, defendida por Stanton *et al.* (2006) e Hollnagel e Woods (2005), propõe que a percepção é mantida por agentes humanos e não-humanos que compõem

o sistema. Além disso, diferentes agentes possuem distintas visões da mesma cena e as interseções de percepção entre eles são causadas pelo alinhamento dos seus respectivos objetivos. A comunicação entre agentes pode ocorrer não somente por meios verbais, mas também por comportamentos e interpretação de ações e sinais, principalmente quando o trabalho é co-localizado. Por fim, a determinação da percepção situacional do grupo permite a compensação entre agentes, que ocorre quando um informa a outro sobre um elemento importante que tenha sido negligenciado. Por isso, ao se estudar e propor mecanismos que apóiem a percepção em grupo deve-se manter o foco no comportamento coordenado do sistema em si (SALMON *et al.*, 2008).

Todos esses fatores confluem para a, talvez, mais clássica questão da resolução de problemas e tomada de decisão: como fornecer a informação correta na hora apropriada para a pessoa certa?

3.5 Problemas da Tomada de Decisão

Esta questão suscita outros problemas menores comumente relatados na literatura e na prática da tomada de decisões. Um deles está relacionado com a quantidade de informação disponível para a avaliação do problema e escolha de uma opção. Já em 1967, Ackoff dizia que os gerentes alegam sofrer com a falta de informação. Porém, o autor acredita mais que eles sofram de sobrecarga de informação irrelevante (ACKOFF, 1967). Tanto a falta quanto o excesso são prejudiciais à formação da percepção situacional, pelos motivos explicados anteriormente neste capítulo, e deve-se, portanto, encontrar um balanço ideal para a carga de informações disponibilizadas aos tomadores de decisão, o que é específico para cada domínio.

Outros aspectos inatos da informação são a sua correção, precisão e confiabilidade da fonte, que, juntos, são responsáveis por reduzir as incertezas dos indivíduos em sua tentativa de compreender a situação. A não delimitação correta de um problema pode comprometer todo o restante do processo.

Quando decisões em grupo precisam ser tomadas, um comportamento peculiar de minimização de conflitos e críticas e rápida obtenção de consenso pode, às vezes, ser detectado. Este comportamento recebe o nome de *Groupthink* e pode resultar em decisões ruins, devido, dentre outros fatores, à pesquisa de alternativas e objetivos incompleta, fracasso na avaliação da alternativa escolhida, processamento seletivo da informação e autocensura do grupo (TURNER; PRATKANIS, 1998). Algumas recomendações para se evitar tal comportamento recaem sobre atitudes do líder, como o estímulo aos participantes para que exponham suas opiniões livremente, imparcialidade, evitar a declaração de sua preferência

antes do restante do grupo, criação de grupos paralelos trabalhando sob a mesma política, porém, com outros líderes, convidar especialistas externos para desafiar a decisão do grupo e solicitar, em determinados momentos, a alguns membros que advoguem contra o trabalho até então realizado (JANIS, 1982).

3.6 Decisão em Situações de Emergência

A tomada de decisões em situações de emergência assume novas características e problemas mais específicos. As mais notáveis são, provavelmente, o dinamismo da situação e a pressão por tempo e por resultados, tendo em vista que lidam com vidas humanas, propriedades e com o meio ambiente. Klein, Calderwood e Clinton-Cirocco (2010) estudaram a tomada de decisão de bombeiros em 32 incidentes e constataram que a percepção situacional sofreu mudanças dramáticas, na maioria dos casos, entre 3 e 5 vezes por incidente. Além disso, 78% das decisões foram realizadas em menos de 1 minuto. Esta criticidade do tempo obriga os tomadores de decisão a realizarem suas avaliações mesmo sem contar plenamente com as informações necessárias ou apurá-las.

Em grande parte do mundo, a comunicação empregada preferencialmente nesses tipos de situação é ainda o rádio, sendo, normalmente, utilizado um canal para todos os envolvidos no trabalho. Os principais problemas deste reconhecido meio de comunicação são as possibilidades de gerar cortes e ruídos nas mensagens, provocar a espera pela liberação do canal para transmissão de uma informação mais prioritária do que a que está ocupando-o e a falta de persistência dos dados. Ademais, as mensagens podem ser transmitidas fora de uma ordem lógica, intercalar assuntos distintos e serem recebidas em intervalos não uniformes, o que pode acarretar na chegada de um grande volume de informações em um instante, desafiando a capacidade humana de processamento, em contraste com momentos de silêncio.

Estas características e problemas ressaltam a complexidade da manutenção da percepção situacional nessas situações. Segundo Sapateiro e Antunes (2009), este é o maior problema a ser considerado nas emergências, sendo apontado como um dos principais fatores responsáveis pelos insucessos no seu gerenciamento.

Considerando também os resultados de Klein e seus colegas, que afirmam que a principal estratégia de escolha das ações a serem executadas é a busca de correspondência de padrões entre a situação atual e outras já vivenciadas, pode-se afirmar que a percepção situacional exerce papel crucial neste tipo de decisão. Ao encontrar um caso equivalente o indivíduo recupera em sua memória opções que lhe foram apropriadas e estão prontas para serem repetidas. Para que isso seja possível, é preciso combinar disponibilidade adequada de

informação com grande habilidade para se avaliar e reconhecer a situação rápida e corretamente. Esta habilidade somente pode ser adquirida com o acúmulo de experiência, principalmente porque é difícil de ser treinada e depende da vivência de uma grande variedade de casos. Contudo, os sistemas de computação podem estimular tais processos pelo favorecimento do entendimento da situação.

Desta forma, torna-se mais valioso apoiar a percepção situacional dos tomadores de decisão, nesse tipo de situação, do que prover mecanismos analíticos de elaboração e comparação de alternativas. Tais mecanismos podem terminar não sendo utilizados devido ao pouco tempo disponível e pela grande interferência causada no modo atual de trabalho. Já o apoio a percepção pode favorecer o desenvolvimento de modelos mentais, simulação mental e construção de hipóteses, gestão da incerteza e riscos, identificação de oportunidades e sua transformação em ações, busca por padrões e gerência da atenção, o que melhorar o desempenho na tomada de decisão em situações de emergência, sem, contudo, onerar o trabalho cognitivo dos responsáveis.

Alguns trabalhos para apoiar a percepção situacional do comando em decisões sob pressão foram apresentados na seção 2.5 – Sistemas Computacionais para Gestão de Emergências. Uma análise criteriosa de seus modelos traz à tona algumas características comuns à maioria.

A primeira delas refere-se à seleção dos dados e elaboração de modelos interligando-os. Normalmente, estes modelos são específicos para algum tipo de situação, como, por exemplo, incidentes químicos (CHEN *et al.*, 2008), acidentes automotivos (COMCARE Alliance, 2004), atentados terroristas (SAMUELSON *et al.*, 2008), catástrofes médicas (HOARE *et al.*, 2008) ou nucleares (MIKKELSEN *et al.*, 1997; CARTER; FRENCH, 2005), ou visam à integração de agências, contendo uma grande quantidade de conceitos que devem ser dominados pelos usuários (SEGEV, 2005; ZIMIN; QI, 2008; HERNÁNDEZ *et al.*, 2010).

A segunda remete à disponibilização das informações aos tomadores de decisão. Considerando o total de propostas existentes, pouquíssimas são aquelas que realizam algum tratamento para tentar disponibilizar a informação correta no momento adequado para a pessoa certa. Um bom exemplo deste tipo de trabalho, apresentado por Fitriane e Rothkrantz (2009), constrói, guiada por uma ontologia, uma visão unificada do mundo com base nas múltiplas visões dos usuários em campo e verificações de consistência entre elas. Conforme são recebidas as informações, estas são adicionadas às anteriores ou então postergadas, caso conflitem com conhecimento já armazenado, até que sejam reforçadas por novas evidências. Apesar de agregar este mecanismo de decisão sobre as informações conflitantes, não são

considerados outros aspectos para se determinar a utilidade real da informação. Estas são apenas checadas com outras relativas ao mundo descrito pela ontologia para serem exibidas ou não.

O diferencial desta dissertação em relação a esses trabalhos, e outros existentes na literatura, é justamente a seleção adequada do que deve ser disponibilizado ao comando sob certas condições da situação enfrentada, evitando a sobrecarga e incerteza das informações, desvio da atenção para elementos muito fragmentados, conflitantes, sem relevância ou não confiáveis, que podem prejudicar a sua cognição. Por outro lado, as informações vitais para a gestão de recursos e tomada de decisões devem ser privilegiadas e disponibilizadas na medida certa.

Capítulo 4 - Modelo de Apoio a Percepção Situacional em Emergências

O presente trabalho propõe que, para apoiar a percepção situacional em cenários dinâmicos de domínios complexos, não basta somente eliciar os dados necessários para se modelá-los. A enorme quantidade de dados heterogêneos e constantes transformações e guinadas no rumo dos acontecimentos requer uma estratégia de disponibilização da informação, de forma a estimular e favorecer os processos cognitivos dos tomadores de decisão.

Por isto, torna-se fundamental entender como é realizado o seu trabalho cognitivo, e não somente o físico, para se conseguir obter todos os requisitos. Sob este prisma, o tomador de decisão não pode ser visto apenas como um processador de informações recebidas de um sistema computacional e nem os sistemas como meros calculadores de dados. Desta forma, foi adotado nesta pesquisa um modelo mais holístico desta interação, na qual humano e computador são vistos como um sistema cognitivo conjunto. Para que se possa, então, projetar um sistema computacional, em conformidade com essa visão, é preciso que este possua “consciência” também do humano e do trabalho, e não somente o contrário. Logo, é necessário entender os objetivos, papéis e critérios adotados pelos tomadores de decisão para conseguir instruir o sistema computacional de forma que este saiba reagir adequadamente às mudanças do ambiente e dos operadores. Por conseguinte, foi adotada uma estratégia baseada nos protocolos de Análise do Trabalho Cognitivo (ATC) e, sua variante, Análise do Trabalho Cognitivo Orientada a Objetivos (ATCOO).

4.1 Metodologia

A abordagem ATCOO é conhecida por ser orientada à revelação de requisitos sobre percepção situacional em domínios com ambientes dinâmicos e complexos. Seu processo é constituído por quatro passos: identificação dos tomadores de decisão envolvidos, eliciação da hierarquia de objetivos, captura das principais decisões para se alcançar cada um e, por fim, detalhamento das informações que as subsidiam. Desta forma, as entrevistas realizadas com os participantes devem resultar em um modelo que permita a visualização do fluxo Objetivo-Decisão-Informação, conforme mostrado na Figura 15.

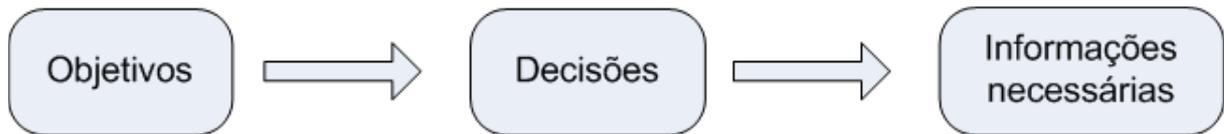


Figura 15. Fluxo de observação da abordagem Análise do Trabalho Cognitivo Orientada a Objetivos

Embora sua concepção inicial seja baseada em entrevistas estruturadas, observação dos indivíduos em seu trabalho e análise de documentos (ENDSLEY; HOFFMAN, 2002), nesta pesquisa, foram empregadas técnicas de ATC durante as sessões com a finalidade de se capturar demandas cognitivas e conhecimento tácito dos participantes. Este conjunto de ferramentas, técnicas e protocolos é mais apropriado, pois foi desenvolvido com o intuito de auxiliar o entendimento de como as habilidades cognitivas são empregadas na resolução eficiente de tarefas complexas, capturando o conhecimento tácito e transformando-o em mecanismos explícitos de apoio ao trabalho (STANTON *et al.*, 2005; CRANDALL; KLEIN; HOFFMAN, 2006).

A escolha das técnicas a serem utilizadas foi orientada pela experiência dos autores com sua utilização e, principalmente, pelas características do ambiente, trabalho e participantes do caso estudado, isto é, a resposta a emergências urbanas. Tendo em vista que a aplicação dependeria da participação, em sua maior parte, de comandantes experientes do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro e que estes se encontram alocados geograficamente distantes, foram descartadas as técnicas que exigem trabalho coletivo. A escassez de tempo destes comandantes também contribuiu para a escolha de técnicas individuais, com poucas sessões e pequena duração, além de bastante eficazes para conduzir a sessão. Técnicas e ferramentas abstratas foram evitadas, dando-se preferência ao uso de situações hipotéticas e narrativas de histórias reais, a fim de tornar mais fácil a explicitação do conhecimento tácito.

Uma das técnicas empregadas com êxito nessa pesquisa é chamada de *Twenty Questions* e consiste na apresentação de um cenário problemático fictício com poucos detalhes ao entrevistado. Este, por sua vez, deve preparar 20 perguntas que irão lhe permitir entender a situação proposta e tomar suas decisões. O emprego desta técnica permitiu aos participantes explicitarem seus objetivos e necessidades de informações ao mesmo tempo em que os estruturavam.

A prototipagem foi utilizada também como recurso em algumas sessões realizadas com o Corpo de Bombeiros do Chile. Essa abordagem, por ser bastante concreta, facilitou a coleta dos dados necessários para a modelagem do estado da situação, apresentada em 4.2 – Estruturação dos Objetivos, Decisões e Informações.

Outra técnica bastante fácil e ilustrativa é a narração de histórias. Sua facilidade advém da própria tradição humana em utilizá-la para propagação de conhecimento entre gerações. Além disto, por meio de histórias, não somente a assimilação de conhecimento sobre os eventos e sua ordenação cronológica é obtida, mas também elementos tácitos embutidos podem emergir. Assim, os pesquisadores são capazes de examinar tais narrativas cuidadosamente para identificar eventos-chave que levaram os tomadores de decisão a expandir seu entendimento da situação ou optarem por uma solução. Outrossim, as histórias proveem um material rico sobre a interação entre os membros do comando e sua participação na tomada de decisão. Esta técnica possibilitou, também, a eliciação de heurísticas sobre o uso da informação, permitindo a derivação dos critérios apresentados na seção 4.3 – Heurística de Utilidade.

Foram selecionados dois casos atípicos para avaliação e entrevistados alguns de seus comandantes participantes. Ambos se passaram em 2010, sendo um em Angra dos Reis (chuva extrema em Janeiro) e um no Rio de Janeiro (chuva extrema em Abril). Além disso, alguns fragmentos sobre um dos maiores terremotos já ocorridos no Chile (27/02/2010) também foram considerados em sessões realizadas com bombeiros chilenos. A escolha por casos atípicos recentes é explicada pela maior facilidade de recuperação de detalhes e dados do evento pelos entrevistados, maior eficiência na captura e riqueza de conhecimento tácito que estes proporcionam, tendo em vista que nessas situações é que os indivíduos se superam, empregando toda sua a experiência na resolução dos problemas.

Para complementar as técnicas supracitadas foram realizadas análises de documentação e entrevistas semi-estruturadas. Estas últimas possuem como principal vantagem a sua eficiência em alcançar os objetivos a que se propõem e foram empregadas com o intuito de clarear os detalhes mais complexos.

Foram realizadas, no total, dez entrevistas com sete comandantes dos bombeiros, sendo dois chilenos e cinco brasileiros. Todos possuem mais de 10 anos de trabalho em emergências e mais de 3 anos de experiência comandando unidades. Além disso, a pesquisa contou com a consultoria de um experiente comandante da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro e um bombeiro chileno, garantindo uma aproximação dos autores com dois pontos de vista distintos. Essas seções totalizaram, aproximadamente, 19 horas de trabalho e permitiram o entendimento de como é realizado o trabalho, a estrutura organizacional do time de comando da operação, a estruturação dos seus objetivos, decisões e informações necessárias, além da captura de heurísticas de utilidade para o tratamento prévio das informações disponibilizadas ao comando.

4.2 Estruturação dos Objetivos, Decisões e Informações

Para se compreender a cognição no trabalho dos tomadores de decisão é preciso, primeiro, conhecer os aspectos organizacionais, tais como estrutura hierárquica, regras, procedimentos e colaboração interorganizacional. No caso de emergências urbanas, estudado no Estado do Rio de Janeiro, os bombeiros são os principais responsáveis pela operação de resposta, sendo assistidos por outras instituições, como polícia militar, companhia de tráfego, luz, gás, dentre outras. A Defesa Civil assume um papel de intermediação entre tais organismos, de forma sistêmica (sem hierarquia), e coordena as ações de assistência, como, por exemplo, busca de abrigos e provimento de alimentação e logística de funcionamento a estes locais.

Nem todas as operações de resposta atendidas pelos bombeiros necessitam da instalação de um Posto de Comando (PC). A necessidade de se estabelecer um PC é subjetiva e depende da avaliação do comandante. Isso normalmente acontece quando a complexidade da operação aumenta substancialmente e são empregados recursos de mais de um quartel. Com isso, há a reunião de líderes no local do desastre e o de maior patente, costumeiramente, assume o comando.

Um PC pode ser tão sofisticado como um veículo próprio, com equipamentos de comunicação e câmeras, como pode ser improvisado no capô de uma viatura. O PC é, na realidade, um ponto focal, uma referência de onde está a liderança. A responsabilidade do comandante neste posto é de coordenar os recursos, que podem ser humanos, materiais ou até financeiros. Seu trabalho é compatibilizar as necessidades com os recursos de forma a atender seu objetivo final com êxito. Em resumo, isto significa entender a situação, tomar decisões, despachar as ordens e controlar as ações para saber se e como estão sendo realizadas e qual o seu resultado.

Transferências de comando podem ocorrer quando a resposta à emergência se alonga por períodos muito grandes, tornando necessário o descanso do comandante de operação (troca de turno), quando o acidente o atinge ou caso seja solicitado apoio e um oficial de maior patente ou um especialista em determinada área assumam a responsabilidade sobre a situação. Nestes casos, o conhecimento adquirido sobre o contexto deve ser passado ao novo responsável pelas decisões. Esta passagem do serviço geralmente é realizada de forma verbal com algumas anotações em papel, sendo informado o que já foi feito e o estado atual da emergência.

A constituição do comando e designação de tarefas adotadas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) seguem, com algumas adaptações, as diretrizes do Sistema de Comando de Incidentes (SCI) norte-americano. Assim, o comando da operação, dependendo da dimensão da emergência, pode ser composto por uma equipe, conforme mostrado na Figura 16.

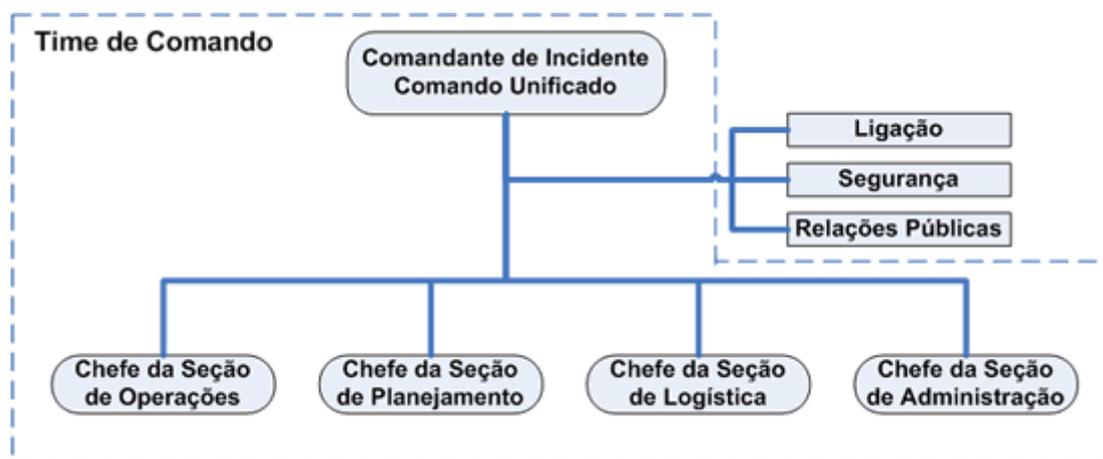


Figura 16. Estrutura do comando da operação

O SCI possui cinco seções funcionais, com os respectivos papéis destacados na Figura 16 pela linha pontilhada. O primeiro papel, o Comando, é o principal responsável pelo gerenciamento da emergência. Pode ser composto por um indivíduo ou, caso haja mais de uma jurisdição ou departamentos envolvidos, por indivíduos com distintas especialidades. O Comando é também responsável pela elaboração dos objetivos e aprovação do plano de ações.

Apoiando-o diretamente, estão os oficiais de ligação, segurança e relações públicas (ou informações). O primeiro deles é responsável pelo contato entre as agências envolvidas. O segundo avalia condições perigosas e inseguras e sugere medidas que visem à proteção das equipes de socorro. Este oficial possui autoridade para intervir no andamento da operação caso haja algum risco ou ação que possa colocar em perigo as equipes. Por último, o oficial de relações públicas é responsável por coletar informações detalhadas sobre a emergência para fins de divulgação à imprensa e outros órgãos governamentais.

A seção de Operações é responsável pela aplicação prática do plano de ações e coordenação dos recursos. Para isso, precisa estar informada sobre os acontecimentos, ações sendo desempenhadas e posição e disponibilidade dos recursos. Já a seção de Planejamento elabora as alternativas de ações a serem avaliadas pelo Comando. Assim, suas tarefas envolvem coleta, análise e disseminação de informações, compreensão do cenário e projeção de acontecimentos futuros decorrentes das soluções pensadas ou eventos externos. A seção de Logística apóia a execução do plano de ações, solicitando material e pessoal, distribuindo, armazenando e registrando o uso de todos os recursos, estabelecendo instalações de descanso

alimentação e manutenção, promovendo serviços de reparo, abastecimento e transporte, além de estabelecer um sistema de comunicação e atendimento médico para os integrantes das equipes de trabalho. Por fim, a seção de Administração e Controle Financeiro cuida do registro diário de tempo de serviço, contratos de compra e alocação e produz um relatório de custos da emergência.

Cada uma destas quatro seções possui uma estrutura própria para suas funcionalidades. Contudo, para esta pesquisa apenas o chefe de cada uma é considerado, por interagir diretamente com o Comando da operação.

Nem todos os casos demandam que todas as funções sejam executadas por um ou mais indivíduos. Um integrante pode acumular mais de uma função ou até mesmo todas, dependendo da escala do evento. Por conseguinte, um modelo de apoio a percepção situacional que atenda esta estrutura deve ser flexível para servir a um ou mais indivíduos e, inclusive, se adaptar a mudanças em sua configuração durante uma emergência.

As ferramentas disponíveis normalmente no Posto de Comando são rádio, papel e caneta. São empregadas, basicamente, para o recebimento de informações, sua persistência e compartilhamento entre os membros do comando. Por meio do retrato desenhado do local e anotações das informações recebidas, os integrantes do comando constroem sua percepção da situação, analisam os problemas, geram alternativas para solucioná-los e acompanham o desenrolar das ações.

A Figura 17 exibe uma parte das informações registradas nos quadros de situação dos dois casos analisados nesta pesquisa. A partir de sua análise, pode-se eliciar informações que são mantidas pelos comandantes, como são agrupadas, relacionadas e o seu nível de detalhamento. No quadro à esquerda, que se refere a um escorregamento de terra, é possível notar a importância da localização real das casas e da trajetória que a terra percorreu. Além disso, o local do desastre foi dividido em setores e, a cada dia, a área trabalhada foi hachurada de uma forma distinta. À direita, além do croqui do local há ainda fichas que trazem informações detalhadas sobre edificações, vítimas e recursos. A posição das fichas demonstra o relacionamento entre tais elementos. Desta forma, em cada coluna define-se uma localização do mapa desenhado, que pode ser uma edificação ou ponto do terreno, e, abaixo dela, são relacionados os elementos móveis que podem estar ali situados, como vítimas presas e recursos materiais e humanos trabalhando.

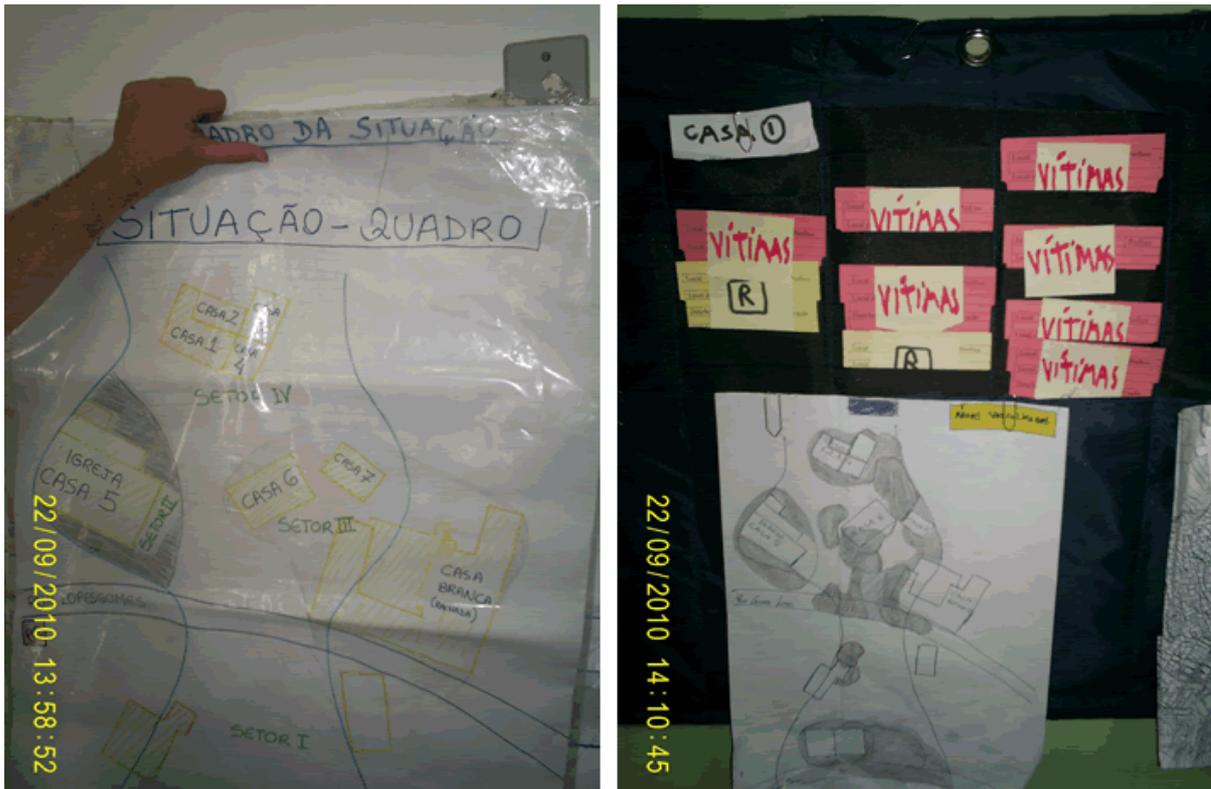


Figura 17. Quadros de situação dos dois casos analisados

Apesar de já bastante difundido entre os comandantes, este tipo de ferramenta possui algumas deficiências que devem ser consideradas. Em primeiro lugar, o desenho em papel requer habilidade do desenhista para que seja inteligível e se transforme em um auxílio efetivamente. Este material não permite erros e dificulta a atualização do conteúdo, sendo necessário criar, às vezes, várias versões por meio de cópia manual. Outra deficiência inata desta ferramenta é sua fragilidade para o uso em ambientes de emergência, onde pode haver contato com chuva e outras condições ambientais desfavoráveis.

A perspectiva do local desenhado depende unicamente da visão do desenhista, que se encontra distante dos acontecimentos e é responsável por localizar cada ponto de interesse comunicado pelos socorristas via rádio ou percebido pelos próprios comandantes. Além disso, sua velocidade para registrar os pontos de interesse no quadro é limitada pela capacidade humana e, enquanto trabalha, o desenhista provoca a oclusão do conteúdo, prejudicando a percepção dos comandantes.

Outro fator prejudicial das atuais ferramentas é a dificuldade de representar as informações desejadas por cada integrante do comando. Desta forma, alguns papéis podem ficar desamparados para o entendimento dos elementos que os interessam. Nos exemplos da Figura 17 pode-se notar que não há informações suficientes para atender às demandas do Oficial de Segurança, que precisa estar a par dos perigos e obstáculos existentes no caminho das equipes. Além disso, o trabalho realizado individualmente por cada membro não é

apoiado, gerando momentos em que a ferramenta é abandonada, e nem todos os objetivos do grupo são abordados, o que contradiz a essência dos problemas caracterizados como multiobjetivos.

Para se apoiar efetivamente a resolução deste tipo de problemas é preciso compreender detalhadamente os objetivos de todos os envolvidos. Entretanto, uma simples lista não é capaz de garantir a uniformidade de escopo, nível de explicitação e detalhamento e sua consistência. Para isso, a hierarquização pode ser utilizada como uma maneira válida de se especificá-los melhor, reduzindo estas deficiências. O modelo de árvore de objetivos permite a subdivisão do elemento mais geral em porções menores e mais detalhadas, para as quais há um meio prático de se medir o seu nível alcançado. A quantidade de subdivisões deve ser julgada pelas vantagens e desvantagens que traz, a fim de evitar seu crescimento exacerbado verticalmente. Do mesmo modo, todas as facetas de um elemento devem ser cobertas pelos subelementos, porém, sem estender demasiadamente o modelo na direção horizontal, o que também afeta sua compreensão.

Contudo, nesta pesquisa foi constatada a necessidade de se incluir a priorização e interligação dos objetivos em uma relação de dependência de um por outro. Assim, caso um objetivo O_1 só possa ser cumprido mediante o alcance de certo nível de sucesso de outro objetivo O_2 , então deve haver uma ligação entre ambos. Já as prioridades funcionam como pesos atribuídos e auxiliam na determinação da ordem de precedência entre as tarefas a serem realizadas pelos integrantes do comando. Esta característica é um importante requisito para a disponibilização das informações.

Baseado nessas diretrizes e seguindo as técnicas apresentadas na seção 4.1 – Metodologia, foram eliciados e esquematizados os objetivos da fase de resposta a emergências urbanas, mostrados na Figura 18. As linhas pontilhadas representam os relacionamentos de dependência entre objetivos, enquanto que as sólidas indicam a subdivisão. Por motivos de simplificação, apenas uma subdivisão foi retratada neste modelo, entretanto, sua descrição mais completa é apresentada em seguida.

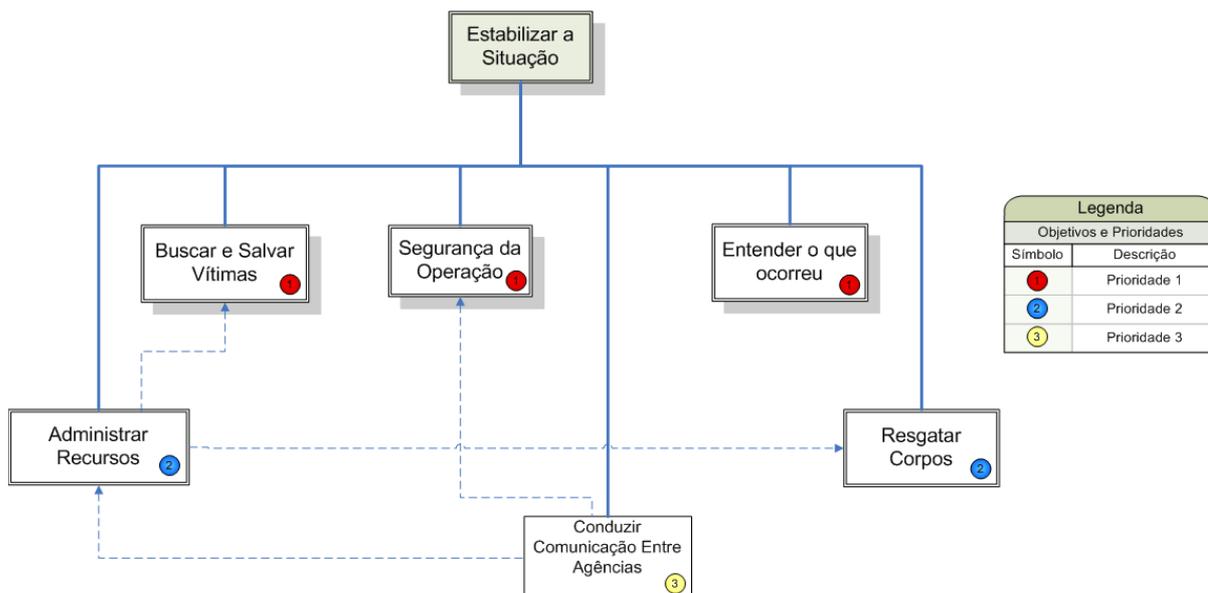


Figura 18. Esquematização dos objetivos da fase de resposta a emergências urbanas

O objetivo geral desta fase da Gestão de Emergências é estabilizar a situação, combatendo os perigos deflagrados pelo evento adverso e evitando, assim, que mais perdas humanas e materiais possam ocorrer. A subdivisão deste objetivo resulta em seis outros, sendo três de prioridade máxima, dois pertencentes ao segundo nível e um de baixa prioridade.

O primeiro objetivo a ser perseguido é sempre o de compreender as características do evento adverso, como origem, tipo, sua evolução e a intensidade dos danos provocados. Além disso, procura-se conhecer o local afetado, o que inclui o terreno e as construções existentes, e entender suas transformações sofridas. Devido às poucas informações disponíveis, sua incerteza e o dinamismo da situação, a busca por este objetivo continua durante quase toda a resposta à emergência, à medida que novas observações vão sendo realizadas.

Outro objetivo de prioridade máxima é, naturalmente, buscar e salvar vítimas no local da emergência. Este compreende os subobjetivos de localizar todas as pessoas, resgatá-las e realizar o atendimento médico pré-hospitalar, além do combate aos perigos, como incêndios e explosões, que as ameaçam. Contudo, as ações definidas para o cumprimento desse objetivo não podem colocar em risco as próprias equipes de trabalho, possibilitando a elevação do número de vítimas e redução do contingente.

Para evitar isto, a segurança da operação também é considerada como um objetivo de alta prioridade, subdividindo-se em segurança no planejamento das ações e no monitoramento dos riscos em sua execução. Sua meta principal é manter a integridade física de cada membro da operação, impedindo que a evolução de perigos existentes nos lugares onde as equipes devem atuar e o impacto das ações de outras equipes possam atingi-los.

Diferente do salvamento de vítimas, o resgate de corpos aparece no segundo nível de prioridade. O motivo desta diferenciação é oriundo do tempo que se possui para se concluir cada um. Para os bombeiros, o resgate de vítimas deve ser realizado o quanto antes, mesmo assumindo-se alguns riscos, enquanto que corpos podem ser retirados por meio de operações mais bem elaboradas e mais longas, que podem, inclusive, ser iniciadas tardiamente. A organização das ações é orientada para o cumprimento dos subobjetivos de localização, retirada e identificação de corpos.

A administração dos recursos é tida como um objetivo devido à necessidade de se controlar o seu emprego para que seja possível criar uma frente de trabalho para cada local onde haja pelo menos uma vítima. Sem que os recursos sejam administrados eficazmente os resultados da operação podem ser seriamente comprometidos. Este objetivo se divide em conhecimento das necessidades e disponibilidade de recursos, monitoramento da autonomia de equipamentos, a fim de providenciar seu abastecimento, reparo ou troca, acompanhamento da carga de trabalho das equipes, sua alimentação, descanso e troca de turnos.

Por fim, em um nível de prioridade mais baixo, está a condução de comunicação entre agências, departamentos e instituições. Este objetivo pode ser dividido em compartilhamento de informações sobre as operações, divulgação de relatórios e transmissão de ordens, o que afeta diretamente a segurança da operação, o resgate de corpos, a administração de recursos, e, conseqüentemente, a busca e resgate de vítimas. Contudo, por não estar relacionado diretamente à formação da percepção situacional para a tomada das decisões abordadas nesta dissertação, este objetivo não foi aprofundado nos passos subsequentes da pesquisa.

As principais decisões tomadas no Posto de Comando podem ser extraídas de cada um destes objetivos. Entretanto, de acordo com os próprios especialistas consultados, a tomada de decisão varia em cada caso real, e não apenas entre os tipos de situação, o que torna inviável a especificação detalhada de todas as suas possibilidades. Por isto, a sua captura e representação devem ter em mente sempre a generalização e a contemplação da variabilidade inerente a este tipo de situação.

Isso foi alcançado, neste trabalho, por meio da elaboração de perguntas categorizadas em dois níveis. Esta estratégia foi considerada familiar pelos entrevistados e permitiu a derivação de mais do que somente as decisões, mas também do conjunto de informações necessárias para atendê-las. O primeiro nível revela questionamentos que auxiliam a reflexão do comandante a respeito de cada objetivo, enquanto que o segundo compreende questões derivadas do primeiro que representam as decisões em si. Estas reflexões e decisões são apresentadas no Quadro 2. Não existe correspondência entre uma reflexão e uma decisão pela

linha que ocupam no quadro, pois esta é, na realidade, uma relação do tipo “muitos para muitos” e, para os propósitos deste trabalho, basta a associação dos seus conjuntos por objetivo especificado.

A não inclusão de decisões ligadas diretamente ao objetivo “Entender o que Ocorreu” explica-se pela sua grande interseção com os demais. Por isto, optou-se por incluir tais decisões apenas nos objetivos a que se referem mais especificamente, evitando a redundância.

Objetivo	Reflexões	Decisões
Entender o que Ocorreu	O que aconteceu?	
	O que está acontecendo agora?	
	Como era o local antes?	
	Como está o local agora?	
	Quantas edificações foram afetadas?	
	Qual a nova localização das edificações, caso tenham sido movidas?	
	Qual é a delimitação da área da emergência?	
	Quais os obstáculos existentes no local?	
Busca e Resgate de Vítimas	Quantas pessoas ou famílias estavam no local?	
	Quantas pessoas já foram resgatadas pela própria população?	O que fazer?
	Quantas pessoas já foram resgatadas pelas equipes?	Onde atuar?
	Onde estão localizadas as vítimas vivas?	Como fazer?
	Quantos cômodos e pavimentos precisam ser trabalhados?	O que usar (recursos materiais e humanos)?
	Qual o estado de saúde das vítimas?	Qual o momento de encerrar a operação?
	Qual o tipo de material que vai enfrentar (lama, concreto etc.)?	Quando diminuir o efetivo?
	Quais os perigos e obstáculos para se alcançar as vítimas?	
	O avanço do perigo pode atingir novas vítimas, edificações ou recursos naturais?	
Segurança da Operação	Onde há riscos para a operação?	
	Quais são os riscos para o pessoal da operação?	Equipe pode entrar/ficar no local?
	Qual o grau dos riscos?	Equipe pode realizar esta tarefa?
	Qual a área afetada pelo risco?	Equipe pode passar por este local?
	O risco se move para alguma direção? Qual?	Qual o momento de interromper o trabalho?
	O trabalho cria perigos para a própria equipe?	
	O trabalho cria perigos para outras equipes?	
Administrar Recursos	Quais os recursos necessários para a operação (guarnições e equipamentos)?	Solicitar recursos?

	Qual a quantidade de recursos necessária?	Quais recursos solicitar?
	Onde estão alocados os recursos da operação?	A quem solicitar recursos?
	Há acesso para o local onde será utilizado o recurso?	Qual recurso enviar para cada tarefa?
	Há autonomia suficiente para realizar o trabalho?	Substituir este recurso?
Resgatar Corpos	Quantos corpos são?	
	Onde estão localizados os corpos?	Resgatar os corpos?
	Quantos corpos já foram resgatados?	Idem Busca e Resgate de Vítimas
	Quais as dificuldades para resgatar os corpos?	
	É possível alcançar os corpos?	

Quadro 2. Principais decisões tomadas em situações de emergência urbana

A partir dessas reflexões facilmente podem ser obtidos os requisitos de informação para as decisões descritas. Sua especificação é feita, também, por meio de dois níveis de detalhe: entidades e atributos. Primeiro, determina-se apenas a entidade, ou o conjunto delas, na qual a resposta para cada questionamento reflexivo pode ser encontrada. Os relacionamentos entre entidades são também definidos neste momento. Em seguida, detalha-se os atributos que fornecem os dados fundamentais para as respostas.

Para cada objetivo foi realizado este procedimento e gerado um modelo descritivo. Ao final, foi realizada a união de todos e os ajustes necessários para que se encaixassem. As Figuras 19 e 20 ilustram, respectivamente, os modelos elaborados para os objetivos “Segurança da Operação” e “Administrar Recursos”. Neles é possível se observar quase todas as entidades, com exceção de Evento, e seus relacionamentos para cada objetivo. Além disso, os atributos de cada entidade variam em decorrência do objetivo e, conseqüentemente, das questões respondidas, como pode ser notado com a entidade Equipe nas duas figuras. Os demais modelos de objetivos se encontram no Apêndice A e os relacionamentos completos das entidades no Apêndice B desta dissertação.

Deste modo, objetiva-se obter um modelo fortemente direcionado às principais questões enfrentadas pelo comando, evitando o excesso de informações irrelevantes. Com isto, tem-se um modelo de dados genérico o bastante para abranger enorme variação de situações, porém, enxuto a ponto de não demandar grande domínio de conceitos e causar ambigüidade na sua escolha. A relação completa das entidades definidas apresenta 13 conceitos, explicados a seguir.

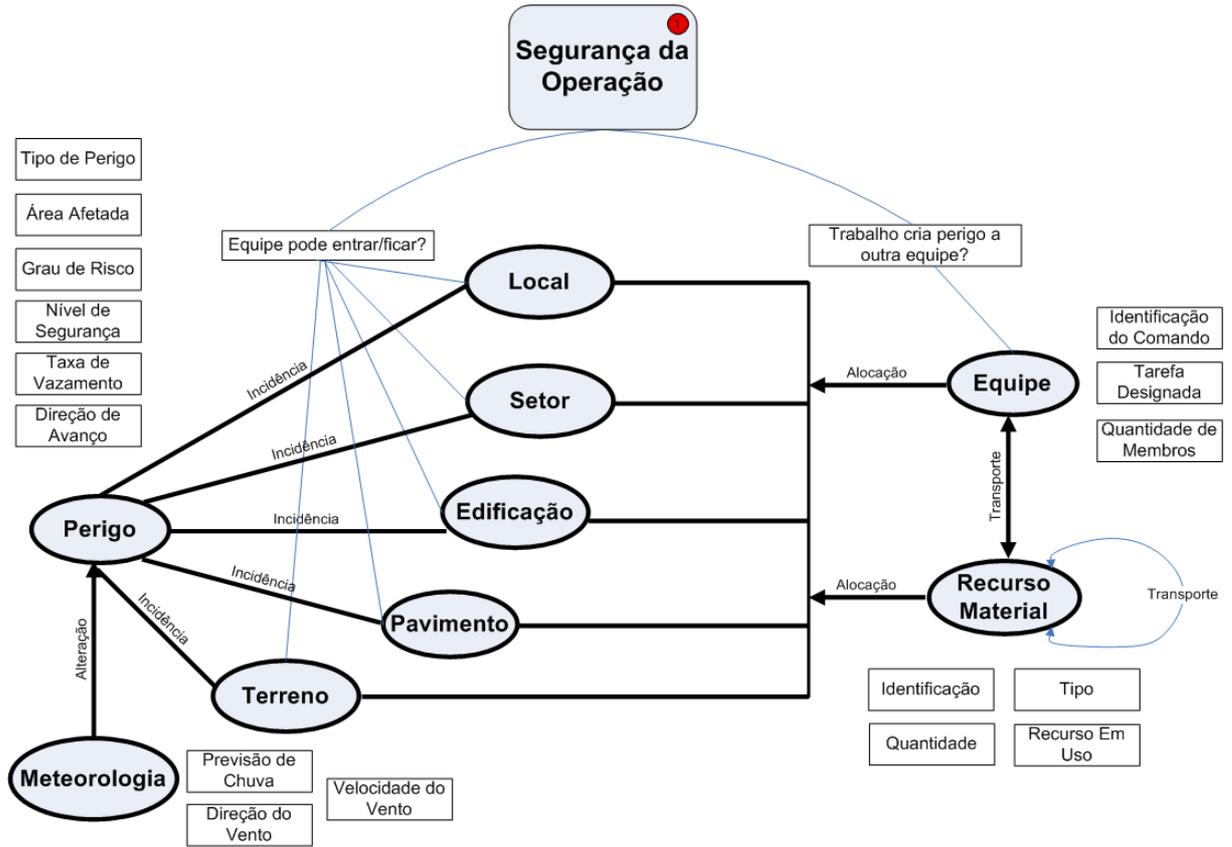


Figura 19. Requisitos de informação para o objetivo “Segurança da Operação”

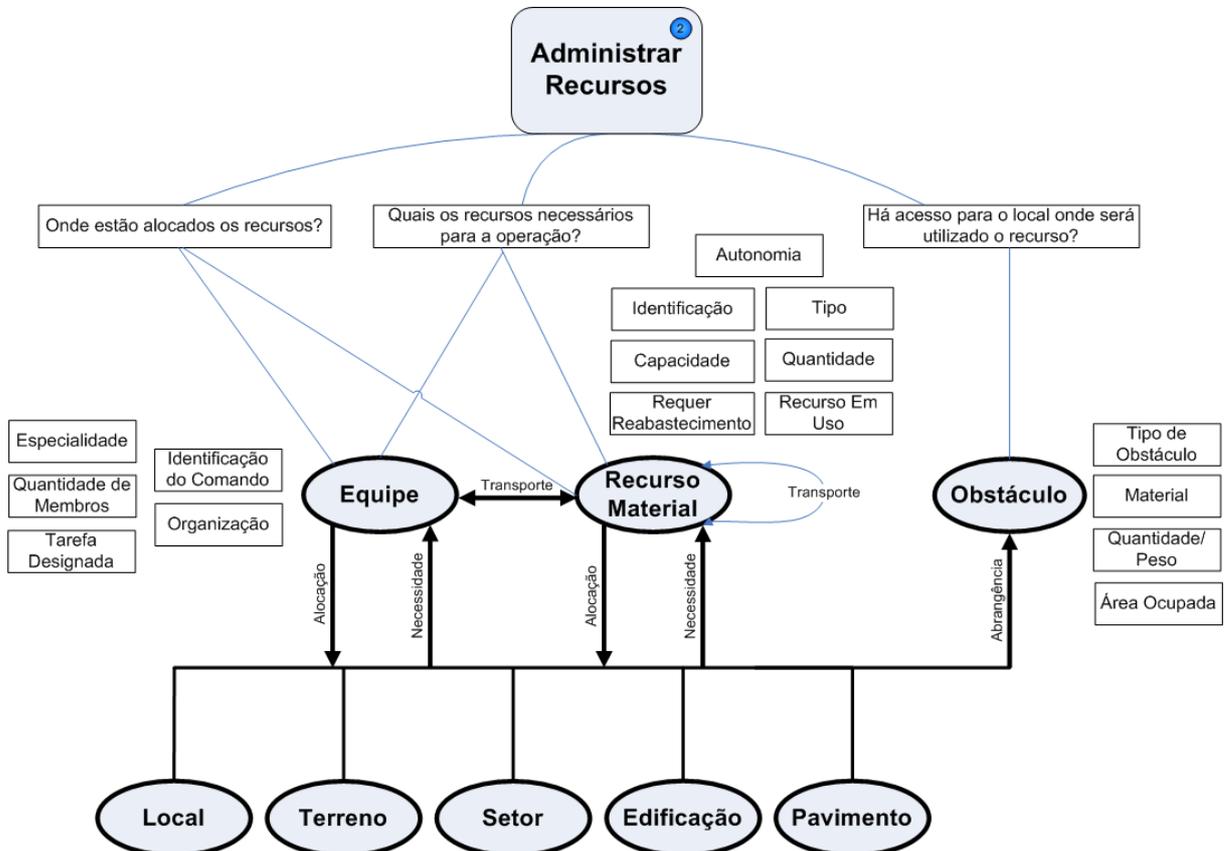


Figura 20. Requisitos de informação para o objetivo “Administrar Recursos”

Evento

É o conjunto de informações a respeito do evento adverso que deflagrou a emergência. Contém informações sobre sua origem, como, por exemplo, data, causa e local, além de sua evolução e intensidade dos danos provocados. É normalmente o primeiro tipo de informação recebida pelas equipes de trabalho quando chegam ao local.

Local

Este é um conceito amplo, que corresponde a toda a área afetada e a ser trabalhada. Não possui atributos próprios, pois sua razão de existência é servir como um contêiner para as demais entidades, exceto Evento e Meteorologia. Seu detalhamento é realizado pelas entidades Terreno, Setor, Edificação e Pavimento, quando tais informações são conhecidas. Em desastres que alteram profundamente a região, é normal utilizar-se uma comparação de imagens anteriores com a atual para se projetar a localização atual das estruturas.

Terreno

Informações a respeito do terreno onde será realizado o trabalho são muito importantes para definir as ferramentas e os meios de transporte dos socorristas. Sua inclinação, tipo de solo (asfalto, terra, lama etc.) e cobertura (construção, mata rasteira etc.) são os principais critérios para isto. A existência de rede pluvial, que pode ser afetada pelos perigos ou até mesmo pelo trabalho, também é considerada. Além disto, ajudam a compor o mapa da região, especificando onde há ruas, morros etc.

Setor

Setores de trabalho são definidos pelo comando com a finalidade de aumentar seu controle sobre as ações desempenhadas no local da emergência. Como parte da estratégia de amplitude de controle, para cada setor há um líder responsável pelo andamento do trabalho e que se relata ao PC.

Edificação

Representa cada estrutura física do local atingido, incluindo as instalações de apoio a operação montadas. Assim, pode representar desde pequenas casas, onde há poucos moradores, até estádios de futebol com milhares de pessoas. Para a definição das ações e recursos empregados, é necessário se conhecer o tipo de material (alvenaria, concreto etc.), a quantidade de pavimentos, cômodos e subsolos a serem acessados e as condições do

equipamento de segurança contra incêndio e pânico da estrutura em questão. A estabilidade e existência de perigos também balizam decisões sobre planejamento e segurança.

Pavimento

Em estruturas com mais de um pavimento é importante localizar precisamente em qual deles estão as equipes, recursos, vítimas, perigos e obstáculos. Para atingir andares mais elevados alguns recursos especiais e estratégias diferenciadas são demandados, por isto, sua especificação é bastante necessária ao comando.

Vítima

Representa uma determinada vítima a ser localizada e resgatada. Normalmente, pessoas que testemunharam ou escaparam da emergência fornecem este tipo de informação aos socorristas. Para se ter o controle do andamento das buscas são registrados a identificação e o laço de relacionamento entre as vítimas, quando for o caso. Para facilitar seu reconhecimento a faixa de idade também pode ser utilizada. O andamento do resgate e seu estado de saúde são acompanhados constantemente.

Conjunto de Vítimas

Quando a informação sobre vítimas é imprecisa ou sua identificação individual não convém, estas podem ser representadas por um único grupo. Desta forma, pode-se manter de forma simples a percepção a respeito de quantas pessoas devem ser resgatadas. Muitas vezes este grupo possui uma referência a uma vítima individual, como, por exemplo, “a família de Mélvio” ou “funcionários da equipe do Tício”. Por esta razão, o emprego de ambas as entidades pode ser realizado conjuntamente para tornar mais claro o retrato da situação.

Equipe

Manter as informações sobre as equipes situadas no local, sua localização exata a cada instante, quantidade de membros, especialidade, organização a que pertencem e suas atividades atuais é de extrema importância para o monitoramento da operação e decisões de logística. Além disso, a identificação do comando e da força tarefa, ramo, divisão ou grupo a que pertencem também auxiliam no entendimento do uso dos recursos humanos. Dois conjuntos de enumerações foram elaborados para representar a organização e especialidade das equipes. Estes conjuntos contêm os principais elementos envolvidos em emergências urbanas, se estendendo desde voluntários a órgãos governamentais. As especialidades são

relacionadas às organizações por sua atribuição principal. Assim, para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a especialidade correspondente é “meio ambiente”. Para a organização dos bombeiros, foram empregadas especialidades detalhadas, tendo em vista a grande variedade de atuação desta organização e sua função majoritária nesse tipo de situação.

A demanda por equipes ou profissionais especializados também pode ser representada neste modelo por meio de um subconjunto apropriado de atributos desta entidade.

Recurso Material

Da mesma forma que as equipes, o controle dos recursos materiais e suas demandas é crucial para diversas decisões tomadas no PC. Seus principais atributos são localização, capacidade (de carga, água ou passageiros, por exemplo), quantidade, quando for o caso de representá-los como um grupo, autonomia restante, sua disponibilidade (se está livre ou em uso) e necessidade de parada para abastecimento.

Perigo

Perigos representam risco às vítimas ou às equipes e recursos. Podem ser criados pelo evento ou pelo próprio trabalho da operação. É preciso conhecer sua localização e extensão da área afetada, grau de risco para as operações e, quando apropriado, sua taxa de vazamento e direção de avanço. Envolvem desde o risco de explosão, colapso de edificação ou choque elétrico até mesmo a exposição radiológica.

Obstáculo

Obstáculos são objetos que dificultam ou impossibilitam o acesso ou trabalho da operação (ex: rocha, acesso à estrutura desabado etc.). Também possuem a funcionalidade de marcar pontos de referência para a orientação das equipes e do comando. Isso pode ser ilustrado por uma das histórias colhidas neste trabalho, na qual um veículo parcialmente soterrado por um deslizamento de terras foi marcado no quadro da situação a fim de contribuir para o aumento da precisão na localização das edificações encontradas e demarcação das áreas já vasculhadas. Esta situação é exibida na Figura 21.

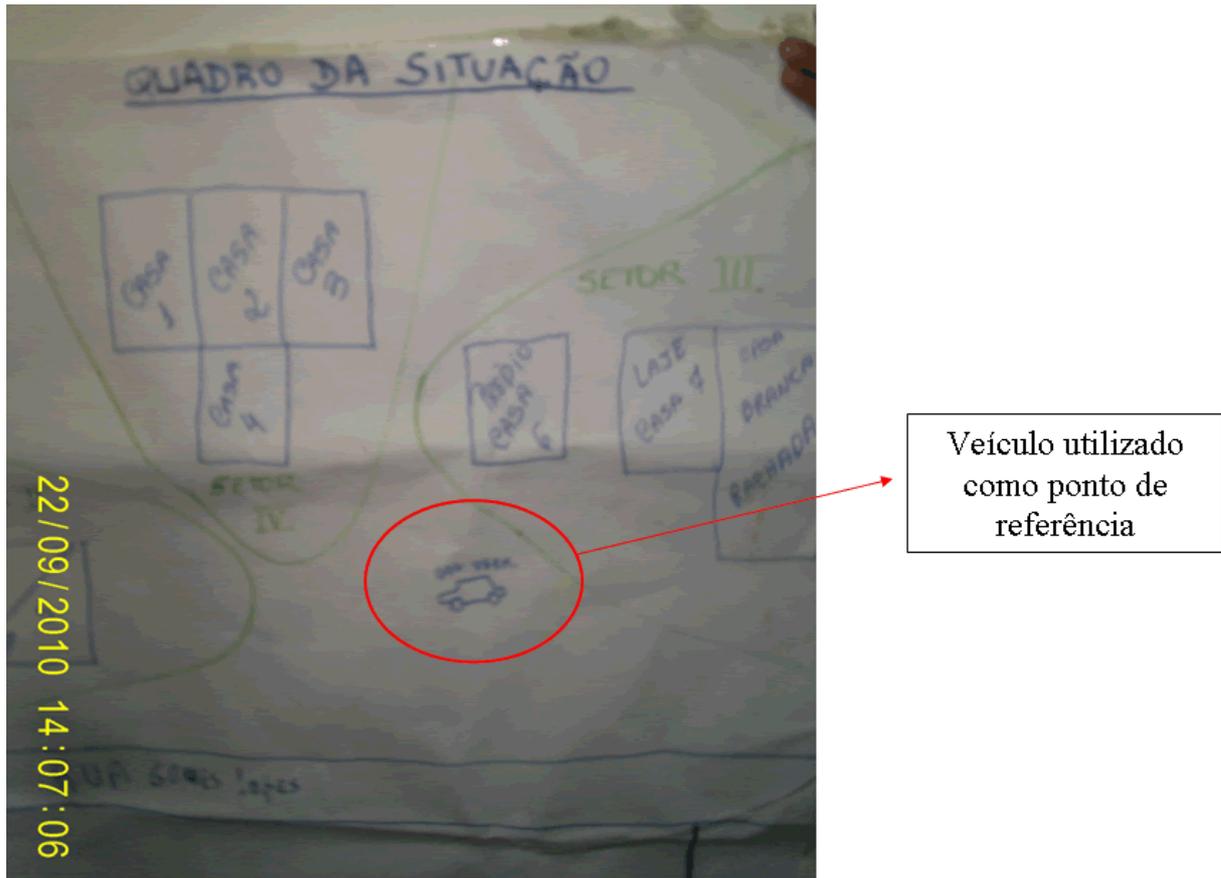


Figura 21. Quadro da situação com ponto de referência para localização dos demais pontos de interesse

Meteorologia

Representa as informações a respeito das condições do tempo que podem afetar a evolução dos perigos, modificar obstáculos e prejudicar o trabalho. Suas principais observações recaem sobre a previsão de chuva e condições do vento, como direção e velocidade. Com relação ao vento, este pode modificar o avanço de incêndios, nuvens de fumaça, gás tóxico ou até radiação. Já com respeito à chuva apenas sua previsão é retratada, tendo em vista que as condições atuais podem ser facilmente observadas pelo comando da operação. Estas informações devem ser obtidas de organizações de meteorologia para serem consideradas confiáveis.

O dicionário de atributos destas entidades, presente no Apêndice C, descreve o significado de cada dado e possíveis regras de formação de seus valores, tipos ou enumerações utilizadas. O Quadro 3 apresenta a parte correspondente à entidade Vítima deste dicionário, para fins de exemplificação. Nele é possível se detectar a correspondência entre os dados e as respostas a algumas das perguntas dos objetivos “Buscar e Salvar Vítimas” e “Resgatar Corpos”, tais como a sua localização, estado de saúde e identificação. Para responder todas as questões outras entidades precisam ser analisadas conjuntamente, como,

por exemplo, a edificação onde está uma vítima e obstáculos e perigos existentes, conforme os respectivos modelos.

Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Identificação	Identificação da vítima sendo procurada ou já encontrada	Texto livre (Ex: Mélvio, ...)
Faixa de Idade	Faixa de idade da vítima sendo procurada ou já encontrada	Menos de 1 ano, 1 ano, 2 anos, 3 anos, ...
Estado do Resgate	Estado atual do resgate da vítima	Não Resgatada, Não Resgatada e Viva, Não Resgatada e Morta, Resgatada pela População, Resgatada pelas Equipes, Em Atendimento, Liberado no Local
Data do Resgate	Data e hora em que foi concluído o resgate	Data e Hora (Ex: 10/10/10 12:50)
Estado de Saúde	Estado de saúde atual	Estável, Instável, Óbito
Laço de Relacionamento	Relacionamento da vítima com um grupo de vítimas	Texto livre (Ex: Bisavô(ó), Avô(ó), Pai (Mãe), Tio(a), Sogro(a), Cônjuge, Irmão(ã), Cunhado(a), Filho(a), Sobrinho(a), Afilhado(a), Genro (Nora), Padrinho (Madrinha), Neto(a), Amigo(a), Conhecido(a))
Localização	Localização provável ou confirmada da vítima	Marcação no mapa

Quadro 3. Dicionário de atributos da entidade Vítima

O conjunto de atributos definido tem como objetivo principal apoiar a percepção situacional dos integrantes do comando. Por esta razão, são essencialmente referentes a propriedades voláteis dos objetos do mundo retratado. Dados sobre, por exemplo, a localização de hidrantes, hospitais ou comportamento de substâncias tóxicas são considerados parte do Conhecimento Formal Prévio e, por isto, não são abordados neste trabalho.

Contudo, para se formar uma base de Conhecimento Contextual Atual completa é preciso acrescentar a estes **atributos de entidade** algumas informações de contexto. Tais informações referem-se à sua fonte e aos momentos em que foram capturadas pelo informante e recebidas pelo comando e serão nomeadas, para fins de diferenciação, **atributos de contexto**.

A fonte de uma informação em situações de emergência é, muitas vezes, a própria população que presenciou o evento. Em outros casos, pode ser os próprios socorristas que observaram alguma mudança no ambiente ou um especialista que tenha examinado algum objeto. Por isto, é importante ao comando saber quem, de fato, está comunicando tal informação.

Já os momentos de captura e recebimento indicam a “idade” da informação recebida, que, em situações tão dinâmicas quanto essas, pode ser determinante para sua validade.

Informações recebidas há muito tempo e não atualizadas, bem como as recebidas com atraso, podem não ser mais úteis ou até mesmo serem prejudiciais à formação da percepção situacional.

Ao contrário de alguns trabalhos relacionados, a localização da fonte não é considerada como parte deste tipo de atributo nos modelos aqui propostos, pois, de acordo com os resultados das entrevistas realizadas, um informante pode fornecer dados a respeito de entidades situadas em qualquer localização, e não somente a sua. Por isso, a localização aparece de maneira intrínseca na lista de atributos de todas as entidades.

4.3 Heurística de Utilidade

O principal diferencial desta dissertação no árduo desafio de prover a informação correta para a pessoa certa no momento apropriado está na sua proposição de que não bastam bem elaboradas análises e coletas de requisitos de informação para se alcançar tal objetivo. Tendo em vista a natureza dinâmica das situações de emergência e do conhecimento contextual atual, é preciso que a disponibilização da informação seja determinada em função do estado do contexto a cada momento. Para isto, é proposto o emprego de uma heurística de utilidade da informação baseada em métodos de tomada de decisão multicritério.

Tal heurística foi capturada durante as sessões realizadas com comandantes dos bombeiros e retrata a maneira como estes empregam sua experiência para decidir qual informação consumir a cada instante em busca da construção de sua percepção situacional. O modelo da heurística desenvolvida a partir deste conhecimento se divide em dois níveis de atuação, exibidos na Figura 22. No primeiro objetiva-se alcançar a meta de distribuição da “informação correta para a pessoa certa”, enquanto que o segundo trata da indicação da “informação correta no momento apropriado”.

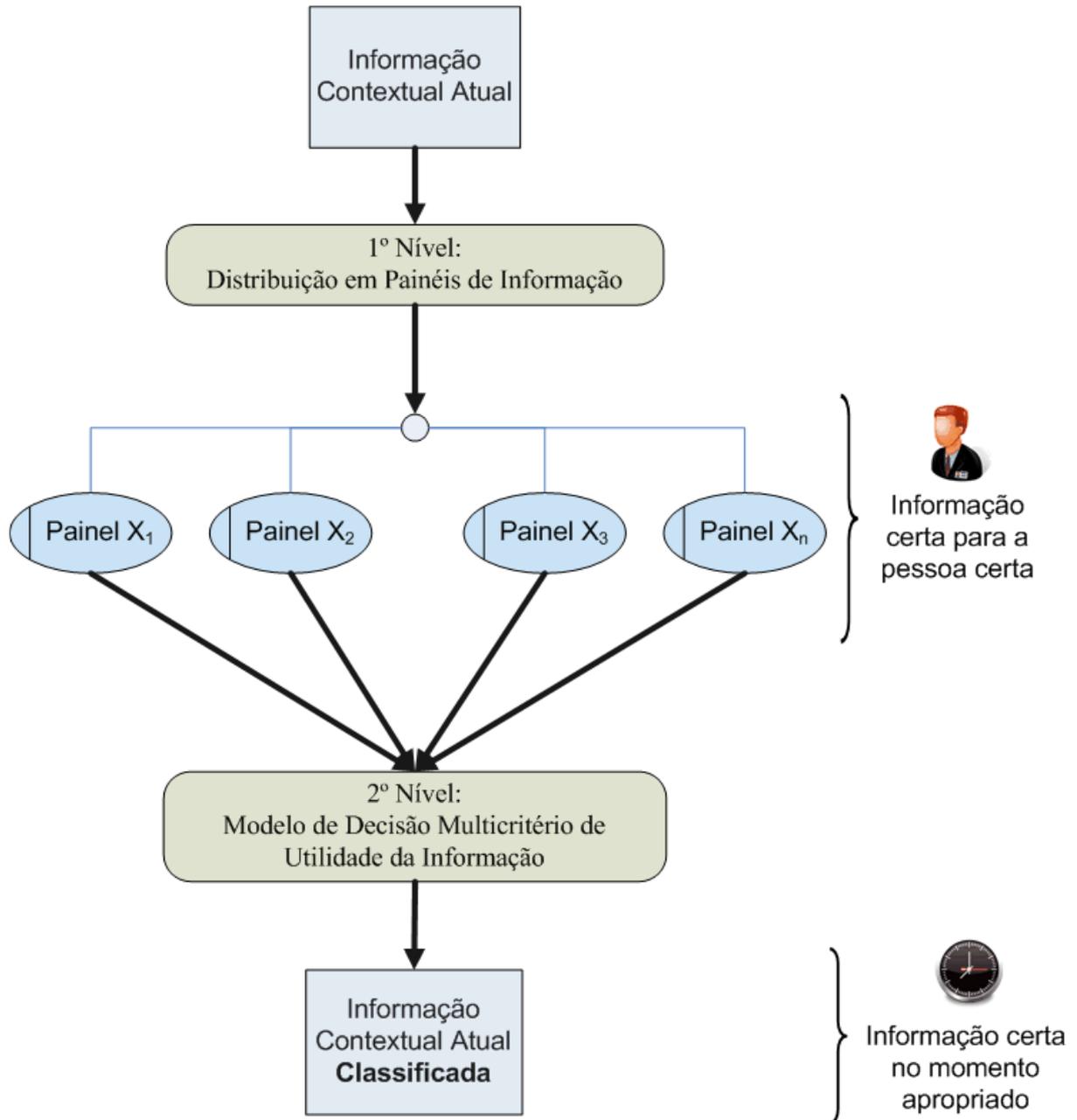


Figura 22. Modelo proposto de heurística de utilidade da informação

4.3.1 Primeiro Nível – Distribuição em Painéis de Informação

O primeiro nível deste modelo foi obtido pelo cruzamento de papéis e objetivos dos integrantes do comando da operação. A partir disto, foram definidos cinco painéis de informação temáticos, de modo que em cada um trabalhem não mais do que dois papéis simultaneamente. O objetivo desta estratégia é balancear a carga de informações, direcionando-as a quem realmente as necessita, evitando, assim, distrações e excesso de conteúdo.

O primeiro painel refere-se ao objetivo “Entender o que Ocorreu” e difere dos demais, pois atende, de certa forma, a todos os papéis, uma vez que sua principal função é retratar o

local da emergência e suas transformações. Normalmente, isto é feito logo no início do trabalho do comando e todos acompanham sua realização, pois as tarefas de cada um são realizadas considerando este entendimento inicial do contexto. Novas informações recebidas sobre este assunto são sempre do interesse de todos, logo, pode-se dizer que este painel trata da porção compartilhada da percepção situacional.

Os painéis “Buscar e Salvar Vítimas” e “Resgatar Corpos” mantêm seu foco nas pessoas que precisam de ajuda. Por isso, sua principal meta é conhecer a localização e dificuldades para resgatá-las, além do seu estado de saúde. Assim, sua utilidade para o chefe da seção de planejamento está no estabelecimento dos pontos de ataque das equipes, atividades que serão desempenhadas e ferramentas necessárias. O chefe da seção de operações possui autonomia para alterar o plano de ações em decorrência do surgimento de novos problemas ou inviabilidades técnicas. Além disso, nestes painéis ele é capaz de acompanhar o andamento do resgate das vítimas e do combate aos perigos, o que possibilita suas decisões sobre desmobilização de efetivo e encerramento das atividades.

Esta separação entre o resgate de vítimas vivas e fatais é oriunda da própria priorização de tais objetivos, porém, visa a atender também a existência de papéis separados para os dois casos dentro dessas seções.

O painel “Segurança da Operação” atende exclusivamente ao oficial de segurança. Nele, a atividade de cada equipe e recurso material é monitorada com o intuito de evitar comportamentos e ações perigosas. Além disto, a evolução dos perigos e a influência das condições meteorológicas também são acompanhadas.

O trabalho das equipes e recursos materiais também é disponibilizado no painel “Logística”. Contudo, seu enfoque está mais direcionado para as características dos recursos humanos e materiais do que propriamente ao que estão fazendo. Isto se justifica pela necessidade do chefe da seção de logística se limitar apenas a saber se estão disponíveis ou ocupados, se precisam descansar ou reabastecer e quais são suas especialidades. Além disto, uma de suas tarefas principais envolve a compatibilização de demandas e recursos, seja por realocação ou solicitação de apoio, o que pode ser acompanhado, também, por este painel. O chefe da seção de administração também possui interesse em informações de logística. Sua necessidade principal é o acompanhamento do uso dos recursos contratados ou cedidos para o cálculo de pagamentos e ressarcimentos.

O resultado dessa estratégia é a redução notória da sobrecarga de informações em comparação com a abordagem tradicional, que disponibiliza todas as informações mapeadas em um único contêiner. Isto é demonstrado no esquema na Figura 23, que apresenta um

protótipo dos painéis, com suas respectivas informações, para uma situação baseada em um caso real. Os atributos foram omitidos em sua maioria para se manter a clareza da imagem, porém, alguns deles são exibidos com o intuito de proporcionar o entendimento do aumento da complexidade quando são incluídos. O primeiro painel, com tamanho maior, exhibe todas as informações de forma unificada, conforme uma abordagem tradicional. Abaixo, as mesmas informações são divididas entre os painéis propostos.

A análise da Figura 23 permite observar que os painéis não são conjuntos disjuntos de entidades, ou seja, a definição de seu conteúdo prevê repetição entre eles. Porém, a relação de atributos disponibilizados pode ser diferente em decorrência das decisões que são tomadas a partir da consulta a cada painel. Como exemplo, pode-se considerar que tanto o chefe da seção de planejamento, utilizando o painel “Buscar e Salvar Vítimas”, quanto o oficial de segurança, consultando o painel “Segurança da Operação”, recebem informações sobre a entidade Perigo. Contudo, ao primeiro somente três atributos são de seu interesse: “Tipo de Perigo”, “Grau de Risco” e “Área Afetada”. Com isto, ele é capaz de criar a percepção situacional necessária para as decisões que precisa tomar. Já para o segundo papel, além destes, outros três atributos estão relacionados: “Nível de Segurança”, “Taxa de Vazamento” e “Direção de Avanço”. O primeiro refere-se à avaliação do socorrista mais próximo do perigo sobre a possibilidade de prosseguir com a sua tarefa mediante ao risco em questão. Já o segundo e terceiro referem-se à evolução de um perigo. Estes atributos são necessários para o monitoramento dos riscos realizado pelo oficial de segurança.

Por outro lado, algumas entidades apresentam os mesmos atributos em painéis distintos. É o caso, por exemplo, de um obstáculo, que aparece de forma idêntica em três painéis, ou das entidades que servem para compor o mapa da área: terreno, setor, edificação e pavimento. Estas possuem a mesma relação de atributos disponibilizados em todos os painéis devido à sua importância para a constituição do cenário e, conseqüentemente, da percepção situacional. O mesmo ocorre com as vítimas nos painéis “Buscar e Salvar Vítimas” e “Resgatar Corpos”.

Contudo, em todos estes casos, apesar de as informações serem as mesmas, estas são utilizadas de variadas formas para as respectivas decisões. Por isto, pode-se afirmar que um mesmo atributo pode possuir valores distintos de utilidade em cada momento para os papéis e objetivos de cada painel no qual está presente. Esta diferenciação é obtida pelo segundo nível do modelo proposto, que compreende os critérios de utilidade da informação.

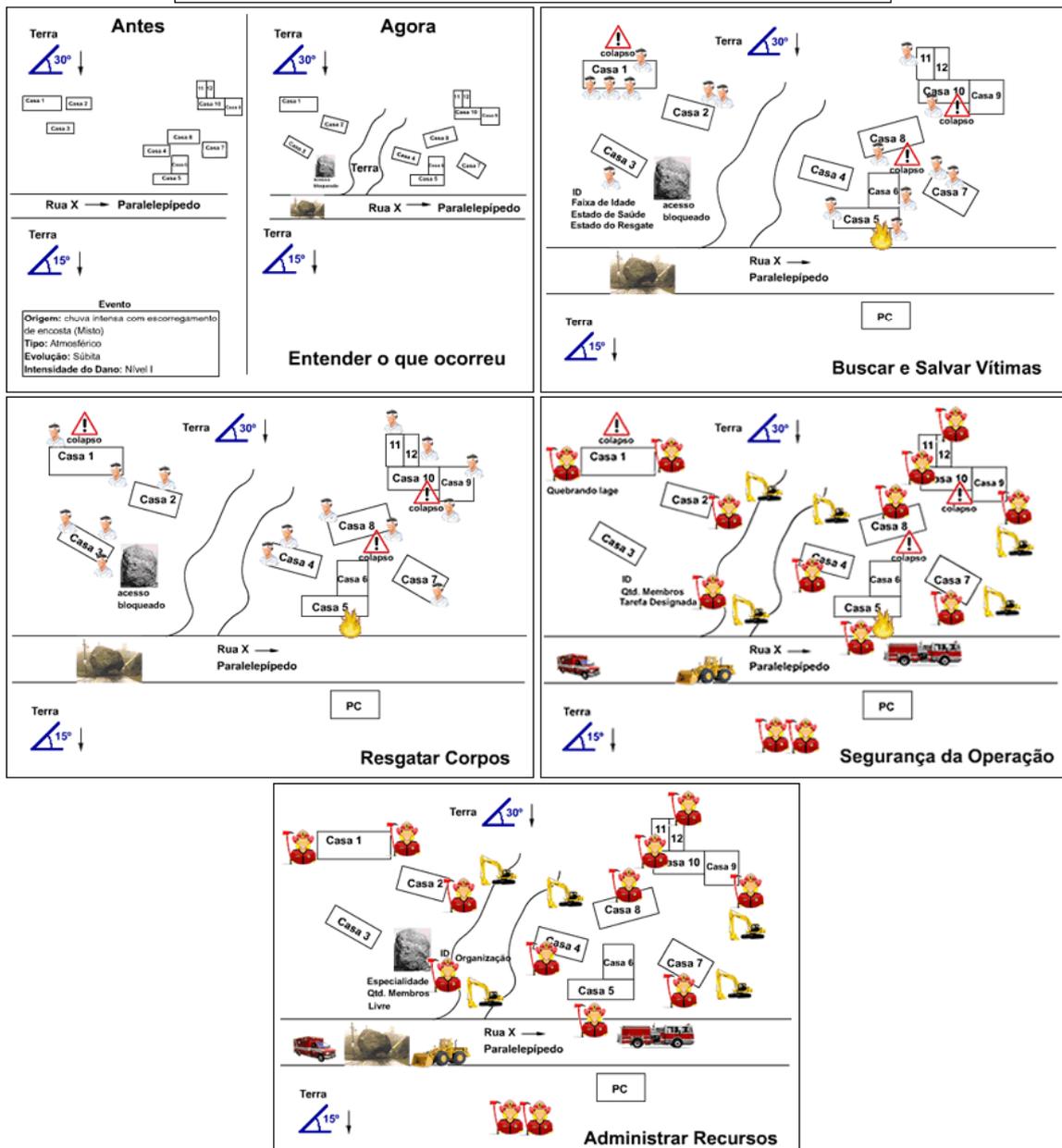
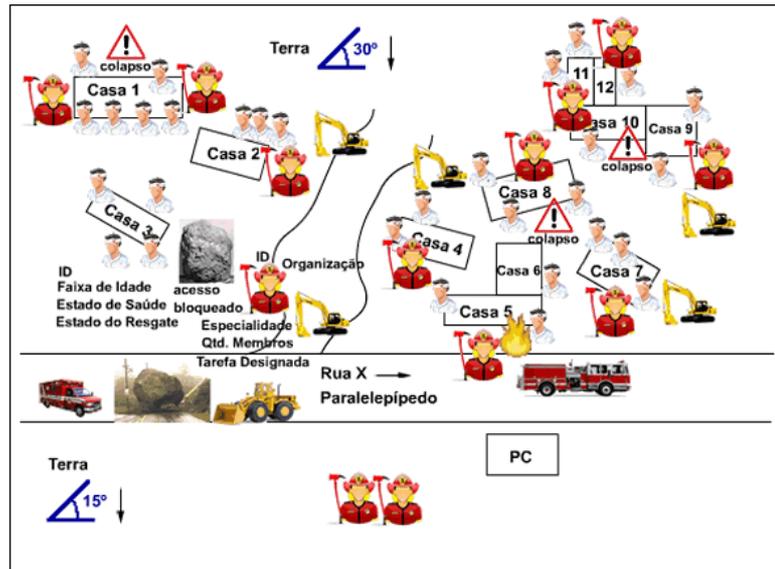


Figura 23. Comparação entre a exibição da informação de forma tradicional e com a heurística proposta

4.3.2 Segundo Nível – Modelo de Decisão Multicritério de Utilidade da Informação

Mesmo com a divisão em painéis do primeiro nível do modelo proposto, o volume de informações que é utilizado pelo comando, e em pouco tempo para suas decisões, é ainda bastante grande, podendo prejudicar ou retardar o entendimento da situação. Se for considerado também o conhecimento formal prévio, como plantas de edificações, localização de hidrantes ou características de substâncias tóxicas, este volume aumenta consideravelmente. Como a existência deste conhecimento no trabalho real não pode ser desprezada, é preciso acrescentar mais mecanismos de seleção da informação contextual. Para isto, foram pesquisadas heurísticas utilizadas por comandantes experientes que regulam a sua busca e seleção de informação para a realização de seu trabalho. A partir desta coleta de conhecimento tácito, foi obtido um modelo de decisão multicritério sobre a utilidade da informação a cada momento e em conformidade com cada objetivo.

Este modelo combina sete critérios eliciados, que são responsáveis por distinguir, para um dado estado do contexto, quais informações são de maior utilidade para um indivíduo e quais são menos úteis para a sua percepção situacional, considerando-se as decisões que fazem parte das atribuições do papel desempenhado. Cinco deles são considerados estáticos e procuram classificar a importância de uma informação e seu nível de contribuição para o entendimento da situação em relação às demais, enquanto que os dois últimos são responsáveis por atribuir o comportamento dinâmico relativo ao estado do contexto. Estes critérios foram definidos, assim como suas escalas, e aplicados aos dois níveis de detalhamento da informação: entidade e atributo.

Relevância

O critério de relevância foi determinado como um significado estático da importância da informação para o entendimento da situação. Sua principal função é permitir o ordenamento dos atributos ou entidades quando não se possui informações suficientes sobre o estado do contexto. Logo, sua razão de existência é baseada na incerteza e falta de informações para a compreensão da situação. Uma escala decrescente foi construída para este critério, podendo ser a relevância igual a: Muito Alta > Alta > Média > Baixa > Muito Baixa.

Volatilidade

As transformações frequentes provocadas por eventos externos e pelas próprias ações das equipes de trabalho no contexto fazem com que as informações percam sua validade na

mesma velocidade destes acontecimentos. Por isto, uma informação que é transmitida muito tempo depois de ser capturada pela equipe de operação ou que foi recebida pelo comando há bastante tempo e não foi mais atualizada pode conter indicações não mais condizentes com o estado real da situação. Assim, pode-se afirmar que os comandantes realizam uma filtragem implícita das informações com respeito a sua atualidade no momento de considerá-las para as suas decisões. Em decorrência disto, foi estabelecido o critério de volatilidade da informação, que define a frequência com que esta deve ser atualizada e permite o cálculo de seu “tempo de vida”. Seus valores são definidos em unidades de tempo.

Completeza

O critério de completeza apresenta significados ligeiramente distintos entre entidades e atributos. Para as primeiras, representa o quão completas estão em relação a seus atributos, ou seja, quantos atributos são conhecidos e desconhecidos, fornecendo um indicador de incerteza. Já para os atributos, seu objetivo é medir o nível de contribuição de cada um para o entendimento que a sua entidade correspondente deve propiciar a um indivíduo do comando. Com isso, pode-se comparar as entidades e os atributos e ordená-los de forma a conhecer-se aqueles que fornecerão mais informações úteis se forem analisados. O nível de completeza de uma entidade é determinado pela soma dos níveis de contribuição dos atributos, que são medidos e comparados por meio de porcentagens.

Precisão

O conceito de precisão, tal como definido nos dicionários, refere-se à exatidão. Matematicamente pode ser considerado como uma aproximação, em casas decimais, mais fiel ao seu valor real. Contudo, a análise das decisões tomadas e, especialmente, da base de conhecimento contextual atual desenvolvida neste trabalho, demonstram que há pouca ou quase nenhuma necessidade de se considerar tal conceito de forma tão rigorosa. Além disso, o próprio entendimento e emprego desse conceito pelos comandantes entrevistados demonstra que este se resume à capacidade da fonte de analisar o fato observado e relatá-lo precisamente. Por este motivo, nesta dissertação este conceito é tratado como sendo relativo ao informante, que pode ser considerado especialista, quando possui a habilidade e condição emocional necessárias para julgar o fato observado, ou não especialista, quando, pelo menos, uma destas condições for falsa. Assim, para cada atributo da base de conhecimento atual foram determinadas as organizações e especialidades das equipes que preenchem os requisitos para a classificação proposta. A população é uma das principais fontes de informação,

principalmente no momento da chegada das primeiras equipes de socorro, e, por isso, também faz parte desta análise. Apesar de ser testemunha do evento ou conhecer as vítimas envolvidas e o local, seu envolvimento emocional pode causar distorções em seu relato, especialmente quando se relaciona à dimensão do evento. Desta forma, sua classificação entre especialista e não especialista precisa ser bastante criteriosa para os dados mais críticos, pois suas distorções podem levar a formulação de estratégias equivocadas ou até mesmo perigosas para as equipes.

Consistência

Ao contrário da precisão, este conceito está relacionado diretamente à informação, e não a sua fonte. Deste modo, a consistência se baseia na possibilidade de se verificar a informação para se assegurar que está correta. Esta conferição é realizada pela avaliação do estado do cenário a cada instante, garantindo uma classificação dinâmica da informação. Embora o modelo proposto seja bastante enxuto, diversas regras deste tipo puderam ser capturadas, como, por exemplo, a comparação entre a direção de inclinação do terreno e a de avanço de um perigo do tipo líquido ou entre a avaliação do grau de perigo por uma equipe e a de nível de segurança para a execução do trabalho. Tal como no critério de relevância foi utilizada uma escala decrescente com cinco valores, apresentando os seguintes significados para a consistência: Confirmatória > Convergente > Nula > Divergente > Contraditória.

Confiabilidade

A confiabilidade é normalmente entendida, no domínio da Gestão de Conhecimento, como o grau de confiança que as pessoas possuem na informação. Entretanto, para o âmbito estudado, a confiança na fonte exerce grande influência na credibilidade da informação. Portanto, a confiabilidade, neste caso, deve abranger estes dois aspectos, sendo definida, então, como uma relação de consistência da informação e precisão oferecida pela fonte, conforme as descrições destes dois critérios. Seus valores formam um conjunto de pares ordenados, onde o primeiro elemento procede do conjunto de valores da consistência e o segundo da precisão.

Temporalidade

Assim como a consistência, este conceito é dependente do estado da situação. Sua principal função é proporcionar um caráter dinâmico à classificação da informação para que reflita as mudanças constantes de prioridades entre as análises e decisões que devem ser tomadas durante emergências. Desta forma, as informações a respeito de uma edificação, por

exemplo, podem ter o valor de sua utilidade aumentado caso se descubra a existência de vítimas em seu interior. O mesmo se aplica para os atributos de uma entidade, que podem ser ordenados pela sua importância para um determinado momento. Para sua classificação foi empregada a seguinte escala, que reflete sua relevância no momento de sua observação: Muito Necessária > Necessária > Irrelevante > Desnecessária > Prejudicial.

Para cada critério é necessário estabelecer regras para avaliação dos atributos e entidades. Estas permitem que os elementos sejam pontuados e ordenados de acordo com sua utilidade para a tomada de decisão, tal como é feito nos modelos de decisão multicritério. Logo, seguindo esta analogia, as informações recebidas pelo comando se equivalem às alternativas avaliadas e concorrem pela sua seleção por parte do tomador de decisão.

Contudo, ao invés de utilizar funções matemáticas na avaliação das alternativas, foram geradas regras de decisão do tipo “se... então...”, baseadas na abordagem *Decision Rule*, e atribuições diretas de valores, para os casos sem possibilidade de variação. Desta forma, para o atributo “Tarefa Designada”, da entidade “Equipe”, uma possível regra de temporalidade é: “Se a Equipe agora está Livre e há necessidade de uma Equipe de mesma Especialidade em outro local, então a Temporalidade desta informação é Muito Necessária”. Outro exemplo de regra, desta vez empregando a escala comparativa do critério completudeza é: “A contribuição do Estado do Resgate para o entendimento a respeito da situação da vítima, em relação às demais informações, é de aproximadamente 35%”.

Esta forma de representação foi escolhida pela sua maior naturalidade e, conseqüentemente, facilidade de entendimento. Um dos principais requisitos de um modelo de decisão multicritério é a sua compreensão e concordância por parte do tomador de decisão que o utiliza. É preciso que este tenha o conhecimento claro do que está acontecendo durante todos os passos dos cálculos do modelo.

Para os critérios com escalas pré-definidas e comparativas, como relevância e completudeza, a comparação ordinal entre as alternativas antecedeu a avaliação cardinal, tal como nos métodos AHP e MACBETH, como forma de facilitar a escolha do valor apropriado para cada uma. Para os demais, a criação das regras baseou-se apenas no emprego da experiência dos tomadores de decisão para a qualificação da alternativa.

O Quadro 4 exemplifica as regras aplicadas para o atributo “Estado do Resgate” de uma vítima. Nele, por motivos de simplificação, foram omitidas algumas partes indicadas pelas reticências entre parênteses. A relação completa das regras para todas as entidades e atributos encontra-se no Apêndice D desta dissertação.

	Vítima
	Estado do Resgate
Relevância	Muito Alta
Volatilidade	1h
Completeza	35%
Precisão	Especialista: <Bombeiros> Se Estado do Resgate é "Resgatada pela População" então o Especialista é: <População, Bombeiros>
Consistência	Se Estado do Resgate é "Não Resgatada e Viva" e o "Estado de Saúde" é Óbito então a Consistência é contraditória (...)
Confiabilidade	(Consistência, Precisão)
Temporalidade	Se Estado do Resgate é "Não Resgatada", "Não Resgatada e Viva", "Não Resgatada e Morta" então a Temporalidade é Muito Necessária Caso contrário, a Temporalidade é Necessária

Quadro 4. Exemplo de avaliação de uma alternativa segundo os critérios de utilidade

Para que todos os critérios possam ser considerados em uma função de utilidade de um modelo de decisão, é recomendado que suas escalas sejam normalizadas em um intervalo único e adimensional. Para isto, optou-se pelo intervalo [1,5] com ordenação de preferência decrescente, devido a sua facilidade de entendimento e uso, além de alguns critérios já contarem com escalas neste formato. Assim, para o critério de relevância, por exemplo, a escala definida qualitativamente passa a ser considerada como:

1 - Muito Alta > 2 - Alta > 3 - Média > 4 - Baixa > 5 - Muito Baixa

O mesmo ocorre com os critérios de completeza, consistência e temporalidade, que passam apenas a incluir a cardinalidade nos valores da escala. Entretanto, uma solução distinta para cada um dos critérios restantes precisou ser elaborada.

Por apresentar um significado equivalente a tempo de vida útil da informação, a volatilidade, apesar de possuir uma regra que lhe atribui um valor estático em unidades de medida de tempo, deve ser calculada dinamicamente. Logo, o valor real de sua avaliação não é o originado pela regra em si, mas sim da diferença entre o momento atual e o momento de sua captura. Este resultado indica o tempo passado entre a coleta da informação e o momento de interesse para a avaliação. A partir disto, foi elaborada a transformação seguinte para sua escala, que leva em consideração a quantidade de tempo passado em relação à necessidade de atualização definida pela regra:

- Tempo passado menor ou igual a 50% do período definido pela regra → 1
- de 51% até 65% do período → 2
- de 66% até 75% do período → 3
- de 76% até 85% do período → 4
- acima de 86% do período → 5

Portanto, dado que a necessidade de atualização do atributo “Estado do Resgate”, mostrado no Quadro 4, é de 1 hora, se o tempo transcorrido entre a captura da informação até o momento atual for de 33 minutos, então sua volatilidade será igual a 2 (entre 51% e 65%).

A transformação do critério de completeza, fornecido em porcentagens, pode ser considerada uma simplificação, tendo em vista a perda de precisão dos valores em sua conversão para um intervalo discreto e reduzido. Para isto, as porcentagens foram revertidas em uma caracterização ordinal, na qual o elemento que mais contribui para o entendimento da entidade recebe o valor 1 e os demais são comparados a este, recebendo números maiores. Cada posição não necessariamente é assumida por apenas um elemento, pois em caso de igualdade ou da existência de mais de cinco atributos, esta fica dividida entre os mesmos.

O critério de confiabilidade é composto pela consistência, que já possui uma escala com cinco valores, e a precisão, que se divide apenas em dois. Por isto, para auxiliar a formação do valor a ser atribuído para a alternativa, convencionou-se, com a ajuda dos entrevistados, que, para a precisão, as qualidades “Especialista” e “Não Especialista” equivaleriam a 100% e 50%, respectivamente. Assim, as seguintes transformações foram definidas para a confiabilidade, onde os termos à esquerda da seta representam, nesta ordem, a consistência e a precisão:

- Confirmatória + 100% → 1 - Muito Confiável
- Convergente + 100% → 1 - Muito Confiável
- Confirmatória + 50% → 2 – Confiável
- Convergente + 50% → 2 – Confiável
- Nula + 100% → 2 – Confiável
- Nula + 50% → 3 - Pouco Confiável
- Divergente + 100% → 4 - Muito Pouco Confiável
- Contraditória + 100% → 4 - Muito Pouco Confiável
- Divergente + 50% → 5 - Não Confiável
- Contraditória + 50% → 5 - Não Confiável

Para os casos nos quais a consistência não é aplicável a um atributo, o valor da confiabilidade passa a depender somente da precisão e, por isso, pode assumir os valores 1 ou

3. Estes advêm da divisão da escala percentual em cinco faixas de 20%. No caso inverso, ou seja, em que a precisão não pode ser determinada, assume-se a escala da própria consistência.

No nível das entidades, os critérios de relevância, confiabilidade e volatilidade mantêm as escalas utilizadas para seus atributos. Já a completeza permanece sendo representada pelo percentual de atributos conhecidos dentre o total. Por fim, a temporalidade de uma entidade é simplificada para apenas os valores 1, 2 ou 3, determinados da seguinte forma: 1 – Muito Necessária; 2 – Necessária; 3 – Não Necessária.

A formação de uma função de utilidade aderente ao tipo de decisões estudado, ou seja, sob pressão e com pouco tempo, e, conseqüentemente, em conformidade com um dos objetivos principais deste trabalho, que é a disponibilização da informação correta no momento apropriado, fez com que o critério de temporalidade recebesse um peso maior do que os demais. Ao invés de se atribuir um valor diretamente, o que seria mais difícil e não muito natural, optou-se por considerá-lo separadamente da classificação de utilidade proposta. Assim, como resultado final da avaliação do método multicritério deste nível da heurística de utilidade proposta, têm-se um par do tipo (Classe de Utilidade, Temporalidade), no qual a Classe de Utilidade é definida por uma função aditiva de valor e restrições de eficiência envolvendo os demais critérios. Tal par será referenciado no restante desta dissertação como **valor de utilidade** da informação.

O primeiro passo do cálculo da função aditiva é a determinação dos valores individuais de um atributo para cada um dos sete critérios, de acordo com suas regras definidas. Seu resultado é a representação do atributo a da forma: $a = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7\}$. A partir disto é determinada a confiabilidade em função da consistência e da precisão, gerando o subconjunto de cinco critérios: $C' = \{c_{relevância}, c_{volatilidade}, c_{confiabilidade}, c_{completeza}, c_{temporalidade}\}$. Isto é feito com o intuito de se garantir a independência entre os critérios a serem considerados para o cálculo do valor de utilidade, sem a qual pode haver redundâncias nas avaliações, o que causaria distorções em favor de alguns deles. Considerando-se a avaliação de todos os atributos de uma entidade pelos critérios de C' , tem-se uma matriz de decisão multicritério, tal como a mostrada na Figura 9, para cada entidade.

Contudo, como o primeiro nível deste modelo propõe a divisão em painéis e as entidades podem apresentar um conjunto de atributos distintos em cada um, o cálculo de seu valor deve ser realizado para cada entidade em cada painel. Tais ocorrências serão denominadas E_i^k , significando a entidade i presente no painel P_k , que pode ser representado, então, na forma do conjunto $P_k = \{E_1^k, E_2^k, \dots, E_n^k\}$.

Cada matriz é disposta considerando os atributos como sendo as alternativas a serem avaliadas e ordenadas com a finalidade de que as mais vantajosas, em relação aos critérios estabelecidos, sejam distinguidas pelos tomadores de decisão. Assim, para uma entidade E_i^k composta pelos atributos $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, têm-se uma matriz ME_i^k conforme mostrado na Figura 24.

$$ME_i^k =$$

	a_1	a_2	...	a_i	...	a_m
c_1	$c_1(a_1)$	$c_1(a_2)$		$c_1(a_i)$		$c_1(a_m)$
c_2	$c_2(a_1)$	$c_2(a_2)$		$c_2(a_i)$		$c_2(a_m)$
c_3	$c_3(a_1)$	$c_3(a_2)$		$c_3(a_i)$		$c_3(a_m)$
c_4	$c_4(a_1)$	$c_4(a_2)$		$c_4(a_i)$		$c_4(a_m)$
c_5	$c_5(a_1)$	$c_5(a_2)$		$c_5(a_i)$		$c_5(a_m)$

Figura 24. Matriz de decisão multicritério para uma entidade presente em determinado painel

A etapa seguinte à definição desta matriz é o cálculo da função em si, que determina a Classe de Utilidade de cada atributo, construída com base apenas nos quatro primeiros critérios do conjunto C' , que compõem o subconjunto $C'' = \{c_{relevância}, c_{volatilidade}, c_{confiabilidade}, c_{completeza}\}$.

Logo, a função aditiva para cada atributo a_i é definida como:

$$a_i = \sum_{j=1}^4 c_j(a_i) \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

O resultado deste somatório está inserido dentro do intervalo $[4, 20]$, sendo que quanto menor o valor obtido, maiores são as vantagens da alternativa, uma vez que as escalas utilizadas são decrescentes. Por isto, para este modelo proposto busca-se a minimização da função de valor, o que constitui uma opção válida segundo a teoria de decisões multicritério, tendo em vista que a conversão para um problema de maximização é bastante trivial.

Por fim, com o intuito de se classificar e ordenar os elementos avaliados, são realizadas divisões deste intervalo, gerando as quatro classes de utilidade “Muito Bom”, “Bom”, “Regular” e “Ruim”. Inicialmente, estas divisões são formadas da seguinte maneira:

- Muito Bom $\rightarrow [4, 7]$
- Bom $\rightarrow [8, 11]$
- Regular $\rightarrow [12, 16]$
- Ruim $\rightarrow [17, 20]$

Contudo, restrições de eficiência devem ser agregadas a esta classificação, a fim de evitar o afastamento da alternativa avaliada da borda de eficiência por causa de grandes compensações entre os atributos, isto é, um critério muito bem qualificado compensando a perda ocasionada por outro muito mal qualificado.

A justificativa de sua adoção passa pela compreensão dos conceitos de dominância e borda de eficiência. O primeiro determina que, dados dois atributos a' e a'' , o primeiro **domina** o segundo sempre que as duas condições abaixo foram válidas:

- (a) $c_i(a') \geq c_i(a'')$, para todo i ;
 (b) $c_i(a') > c_i(a'')$, para algum i ;

Isto significa que as pontuações de a' são pelo menos tão boas quanto as de a'' para cada critério e estritamente melhor em pelo menos um. Já a borda de eficiência é definida como o conjunto dos valores dos atributos que não são dominados e é conhecida, também, como o “conjunto ótimo de Pareto” (KEENEY; RAIFFA, 1976). A Figura 25 ilustra este conceito para um caso bidimensional, apresentando a borda de eficiência em destaque e possuindo a' como uma alternativa dominante em relação a a'' .

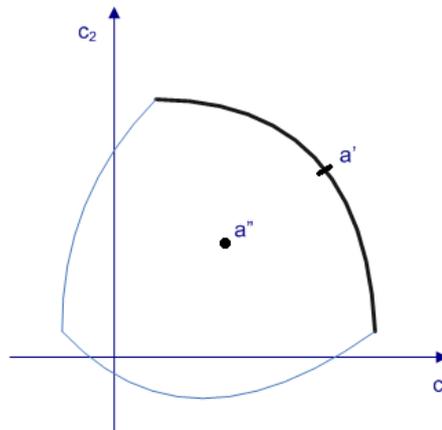


Figura 25. Borda de eficiência para um caso bidimensional

Nem sempre os valores da borda podem ser alcançados pelas avaliações das alternativas e, neste caso, tenta-se uma aproximação. Para se efetuar tal aproximação no modelo proposto, as seguintes regras de restrição foram elaboradas:

- Muito Bom → [4, 7], não havendo nenhum valor maior ou igual a 4
- Bom → [8, 11], não havendo nenhum valor maior ou igual a 4
- Regular → [12, 16], ou havendo algum valor igual a 4
- Ruim → [17, 20], ou havendo algum valor igual a 5

Estas regras delimitam também as chamadas curvas de indiferença, que interligam os pontos das alternativas sobre as quais não há preferência dos tomadores de decisão. Estas curvas representam pequenas compensações de valores entre os critérios. Assim, um atributo avaliado com 1 em volatilidade e 2 em confiabilidade pode ser considerado indiferente de outro com 2 em volatilidade e 1 em confiabilidade, caso possuam os demais critérios em igualdade. Por meio destas restrições, ambos pertenceriam à mesma classe de utilidade.

O modelo de decisão multicritério empregado no segundo nível da heurística para os atributos pode ser entendido, também, graficamente na Figura 26.

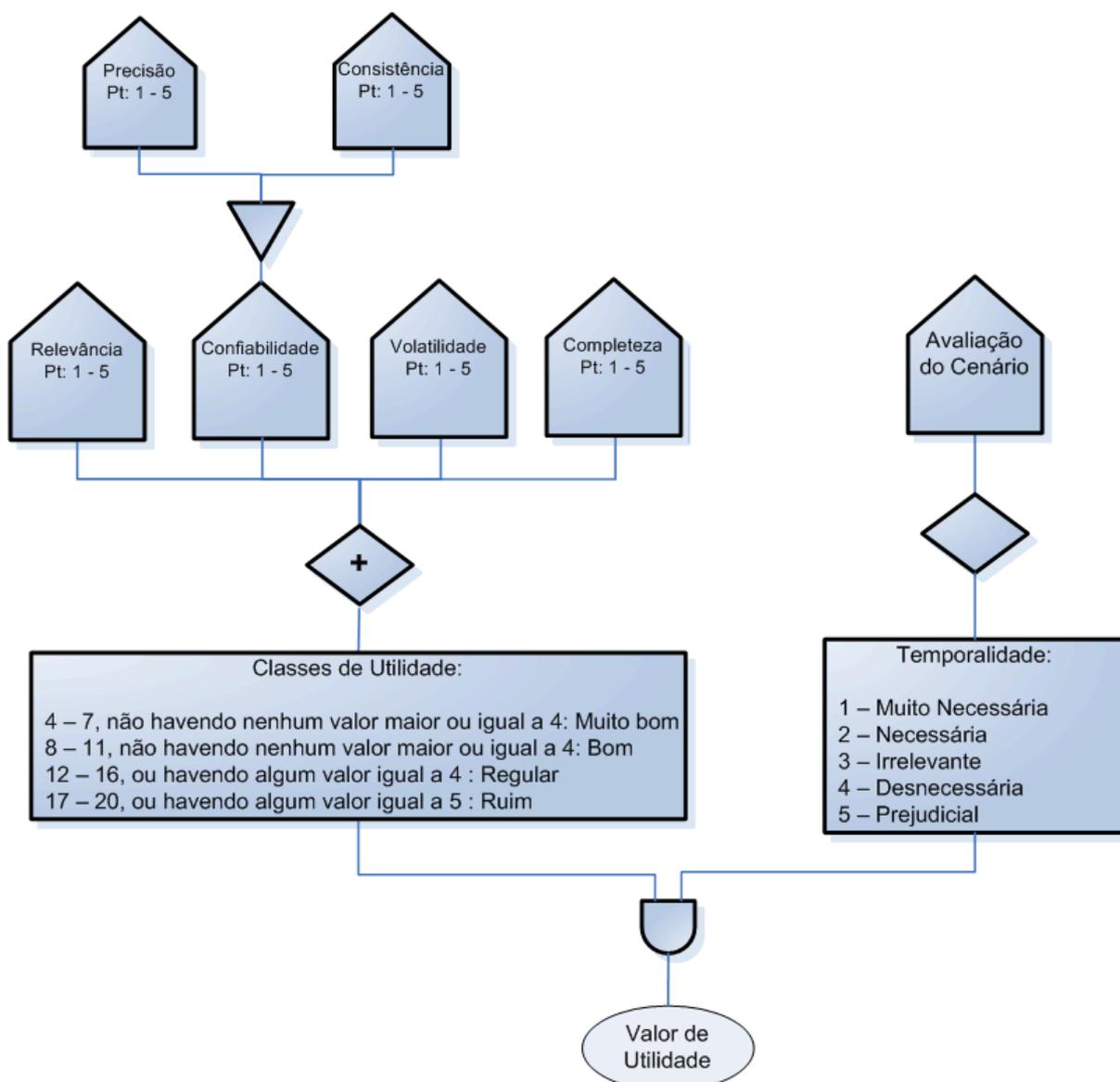


Figura 26. Modelo de decisão multicritério para o segundo nível da heurística

Este modelo ordena as informações de uma entidade disposta em um painel. Contudo, é preciso ainda facilitar a escolha das entidades mais úteis ao comando, ou seja, aquelas que apresentam as informações mais bem avaliadas no valor de utilidade. Para este nível, optou-se por não agregar as pontuações das alternativas nos distintos critérios por uma única função, a fim de tornar mais claro ao tomador de decisão quais são as fraquezas e pontos fortes de cada entidade.

Esta estratégia visa a apoiar o modelo naturalista de tomada de decisão. Conforme explicado na seção 3.3.4 - Tomada de Decisão Naturalista, sob forte estresse e pressão por tempo, os tomadores de decisão tendem a escolher alternativas se baseando em padrões

reconhecidos para, só então, avaliá-las. Caso sejam satisfatórias, são efetivadas sem a necessidade de se comparar com outras possibilidades.

Por este motivo, e por ser a realização de comparação entre as entidades, para posterior busca de seus atributos, muito dispendiosa e não realista, foi definida uma função para cada critério. Para os critérios de relevância, volatilidade e confiabilidade, a média das pontuações de seus atributos estabelecidos para um dado painel, gera o resultado desta entidade para os referidos critérios e painel. Já a completeza de uma entidade é definida pelo percentual de atributos conhecidos e, por isto, é calculada pela divisão da soma da pontuação, na escala definida, de cada atributo não nulo pela soma total que pode essa alcançar em um determinado painel. Por último, a temporalidade é calculada de acordo com a seguinte regra:

- Se houver ao menos um atributo com temporalidade Muito Necessária → 1
- Se não houver nenhum atributo com temporalidade Muito Necessária e ao menos um com temporalidade Necessária → 2
- Caso contrário → 3

Esta regra visa a somente distinguir as entidades que possuem informações relevantes para o momento em relação às demais dentro de um painel.

Para auxiliar a tomada de decisão naturalista nesta etapa, é necessário que estas funções sejam explicitadas de forma a favorecer o reconhecimento de padrões para a escolha das informações que serão consumidas pelo tomador de decisão. Isto significa que os indivíduos devem conseguir perceber facilmente as características das informações no nível de entidade a fim de decidirem se adentram o nível mais profundo de detalhamento. Isto pode ser conseguido determinando-se padrões de visualização para cada critério.

4.4 Padrões de Visualização

O objetivo dos padrões de visualização adotados é completar a heurística proposta, considerando o valor de utilidade dos atributos e das funções de agregação dos critérios para as entidades. A simples inclusão destas meta-informações, isto é, “informações a respeito das informações”, no conjunto a ser disponibilizado aos tomadores de decisão pode agravar ainda mais os problemas de sobrecarga, desvio da atenção, demora para compreensão em relação ao tempo disponível e, conseqüentemente, prejudicar a percepção situacional, quando o seu objetivo é justamente o oposto. Considerando-se que os mapas da situação são construídos durante a emergência e precisam ser interpretados de forma rápida e sob pressão, é necessário transformar a representação de tais meta-informações em uma forma mais natural e intuitiva ao ser humano.

Além disto, os padrões de visualização devem caracterizar de forma inconfundível as variações de valores dos elementos representados e garantirem a reprodução fiel dos objetivos da heurística, direcionando a atenção dos tomadores de decisão para as informações mais úteis a cada momento. Para isto, foram definidas estratégias que atuam tanto no nível de entidades quanto no de atributos, facilitando a escolha da informação a ser utilizada pelos tomadores de decisão.

Nos quadros de situação mostrados na seção 4.2 - Estruturação dos Objetivos, Decisões e Informações (Figuras 17 e 21) pode-se perceber que o primeiro contato dos tomadores de decisão com a informação realiza-se no nível de entidade. Estas, por representarem um grande conjunto de objetos reais de um mesmo tipo, costumam ser apresentadas graficamente por meio de símbolos pictóricos. Estes símbolos são convencionados por semelhança com sua versão real ou simplesmente por acordo entre o remetente e o receptor da informação.

Portanto, as primeiras estratégias de visualização aplicam-se sobre ícones que representam cada entidade definida no modelo de dados contextuais. Considerando-se que a escolha dos símbolos destes ícones deve ser livre para cada subdomínio de aplicação, os padrões propostos atêm-se somente às suas transformações. Dada também a quantidade de critérios e a necessidade de se manter o conjunto total de variações de um ícone enxuto, para que possa ser compreendido mentalmente pelos tomadores de decisão em situações de emergência, algumas simplificações de suas escalas são realizadas.

Assim, para o valor de relevância de uma entidade, convencionou-se a seguinte redução da escala:

- Muito Alta, Alta → Relevante
- Média → Média
- Baixa, Muito Baixa → Irrelevante

Para representar estes valores, mantendo-se a conformidade com o significado do critério, estabeleceu-se três transformações sobre o tamanho dos ícones, conforme mostrado na Figura 27. Desta forma, pretende-se que as entidades que possuam informações de grande relevância apareçam em destaque no mapa da situação em relação às demais, atraindo a atenção dos indivíduos.



Figura 27. Padrão de visualização de relevância para o nível de entidade

A volatilidade pode ser considerada como o “tempo de vida” da informação. Conforme passa o tempo durante a situação vivida, essa fica mais velha e, portanto, desatualizada. Para simbolizar este envelhecimento definiu-se a transformação do ícone colorido para tons de cinza em três níveis:

- Pontuações 1 e 2 da escala de volatilidade → Atual → 0% de cinza
- Pontuação 3 da escala de volatilidade → Média → 50% de cinza
- Pontuações 4 e 5 da escala de volatilidade → Expirada → 100% de cinza

A simplificação para esta quantidade de níveis se justifica também pela acuidade visual dos seres humanos. A discriminação de muitos níveis com pouca variação entre eles torna-se mais difícil e lenta, especialmente em situações de emergência, nas quais o ambiente externo pode ser mais um fator a reduzi-la. A Figura 28 torna claro este argumento, demonstrando a sutileza das diferenças entre cada nível.



Figura 28. Padrão de visualização de volatilidade para o nível de entidade

A completeza de uma entidade é o percentual de informações conhecidas, considerando-se o quanto cada atributo contribui para seu entendimento. Logo, uma representação gráfica bastante intuitiva para isto é a de um contêiner e seu nível de preenchimento. Para isto, foi estabelecida a inclusão de uma barra com a mesma largura do ícone em sua parte inferior, tendo seu preenchimento realizado diretamente a partir do valor da função de completeza para entidade. O comprimento da parte colorida em relação ao total indica o quanto se conhece sobre tal elemento. A Figura 29 exemplifica tal padrão.

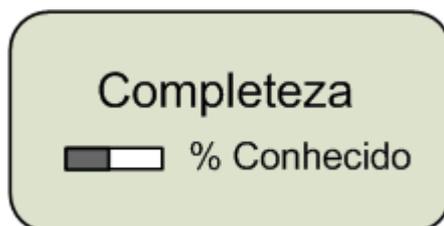


Figura 29. Padrão de visualização de completeza para o nível de entidade

Todavia, este padrão pode ser aproveitado ainda para indicar a confiabilidade das informações, de forma a se evitar que muitas transformações sejam acumuladas, transfigurando o ícone. Mais uma vez, objetivando a redução da necessidade de se dominar diversas características para cada padrão, a escala da confiabilidade para a função de valor do nível de entidade foi simplificada da seguinte maneira:

- Muito Confiável, Confiável → Confiável
- Pouco Confiável → Média
- Muito Pouco Confiável, Não Confiável → Não Confiável

Para cada um destes valores foi atribuída uma cor que o distingue, conforme mostrado na Figura 30. Assim, o preenchimento da barra de completeza em um dado instante indica não somente o percentual de informações conhecidas, pelo comprimento da área preenchida, mas também sua confiabilidade média pela cor utilizada.



Figura 30. Padrão de visualização de confiabilidade para o nível de entidade

O último critério a ser considerado é a temporalidade. Para o nível de entidade não faz sentido o emprego de um recurso visual para indicar os valores “Desnecessária” e

“Prejudicial”. Por esta razão, a própria escala deste critério foi transformada neste nível na geração da função de valor. Assim, orientando-se pelo objetivo de atrair a atenção aos pontos nos quais o tomador de decisão pode encontrar informações mais úteis, foram gerados dois símbolos, correspondentes aos valores 1 – Muito Necessária e 2 – Necessária, que ficam localizados no canto superior direito do ícone. O terceiro valor desta escala corresponde aos casos que não merecem destaque e, portanto, é indicado pela ausência de um símbolo, ou seja, nenhuma transformação é aplicada. As cores e o formato de cada um também seguem tal orientação e são exibidas na Figura 31.

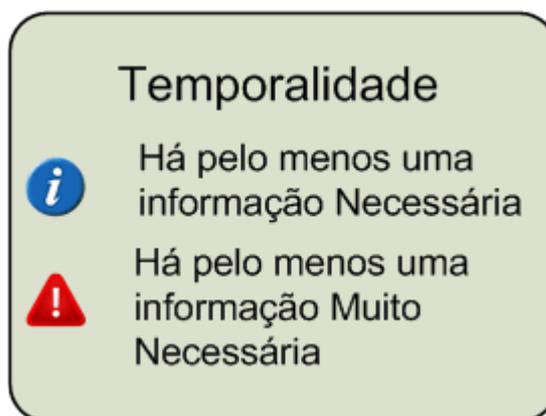


Figura 31. Padrão de visualização de temporalidade para o nível de entidade

A conjunção de todos estes padrões visuais tem como resultado uma disponibilização mais rica de informações aos tomadores de decisão sem, contudo, sobrecarregar os mapas de situação. As suas decisões sobre busca e seleção da informação, e a própria interrupção destas atividades, podem ser auxiliadas por essa estratégia, particularmente, devido à contribuição das meta-informações. A Figura 32 ilustra algumas possibilidades da combinação destes padrões visuais para uma entidade.



Figura 32. Exemplos de Entidades com os padrões de visualização aplicados conjuntamente

Para o nível de atributo também foram definidas transformações com a finalidade de destacar as informações mais bem pontuadas pelo modelo. Com isso, evita-se que, ao buscar detalhes sobre uma entidade, o tomador de decisão se depare com uma lista de informações, sendo que nem todas são de seu interesse imediato.

Por esta razão, estipulou-se que tais informações sejam ordenadas decrescentemente de cima para baixo, isto é, na direção de leitura. Assim, a lista de informações traz logo em seu início as de maior interesse ao tomador de decisão. Além disto, algumas transformações visuais foram definidas a fim aumentar o realce destas informações.

Tanto o ordenamento quanto estas transformações são baseados no valor de utilidade da informação, que é composto, conforme explicado na seção 4.3.2 - Segundo Nível – Modelo de Decisão Multicritério de Utilidade da Informação, por um par de elementos, no qual o primeiro corresponde à classe de utilidade, definida pela função de valor do modelo multicritério, e o segundo corresponde à Temporalidade. Pelo princípio multiplicativo da Matemática, a cardinalidade deste conjunto é de 20 elementos. Todavia, esta quantidade de recursos visuais tende a gerar mais dificuldades para sua interpretação do que benefícios. Por esta razão, as classes de utilidade foram agrupadas da maneira descrita pela Figura 33, gerando 4 padrões distintos de visualização aplicados sobre o formato do texto exibido.

O primeiro nível deste padrão corresponde às informações de temporalidade “Muito Necessária” e pertencentes à primeira classe de utilidade. Sua transformação consiste em destacar o texto com negrito e o uso de caracteres de tamanho maior. Já o segundo nível, abrange tanto os pares (Muito Necessária, de 8 a 11) quanto (Necessária, de 4 a 7), representando informações bastante úteis, porém, com temporalidade necessária, da mesma maneira que as úteis com temporalidade muito necessária. O terceiro nível apresenta somente uma classe de utilidade, contendo informações úteis e necessárias. Considerando-se que esta deve ser a condição típica para se apoiar a tomada de decisões, nenhuma transformação é realizada, mantendo os caracteres em seu formato normal. As demais combinações de classes de utilidade com temporalidade se enquadram no quarto nível, sob o qual se aplica uma transformação de clareamento dos caracteres, de forma a reduzir seu destaque em relação aos demais.

Atributos do PDI	
1 – Muito Necessária	
Utilidade: 4 – 7 -> Negr, Tam +2	
Utilidade: 8 – 11 -> Tam +2	
2 - Necessária	
Utilidade: 4 – 7 -> Tam +2	
Utilidade: 8 – 11 -> Normal	
Utilidade: 12 – 16 -> Cinza	
Utilidade: 17 – 20 -> Cinza	
3 - Irrelevante	
Utilidade: 1 – 20 -> Cinza	
4, 5 – Desnecessária, Prejudicial	
Utilidade: 1 – 20 -> Cinza	

Figura 33. Padrões de visualização para o nível de atributo

O instante de recebimento de uma mensagem pelo comando é também determinante para a construção da percepção situacional. Informações que não sejam relevantes para o momento ou para a atividade que está sendo realizada pelos tomadores de decisão podem distraí-los e prejudicar seu trabalho. Por outro lado, mensagens muito importantes precisam atrair e alertar ao indivíduo de sua existência. Por estas razões, a aplicação de recursos visuais neste evento pode ser benéfica.

Três comportamentos foram definidos para atender a este propósito. Seu funcionamento está relacionado ao valor de utilidade dos atributos, contudo suas transformações ocorrem no nível visual de entidade. Suas regras aplicam-se tanto ao recebimento inicial como à atualização de informações sobre uma entidade. A Figura 34 mostra o agrupamento dos valores de utilidade adotado e o comportamento associado a cada um nesta estratégia.

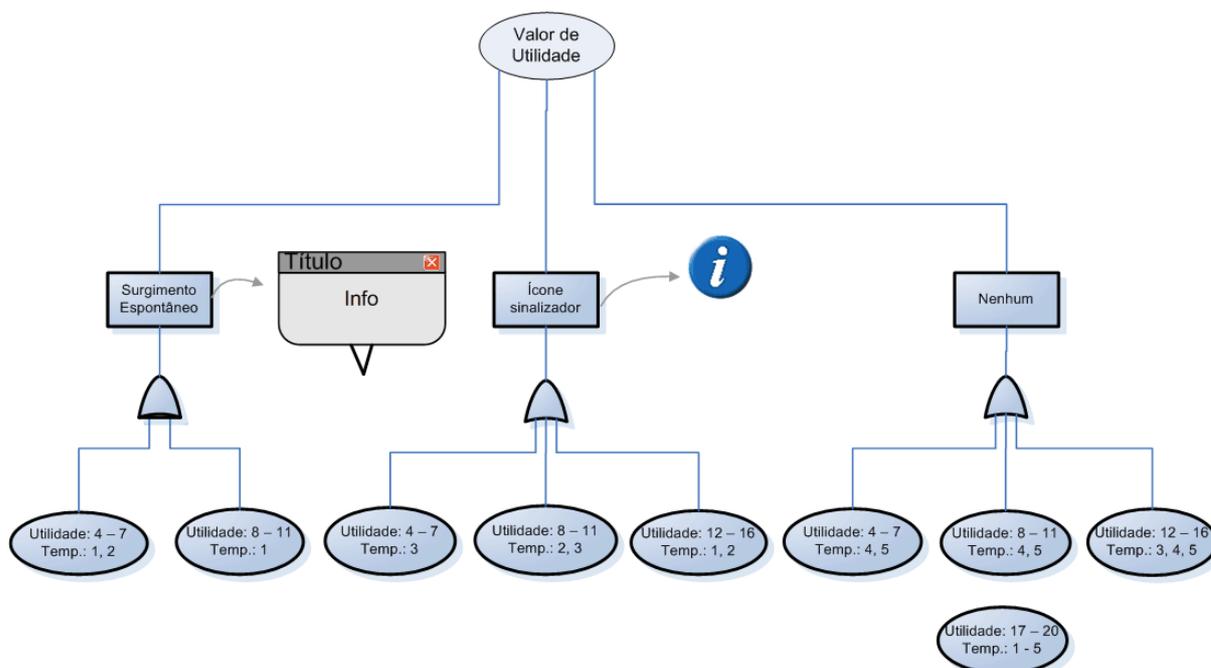


Figura 34. Padrões de visualização para o evento de recebimento de informação

O primeiro comportamento atende a um conjunto restrito de valores de utilidade e se propõe a alertar aos tomadores de decisão o recebimento de informações de grande importância para o momento. Para alcançar isto, os atributos que satisfazem as condições estabelecidas devem ser apresentados de forma espontânea, isto é, sem a necessidade de busca por parte dos indivíduos. O segundo atende a um conjunto também considerado útil, porém, em menor valor. Neste caso, é previsto que apenas um ícone sinalize o recebimento de informações importantes, entretanto, sem apresentá-las diretamente. O último comportamento trata dos casos irrelevantes ou desnecessários e, para isto, o mais recomendado é não executar

nenhuma transformação, a fim de evitar a sobrecarga visual. Contudo, suas informações são persistidas e podem ser acessadas a qualquer momento pelos tomadores de decisão.

4.5 Aplicação da Heurística

O fluxo da heurística proposta se inicia com o recebimento de informações contextuais atuais. A partir de então, estas transitam para o primeiro nível do modelo, onde são divididas entre os painéis propostos e, em seguida, são realizados os cálculos do modelo multicritério, que determinam seu valor de utilidade para o momento corrente em cada painel. Após isto, são aplicados os padrões de visualização e, somente então, disponibilizadas as informações aos tomadores de decisão.

Este fluxo também se aplica ao recebimento de novas informações sobre uma entidade já conhecida e a sua atualização. Em ambos os casos é bastante claro que as condições de incerteza da informação são modificadas, tornando-se, portanto, necessário recalcular o seu valor de utilidade. Contudo, mesmo as regras de distribuição em painéis precisam ser revistas em algumas situações. Para exemplificar esta necessidade, pode-se considerar o caso em que uma informação relativa à existência de uma possível vítima em um local é recebida da população pelos bombeiros. Assim, seu estado de resgate é definido apenas como “não resgatada”, o que indica que há a possibilidade desta pessoa ainda estar viva ou até mesmo de que não estivesse realmente no local quando o evento adverso ocorreu. Devido ao fato de a busca por vítimas desaparecidas ser um dos objetivos de prioridade máxima das operações, esta informação é representada no painel “Buscar e Salvar Vítimas”. Entretanto, ao serem confirmados sua localização e seu óbito pelas equipes de trabalho, sua representação passa a ser realizada no painel “Resgatar Corpos”, uma vez que o resgate passa a ser de responsabilidade de outro oficial e com outra prioridade.

É importante destacar ainda que, de acordo com as regras pertencentes ao modelo multicritério definido, os valores dos atributos de uma entidade podem exercer influência também no cálculo da utilidade de outras entidades. Um exemplo disto é a descoberta de uma vítima situada em uma edificação, o que provoca, além do cálculo do valor de utilidade da informação que é recebida, relativa à vítima, a reavaliação dos valores referentes aos atributos da entidade já existente. Por este motivo, o segundo nível do modelo pode ser executado, durante o fluxo da heurística, mais de uma vez para cada recebimento de informação, de acordo com os relacionamentos previstos no modelo de dados.

Da mesma forma, os padrões de visualização são reajustados para todas as entidades impactadas pelo recebimento de uma informação, gerando alterações nos ícones e no

ordenamento e formatação do conteúdo dos balões informativos. Isto faz com que a representação da situação possua um dinamismo compatível com o dos desdobramentos reais.

Portanto, o recebimento de novas informações produz uma propagação sobre partes do cenário apresentado, recalculando a utilidade e transformando a representação gráfica de todas as informações relacionadas à recebida. Este efeito ocorre, normalmente, em regiões que se formam ao redor de certas entidades que funcionam como núcleos do cenário, conectando outras entidades entre si. A Figura 35 demonstra a formação destes núcleos e a propagação da atualização do valor de utilidade e dos padrões de visualização para suas entidades relacionadas. Entretanto, há regras que não se prendem a esta restrição geográfica, como, por exemplo, as que relacionam recursos com suas demandas. Neste caso, a necessidade de atualização é verificada independente de proximidade ou relacionamento.

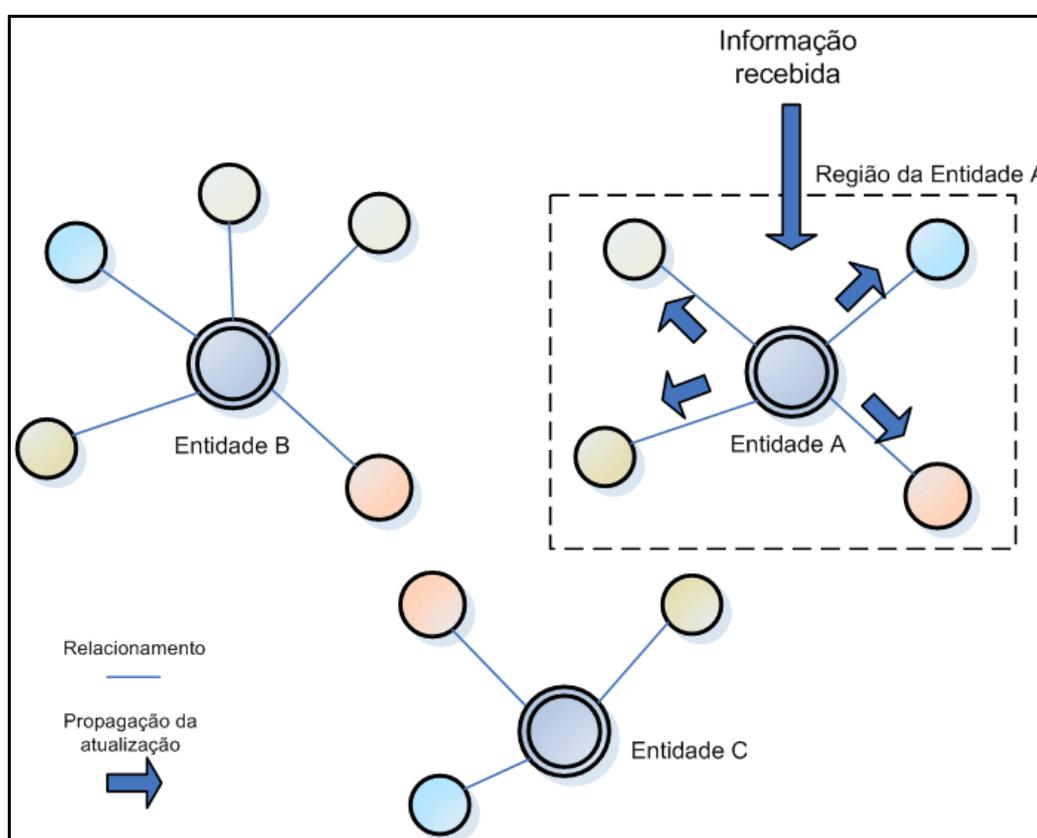


Figura 35. Propagação da heurística no entorno de uma entidade-núcleo

Os cálculos de cada etapa da heurística e as propagações previstas em seu fluxo tornam a tarefa de disponibilizar a informação aos tomadores de decisão bastante laboriosa e difícil para se prever seus resultados mentalmente. Por esta razão, sua aplicação e avaliação somente são possíveis por meio da construção de um sistema computacional. Todavia, este deve ser projetado seguindo as mesmas diretrizes empregadas na elaboração da heurística de utilidade, isto é, apoiar o trabalho tal como é executado atualmente e ser compatível com o dinamismo deste tipo de tomada de decisão.

Capítulo 5 - Ferramenta de Apoio a Percepção Situacional em Situações de Emergência Urbana

A ferramenta vislumbrada nesta dissertação visa a apoiar a tomada de decisão realizada no posto de comando durante situações de emergência urbana. Contudo, seu anseio está distante de tentar substituir os componentes tecnológicos já empregados ou de oferecer uma solução completa para os problemas estudados. Ao contrário disto, sua intenção é justamente complementar o uso do rádio, diminuindo o tráfego de informações e permitindo que este seja utilizado para mensagens mais prioritárias ou que necessitem da expressão verbal para seu entendimento. Além disto, não fazem parte do escopo deste estudo o tratamento das informações prévias e sua combinação com as contextuais atuais, o que pode demandar a integração com outros dispositivos e sistemas computacionais. Sua função principal é favorecer a construção e a manutenção da percepção situacional.

5.1 Cenário de Uso

O cenário de uso planejado considera que as equipes de trabalho devem fornecer ao comando informações sobre o estado atual da situação, os resultados de suas ações e realizar requisições de assistência, que pode ser humana, material ou de conhecimento específico. Além disso, Engelbrecht, Borges e Vivacqua (2011) argumentam que a mobilidade e a liberdade das mãos são requisitos fundamentais neste tipo de situação, defendendo o uso de *smartphones* apenas pelos líderes de equipes ou de setores de trabalho. Estes possuem a disponibilidade necessária para, em alguns momentos, segurar um dispositivo móvel e, com poucos toques, enviar mensagens ao comando.

Já no posto de comando, devido ao número de integrantes trabalhando com as mesmas informações, sugere-se o emprego de uma mesa digital tátil como um dispositivo adequado para assistir o trabalho, permitindo que sejam realizadas tanto tarefas individuais quanto em grupo. Além disso, um *tablet PC* sincronizado com a mesa pode prover mobilidade temporariamente aos integrantes do comando. A ilustração completa deste cenário de uso é exibida na Figura 36, contudo, o foco desta dissertação e, conseqüentemente, do restante deste capítulo é direcionado à aplicação da heurística de utilidade na mesa digital.

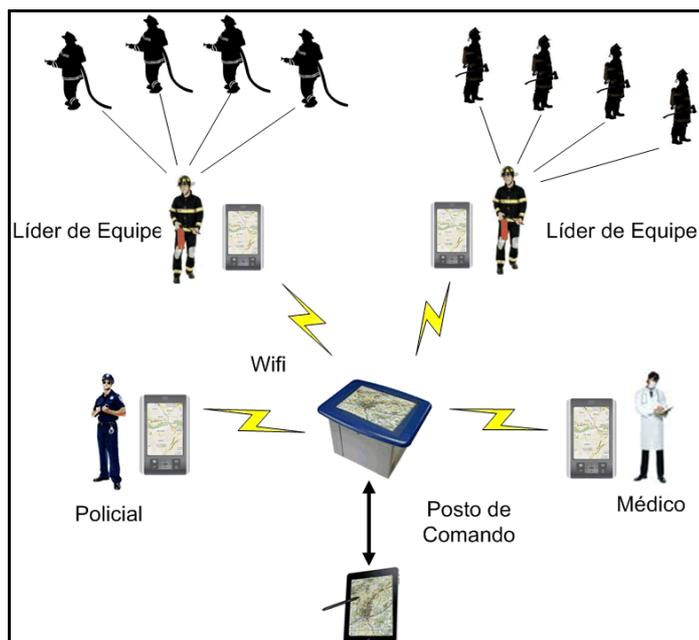


Figura 36. Cenário de uso da ferramenta proposta (ENGELBRECHT; BORGES; VIVACQUA, 2011)

O uso de mesas digitais para apoiar o trabalho colaborativo tem sido estudado mais intensamente desde a primeira década de 2000. Suas principais características as credenciam para apoiar o trabalho em grupo síncrono co-localizado, isto é, aquele no qual os integrantes estão no mesmo local físico e realizando suas tarefas ao mesmo tempo. Além disso, sua interface horizontal traz novas perspectivas para a interação entre o grupo e a possibilidade de utilização de objetos tangíveis (MORRIS, 2006).

O modo de interação face-a-face proporcionado por este tipo de dispositivo propicia a existência de um contexto compartilhado e uma base de conversação entre os membros do grupo, além do uso de linguagem corporal e gestual. Estes aspectos funcionam como catalisadores na busca por consenso durante discussões de alternativas, exposições de pontos de vista e tomadas de decisão.

Por outro lado, suas restrições físicas permitem apenas a colaboração entre pequenos grupos. Entretanto, para o domínio estudado esta característica não se torna prejudicial, tendo em vista que decisões são tomadas, normalmente, por poucas pessoas. Além disso, suas dimensões se mostram compatíveis com a composição do comando de operações de emergência.

Outros aspectos amplamente discutidos na literatura apontam diretrizes no tocante a orientação do conteúdo apresentado (WIGDOR; BALAKRISHNAN, 2005), relação entre o tamanho do grupo e o da interface (RYALL *et al.*, 2004) e territorialismo (PINELLE *et al.*, 2009; SCOTT *et al.*, 2004), dentre outros. Estes estudos fornecem importantes revelações sobre como as pessoas se organizam ao redor de uma mesa, utilizando distintas estratégias de

trabalho, dividindo tarefas e territórios, alternando entre trabalho individual e coletivo, trocando informações e coordenando suas ações por meio de gestos, olhares e verbalmente.

Algumas diretrizes para o desenvolvimento de sistemas para este tipo de dispositivo são apresentadas por Scott *et al.* (2003), das quais se destacam a promoção de interação interpessoal natural, realização de transições sutis entre as atividades realizadas na mesa e entre o trabalho individual e em grupo, possibilidade de interação simultânea de vários indivíduos e flexibilidade para seu posicionamento.

Todos estes aspectos, entretanto, precisam ser considerados com relação aos requisitos funcionais do sistema, que deve ser, primordialmente, capaz de:

- f) receber informações e suas atualizações dos dispositivos móveis;
- g) disponibilizar as informações em painéis, conforme a heurística definida;
- h) calcular o valor de utilidade das informações recebidas de acordo com o algoritmo multicritério da heurística;
- i) aplicar os padrões de visualização para a exibição das informações;
- j) permitir ao usuário desenhar o croqui do local da emergência;
- k) permitir que informações de painéis distintos sejam mescladas;
- l) permitir ao usuário realizar anotações em cada painel;
- m) permitir que as anotações realizadas pelos usuários em painéis distintos sejam mescladas.

Os requisitos *a - d* são bastante triviais para um sistema que vise a apoiar a percepção situacional empregando a heurística de utilidade proposta. Já o requisito *e* é resultado da premissa de mínima interferência no modo atual de se realizar o trabalho, apresentada na hipótese desta dissertação. Assim, a representação da localidade da emergência é mantida na forma atual, porém, com as facilidades que a tecnologia introduz.

A combinação de informações de painéis distintos, referente aos requisitos *f* e *h*, visa a atender a duas demandas. A primeira delas é puramente a realização de *merges* com o intuito de se compartilhar informações e se possuir uma visão mais completa da ocorrência. A segunda corresponde às frequentes mudanças no comando de uma operação, que pode ter o seu número de membros ampliado, com o crescimento da criticidade da emergência, ou reduzido, conforme a mesma é estabilizada. Além disso, a ausência temporária de um integrante pode ter seus efeitos reduzidos com a assimilação de seu trabalho por outro indivíduo em um único painel.

5.2 A Ferramenta WITS

O desenvolvimento destas ideias em um sistema para uma mesa digital resultou na ferramenta batizada “What is the situation?” (WITS). Seu funcionamento, de maneira resumida, consiste em receber a informação de dispositivos externos, incluí-la na representação do cenário real, relacionando-a ao conhecimento já existente, calcular sua pontuação e classificação segundo as regras da heurística de utilidade, aplicar as transformações visuais necessárias e, finalmente, disponibilizá-la para o tomador de decisão.

5.2.1 Arquitetura

Para se construir um aplicativo que atenda a este funcionamento, sendo, ao mesmo tempo, flexível e expansível para acomodar novas funcionalidades e integrações com outros sistemas, foi projetada uma arquitetura dividida em quatro camadas, mostrada na Figura 37.

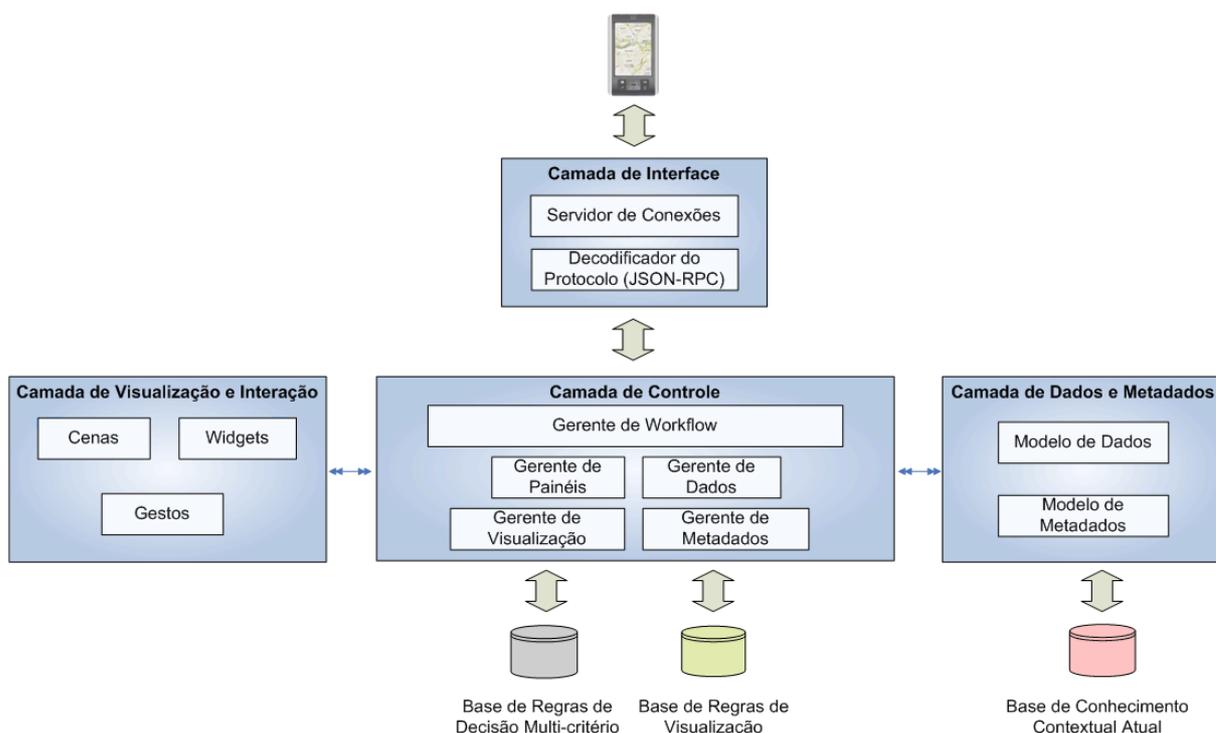


Figura 37. Arquitetura em camadas da ferramenta WITS

A camada superior é responsável pela interface externa da WITS, ou seja, sua comunicação com os dispositivos móveis e a validação e decodificação do protocolo utilizado. Nesta camada o servidor de conexões é responsável por manter uma lista de dispositivos conectados a fim de receber e enviar informações. Por enquanto, apenas um método de comunicação via *socket* está disponível, entretanto, a redundância neste aspecto é importante para aumentar a confiabilidade da ferramenta.

O segundo elemento desta camada é um decodificador do protocolo de chamada de procedimento remoto empregado. Sua principal atribuição é validar a mensagem recebida, extrair seus dados e encaminhá-los para a camada de controle. O protocolo JSON-RPC, codificado em JavaScript Object Notation, foi adotado por sua simplicidade e independência de linguagem de programação. Sua especificação prevê o envio de um identificador da solicitação, a designação do método a ser invocado no servidor e um vetor com seus argumentos. A resposta é composta apenas por um indicador do resultado do método invocado e o identificador da solicitação correspondente. Como resultado, é enviado um identificador global que cada instância de entidade possui na WITS. Estas entidades identificadas unicamente são chamadas, no sistema, pontos de interesse.

Uma mensagem enviada a partir de um dispositivo móvel pode invocar um método para adicionar, atualizar ou excluir informações no sistema. Além disto, essa deve obrigatoriamente informar a fonte da informação, data de captura e o tipo de ponto de interesse. Os dois primeiros argumentos são necessários para os cálculos da heurística, enquanto o último indica a qual entidade pertencem as informações. Para os métodos de atualização e exclusão é necessário também o envio do identificador global do ponto de interesse correspondente. Os demais argumentos são dependentes da entidade referida e se encontram na especificação da interface, incluída no Apêndice E desta dissertação.

Após a identificação do método e do tipo de ponto de interesse da mensagem, esta é encaminhada para o primeiro elemento da camada de controle: o Gerente de Workflow. Este é responsável por coordenar o trabalho dos demais elementos dessa camada, organizando o fluxo das tarefas que devem ser realizadas e atribuindo-as ao elemento responsável.

A primeira tarefa deste fluxo consiste em carregar os dados recebidos e é realizada pela camada de dados e metadados. Logo, o Gerente de Workflow encaminha a mensagem decodificada para o modelo apropriado e aguarda seu retorno para prosseguir. Ao ingressar no modelo de dados, um ponto de interesse recebe um identificador global, representado por um número inteiro único que é incrementado a cada inclusão. Este valor é então empacotado no protocolo JSON-RPC e enviado de volta ao dispositivo móvel para ser utilizado em futuras comunicações.

Após sua inserção no modelo de dados, é realizada sua inclusão também no Gerente de Dados, que possui a visão total do cenário da emergência, conhecendo todos os pontos de interesse e seus relacionamentos. Além disso, este gerente oferece serviços para o cálculo das pontuações dos dados pelas regras do modelo multicritério. Estes serviços atendem requisições que não podem ser resolvidas pelos próprios dados por não existir

relacionamentos entre as instâncias questionadas, como, por exemplo, “existe algum recurso livre do mesmo tipo desta solicitação no local da emergência?”.

A tarefa seguinte é o cálculo das pontuações segundo os critérios estabelecidos. Sua realização é atribuída ao Gerente de Metadados, que armazena esses valores em um objeto de metadado associado ao dado correspondente. Com o intuito de tornar o sistema manutenível em relação aos critérios definidos, estes foram projetados em classes independentes, encapsulando suas regras para o cálculo da pontuação de cada informação. Assim, a criação de um novo critério implica somente em seu registro no gerente para que possa ser automaticamente utilizado.

As regras para o cálculo da pontuação devem ser inicialmente carregadas de uma base e mantidas em memória, a fim de acelerar o processo, tendo em vista que este é realizado em todo recebimento de mensagens e pode, ainda, ser repetido para as instâncias relacionadas, de acordo com o fluxo da heurística. Seu armazenamento em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados requer sua conversão para lógica proposicional ou de primeira ordem e não foi desenvolvido até o momento de escrita desta dissertação.

Após cada atributo estar pontuado, o fluxo do sistema segue para o Gerente de Painéis, que é responsável pelas regras de distribuição da informação. Este elemento realiza a triagem em nível de entidade e, então, cada painel é responsável por filtrar os atributos que deve disponibilizar.

É solicitada, em seguida, ao Gerente de Visualização a criação de um ícone e a aplicação de suas transformações visuais, em conformidade com os padrões de visualização estipulados. Para isto, este gerente requisita o cálculo das agregações das pontuações de cada atributo em cada critério e painel específico ao gerente de metadados. Em posse disto, são realizadas as transformações nos ícones e gerados os balões de informação, contendo os atributos classificados e ordenados. Neste momento é preparado também o surgimento espontâneo do balão informativo contendo as informações de grande importância relacionadas àquele ponto de interesse. As ligações entre os ícones são estabelecidas mediante consulta ao gerente de dados.

A camada de modelo deve possuir basicamente os objetos que representem o negócio propriamente dito, como, por exemplo, vítima, equipe e edificação. Entretanto, neste caso ainda é necessário ter-se uma classe para manter os atributos destas entidades e uma para seus metadados. A extração dos atributos em uma classe separada, ao invés de se utilizar os tipos nativos da linguagem de programação escolhida, se justifica pela necessidade de se relacioná-los com os metadados. Esta camada é responsável ainda pelo acesso ao Sistema Gerenciador

de Banco de Dados para realizar a persistência das informações. Contudo, esta funcionalidade desenvolvida desta forma atenderia apenas a um requisito de restauração de um estado anterior do sistema em caso de reinício da aplicação. Para que possa servir a um dos trabalhos futuros já planejados, que objetiva manter um histórico de toda a ocorrência para posterior revisão, a estrutura deste banco de dados deve conter uma dimensão temporal. Por este motivo, apesar de ter sido projetada, esta estrutura não foi incluída no escopo desta dissertação.

A camada de visualização e interação foi construída sobre o *framework* de código aberto Multitouch for Java™ (MT4j) (FRAUNHOFER, 2011), que, por sua vez, utiliza a linguagem Processing (PROCESSING, 2011) para criar imagens, animações e interações. Sua estruturação é realizada segundo o modelo do *toolkit* OpenSceneGraph (OSG, 2011), que representa virtualmente o espaço por meio de grafos. Assim, para cada cena há um conjunto de nós interligados que constituem os objetos e suas partes a serem desenhados. Os nós folha correspondem à menor parte de um objeto modelado e podem sofrer transformações locais sem interferir nos demais. Contudo, as alterações ocorridas em seus nós superiores são transitivas e também os afetam.

A estruturação da WITS contém uma cena de escolha da linguagem, outra principal, na qual ocorre todo o trabalho, e um tipo de cena especial para ser exibida no interior dos painéis. Esta última possui funcionalidades de desenho a partir do toque e de exibição das informações em camadas. Além disso, sua independência torna possível que sejam mantidos níveis de aproximação (*zoom*) e pontos focais distintos em cada uma. São empregados também três tipos de componentes: um para representar o painel, outro para a metáfora de folhas de papel e o último para gerar barras de ferramentas e seus botões.

Assim, seu grafo da cena principal pode ser representado, de maneira geral, como na Figura 38, na qual os retângulos correspondem a componentes e os círculos a cenas. Nesta figura, os níveis intermediários de composição dos componentes foram omitidos para fins de simplificação.

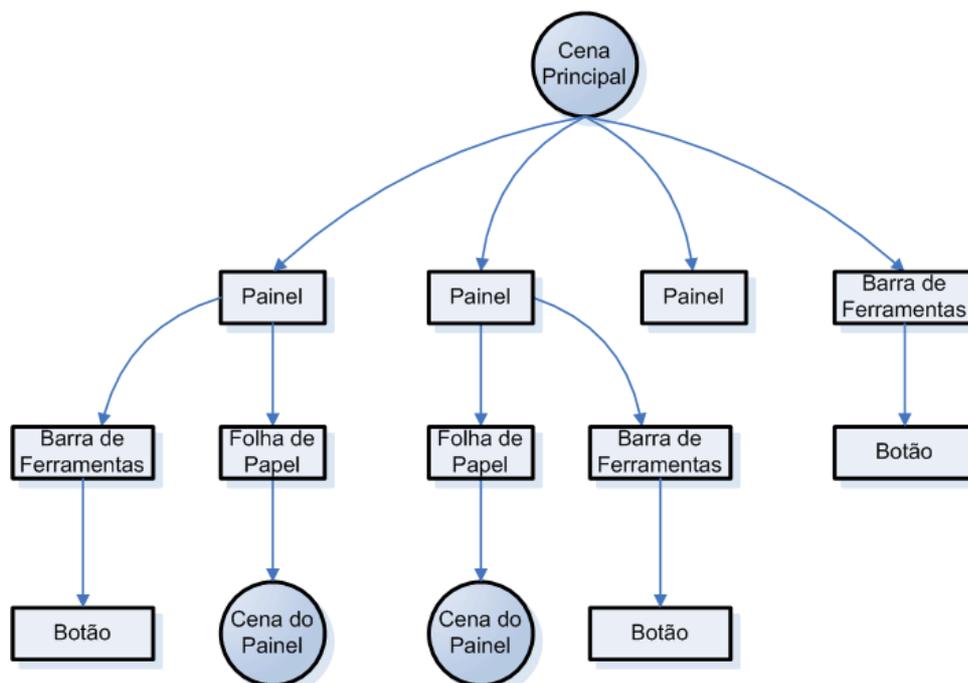


Figura 38. Grafo de visualização da cena principal

Para reagir aos toques realizados na mesa, o *framework* possui uma biblioteca para decodificar o protocolo Tangible User Interface Objects (TUIO, 2011), que permite a transmissão de uma descrição abstrata de toques e objetos tangíveis em superfícies interativas. Para complementar seu uso, é preciso utilizar uma aplicação rastreadora destes objetos e toques. Para este fim, foi utilizada a solução para visão computacional conhecida como Community Core Vision (CCV, 2011). Esta se conecta a câmera da mesa digital e converte a detecção dos toques na mesa em mensagens do protocolo TUIO, que são enviadas para o *framework* MT4j, que por sua vez, as decodifica e entrega para a WITS.

Ao contrário do desenvolvimento de sistemas para estações de trabalho tradicionais, este tipo de interface requer a definição dos modos de interação do usuário, uma vez que não há dispositivos externos, como mouse e teclado, para isto. Por esta razão, essa camada também abriga as definições dos gestos com os quais o usuário interage com a ferramenta. Para atender a situações de grande estresse, esta interação deve ser natural, possuindo um conjunto pequeno de sinais e de baixa complexidade.

5.2.2 Interface com o Usuário

Alguns problemas de projeto deste tipo de interface já foram mencionados na justificativa pela escolha de uma mesa digital para este trabalho na seção 5.1 – Cenário de Uso. As soluções adotadas para cada um e outros aspectos colaborativos da ferramenta WITS são apresentados a seguir.

O projeto da interface com o usuário deve ser iniciado pela definição dos componentes de interação, uma vez que sua forma irá orientar a criação dos gestos para sua operação. Para isto, foram estabelecidos componentes para gerar barras de ferramentas horizontais e verticais, botões com símbolos pictóricos, painéis em forma de quadro branco, folhas de papel, ícones para os pontos de interesse e balões informativos.

O conceito dos botões é o mesmo de outros tipos de interface, isto é, ao ser pressionado, o mesmo dispara a execução de uma ação. Alguns comportamentos visuais, entretanto, foram estabelecidos com o intuito de comunicar ao usuário a configuração vigente da interface. Assim, botões que executam a mesma ação e que aparecem replicados na área de trabalho, por motivos de alcance físico na mesa, guardam o seu estado, permanecendo com a aparência de pressionado ou liberado, igualmente em todas as suas ocorrências. Outro comportamento definido, para situações nas quais apenas um botão deve estar selecionado dentre outros concorrentes, consiste em distingui-lo por meio do seu envolvimento com uma moldura. Por último, para sinalizar o estado ativo de um botão que não possui réplicas e nem concorrentes foi adotada a mudança da imagem em seu interior.

As barras de ferramentas são os contêineres dos botões. Suas diferenças principais em relação às interfaces tradicionais são a sua liberdade para serem movidas para qualquer parte da interface e capacidade de serem giradas a qualquer ângulo. Com isto, pretende-se tornar flexível o posicionamento das pessoas ao redor da mesa, permitindo que movam estes componentes para um ponto de seu alcance e alterem sua orientação para ajustar sua visibilidade. A Figura 39 mostra uma barra de ferramentas para controle dos painéis. Por estar replicada nos quatro cantos da interface, seus botões apresentam o comportamento de permanecerem pressionados em todas as suas ocorrências, indicando que o referido painel está visível. As alças laterais da barra foram projetadas para facilitar o toque e, conseqüentemente, os gestos de locomoção e giro. Da esquerda para a direita, os botões tornam visíveis os painéis “Entender o que Ocorreu”, “Buscar e Salvar Vítimas”, “Segurança da Operação”, “Logística” e “Resgatar Corpos”.

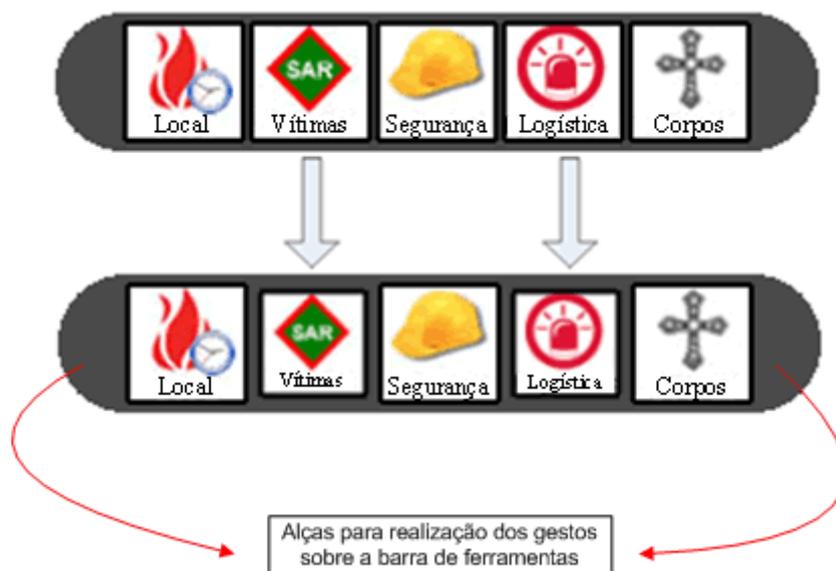


Figura 39. Barra de ferramentas para controle de painéis

Os ícones que representam os pontos de interesse no sistema são também conceitos tradicionais, uma vez que visam a agrupar um conjunto de informações e permitem apenas dois tipos de interação, baseados nos cliques do mouse. A primeira delas, um toque breve, tem a finalidade de exibir um balão informativo contendo seus atributos. Já a segunda, um toque prolongado, objetiva mostrar a sua ligação com outros pontos de interesse por meio de uma linha que os une. Os símbolos pictóricos escolhidos para cada tipo de ponto de interesse são apresentados na Figura 40.

	Edificação
	Vítima
	Conjunto de Vítimas
	Equipe
	Recurso Material
	Perigo
	Obstáculo
	Demanda de Recurso Material
	Demanda de Recurso Humano

Figura 40. Simbologia dos pontos de interesse

Os balões informativos se posicionam fixamente acima dos ícones e se distinguem pela cor da borda. Os de surgimento espontâneo possuem borda laranja, que por ser uma cor quente é considerada psicologicamente dinâmica e sugere movimento. Na medida contrária, aqueles que são acionados pelo usuário possuem borda azul, transmitindo a informação sem provocar uma atração muito grande à atenção do indivíduo. A Figura 41 demonstra os dois tipos de interação possíveis com os ícones, sendo o à esquerda um toque breve para exibir o seu respectivo conjunto de informações e o à direita um toque prolongado para mostrar seu relacionamento com outro ponto de interesse.



Figura 41. Tipos de interação com um ícone

Os dois últimos componentes visam a atender a proposição de distribuição da informação da heurística de utilidade adicionando características colaborativas que podem contribuir para a melhoria da tomada de decisão em grupo. Assim, foram definidos painéis, em conformidade com o caso de emergências urbanas estudado, e folhas de papel pertencentes a estes componentes. O primeiro funciona como um contêiner para o segundo e possui uma barra de ferramentas acoplada, na qual estão situados os botões que possibilitam escolher dentre distintas formas de interação com as folhas. Estas, por sua vez, abrigam uma cena, na qual são disponibilizados os ícones dos pontos de interesse e seus balões, a imagem do local, anotações por escrito e desenhadas pelos usuários. É possível aproximar a visão desta cena (*zoom*) e deslocar seu ponto focal (*pan*) com o intuito de ajustar a visibilidade de seu conteúdo.

Para conferir mais naturalidade ao trabalho, os painéis podem ser movidos por toda a interface e girados, possibilitando que os usuários se posicionem ao redor da mesa e passem uns aos outros estes componentes. Além disso, podem ser ampliados e reduzidos, conforme a necessidade de serem mostrados aos demais indivíduos.

A metáfora das folhas de papel tem o objetivo de tornar a passagem entre os modos de trabalho individual e coletivo mais sutil. Isto é alcançado permitindo que estas sejam retiradas de um painel e levadas para outro, mesclando seu conteúdo com o do destino. Este *merge* é realizado sempre entre duas dessas, mesmo quando uma já contém conteúdo combinado, e permite que se construa distintas visões da situação. Além disso, auxilia a troca de ideias e o debate de alternativas, uma vez que as anotações particulares de cada painel podem ser

também unificadas. A Figura 42 exibe dois painéis posicionados para usuários situados em lados opostos da mesa. A folha de papel de um deles está desprendida para efetuar a operação de mescla. Essa ação é realizada com um toque em seu canto superior esquerdo, onde há uma imagem de dobra da folha. Seu retorno é executado pela mesma ação, porém, desta vez realizada sobre a seta desenhada no fundo do painel. Nesta figura é possível perceber também uma barra de ferramentas acoplada a cada painel.

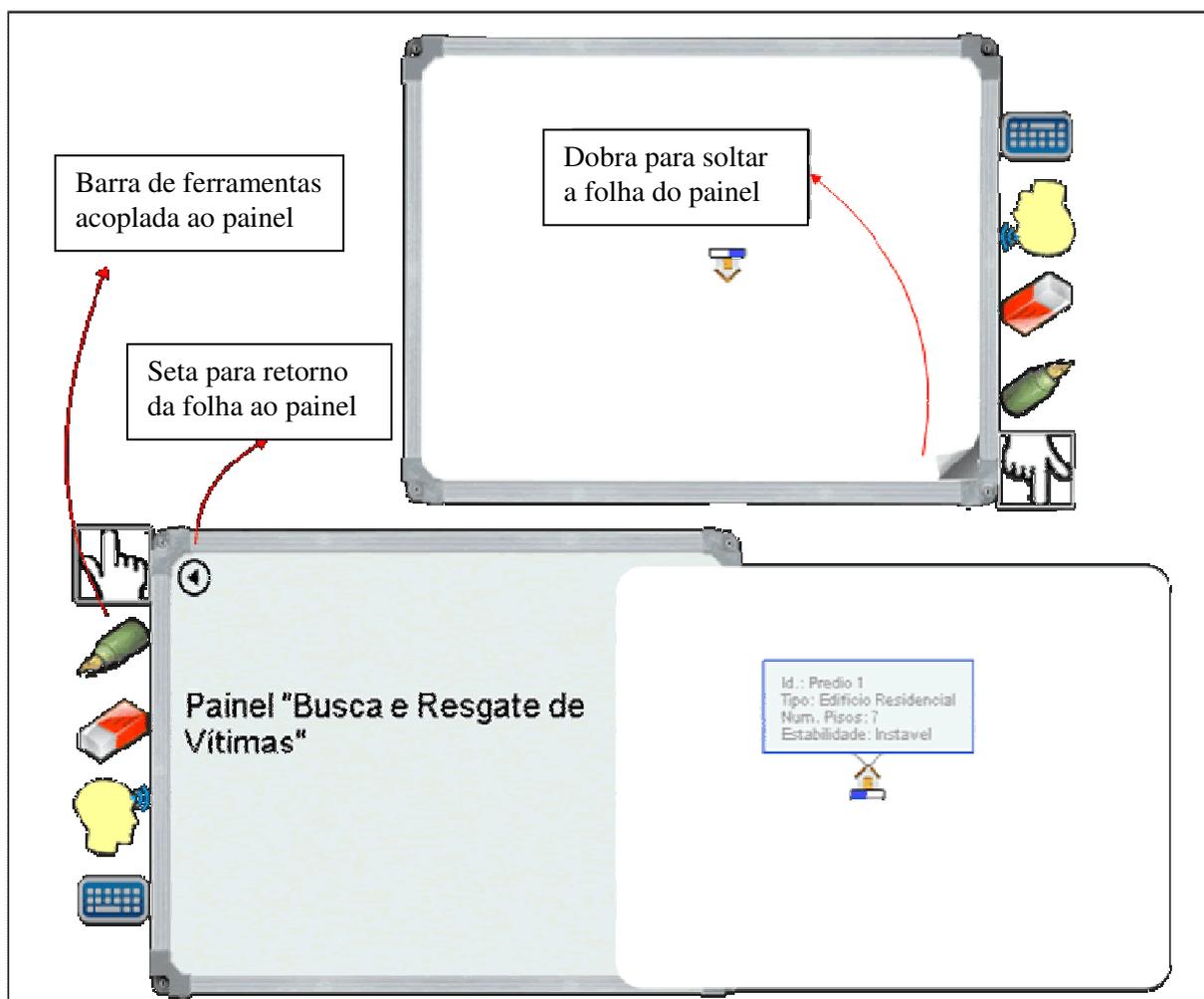


Figura 42. Exemplo de dois painéis posicionados na interface

Com o intuito de evitar *merges* acidentais, foi definido que a folha de papel do painel que recebe as informações também deve estar solta. Após sua combinação, ela pode ser fixada novamente ao painel, o que possibilita sua manipulação normal.

O painel “Entender o que Ocorreu” difere dos demais, pois é nele que o croqui do local é desenhado e compartilhado com os outros membros do grupo. Por esta razão, sua barra de ferramentas permite realizar funções únicas, como o salvamento e o carregamento de um desenho. A primeira função salva em disco e ao mesmo tempo compartilha o desenho com os outros painéis, enquanto que a segunda apenas carrega um desenho salvo. Por outro lado, este painel não contém um botão para ativar/desativar a visibilidade da camada de anotações,

presente em todos os outros. A Figura 43 ilustra os botões presentes nas barras de ferramentas dos painéis, explicando suas funcionalidades e apontando a quais deles pertencem.

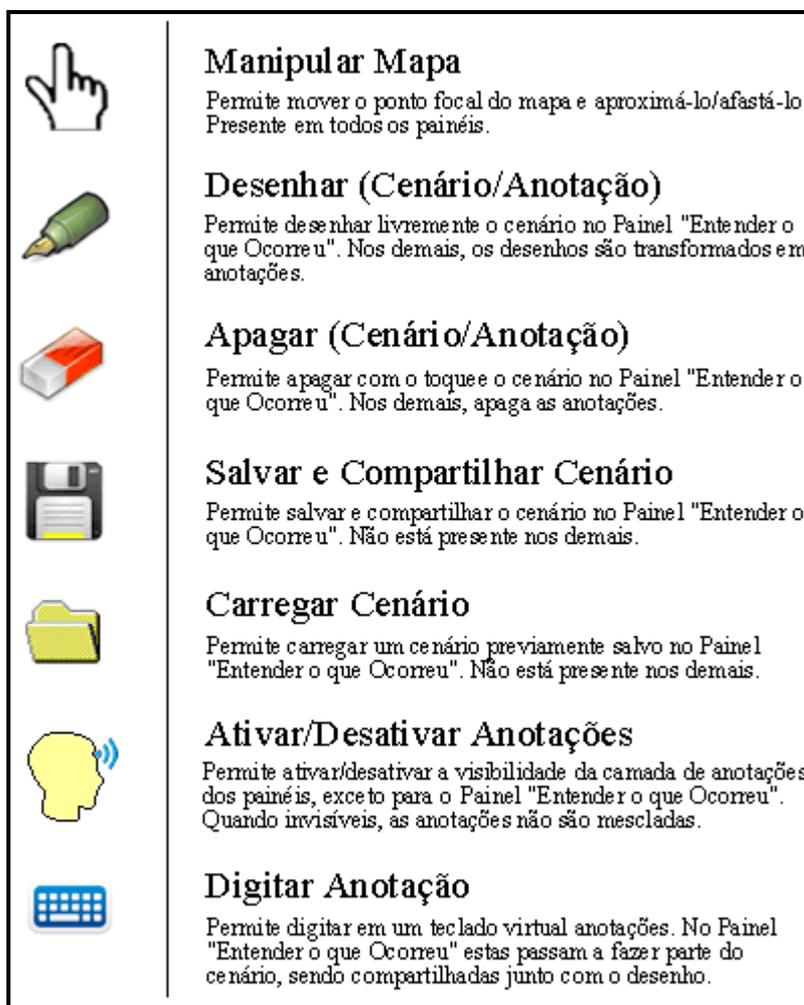


Figura 43. Botões das barras de ferramentas dos painéis

Após a definição dos componentes e das ações permitidas sobre estes é preciso criar-se gestos simples e naturais para a interação do usuário com o sistema. A tecnologia da grande maioria das mesas digitais possibilita o reconhecimento e rastreamento de múltiplos toques simultâneos, o que aumenta a gama de gestos possíveis por meio da combinação de movimentos dos dedos sobre a superfície de um mesmo componente. Para atender a todas as funcionalidades planejadas foi, então, definido um conjunto com oito tipos de gestos, mostrado na Figura 44.



Figura 44. Gestos definidos para a interação humano-computador

O primeiro deles, e mais simples, é o toque breve, que possui grande semelhança com o pressionamento de um botão de um mouse. Sua função é acionar componentes na interface e foi associada aos botões das barras de ferramentas e aos ícones dos pontos de interesse. Nestes últimos, é responsável por abrir os balões com detalhamento de suas informações. Distingue-se do toque prolongado, que visa somente a apontar objetos da interface a outros indivíduos e exibir seus relacionamentos com outros pontos de interesse.

O movimento de arrasto de um dedo somente, em inglês *drag*, possui duas funcionalidades. Com as ferramentas de desenho e borracha de um painel, permite rabiscar linhas e apagá-las. Quando aplicado sobre componentes que podem ser movidos, como as barras de ferramentas de controle dos painéis, os próprios painéis, as folhas de papel, quando soltas, ou o teclado virtual, provoca seu deslocamento pela interface.

Já o arrasto com dois dedos tocando um mesmo componente pode ser interpretado de várias formas, dependendo do movimento combinado entre os dois. Caso este seja em forma de arco, o sistema o interpreta como sendo uma rotação do componente. Isto se aplica aos mesmos objetos do gesto de deslocamento.

Se os dedos se aproximam ou se afastam entre si, provocam a redução ou ampliação, respectivamente, do tamanho do objeto. Este comportamento é aplicado somente para os painéis e o teclado virtual. Caso estes mesmos gestos sejam aplicados sobre uma folha de

papel presa a um painel, seu comportamento é alterado para aproximação e afastamento do ponto focal (*zoom*). Ainda sobre a folha presa, existe a possibilidade de arrastar-se dois dedos em paralelo, deslocando o ponto focal da cena em seu interior (*pan*).

Por último, com duas folhas liberadas de seus painéis, o movimento combinado de arrasto de uma sobre a outra ocasiona a mescla de seu conteúdo. Seu retorno ao contêiner de origem é realizado pelo toque simples em um botão do próprio painel. Isto faz com que a iniciativa de obter de volta o conteúdo parta do próprio solicitante.

O uso da ferramenta foi planejado de forma a ser bastante objetivo, evitando interações desnecessárias e mudanças constantes na cena exibida. Assim, após iniciar o sistema, é necessário apenas escolher a língua desejada em uma tela inicial e a aplicação já apresenta a área de trabalho.

Nesta área, quatro barras de ferramentas para controle dos painéis foram dispostas nos cantos da interface, de forma a permitir o seu alcance por qualquer membro do grupo. Desta forma, cada um pode abrir o painel com o qual trabalhará e posicioná-lo próximo a si. Primeiramente, espera-se que o painel “Entender o que Ocorreu” seja utilizado para realizar-se o desenho do local.

Para isto, o responsável por este retrato deve selecionar a funcionalidade de desenho, em sua barra de ferramentas acoplada, e, com o arrasto do dedo, desenhar na folha de papel do seu painel. As ferramentas borracha e teclado virtual permitem, respectivamente, apagar um trecho do desenho e incluir texto. Após isto, o usuário deve utilizar a funcionalidade de salvar/compartilhar do painel para que todos os outros possam visualizar o mesmo desenho. Estas tarefas são ilustradas na Figura 45.



Figura 45. Ilustração do uso do painel “Entender o que Ocorreu”

A partir de então, o comando está pronto para receber informações das equipes de trabalho a respeito da ocorrência. A cada mensagem recebida, os cálculos da heurística e dos padrões de visualização são realizados, conforme explicado no capítulo 4 - Modelo de Apoio a Percepção Situacional em Emergências, alterando a exibição da situação em cada painel de forma particular. A Figura 46 exemplifica esta distinção de conteúdo para os painéis “Segurança da Operação” e “Logística”. No primeiro, pode-se notar que há um perigo iminente de rolamento de uma pedra sobre a rua de acesso à emergência. Já no segundo, balões de surgimento espontâneo avisam para a necessidade de uma equipe de Busca e Resgate em um determinado local da ocorrência que coincide com a existência de uma guarnição de mesma especialidade livre situada em outro ponto.

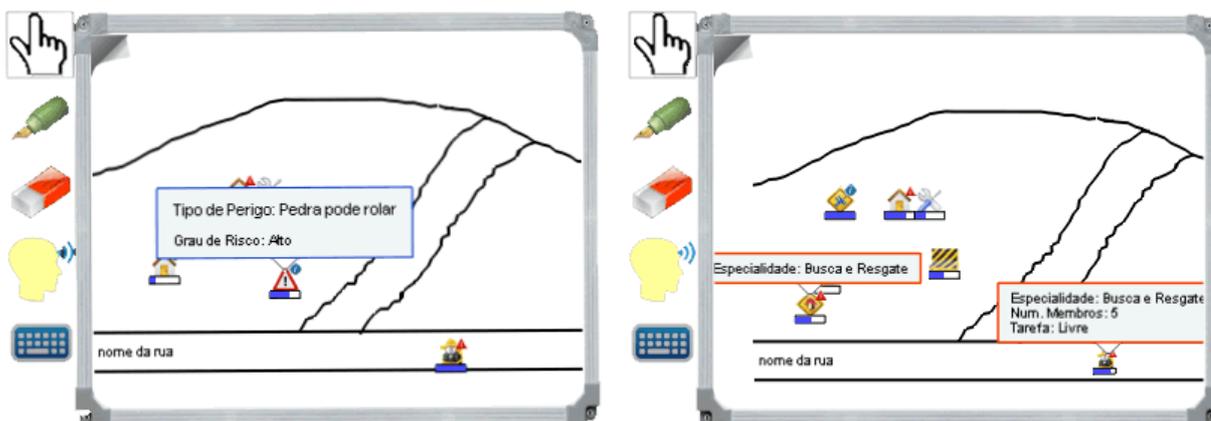


Figura 46. Exibição de informações nos painéis

Em todos os painéis, exceto o referente ao local, é possível fazer anotações com a funcionalidade de desenho ou teclado virtual. Os desenhos são feitos com o arrasto do dedo e possuem cores distintas em cada um. Esta diferenciação visa a facilitar a identificação de sua proveniência quando são mesclados.

A Figura 47 exemplifica anotações feitas, hipoteticamente, por um oficial de segurança e um chefe da seção de logística em seus painéis correspondentes para a situação apresentada na figura anterior. Neste caso, é possível perceber a delimitação de uma área em vermelho, no painel “Segurança da Operação”, com a legenda “não passar”, indicando o alto risco de se manter ou passar com guarnições por ali. No outro painel, pode-se notar, pela seta laranja, a intenção do envio de uma equipe pela rua até o local onde há uma demanda equivalente.

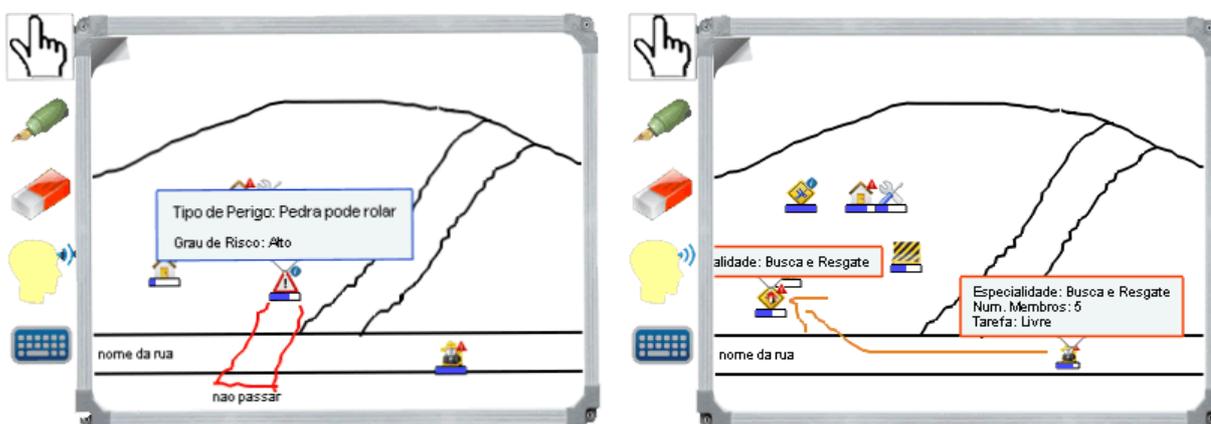


Figura 47. Anotações realizadas nos painéis

Já na Figura 48, estes painéis aparecem mesclados. Assim, é possível visualizar o risco juntamente com as informações de logística, o que fornece uma visão da situação mais completa e, conseqüentemente, auxilia a elaboração de alternativas. Além disto, a combinação das anotações beneficia o debate de ideias e pode ajudar a evidenciar inconsistências entre os pontos de vista de cada membro. Neste exemplo, claramente pode-se notar o plano de passar com uma guarnição por uma área assinalada como perigosa.



Figura 48. Conteúdo dos painéis mesclado

Para garantir flexibilidade à ferramenta de modo que esta possa apoiar tanto a visualização da situação quanto o exame das alternativas elaboradas, a camada de anotações pode ser habilitada ou desabilitada. O ícone de uma cabeça amarela irradiando seus pensamentos (ondas em azul) indica que os desenhos estão visíveis e serão transportados em caso de mescla dos painéis. Ao contrário, quando as ondas azuis são apagadas, por um toque simples no botão, a camada de anotações se torna invisível e, conseqüentemente, não é transportada.

Com o desenvolvimento computacional da heurística e destas funcionalidades colaborativas, a ferramenta WITS pode ser considerada suficientemente pronta para a execução de avaliações da proposta desta dissertação. Entretanto, tal experimentação deve ser planejada cautelosamente, a fim de se evitar colocar em risco operações reais ou, no outro extremo, torná-la superficial.

Capítulo 6 - Estudo de Caso

A realização de experimentos científicos sobre tomadas de decisão rápidas e sob pressão não é trivial, pois, em qualquer que seja o domínio de aplicação, os riscos oriundos da utilização de um método e/ou ferramenta novos em situações reais são considerados muito altos pelos participantes. No caso de emergências urbanas, envolvendo vidas humanas, se tornam impeditivos. Além disto, o cenário de uso proposto nesta dissertação compreende somente situações de grande adversidade, que requerem a instalação de um posto de comando, e que são, portanto, menos usuais.

Por este motivo, o mais recomendado para este domínio é que se inicie a validação das teorias por meio de eventos controlados em laboratório. Tais simulações não são capazes de gerar a carga emocional vivida na realidade, mas, por outro lado, permitem uma observação mais minuciosa das variáveis estudadas.

Quando se realiza avaliações de métodos de tomada de decisão, ou que apóiem alguma parte deste processo, é bastante importante que os indivíduos acompanhem em seu raciocínio as etapas dos cálculos e os resultados obtidos. Somente assim poderão fazer uma avaliação mais criteriosa e fornecer pareceres valiosos para se realizar ajustes ou melhorias nos métodos. Por esta razão, a redução da pressão e a disponibilidade de maior tempo na simulação em laboratório podem ser fundamentais para refinar a heurística proposta nesta dissertação antes de se utilizá-la em experimentos em campo.

Assim, a estratégia de pesquisa empregada neste trabalho consiste na realização de um caso de estudo exploratório com a execução de uma simulação baseada em uma ocorrência real, sem interferência do pesquisador durante seu desenrolar e com coleta de dados qualitativa por meio de questionários.

6.1 Preparação

O objetivo principal deste estudo de caso é realizar uma avaliação da heurística de utilidade da informação com o intuito de se obter indícios sobre sua correção e perspectivas de contribuição para a filtragem de dados e auxílio à construção e manutenção da percepção situacional em emergências. De forma secundária, pretende-se também obter orientações sobre o emprego da tecnologia proposta e da ferramenta desenvolvida para que se possa realizar os ajustes necessários para alcançar uma melhor aderência ao trabalho real.

Para isto, é preciso identificar previamente as variáveis a serem observadas e as a serem manipuladas durante a experimentação. As primeiras foram divididas em três conjuntos, referentes ao funcionamento da heurística, aos padrões de visualização e, por último, à perspectiva de utilidade desta proposta para o desempenho do trabalho dos comandantes em situações de emergência.

Estes três grupos apresentam variáveis qualitativas e nominais que permitem extrair os pontos fortes e as fraquezas sob a perspectiva dos usuários, variáveis estas que foram adaptadas de Bailey e Pearson (*apud* PAPAMICHAIL, 2005). Os dois primeiros grupos visam ao cumprimento do objetivo principal deste estudo de caso e foram separados apenas com o intuito de se explicitar a existência de uma dependência interveniente entre os padrões de visualização e os resultados da heurística. Os Quadros 5 e 6 apresentam os grupos explicando o significado adotado para cada variável.

Variável	Significado
Formato de saída	Divisão da informação em painéis
Volume de saída	Quantidade de informação disponibilizada ao usuário
Facilidade de Entendimento	Quantidade de esforço necessário para entender o auxílio fornecido
Temporalidade	Disponibilidade da informação no momento adequado
Desempenho	Capacidade de auxiliar o tomador de decisão a realizar uma atividade eficazmente
Utilidade	Medida da contribuição do auxílio para o desempenho do tomador de decisão
Percepção	Consciência da percepção gerada sobre a situação

Quadro 5. Variáveis relativas à heurística observadas no experimento

Apenas a variável que mede o auxílio da distribuição da informação em painéis pode ser considerada totalmente independente. Contudo, a elaboração dos questionários deve tentar orientar os participantes a abstraírem esta dependência o quanto possível, mantendo o foco no resultado dos cálculos da heurística.

Assim, para avaliar a Temporalidade, deve-se considerar se as informações apresentadas em destaque realmente são as mais necessárias em determinado momento, correspondendo com a necessidade dos tomadores de decisão, relevando a forma como a

atenção para isto foi atraída. Para o Volume de Saída, deve-se perceber a quantidade de informações dos próprios modelos de decisão aplicados na prática e sua interferência na atenção dos indivíduos, ao invés de se considerar a aparência dos painéis com a presença dos ícones e balões informativos. Para a Facilidade de Entendimento, deve-se observar se a disponibilização da informação é clara e objetiva, orientando a cognição dos tomadores de decisão, e não se a representação visual favorece tal fator. O Desempenho deve avaliar se é possível realizar o trabalho com eficácia, ignorando as dificuldades de familiaridade com a ferramenta e o método. Por fim, a utilidade do auxílio fornecido e a consciência da percepção situacional gerada devem se basear na filtragem de informações proporcionada pela heurística.

Variável	Significado
Compreensão	Significado interpretado compatível com o padrão visualizado
Percepção	Quantidade de esforço para notar a ocorrência do padrão
Distinção	Quantidade de esforço para distinguir as escalas do padrão

Quadro 6. Variáveis relativas aos padrões de visualização observadas no experimento

As variáveis independentes do Quadro 6 visam, prioritariamente, a obter indícios sobre a eficácia dos padrões propostos para diferenciação das informações mais úteis. Os aspectos abrangidos foram utilizados também para se entender um pouco do relacionamento entre os padrões visuais e os resultados da heurística. Apesar disto, pelo fato de o aprofundamento do conhecimento sobre esta relação não fazer parte do cerne desta pesquisa, os padrões de visualização não foram manipulados durante o experimento.

Para o cumprimento do objetivo secundário deste estudo, procurou-se obter indicações sobre o balanço entre a dificuldade de aprendizado e de uso da ferramenta e os benefícios proporcionados pelo método e pela tecnologia propostos, considerando-se sua adoção no trabalho cotidiano. Para isto, foram utilizadas as variáveis descritas no Quadro 7.

Variável	Significado
Utilidade Percebida	Balanço entre o custo de utilização e a utilidade considerada para conclusão da atividade
Relevância	Grau de coerência entre a necessidade do usuário e o auxílio providenciado
Plenitude	Compreensibilidade do conteúdo do auxílio fornecido
Facilidade de uso	Quantidade de esforço necessário para utilizar a ferramenta
Facilidade de Aprendizado	Quantidade de esforço necessário para aprender a manipular a ferramenta

Quadro 7. Variáveis de aderência da tecnologia ao trabalho real

Deve-se ter em mente também a influência de algumas outras variáveis, que podem, inclusive, ser manipuladas com o intuito de se obter novos indícios. Neste estudo, estas correspondem à duração e velocidade de execução da simulação e à quantidade de informações adicionadas, que podem interferir no entendimento da situação proposta. Contudo, optou-se por regulá-las antes da execução do experimento, de forma a tentar minimizar sua influência sobre os resultados.

Um cenário exposto por pouco tempo e com poucas informações torna-se mais incerto e, portanto, difícil de ser compreendido. Por outro lado, o excesso de conteúdo ou sua exibição acelerada pode atrapalhar os participantes, tendo em vista que estes ainda não dominam a ferramenta e a forma de trabalhar com a heurística. Por isto, alguns ensaios preliminares foram realizados com voluntários para se alcançar um balanço entre estes fatores.

O próprio evento simulado pode ser planejado de forma a destacar algumas características do processamento da heurística. Assim, por meio da introdução de condições como a presença de informações desatualizadas, incoerentes ou incompletas, entremeadas por outras de grande confiabilidade e relevância, pode-se facilitar a percepção de determinados aspectos do método.

Com respeito a estas variáveis manipuláveis, optou-se pela imparcialidade da elaboração de uma simulação baseada em uma situação real, deixando a qualificação da informação, segundo os critérios de utilidade, ocorrer livremente. Com isto, objetivou-se

aproximar um pouco o experimento em laboratório a uma condição real, minimizando a interferência do pesquisador sobre a avaliação dos participantes.

O cenário simulado teve como base os trabalhos realizados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro na Região Serrana em Janeiro de 2011. Nesta ocasião, considerada a maior tragédia climática da história do país em número de vítimas, as fortes chuvas provocaram escorregamentos de terra que ocasionaram mais de 900 mortes em quatro importantes cidades. Diversas operações foram realizadas em paralelo, com a instalação de postos de comando em determinadas áreas. O evento escolhido ocorreu em um morro da cidade de Friburgo e teve duração de 7 dias. O local da operação é ilustrado pelas fotos da Figura 49.



Figura 49. Ilustração do local da emergência simulada

A construção da simulação foi baseada no relato colhido de bombeiros participantes e em documentos oficiais de registro das ações e decisões tomadas. Devido à sua prolongada duração, os fatos mais relevantes foram selecionados e comprimidos em um espaço de tempo reduzido, a fim de viabilizar a simulação sem a perda de dados imprescindíveis. O foco dos acontecimentos incluídos manteve-se na introdução dos problemas e em algumas ações iniciais sendo desempenhadas, com poucas soluções existentes e já adotadas. Isso objetivou retratar o segundo momento de uma operação, que é a instalação do posto de comando, após a avaliação inicial dos primeiros socorristas a chegarem ao local. Este é também um dos momentos mais críticos em relação à disponibilidade da informação.

Os espaços de tempo sem recebimento de informações foram também suprimidos para se aproveitar melhor o tempo da experimentação. Com isto, obteve-se uma simulação com duração de 10 minutos, incluindo todos os tipos entidades do modelo de dados e retratando parte da operação real.

A escolha por este evento balizou-se nos mesmos argumentos utilizados para as histórias colhidas durante a fase de coleta de dados, isto é, a riqueza de detalhes, devido à sua

ocorrência recente, e complexidade acima do normal, o que faz com que os indivíduos superem as perspectivas de atuação empregando boa parte de seu conhecimento tácito. Esta complexidade constitui também um excelente teste para a capacidade do modelo de dados e da ferramenta de retratarem uma situação real, considerando as anormalidades encontradas e improvisações realizadas.

Alguns outros cuidados com dados sensíveis também foram tomados, como a alteração dos nomes de vítimas e de pessoal envolvido no trabalho.

Existe ainda um outro conjunto de variáveis, extrínsecas à pesquisa, mas que mesmo assim devem ser consideradas na avaliação dos resultados. Estas estão associadas à experiência dos comandantes participantes, sua familiaridade com tecnologias de ponta, motivação e expectativas para participação no experimento.

O plano de realização do experimento foi elaborado de forma a se ter o controle sobre a maior parte destas variáveis manipuláveis e extrínsecas. Por esta razão, os participantes selecionados foram os mesmos a contribuir durante as sessões de coleta de conhecimento realizadas no início da pesquisa. Com esta estratégia garantiu-se o mesmo nível de experiência de comando buscado anteriormente e manteve-se a motivação e expectativas pela visualização dos resultados elevadas. Sua familiaridade com tecnologias de ponta foi a única variável totalmente arbitrária nesta seleção.

Para responder as indagações desta pesquisa, foram elaborados dois questionários. O primeiro, planejado para ser respondido em um momento intermediário da simulação, tem como meta detectar se a percepção situacional foi construída com o auxílio provido pela solução proposta, o que inclui o modelo de dados, a heurística de disponibilização da informação e a usabilidade da ferramenta. Para isto, foram utilizadas as próprias perguntas utilizadas nas tomadas de decisão capturadas no início da pesquisa, como, por exemplo, “Quais os pontos onde ainda é preciso atacar?”. Conseguindo responder a estes questionamentos corretamente, o participante demonstra que conseguiu acompanhar o progresso da situação exposta na simulação. Para finalizar este questionário, foram preparadas três perguntas sobre as decisões que seriam tomadas naquele momento. Estas indagações não objetivam avaliar a capacidade de tomada de decisões dos participantes, mas somente se as informações providas são suficientes para que ele se sinta seguro para decidir. Por esta razão também, nem todas as decisões foram solicitadas, mas apenas alguns exemplos a respeito de “o que fazer”, “como fazer” e “o que usar (guarnições e equipamentos)”.

O segundo questionário tem como objetivo avaliar o pressuposto funcionamento da heurística e dos padrões de visualização e as perspectivas de contribuição da tecnologia e da

ferramenta propostas para o trabalho real. Para se obter uma análise qualitativa mais rica, as perguntas foram preparadas de forma a estimular a explicação do respondente sobre sua percepção a respeito dos resultados da heurística e sua visualização, como por exemplo, “Como você avalia a divisão da informação em painéis?” e “Qual a sua opinião sobre a forma de apresentação das informações nos balões de borda azul?”.

Já para se qualificar a aderência da solução tecnológica ao trabalho no posto de comando foi utilizada uma escala com quatro valores ordenados (Concordo, Concordo Parcialmente, Discordo Parcialmente e Discordo) e afirmações a serem avaliadas sobre os critérios do Quadro 7. Além disso, para todas as questões um espaço para comentários também foi adicionado, estimulando o participante a detalhar sua opinião. Por último, neste questionário, há uma solicitação de sugestões livres a respeito de qualquer assunto do experimento.

Os modelos dos questionários supracitados encontram-se, em sua íntegra, no Apêndice F desta dissertação.

6.2 Realização

Para simular o trabalho no posto de comando durante o experimento, foram convidados quatro comandantes do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro e um engenheiro da Defesa Civil. Este último não possuía a atribuição de avaliar formalmente a proposta e apenas atuou como observador e suplente de um participante ausente. Sua atuação, contudo, foi de grande importância, pois a quantidade de pessoas é fundamental para a avaliação do trabalho em grupo utilizando a ferramenta desenvolvida.

Além disto, um outro grupo foi formado por observadores convidados, com conhecimento das áreas de pesquisa deste trabalho, que estavam livres para se movimentar, fazer perguntas e até mesmo deixar o experimento durante sua realização. O tamanho deste grupo variou durante a sessão, alcançando o máximo de cinco pessoas simultaneamente. Sua atuação contribuiu para simular a composição de um posto de comando, desempenhando o papel de outros oficiais acessando o comando para consultar e fornecer informações, provocando interrupções no trabalho.

O ambiente de experimento foi montado de forma a comportar um grupo de até 10 pessoas, sendo quatro ou cinco interagindo com a mesa e as demais acompanhando as informações de uma posição um pouco mais distante. Para isto, foi utilizada uma televisão de 52 polegadas exibindo a mesma imagem visualizada na mesa. Esta configuração pode ser útil em um posto de comando, tendo em vista que o grupo pode alcançar este número de membros

e que nem todos os papéis necessariamente interagem com a informação em seu trabalho, bastando-lhes apenas consultá-las. Além disto, foram utilizadas uma estação de trabalho para exibir informações de apoio ao experimento, tendo em vista o pouco tempo de familiarização dos indivíduos com o método e a ferramenta propostos, e outra para enviar as mensagens para a ferramenta WITS durante a simulação. Os principais aspectos deste ambiente são mostrados nas fotos da Figura 50.



Figura 50. Ambiente montado para o experimento

Apesar de os participantes já estarem envolvidos com a pesquisa desde seu início, foi prevista no plano de realização do experimento uma apresentação introdutória com a finalidade de atualizá-los sobre os últimos avanços obtidos. Tal apresentação, com cerca de 15 minutos de duração, teve o objetivo de lembrar o ponto exato onde está situada a pesquisa na área de Gestão de Emergências e de explicar o funcionamento da heurística e dos padrões de visualização.

Após isso, foi realizado um treinamento de, aproximadamente, 25 minutos de duração, sobre o uso da ferramenta. O primeiro passo realizado foi a familiarização com o modo de interação via toques, ao invés de dispositivos de entrada externos. É preciso se acostumar com a pressão a ser exercida pelos dedos, principalmente, nos gestos que exigem deslizamento sobre a superfície da mesa. Em seguida, foram ensinados os gestos para se manipular os componentes da interface, como movimentação, rotação, ampliação e mescla dos painéis.

O segundo passo foi a realização de uma simulação a partir de um cenário simples, contendo poucas informações. Esta etapa também visou à familiarização dos participantes com os resultados das heurísticas e as diferenciações das formas de apresentação das informações geradas pelos padrões de visualização. Para facilitar o domínio do significado de cada ícone e cada transformação visual foi disponibilizado, de forma permanente, um sumário destas informações em um monitor de uma estação de trabalho próxima. Nesta tarefa, os

participantes treinaram também a busca por conteúdo e entenderam a forma com que os dados se relacionam na ferramenta.

Antes da execução do cenário completo, a história na qual este se baseou foi apresentada brevemente, para fins de contextualização da ocorrência, com a exibição das fotos do local, mostradas na Figura 49. Apenas dados sobre o evento adverso, além das fotos, foram apresentados, de modo a não prejudicar a validade do experimento.

Para a execução do cenário completo, cada participante escolheu um papel para desempenhar e, conseqüentemente, um painel para acompanhar. O experimento foi realizado com o apoio de um simulador, construído especialmente para este evento, que executa o papel dos dispositivos móveis, enviando as mensagens para o comando em intervalos de tempo especificados em sua descrição do cenário. Assim, com a preparação de cada mensagem a ser enviada e o intervalo para a sua sucessora, evita-se que erros sejam cometidos durante a simulação.

Conforme as mensagens foram sendo recebidas no sistema, os participantes, simulando o trabalho no posto de comando, trocaram informações sobre o que acontecia em seu painel e a respeito de dúvidas aventadas sobre o uso da ferramenta. Estas últimas podem ser consideradas irrelevantes para a avaliação, pois são decorrentes, claramente, da pouca experiência com o uso do sistema proposto.

Após a execução de $\frac{3}{4}$ da simulação, foi realizada uma pausa para o preenchimento do primeiro questionário sobre a percepção situacional dos participantes. Neste momento, eles tinham permissão para consultar os painéis livremente e trocar informações a respeito de suas observações.

Em seguida, a execução do cenário foi finalizada e o segundo questionário respondido. Devido a pouca disponibilidade de tempo dos participantes, estas atividades foram realizadas em paralelo, ao contrário do planejado. Contudo, esta alteração não implicou nenhum prejuízo à pesquisa, pois todos os passos necessários para o preenchimento das questões já haviam sido realizados e a continuação da simulação visava a apenas dar maiores oportunidades para a observação dos participantes.

Em sua maior parte, a simulação ocorreu sem intervenção do pesquisador, que apenas foi solicitado para esclarecer algumas poucas dúvidas sobre a ferramenta e sobre a parte referente às perguntas de tomada de decisão do primeiro questionário. Os participantes compreenderam facilmente as demais perguntas elaboradas, respondendo individualmente os questionários sem qualquer problema. O experimento foi gravado integralmente para poder

ser consultado repetidamente na fase de avaliação dos resultados, gerando um material com mais de três horas de duração.

6.3 Avaliação dos Resultados

Devido às características particulares do domínio de aplicação escolhido, explicadas no início deste capítulo, a avaliação dos pressupostos desta dissertação foi realizada com base nas respostas dos questionários e observação do comportamento dos participantes durante a simulação. Por este motivo, os resultados apresentados nesta seção correspondem a indícios qualitativos detectados a partir da realização do experimento.

Estes indícios são de extrema importância para esta pesquisa, tendo em vista o caráter exploratório e inovador de sua hipótese, e contribuem para apontar as questões que necessitam de investigação mais detalhada. Além disso, diversas orientações puderam ser capturadas para o aprimoramento do trabalho.

A avaliação do primeiro questionário, a respeito da percepção situacional construída com o apoio da ferramenta, mostrou que o modelo de dados, apesar de enxuto, é capaz de representar uma situação complexa satisfatoriamente e sem ambiguidades. Suas perguntas, a respeito do local da emergência, busca e salvamento de vítimas, segurança da operação e logística de recursos, foram respondidas com apenas dois pequenos erros. Os relacionamentos entre os pontos de interesse, como, por exemplo, qual guarnição está trabalhando na busca de quais vítimas, foram satisfatoriamente construídos a partir dos dados fornecidos pela ferramenta.

Contudo, a observação da atuação dos participantes permitiu constatar que, apesar de existir um recurso visual, acionado por um toque prolongado, interligando os ícones que possuem algum tipo de relacionamento, como, por exemplo, localização de uma vítima em uma edificação, esta tarefa mostrou-se laboriosa e um pouco lenta. Como a velocidade da compreensão é um requisito fundamental para o tipo de tomada de decisão desta pesquisa, esta questão pode ser considerada um ponto fraco da ferramenta e deve ser tratada com grande atenção nas melhorias a serem planejadas.

Outro problema manifestado pelos comandantes foi a dificuldade em identificar o estado de resgate das vítimas. Pelo modelo de dados elaborado, o valor definido como “Não Resgatada” une os significados de não se possuir a certeza da localização da vítima com o estágio de resgate não concluído. Já o valor “Não Resgatada e Viva” corresponde ao caso de haver contato direto com a vítima, confirmando sua localização e sua condição de

sobrevivência, além do estágio do resgate. Da mesma maneira, “Não Resgatada e Morta” também funciona como uma confirmação da localização por contato direto.

Em sua opinião, a definição inicial deste atributo mistura os conceitos de **resgate** e **localização**, provocando mais confusão no entendimento do que simplicidade. O primeiro é relativo ao andamento da retirada da pessoa do local de perigo, enquanto que o segundo refere-se ao fato de se conhecer a sua localização exata ou até mesmo se a vítima estava realmente no local do evento no momento de sua ocorrência. Desta forma, a sugestão dos comandantes para facilitar o entendimento é classificar uma pessoa em “Desaparecida” ou “Localizada” separadamente do seu estágio de resgate, mantendo os valores “Não Resgatada”, “Resgatada pela População”, “Resgatada pelas Equipes”, “Em Atendimento” e “Liberado no Local” já existentes.

Apesar dos ícones serem únicos para todos os elementos da classe que representam, apenas a falta de distinção entre vítimas vivas e mortas foi reclamada pelos participantes. Esta alteração seria, também, uma forma de acelerar a compreensão da informação exibida. Os demais ícones foram compreendidos com facilidade e a necessidade de se abrir um balão informativo para se ter conhecimento do que se trata foi assimilada com normalidade.

As respostas das três últimas perguntas do primeiro questionário, relativas à confiança do participante no auxílio provido para tomar decisões, confirmam que as informações são suficientes para as principais escolhas a serem feitas e auxiliam a sua busca e seleção para a compreensão da situação. Todos os participantes concordaram que a ferramenta, usada de modo complementar ao rádio, seria de grande utilidade para o trabalho tal como é realizado atualmente. Os principais aspectos mencionados foram a facilidade de persistência e de atualização da informação.

Contudo, como já era sabido desde o início da pesquisa, há a necessidade de se possuir informações de mais alto nível, voltadas principalmente para o comando estratégico e para informar autoridades políticas e a imprensa. Tais informações, como, por exemplo, o número de equipes trabalhando no local e a quantidade de vítimas sendo procuradas e já resgatadas, podem ser obtidas facilmente a partir do processamento dos dados do modelo elaborado. Porém, para não se desviar das premissas desta pesquisa, sua inclusão exige mais do que somente totalizações. É preciso considerar-se também nestes cálculos a influência dos critérios eliciados para a heurística e até mesmo a existência de outros. Tal estudo foi considerado como externo ao escopo desta dissertação e, por isto, não foi realizado.

A avaliação das respostas do segundo questionário divide-se entre a percepção dos participantes sobre a contribuição da heurística para sua tomada de decisão e as perspectivas a

respeito do emprego da tecnologia e da ferramenta propostas no trabalho desempenhado em situações reais.

A primeira parte foi analisada sob dois prismas: globalmente para os resultados da heurística e individualmente para cada variável observável. Sob o primeiro ponto de vista, todos os participantes concordaram que a quantidade de critérios e o resultado da heurística são suficientes e estão “de acordo com a necessidade da demanda de tomada de decisão”. O conjunto de critérios de utilidade utilizado foi corroborado por todos os participantes, que não vislumbraram nenhuma modificação.

Contudo, para um participante, a divisão dos pontos de interesse com relação aos valores de Temporalidade “1 – Muito Necessária” e “2 – Necessária” não pareceu ter uma justificativa muito clara, precisando ser mais bem definida. O mesmo foi relatado por esse participante para a aplicação dos recursos visuais sobre as informações dos balões de borda azul.

Para os comandantes, os padrões de visualização os auxiliaram a construir uma “visualização bem clara da situação”, permitindo saber de antemão, principalmente, os pontos onde era necessário aprofundar a coleta de dados, devido a pouca confiabilidade e completude das informações. No nível das entidades, as transformações visuais aplicadas sobre os ícones foram detectadas e compreendidas facilmente. Da mesma maneira, a ordenação e as transformações aplicadas sobre as informações dos balões de borda azul foram assimiladas com naturalidade.

A análise individual de cada variável observada permitiu uma melhor elucidação das não-conformidades entre a teoria desenvolvida e o trabalho real. A primeira constatação indica que, apesar de considerarem a ideia de dividir as informações em painéis muito boa, os participantes acreditam que alguns ajustes precisam ser feitos visando à sua adequação à prática. Um exemplo disto é a junção dos temas “Buscar e Salvar Vítimas” e “Resgatar Corpos”. Além de serem bastante semelhantes em seu conteúdo, os comandantes afirmaram que basta haver a distinção, sugerida anteriormente, nos ícones entre vítimas com e sem vida.

O volume de informações também foi avaliado positivamente, principalmente devido à divisão em painéis. Contudo, foi destacado pelos comandantes que o uso de tal modelo é benéfico apenas para casos complexos, com duração de alguns dias e grande quantidade de equipes trabalhando. Para ocorrências mais simples, o modelo é considerado mais completo do que o necessário, podendo ser prejudicial ao trabalho. Foi lembrada também a necessidade de se possuir informações globais a respeito da ocorrência, se possível, em um painel de sumário.

Outra necessidade apontada foi a inclusão, no modelo de dados, dos horários de solicitação, chegada ao local e início de trabalho dos recursos humanos e materiais. A facilidade de se consultar a cronologia da operação foi classificada como um aspecto muito importante para a tomada de decisão. Além disso, traz o benefício da manutenção da informação das atividades desempenhadas pelas equipes e a marcação da área já trabalhada, o que é de fundamental importância para as trocas de comando e de turno dos socorristas.

Com respeito à temporalidade, o aspecto mais destacado foi o aviso imediato ao tomador de decisão quando determinada informação alcança o nível mais alto de utilidade em um determinado momento. Já a ordenação nos balões informativos foi considerada apenas boa.

O desempenho e a utilidade da heurística foram as variáveis mais bem avaliadas deste conjunto, o que corrobora a relevância do trabalho. Para um dos comandantes, “a priorização da informação [pelo cálculo de seu valor de utilidade] certamente influencia a tomada de decisão”. Segundo outro participante, esta influência é de nível considerável.

Por outro lado, a consciência da percepção gerada não foi comentada conforme se esperava, tendo sido discutido entre os participantes o nível de comando ao qual ela atende. Segundo os comandantes, a percepção fornecida pela proposta é de grande valia para o comando tático-operacional da resposta à emergência. Além disto, a observação da simulação permitiu notar que a simplificação da ocorrência, pela eliminação de detalhes, e sua realização em laboratório, onde não é possível haver uma contextualização ideal, prejudicaram bastante a avaliação deste critério.

Com relação aos padrões de visualização, o surgimento espontâneo dos balões de borda laranja foi considerado “bastante oportuno” e “necessário para o redirecionamento das decisões”. Entretanto, a diferenciação entre estes e os de borda azul não foi notada inicialmente com facilidade, tendo sido sugerido que se acrescentasse outro símbolo ou que se aumentasse suas bordas para se tornarem mais visíveis. Para os ícones, as transformações menos percebidas foram as relativas à relevância (tamanho do ícone) e volatilidade (tons de cinza). Entretanto, devido ao fato de o cenário executado ter sido baseado em um fato real, os atributos conhecidos para cada tipo de ponto de interesse eram bastante semelhantes, justificando a pequena variação de relevância entre os ícones. Além disto, a compressão temporal da simulação reduziu a ocorrência de mais exemplos de informações desatualizadas, diminuindo a percepção dos participantes sobre este critério.

A segunda parte da avaliação desse questionário mostrou haver um grande entusiasmo por parte dos comandantes pelas facilidades que podem ser obtidas com o apoio tecnológico

ao trabalho, tendo em vista os problemas relatados para o comando e controle da operação com os artefatos disponíveis atualmente. Os principais benefícios apontados são eliminação das dificuldades da realização do controle em papel, atualização mais instantânea das informações, aumento da precisão das decisões no trabalho e no tempo disponível, além da melhora dos registros para troca de comando e análises posteriores.

Para eles, a proposta apresenta coerência com a forma de trabalho e aplicabilidade real, tendo sido feitas duas ressalvas sobre a forma de captura das informações. A primeira corresponde ao registro de informações iniciais diretamente na ferramenta. Isto é importante para acelerar o processo de construção do cenário, tendo em vista que, no momento de chegada dos primeiros socorristas, muitas informações são colhidas rapidamente. O outro questionamento refere-se à facilidade da entrada de dados nos dispositivos móveis, que não foi apresentada neste experimento por não fazer parte do escopo desta dissertação. É imprescindível que esta tarefa seja realizada de forma fácil e rápida, evitando que o indivíduo perca muito tempo para conseguir transmitir uma informação, que pode ser de extrema urgência, ao comando.

A ferramenta foi considerada simples de ser manuseada, o que também pôde ser notado pela pequena quantidade de dúvidas suscitadas, e de rápido aprendizado. Com exceção da dificuldade de identificação entre vítimas já encontradas e ainda desaparecidas, as informações fornecidas foram consideradas compreensíveis. Por fim, o balanço entre a dificuldade do uso da ferramenta no posto de comando e o benefício proporcionado foi considerado bastante positivo.

Todos os resultados apresentados neste capítulo devem ser analisados sob diversos ângulos para que indícios e conclusões mais sólidos possam ser inferidos. Porém, a simples reflexão sobre tais dados não é garantia para a obtenção de interpretações fundamentadas para definirem a continuidade do trabalho. Por esta razão, é imprescindível em estudos exploratórios que esta discussão seja realizada considerando-se o contexto de realização da pesquisa, o que pode apontar, inclusive, mudanças na abordagem adotada.

Capítulo 7 - Conclusões

O sucesso de uma pesquisa científica depende não somente de se encontrar um bom problema e seguir uma rígida metodologia durante sua realização, mas também de análises críticas periódicas que vão corrigir seu direcionamento e garantir sua continuidade. Por este motivo, o presente capítulo visa a analisar os resultados do experimento e, ao mesmo tempo, realizar uma análise retrospectiva de todo o fluxo de trabalho da pesquisa, identificando seus erros e acertos, pontos fortes e fraquezas, problemas encontrados e limitações descobertas, para, finalmente, determinar os ajustes julgados necessários na metodologia e os próximos passos.

7.1 Retrospectiva

Este trabalho se iniciou com o objetivo de investigar a tomada de decisão sob pressão e em pouco tempo, que apresenta características peculiares em relação às estratégias de longo prazo. Estas últimas são baseadas em ricas fontes de dados, que são filtrados para garantir sua qualidade e manuseados de diversas formas para fornecer indicadores que orientem as escolhas dos indivíduos. Por outro lado, as decisões emergenciais se baseiam em dados nem sempre confiáveis, bastante voláteis, possivelmente incompletos e sem um filtro de relevância para os tomadores de decisão.

Tais decisões podem ser consideradas, segundo a taxonomia apresentada no capítulo 3, como não-estruturadas, não-rationais e naturalistas, o que significa que apresentam variáveis difíceis de serem controladas, grande diversidade de condições e dependem um tanto quanto da experiência dos indivíduos. Por estas razões, o processamento computacional para recomendar escolhas torna-se bastante complicado e não muito bem aceito pelos tomadores de decisão.

A partir desse entendimento, foram elaboradas as premissas e a hipótese deste trabalho, que objetivam favorecer a percepção situacional, ao invés de restringir a autonomia dos tomadores de decisão. Ambas foram baseadas nos conceitos de Engenharia Cognitiva para o projeto de artefatos tecnológicos que apoiem o trabalho do sistema conjunto homem-máquina em domínios complexos. Isto significa que, para se alcançar uma proposta concreta de sistema computacional, é preciso conhecer o trabalho como realmente é executado, considerando-se o conhecimento tácito empregado pelos profissionais e entendendo seus modelos mentais construídos acerca de suas atividades.

A gestão de emergências foi escolhida como domínio de aplicação para esta pesquisa, por se tratar de uma das áreas mais representativas do objeto de estudo. Mais precisamente, foram estudadas as decisões tático-operacionais tomadas no posto de comando durante a fase de resposta a um desastre, que apresentam notoriamente as características supracitadas.

Neste domínio, além das análises do trabalho físico, foram também estudadas as funções cognitivas envolvidas nas atividades realizadas no posto de comando. Os métodos de Análise do Trabalho Cognitivo permitiram a decomposição das decisões tomadas em situações de emergência em frações menores e mais fáceis de serem compreendidas e o entendimento de mecanismos utilizados tacitamente pelos comandantes na seleção das informações a serem utilizadas para isto.

Dado o pouco tempo para a tomada de decisão e a quantidade de informações a ser analisada pelos comandantes, tais mecanismos implícitos de busca e seleção assumem grande importância no seu entendimento sobre a situação. Esta pesquisa objetivou, então, determinar uma forma analítica para realizar tal filtro. Esta estratégia visou facilitar a transformação desse conhecimento tácito em explícito e estruturá-lo de forma a poder ser processado computacionalmente. Isto se justifica pela quantidade de dados e critérios de utilidade eliciados, que multiplicados resultam em, aproximadamente, 560 regras de avaliação.

A heurística de utilidade elaborada foi então embutida na ferramenta colaborativa WITS, desenvolvida para ser utilizada em uma mesa digital multitoque. Além dos cálculos para filtragem da informação, essa ferramenta e a escolha deste dispositivo foram planejados de forma a favorecer o trabalho coletivo síncrono e co-localizado dos integrantes do posto de comando, considerando ainda as constantes mudanças na formação deste grupo, como trocas de turno e ausências temporárias de alguns integrantes.

Por último, foi realizada uma simulação, em laboratório, das atividades de um posto de comando durante uma operação de resposta a emergência, baseada em um desastre real, para se colher indícios sobre a eficácia da proposta e contribuição do artefato elaborado para o trabalho. Apesar das limitações impostas por este tipo de experimento, devido ao grau de inovação da proposta, ainda sim foi possível identificar fragilidades no modelo, expectativas sobre suas funcionalidades e diretrizes para o aprimoramento da pesquisa.

7.2 Contribuições

A principal contribuição deste trabalho é a proposta de filtragem da informação por meio de critérios de utilidade com o intuito de se fornecer a informação correta para a pessoa certa no momento adequado. A relevância deste assunto ultrapassa os bordos do domínio da

gestão de emergências e pode ser comprovada por uma pesquisa concluída em Novembro de 2010 pela consultoria Avanade (2011) com 534 executivos de 17 países, que revelou que:

- 46% já tomaram decisões erradas por causa do volume de dados;
- 43% não estão satisfeitos com os recursos de filtragem dos dados;
- 56% confessam estar sobrecarregados com o excesso de dados e
- 62% são frequentemente atrapalhados por uma avalanche de informações inúteis

A generalização da proposta desta dissertação para outros domínios, apesar de não ter sido aprofundada e nem comprovada, é considerada factível devido à semelhança dos problemas supracitados com os estudados no domínio de gestão de emergências. Além disto, apesar de a estrutura de Comando e Controle, explicada no capítulo 2, parecer ser empregada estritamente no meio militar, esta também pode ser encontrada na administração de negócios desde o início do século XX. Nesta época, a publicação da Teoria Administrativa de Henri Fayol (FAYOL, 1916 *apud* WREN; BEDEIAN; BREEZE, 2002) propunha um modelo de administração no qual alguns de seus princípios coincidem com os da estrutura de C2 militar, tais como unidade de comando, organização hierárquica, prevalência dos interesses da organização, direção e ordem em função dos objetivos gerais e centralização do comando. Apesar do surgimento posterior de outras teorias, tais princípios ainda permanecem sendo aplicados fartamente nas organizações empresariais.

Desta forma, pode-se considerar a contribuição desta dissertação como uma estruturação da etapa inicial da resolução de problemas e, conseqüentemente, seu aprimoramento por meio do processamento computacional possibilitado com isto. Isto significa que a tomada de decisão naturalista, dependente em grande parte da experiência do indivíduo, pode ser auxiliada com artefatos tecnológicos que facilitam a construção e manutenção da percepção situacional, podendo tornar-se mais acertada e rápida e diminuindo o hiato entre profissionais com grande e pouca experiência.

A partir do aprofundamento no domínio aplicado foram eliciados os critérios de utilidade para se avaliar as informações disponíveis para a tomada de decisão. Da mesma forma, foram definidas as regras de pontuação das informações contextuais atuais de situações de emergência urbana segundo estes critérios.

Paralelamente, as descrições do trabalho físico e, principalmente, cognitivo realizado pelos comandantes podem ser consideradas como um sólido alicerce para a continuidade da pesquisa na área de gestão de emergências. Particularmente, a modelagem das decisões

tomadas no posto de comando e dos dados que as sustentam constituem um importante legado para o desenvolvimento futuro de sistemas de apoio a decisão.

A ferramenta WITS desenvolvida nesta dissertação não visa a assumir completamente tal responsabilidade, tendo em vista que foca apenas as atividades estudadas dos tomadores de decisão. Contudo, sua contribuição alcança o aspecto menos apoiado encontrado na literatura, que se refere ao tratamento da informação contextual atual para a formação da percepção situacional do comando. Por este motivo, seu projeto foi concebido considerando-se a necessidade de posterior incorporação de outras soluções já bastante estudadas e experimentadas sobre as questões complementares à trabalhada.

Todas estas contribuições foram avaliadas por comandantes experientes do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Estes consideraram os modelos de decisão e da heurística de utilidade bastante relevantes e apropriados para o trabalho real. Além disto, demonstraram grande entusiasmo com a possibilidade de poderem contar com uma ferramenta para apoiar uma reconhecida carência enfrentada pelo comando. Os principais ganhos citados são o direcionamento oportuno da atenção para as informações mais relevantes, a aceleração da atualização da informação e as possibilidades de sua persistência e compartilhamento.

Apesar de serem indícios qualitativos, estes sugerem o valor das contribuições deste trabalho e são capazes de apontar correções a serem realizadas nos produtos da pesquisa e alterações na metodologia a ser seguida.

7.3 Problemas Encontrados e Limitações

A reduzida disponibilidade de tempo de profissionais de nível gerencial é o fator de maior risco para este tipo de pesquisa. Quando se tratam de comandantes de organizações de defesa civil, esta dificuldade aumenta ainda mais. Por esta razão, o trabalho de coleta de conhecimento pode se tornar demorado e até ser descontinuado. Para contornar este problema, o plano de realização das sessões foi elaborado de forma a iniciar o mesmo processo com vários comandantes ao mesmo tempo, evitando grandes períodos de intervalo entre cada uma.

Ao longo da pesquisa, este *pipeline* foi sendo aprimorado de forma que o resultado de uma sessão realizada com um comandante pudesse ser aproveitado na seguinte com outro participante. Isto acelerou bastante a conclusão desta fase, evitando a repetição dos mesmos passos com cada um dos participantes e sem provocar perdas substanciais, devido às validações do trabalho retroativo executadas em todas as ocasiões.

Entretanto, algumas correções sugeridas durante o experimento demonstram que certos pontos passaram despercebidos nestas revisões, ficando ausentes, deixando de evoluir ou transformando-se em falhas do modelo. Isto pode ser atribuído a baixa eficácia desta metodologia para cruzar os distintos pontos de vista dos participantes e estimular sua recuperação de conhecimento tácito. Desta forma, a abordagem de pesquisa para este tema e domínio pode ser ainda aperfeiçoada, sendo inclusive candidata a objeto de estudo.

Uma limitação do modelo de dados, oriunda também desta baixa disponibilidade dos participantes, é sua concentração em algumas atividades do posto de comando, deixando fora deste conjunto outras tão importantes quanto, como, por exemplo, a ligação com outras organizações, comunicação com autoridades e imprensa e logística de itens para o apoio a própria operação, como alimentação das guarnições. Contudo, para ilustrar a proposta e permitir sua compreensão e avaliação, o modelo apresentado foi considerado suficiente pelos comandantes.

A função que calcula a utilidade da informação também foi objeto de questionamentos dos participantes. Sua elaboração é considerada bastante complexa e laboriosa, pois, ao mesmo tempo em que deve retratar o mais fielmente possível a realidade, precisa ser de fácil acompanhamento pelos usuários finais durante seu uso, que ocorre sob pressão e com pouco tempo para raciocinar. Por esta razão, optou-se por manter, inicialmente, a equidade dos critérios, com exceção da Temporalidade, que se situa no cerne do objetivo desta pesquisa, na formação desta função.

Acredita-se que um aprofundamento maior neste assunto possa trazer ganhos para a função de utilidade, tornando-a mais precisa sem, contudo dificultar muito sua compreensão. Isto pode ser conseguido pela familiarização dos participantes com este tipo de modelo para, então, iniciar uma fase de priorização dos critérios eliciados.

Um ponto fraco da ferramenta, percebido durante a realização do experimento, foi a pouca praticidade para se responder perguntas que exigiam a verificação do relacionamento entre os pontos de interesse, como, por exemplo, “quantas vítimas há em cada edificação?” ou “onde estão trabalhando as equipes?”. Para isto, é preciso que o usuário, primeiro, realize um toque breve em uma determinada edificação para tomar ciência de seus dados. Em seguida, é necessário realizar um toque prolongado para se descobrir quais pontos de interesse possuem ligação com a referida edificação. Só então, a informação de um a um pode ser buscada.

Este problema não deve ser meramente tratado como uma questão de interface humano-computador, pois a velocidade de acesso às informações e sua síntese são de extrema importância para a tomada de decisão emergencial.

Assim, deve ser possível ao usuário, ao buscar informações sobre um ponto de interesse, obter também um sumário das informações daqueles aos quais está relacionado, ampliando seu entendimento sobre toda a parte do local observada. Engelbrecht *et al.* (2010), em um trabalho com bombeiros do Chile, eliciam as principais informações para compor este sumário e propõem uma alternativa rápida de visualização. Contudo, tal problema ainda se encontra pouco estudado neste domínio e admite diversas novas propostas de abordagem.

Por último, a própria realização do experimento deve ser avaliada com o intuito de se aprimorá-la em suas repetições futuras e, conseqüentemente, aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos. Devido a pouca disponibilidade de tempo dos participantes, acredita-se que o tempo de duração do experimento deva ser reduzido, tendo em vista que a resposta aos questionários, realizada ao final, pode ter sido um pouco prejudicada por este motivo.

Porém, esta diminuição não pode ser realizada sobre a execução da simulação. A análise da gravação mostrou que a tarefa mais longa foi o treinamento para uso da tecnologia. Entretanto, isto não ocorreu por dificuldade no aprendizado ou complexidade excessiva para se manuseá-la, mas sim pela curiosidade a respeito de novas funcionalidades que possam ser acrescentadas. Possivelmente, uma melhor orientação a respeito dos objetivos iniciais da reunião pode ser útil na redução de sua duração, mantendo reservado um período de tempo, ao final, para este tipo de sugestões.

Outro fator de atraso da sessão foi a demora para responder o primeiro questionário. Contudo, este problema se encontra associado com a já comentada lentidão para o acesso às informações de pontos de interesse relacionados. Uma simplificação deste questionário combinada com uma solução para a visualização das informações pode resultar em ganhos substanciais de tempo.

Os problemas e limitações encontrados em uma pesquisa não representam, de forma alguma, seu insucesso. Ao contrário, são considerados também resultados válidos e funcionam como estímulos para se buscar o aperfeiçoamento do método e dos produtos gerados. Por isto, a partir das críticas deste trabalho comentadas, alguns dos próximos passos para sua continuação já podem ser enumerados.

7.4 Trabalhos Futuros

Um dos aspectos que apresentam grande potencial de evolução nesta pesquisa é o detalhamento da função que calcula o valor de utilidade das informações. A análise da simulação permitiu notar uma singela distinção de pesos entre alguns critérios. A confiabilidade parece ser menos importante do que outras características, uma vez que a

informação é sempre consultada, mesmo quando apresenta o pior valor para este indicador. Considerando este comportamento, a decisão de exibir a informação, mesmo não sendo confiável, parece ser acertada na heurística. Contudo, sua pontuação total de utilidade pode ser superior com a alteração desta função sem prejuízos para a formação da percepção situacional. Para isto, seu estudo deve ser aprofundado com a participação dos comandantes.

Outro avanço importante para apoiar a percepção situacional é a capacidade de se sintetizar a informação, exibindo-a em mais alto nível. Esta característica auxilia também o trabalho dos oficiais de ligação e relações públicas. Além disto, a visualização de um sumário da ocorrência acelera a construção de um conhecimento base comum no grupo e a incorporação de novos integrantes. Todavia, é preciso analisar a influência dos critérios de utilidade nesta agregação, considerando as políticas de divulgação de informação para a imprensa e autoridades.

Para aumentar a aderência da ferramenta proposta ao trabalho real, diversas melhorias são vislumbradas. De acordo com os depoimentos dos participantes do experimento, a cronologia dos fatos é um aspecto crucial para a tomada de decisão em emergências. Por isto, deve ser possível extrair-se com facilidade do sistema informações como a data e hora da chegada de recursos materiais ou humanos ao local da emergência, do início de cada uma de suas atividades e do momento de substituí-los. Além disto, a imagem do local, construída na ferramenta, deve ser preservada a cada dia, permitindo a comparação e percepção da evolução alcançada.

Para ampliar a percepção situacional, os comandantes costumam utilizar imagens de satélite do Google Maps (GOOGLE, 2011) para conhecer o local antes da ocorrência do evento adverso. Esta funcionalidade foi bastante citada pelos participantes do experimento como um importante avanço para a ferramenta. Outras observações efetuadas sugerem a possibilidade de envio de fotos e transmissão de vídeos em tempo real do trabalho das equipes de operação. Estas funcionalidades podem ser facilmente agregadas à WITS tendo em vista que, no cenário de uso concebido, os líderes das equipes portam *smartphones* que, em sua maioria, são dotados de câmeras digitais.

Por último, para que a ferramenta proposta possa se tornar um sistema de apoio a decisão completo, é preciso incluir a facilidade de comunicação entre o Posto e o Centro de Comando. Esta deve ser uma via de mão dupla, na qual o comando local informa a situação e requisita apoio e o comando geral transmite ordens e conhecimentos específicos.

Uma infraestrutura de comunicação mais robusta deve ser elaborada para apoiar estes processos e tornar mais confiável o uso da tecnologia. Este último requisito é de suma

importância para o trabalho sob pressão e envolvendo vidas humanas e também motivo para o abandono de algumas abordagens.

Os futuros passos desta pesquisa não se limitam às sugestões até aqui comentadas. Estas podem ser consideradas apenas como as mais imediatas para o aperfeiçoamento do método e da ferramenta. Os problemas discutidos na seção anterior apontam mais algumas melhorias também a serem perseguidas na própria metodologia de trabalho e que podem, inclusive, ser estudadas a parte, pois constituem um problema comum a outros âmbitos.

As características do problema estudado e do domínio de aplicação demonstram que são duas áreas ainda repletas de oportunidades para a pesquisa científica, principalmente para a área de tecnologia.

Referências

- ACKOFF, R. Management misinformation systems. **Management Science**, Providence, v.14, n.4, p. 147–156, Dec. 1967.
- ADAIR, J. **Decision making and problem solving strategies**. 2. ed. Londres: Kogan Page, 2010.
- ALDUNATE, R. et al. Robust mobile ad-hoc space for collaboration to support disaster relief efforts involving critical physical infrastructure. **ASCE Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, v.20, n.1, p. 13–27, 2006.
- ALMEIDA, A. D. ; GOMES, C. ; GOMES, L. **Tomada de decisão gerencial – enfoque multicritério**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- ALVESSON, M. ; KÄRREMAN, D. Odd couple: Making sense of the curious concept of knowledge management. **Journal of Management Studies**, Oxford, v.38, n.7, p. 995–1018, 2001.
- ANDRIENKO, N. V. ; ANDRIENKO, G. L. Intelligent visualisation and information presentation for civil crisis management. **Transactions in GIS**, Cambridge, v.11, n.6, p. 889–909, 2007.
- AVANADE. **Global survey: the business impact of big data**. Disponível em: <http://www.avanade.com/Documents/Research%20and%20Insights/Big%20Data%20Executive%20Summary%20FINAL%20SEOv.pdf>. Acesso em: jul. 2011.
- BABER, C. et al. Supporting implicit coordination between distributed teams in disaster management. In: LÖFFLER, J. ; KLANN, M. (Ed.). **Mobile Response**. Berlin: Springer, 2007. P. 39-50. (Lecture Notes in Computer Science, v.4458). ISBN 978-3-540-75667-5.
- BADER, T. ; MEISSNER, A. ; TSCHERNEY, R. Digital map table with fovea-tablett®: Smart furniture for emergency operation centers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 5., 2008, Washington, DC. **Proceedings ...** Washington, D.C.: ISCRAM Community, 2008. p. 679-688.
- BAKER, D. et al. **Guidebook to decision-making methods**. Department of Energy, EUA 2001. Disponível em: http://emi-web.inel.gov/Nissmg/Guidebook_2002.pdf. Acesso em: jul. 2011.
- BELLINGER, G. **Knowledge management: bah humbug!** Apresentação no Documation '97, San Jose, CA, 27 de Fevereiro de 1997), Internet Whitepaper, 1997. Disponível em: <http://www.systems-thinking.org/kmbh/kmbh.htm>. Acesso em: jul. 2011.
- BELLO, P.G. et al. Improving communication for mobile devices in disaster response. In: LÖFFLER, J. ; KLANN, M. (Ed.). **Mobile response**. Berlin: Springer, 2007. p. 126-134. (Lecture Notes in Computer Science, v.4458). ISBN 978-3-540-75667-5.

BERG-CROSS, G. Improving situational ontologies to support adaptive crisis management knowledge architecture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 5., 2008, Washington, DC. **Proceedings ...** Washington DC: ISCRAM Community, 2008. p. 537-545.

BERGSTRAND, F. ; LANDGREN, J. Information sharing using live video in emergency response work. INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 6., 2009, Gothenburg, Sweden. **Proceedings ...** Gothenburg, Sweden: ISCRAM Community, 2009.

BHAROSA, N. ; APPELMAN, J. ; DE BRUIN, P. Integrating technology in crisis response using an information manager: first lessons learned from field exercises in the port of Rotterdam. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 4., 2007, Delft, NL. **Proceedings ...** Delft, NL: ISCRAM Community, 2007. p. 63-70.

BONFIGLIO, A. et al. Managing catastrophic events by wearable mobile systems. In: LÖFFLER, J. ; KLANN, M. (Ed.). **Mobile response**. Berlin: Springer, 2007. P. 95-105. (Lecture Notes in Computer Science, v. 4458). ISBN 978-3-540-75667-5.

BRANS, J. ; VINCKE, P. ; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The promethee method. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 228–238, Feb. 1986.

CANÓS, J. et al. Using spatial hypertext to visualize composite knowledge in emergency responses. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 7., 2010, Seattle. **Proceedings ...** Seattle: ISCRAM Community, 2010. p. 1-10.

CAREEM, M. ; BITNER, D. ; DE SILVA, R. GIS integration in the sahana disaster management system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 4., 2007, Delft, NL. **Proceedings ...** Delft, NL: ISCRAM Community, 2007. p. 211-218.

CARMINATTI, N. A. **Recuperação coletiva do conhecimento aplicada a situações de emergência**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – PPGI, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CARROLL, J. M. et al. Prototyping collaborative geospatial emergency planning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 4., 2007, Delft, NL. **Proceedings ...** Delft, NL: ISCRAM Community, 2007. p. 105-113.

CARTER, E.; FRENCH, S. Nuclear emergency management in Europe: a review of approaches to decision making. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 2., 2005, Brussels. **Proceedings ...** Brussels: ISCRAM Community, 2005. p. 247-259.

CHANKONG, V. ; HAIMES, Y. **Multiple objective decision making - theory and methodology series**. New York: Elsevier Science Publishing, 1983.

CHEN, R. et al. Emergency response information system interoperability: development of chemical incident response data model. **Journal of the Association for Information Systems**, Atlanta, GA, v. 9, n. 3, p. 1–54, 2008.

COMMUNITY Core Vision (CCV). Disponível em: <http://ccv.nuigroup.com/>. Acesso em: jul. 2011.

COPPOLA, D. P. **Introduction to international disaster management**. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2007.

COSTA, C. B. ; VANSNICK, J. **Advances in decision analysis**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1999. Chap. 9. p. 131–157.

CRANDALL, B. ; KLEIN, G. ; HOFFMAN, R. R. **Working minds: a practitioner's guide to cognitive task analysis**. Cambridge: The MIT Press, 2006.

DAVENPORT, T. ; PRUSAK, L. **Information ecology: mastering the information and knowledge environment**. Oxford: Oxford University Press, 1997.

_____. **Working knowledge: how organizations manage what they know**. Boston: Harvard Business School Press, 1998.

DE WALLE, B. V. ; TUROFF, M. Decision support for emergency situations. **Information Systems and E-Business Management**, Amsterdam, v. 6, n. 3, p. 295–316, 2008.

DINIZ, V. **Uma Abordagem para definição de sistemas de gestão de conhecimento no tratamento de emergências**. 2006. 194 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

DINIZ, V. et al. Knowledge management support for collaborative emergency response. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN, 9., 2005, Coventry, England. **Proceedings ...** Coventry, England: IEEE, 2005. v.2. p. 1188–1193.

DINIZ, V. et al. Decision making support in emergency response. In: ADAM, F. ; HUMPHREYS, P. **Encyclopedia of decision making and decision support technologies**. New York: IGI Global, 2008. v. 1. p. 184-191.

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS - ASOCIACIÓN IBEROAMERICANA DE ORGANISMOS GUBERNAMENTALES DE DEFENSA Y PROTECCIÓN CIVIL. **Glosario de términos de la Asociación Iberoamericana de Organismos Gubernamentales de Defensa y Protección Civil**. Disponível em: http://www.proteccioncivil.org/es/Asociacion_Iberoamericana_de_Organismos_Gubernamentales_de_Defensa_y_Proteccion_Civil/glosario.html. Acesso em: ago. 2010.

DRUCKER, P. F. The coming of the new organization. **Harvard Business Review**. Boston, v. 66, n. 1, p. 45–53, Jan./Feb. 1988.

EASTON, A. **Complex managerial decisions involving multiple objectives**. New York: John Wiley, 1973.

EDWARDS, W. How to use multiattribute utility measurement for social decisionmaking. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, New York, v. 7, n. 5, p. 326–340, 1977.

ENDSLEY, M. Situation awareness global assessment technique (SAGAT). In: NATIONAL AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE (NAECON), 1988, Dayton, OH. **Proceedings ...** Dayton, OH:IEEE, 1988. v. 3, p. 789-795.

ENDSLEY, M. ; HOFFMAN, R.R. The sacagawea principle. **IEEE Intelligent Systems**, Los Alamitos, v. 17, n. 6, p. 80-85, 2002.

ENDSLEY, M. R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, New York: v. 37, n. 1, p. 32–64, 1995.

ENGELBRECHT, A. ; BORGES, M. R. S. ; VIVACQUA, A. S. Digital tabletops for situational awareness in emergency situations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN, 15., 2011, Lausanne, Suíça. **Proceedings ...** Los Alamitos: IEEE Computer Press, 2011. v.1. p. 669-676.

ENGELBRECHT, A. et al. A decision support system for medium-sized emergencies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE CHILEAN COMPUTER SCIENCE SOCIETY, 29., 2010, Antofagasta, Chile. **Proceedings ...** Antofagasta: IEEE Computer Society, 2010. p. 314-320.

ENGELMANN, H. ; FIEDRICH, F. DMT-EOC – a combined system for the decision support and training of EOC members. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 6., 2009, Göteborg, Sweden. **Proceedings ...** Göteborg, Sweden: ISCRAM Community, 2009.

ERNST, V. H. ; OSTROVSKII, M. Intelligent cartographic presentations for emergency situations. In: LÖFLER, J. ; KLANN, M. (Ed.). **Mobile response**. Berlin: Springer, 2007. P. 77-84. (Lecture Notes in Computer Science, v. 4458).

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. **Decision making and problem solving** - independent study. 2005. Disponível em: <http://training.fema.gov/EMIWeb/IS/is241a.asp>. Acesso em: ago. 2011.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. **Glossary/Acronyms**. Disponível em: <http://www.fema.gov/emergency/nrf/glossary.htm>. Acesso em: ago. 2010.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. **IS-1 Emergency manager: an Orientation to the Position**. 2007. Disponível em: <http://training.fema.gov/EMIWeb/IS/is1.asp>. Acesso em: ago. 2011.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. **National incident management system**. 2008. Disponível em: <http://www.fema.gov/emergency/nims/>. Acesso em: ago. 2011.

FIGUEIRA, J. ; GRECO, S. ; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. Boston: Springer, 2005.

FITRIANIE, S. ; ROTHKRANTZ, L. Computed ontology-based situation awareness of multi-user observations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 6., 2009, Göteborg, Sweden. **Proceedings ...** Göteborg, Sweden: ISCRAM Community, 2009.

FRAUNHOFER Institute for Industrial Engineering. Multitouch for Java (MT4j). Disponível em: <http://www.swm.iao.fraunhofer.de/> . Acesso em: ago. 2011.

FRÖHLICH, P. ; SIMON, R. ; KAUFMANN, C. Adding space to location in mobile emergency response technologies. In: LÖFFLER, J. ; KLANN, M. (Ed.). **Mobile response**. Berlin: Springer, 2007. p. 71-76. (Lecture Notes in Computer Science, v.4458). ISBN 978-3-540-75667-5.

FÜLÖP, J. **Introduction to decision making methods**. Budapest: Laboratory of Operations Research and Decision Systems, Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of Sciences, 2005.(Working paper 05-6).

GOOGLE. **Google maps**. Disponível em: <http://maps.google.com.br/>. Acesso em: ago. 08-2011.

COMCARE ALLIANCE - ACN DATA SET WORKING GROUP. **Vehicular emergency data set (VEDS)**. Recommendation. March. 2004, version 2.0.

GUPTA, S. ; KNOBLOCK, C. Building geospatial mashups to visualize information for crisis management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 7., 2010, Seattle. **Proceedings ...** Seattle: ISCRAM Community, 2010. p. 1-10.

HANSSON, S. **Decision theory: a brief introduction**. Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH). 1994. Disponível em: www.infra.kth.se/~soh/decisiontheory.pdf. Acesso em: ago. 2011.

HARRISON, E. **The managerial decision-making process**. Boston: Houghton Mifflin, 1975.

HERNÁNDEZ, M. et al. A data transfer protocol for forest fire statistics: achieving interoperability among independent agencies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 7., 2010, Seattle. **Proceedings ...** Seattle: ISCRAM Community, 2010. p. 1-5.

HOARE, G. et al. Information needs and decision support in health and medical disasters. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 2., 2005, Brussels. **Proceedings ...** Brussels: ISCRAM Community, 2005. p. 778-786.

HOLLNAGEL, E. ; WOODS, D. D. **Joint cognitive systems: an introduction to cognitive systems engineering.** New York: Taylor & Francis, 2005.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: synthesis report.** Disponível em: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf. Acesso em: ago. 2010.

JANIS, I. **Groupthink.** Boston: Houghton Mifflin, 1982.

JIANG, X. et al. Siren: Context-aware computing for firefighting. In: FERSCHA, A. ; MATTERN, F. (Eds). **Pervasive computing.** Berlin: Springer: 2004. p. 87-105. (Lecture Notes in Computer Science, v. 3001). PERVASIVE 2004.

JOHANSSON, B. ; TRNKA, J. ; GRANLUND, R. The effect of geographical information systems on a collaborative command and control task. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 4., 2007, Delft, NL. **Proceedings ...** Delft, NL: ISCRAM Community, 2007. p. 191-200.

KABER, D. ; ENDSLEY, M. Team situation awareness for process control safety and performance. **Process Safety Progress**, New York: v. 17, n. 1, p. 43-48, 1998.

KEENEY, R. ; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs.** New York: John Wiley, 1976.

KENNEDY, J. et al. The meaning of build back better: Evidence from post-tsunami aceh and sri lanka. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, New York: v. 16, n. 1, p. 24-36, 2008.

KLEIN, G. Recognition-primed decisions. In: ROUSE, (Ed). **Advances in man-machine systems research.** Greenwich, CT: JAI Press, 1989. v. 5. p. 47-92.

KLEIN, G. **Sources of power: how people make decisions.** Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1999.

KLEIN, G. ; CALDERWOOD, R. ; CLINTON-CIROCCO, A. Rapid decision making on the fire ground: the original study plus a postscript. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, Santa Monica, v. 4, n. 3, p. 186-209, 2010.

KLEIN, G. ; KLINGER, D. Naturalistic decision making. **Human Systems IAC Gateway**, Fort Belvoir, VA, v. 11, n. 3, p. 16-19, 1991.

KOUTSOUKIS, N. ; MITRA, G. **Decision modeling and information systems: the information value chain.** Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2003.

LÖFFLER, J. et al. Intelligent use of geospatial information for emergency operation management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 4., 2007, Delft, NL. **Proceedings ...** Delft, NL: ISCRAM Community, 2007. p. 181-190.

LLAVADOR, M. et al. Precise yet flexible specification of emergency resolution procedures. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 3., 2006, New Jersey. **Proceedings ...** New Jersey: ISCRAM Community, 2006. p. 1-15.

MARESCHAL, B. **PROMETHEE-GAIA**. Disponível em: <http://www.promethee-gaia.net/>. Acesso em: jun. 2011.

MCKINSEY. **Report - increasing FDNY's preparedness**. Disponível em: http://www.nyc.gov/html/fdny/html/mck_report/toc.html. Acesso em: ago. 2010.

MEISSNER, A. ; ECK, R. Extending the fire dispatch system into the mobile domain. In: LÖFFLER, J. ; KLANN, M. (Ed.). **Mobile response**. Berlin: Springer, 2007. P. 143-152. (Lecture Notes in Computer Science, v. 4458). ISBN 978-3-540-75667-5.

MEISSNER, A. et al. Mikobos - a mobile information and communication system for emergency response. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 3., 2006, New Jersey. **Proceedings ...** New Jersey: ISCRAM Community, 2006. p. 92-101.

MIKKELSEN, T. et al. MET-RODOS: a comprehensive atmospheric dispersion module. **Radiation Protection Dosimetry**, Oxford: v.73, p. 45-56, 1997.

MILETI, D. **Disasters by design: a reassessment of natural hazards in the United States**. Washington DC: Joseph Henry Press, 1999.

MINTZBERG, H. ; RAISINGHANI, D. ; THÉORËT, A. The structure of unstructured decision processes. **Administrative Science Quarterly**, Ithaca, v. 21, n. 2, 1976.

MONARES, A. et al. Mobile computing in urban emergency situations: improving the support to firefighters in the field. **Expert Systems with Applications**, Amsterdam, v. 38, n. 2, p. 1255-1267, 2011.

MORRIS, M. **Supporting effective interaction with tabletop groupware**. 2006. 233 f. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) — Stanford University, Stanford, CA, 2006.

MURRIA, J. A disaster by any other name. **International Journal of Mass Emergencies and Disasters**, Bryan, TX; v. 23, n. 1, p. 5-34, 2004.

NEYEM, A. ; OCHOA, S. F. ; PINO, J. A. Integrating service-oriented mobile units to support collaboration in ad-hoc scenarios. **Journal of Universal Computer Science**, v. 14, n.1, p. 88-122, 2008.

NEYEM, A. ; OCHOA, S. F. ; PINO, J. A. A strategy to share documents in manets using mobile devices. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN ADVANCED COMMUNICATION TECHNOLOGY, 8., 2006, Phoenix Park, Coréia **Proceedings ...** Phoenix Park, Coréia: IEEE, 2006. v.. 2. p. 1400–1404.

NONAKA, I. Dynamic theory of organizational knowledge creation. **Organization Science**, Providence, v. 5, n. 1, p. 14–37, 1994.

NONAKA, I. ; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram dinâmica da inovação.** Rio de Janeiro: Campus, 1997.

OCHOA, S. F. et al. Supporting group decision making and coordination in urban disasters relief efforts. **Journal of Decision Systems**, Washington, DC, v. 16, n. 2, p. 143–172, 2007.

ONU. Department of Humanitarian Affairs (DHA-ONU). **Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management.** 1992. Disponível em: <http://reliefweb.int/node/21195>. Acesso em: ago. 2011.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Beyond aid recovery in Haiti: how to build back better.** 2010. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/15/26/44643057.pdf>. Acesso em: ago. 2011.

OPEN Scene Graph. Disponível em: <http://www.openscenegraph.org/projects/osg>. Acesso em: jul. 2011.

PADILHA, R. P. **Apoio à colaboração entre equipes de comando e de operações na resposta a emergências: uma proposta utilizando computação móvel.** 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – PPGI, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PAPAMICHAIL, K. N. ; FRENCH, S. Design and evaluation of an intelligent decision support system for nuclear emergencies. **Decision Support Systems**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 84–111, 2005.

PARMIGIANI, G. ; INOUE, L. ; LOPES, H. **Decision theory - principles and approaches.** New York: John Wiley & Sons, 2009.

PAWLAK, Z. Rough sets. **International Journal of Computer and Information Sciences.** New York, v. 11, n. 5, p. 341–356, 1982.

PINELLE, D. et al. An evaluation of coordination techniques for protecting objects and territories in tabletop groupware. INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 27., 2009, Boston. **Proceedings ...** .New York: ACM, 2009. p. 2129-2138

PROCESSING. Disponível em: <http://processing.org/>. Acesso em: jul. 2011.

QUARANTELLI, E. L. What is disaster? The need for clarification in definition and conceptualization in research. In SOWDER, B. J. ; LYSTAD, M. (Eds.), **Disaster and mental health: contemporary perspectives and innovations in services to disaster victims**. Rockville, MD: National Institute of Mental Health. Disasters and Mental Health: Selected Contemporary Perspectives, 1986. p. 49-81. Também: DHHS Publication No. ADM 85-1421, p. 41-73.

RASKOB, W. ; GERING, F. ; BERTSCH, V. Approaches to visualization of uncertainties to decision makers in an operational decision support system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 6., 2009, Göteborg, Sweden. **Proceedings ...** Göteborg, Sweden: ISCRAM Community, 2009.

RIO DE JANEIRO (RJ). Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). **Museu Histórico do CBMERJ**. Disponível em: <http://www.museu.cbmerj.rj.gov.br/>. Acesso em: ago. 2010.

ROY, B. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. Boston: Springer, 2005. cap. 1, p. 3–18.

RYALL, K. et al. Exploring the effects of group size and table size on interactions with tabletop shared-display groupware. ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 2004, Chicago, **Proceedings ...** New York: ACM Press, 2004. p. 284–293.

SAATY, T. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw Hill, 1980.

SALAS, E. et al. Situation awareness in team performance: Implications for measurement and training. **Human Factors**, New York, v. 37, n. 1, p. 123–136, 1995.

SALMON, P. et al. Representing situation awareness in collaborative systems: a case study in the energy distribution domain. **Ergonomics**, London, v. 51, n. 3, p. 367–384, 2008.

SALVATORE, G. ; BENEDETTO, M. ; ROMAN, S. Rough approximation by dominance relations. **International Journal of Intelligent Systems**, Chichester, v. 17, n. 2, p. 153–171, 2002.

SAMUELSON, D. A. et al. Agent-based simulations of mass egress after improvised explosive device attacks. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 5., 2008, Washington, DC, **Proceedings ...** Washington DC: ISCRAM Community, 2008. p. 59-70.

SAPATEIRO, C. ; ANTUNES, P. An emergency response model toward situational awareness improvement. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 6., 2009, Göteborg, Sweden. **Proceedings ...** Göteborg, Sweden: ISCRAM Community, 2009.

SCOTT, S.D. ; GRANT, K.D. ; MANDRYK, R.L. System guidelines for co-located, collaborative work on a tabletop display. EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 8., 2003, Helsinki, Finlândia. **Proceedings ...** Helsinki, Finlândia: Springer, 2003. p. 159–178.

SCOTT, S. D. et al. Territoriality in collaborative tabletop workspaces. ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 2004, Chicago, **Proceedings ...** New York: ACM Press, 2004. p. 294- 303.

SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. (Brasil). **Glossário da defesa civil**. Disponível em: <http://www.defesacivil.gov.br/glossario/index1.asp>. Acesso em: ago. 2010.

SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. (Brasil). **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília, 1999. v. 1.

SEGEV, A. Adaptive ontology use for crisis knowledge representation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 5., 2008, Washington, DC. **Proceedings ...** Washington, DC: ISCRAM Community, 2008. p. 285- 293.

SIMON, H. Theories of decision-making in economics and behavioral science. **The American Economic Review**, Nashville, v. 49, n. 3, p. 253–283, 1959.

SIMON, H. Making management decisions: the role of intuition and emotion. **The Academy of Management Executive**, Ada, Ohio, v. 1, n. 1, p. 57–64, 1987.

SMITH, K. ; HANCOCK, P. Situation awareness is adaptive, externally directed consciousness. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, New York, v. 31, n. 1, p. 137–148, 1995.

STANTON, N. ; CHAMBERS, P. ; PIGGOTT, J. Situational awareness and safety. **Safety Science**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 189–204, 2001.

STANTON, N. et al. **Human factors methods: a practical guide for engineering and design**. Hampshire: Ashgate Publishing, 2005.

STANTON, N. et al. Distributed situation awareness in dynamic systems: theoretical development and application of an ergonomics methodology. **Ergonomics**, London, v. 49, n. 12-13, p. 1288–1311, 2006.

SVEIBY, K. E. **The new organizational wealth: managing & measuring knowledge-based assets**. San Francisco: Berret-Koehler Publishers, 1997.

TUIO.ORG. **Tangible User Interface Objects (TUIO)**. Disponível em: <http://www.tuio.org/>. Acesso em: jul. 2011.

TATOMIR, B. ; ROTHKRANTZ, L. Crisis management using mobile ad-hoc wireless networks. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS FOR CRISIS RESPONSE AND MANAGEMENT, 2, 2005, Brussels. **Proceedings ...** Brussels: ISCRAM Community, 2005. p. 147-149.

TCHEMRA, A. Application of adaptive technology in decision making systems. **Latin America Transactions IEEE**, Piscataway, v. 5, n. 7, p. 552–556, 2007.

TODD, P. ; GIGERENZER, G. Putting naturalistic decision making into the adaptive toolbox. **Journal of Behavioral Decision Making**, Chichester, v. 14, n. 5, p. 353–384, 2001.

TURNER, B. A. **The role of flexibility and improvisation in emergency response**. London: E.& F. Spon, 1995. p. 463-475.

TURNER, M. ; PRATKANIS, A. Twenty-five years of groupthink theory and research: Lessons from the evaluation of a theory. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, San Diego, v. 73, n. 2/3, p. 105–115, 1998.

UNICEF. **Building back better**: a 12-month update on UNICEF’s work to rebuild children’s lives and restore hope since the tsunami. New York, 2005.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **Dictionary of military terms**. Disponível em: http://www.dtic.mil/doctrine/dod_dictionary/. Acesso em: ago. 2010.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN. **EM-DAT**: The OFDA/CRED International Disaster Database. Brussels – Belgium, 2010. Disponível em: www.emdat.be. Acesso em: ago. 2010.

VON BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

WIGDOR, D. ; BALAKRISHNAN, R. Empirical investigation into the effect of orientation on text readability in tabletop displays. EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 9., 2005, Paris. **Proceedings ...** Paris: Springer, 2005. p. 205-224.

WIIG, K. M. Knowledge management: An introduction and perspective. **Journal of Knowledge Management**, Bingley, UK, v. 1, n. 1, p. 6–14, 1997.

WREN, D. ; BEDEIAN, A. ; BREEZE, J. The foundations of Henri Fayol’s administrative theory. **Management Decision**, York, v. 40, n. 9, p. 906–918, 2002.

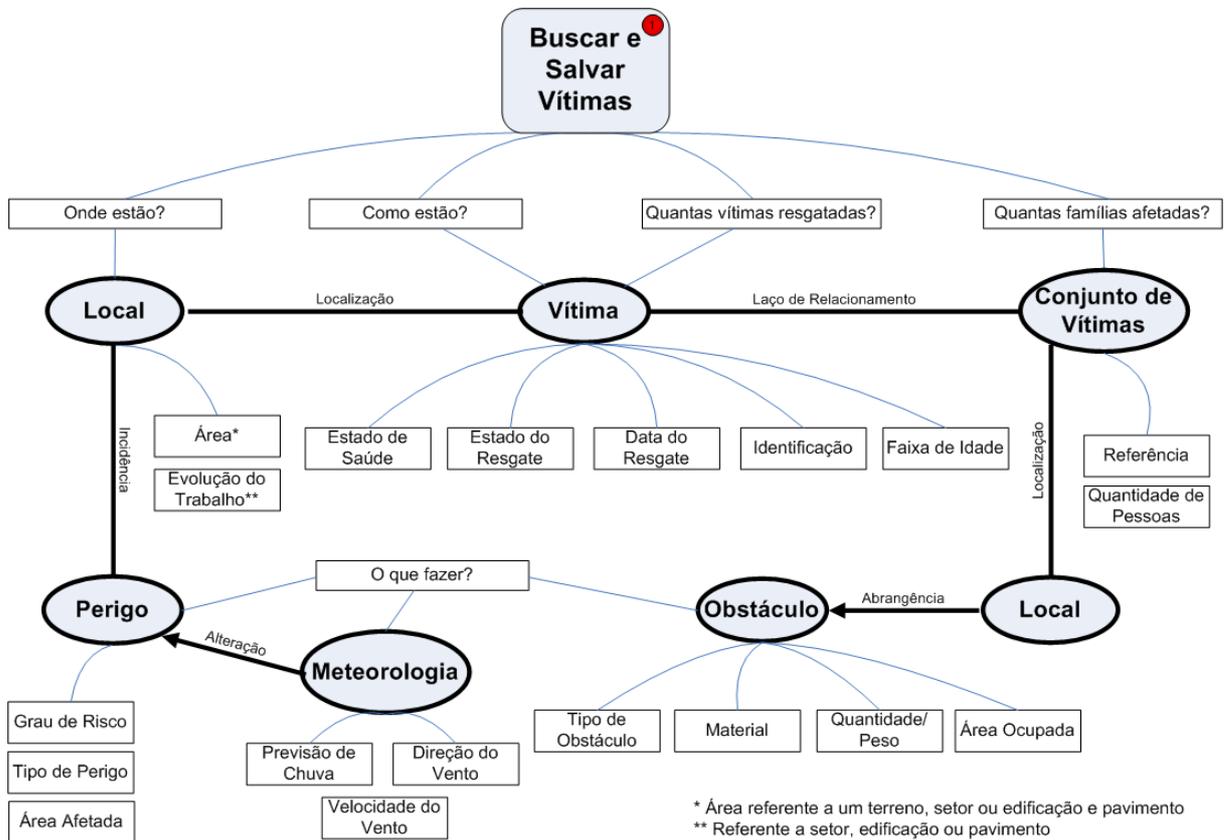
ZACHARY, W. ; RYDER, J. ; HICINBOTHOM, J. **Cognitive task analysis and modeling of decision making in complex environments**. Washington, DC: American Psychological Association, 1998.

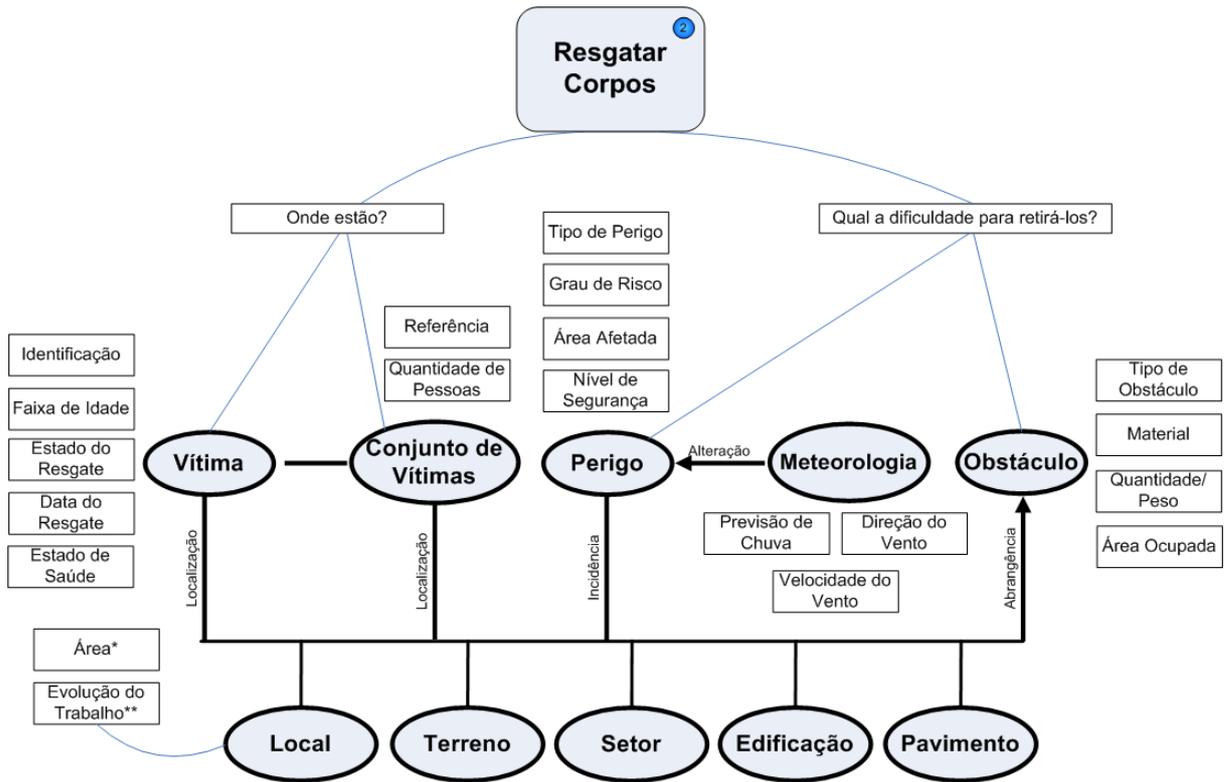
ZELENY, M. **Multiple criteria decision making**. New York: McGraw-Hill, 1982. chap. 3, p. 86–94.

ZIMIN, Z.; L. Q. An open urban emergency decision support system. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING - ISPRS CONGRESS, 2008. Beijing; . THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 2008. Beijing. **Proceedings ...** , Beijing: ISPRS, 2008. v. 37. part. B4. Commission 4. 1123-1128. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B4, p. 1123–1129.

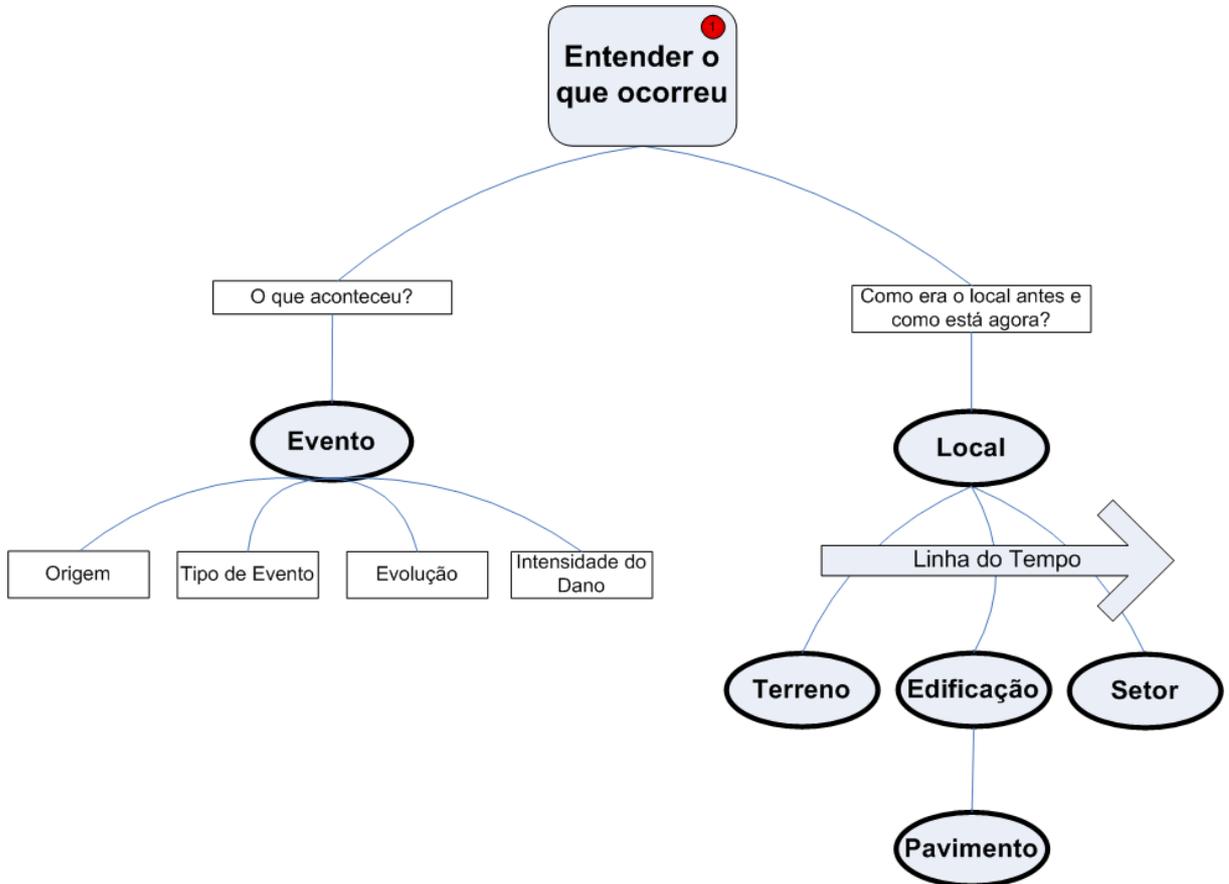
Apêndices

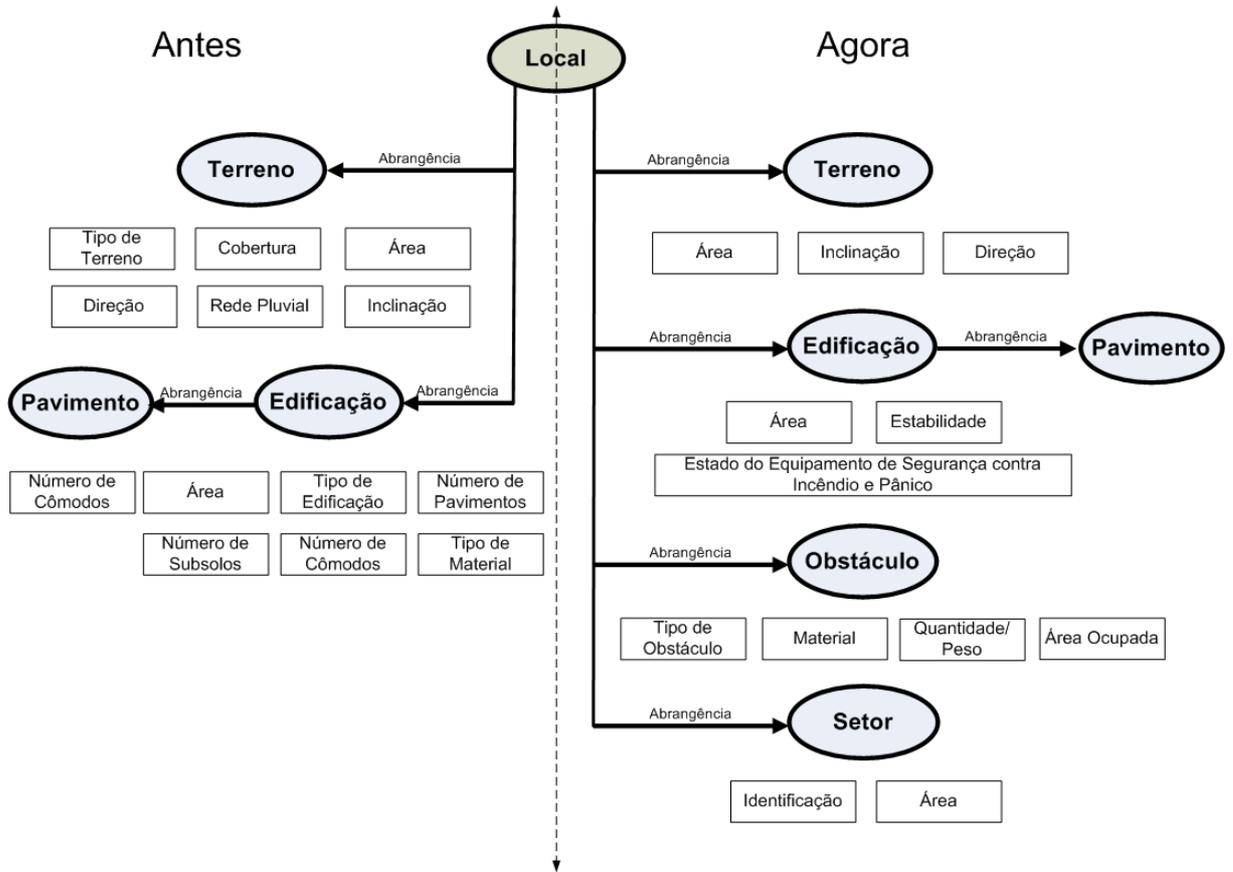
APÊNDICE A – MODELOS DE OBJETIVOS DA FASE DE RESPOSTA A EMERGÊNCIAS



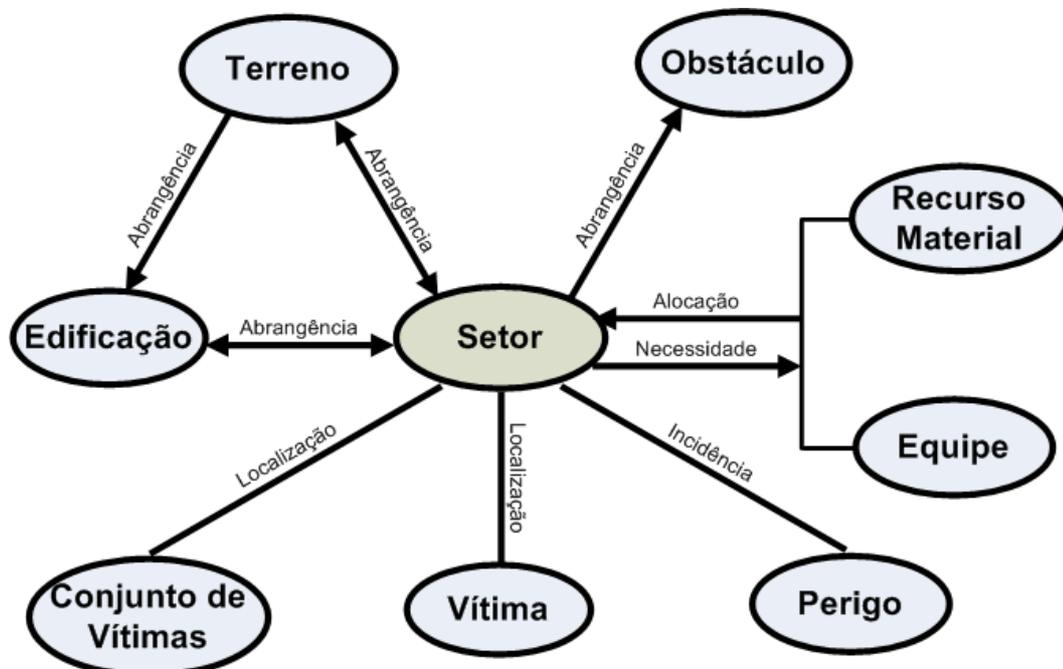
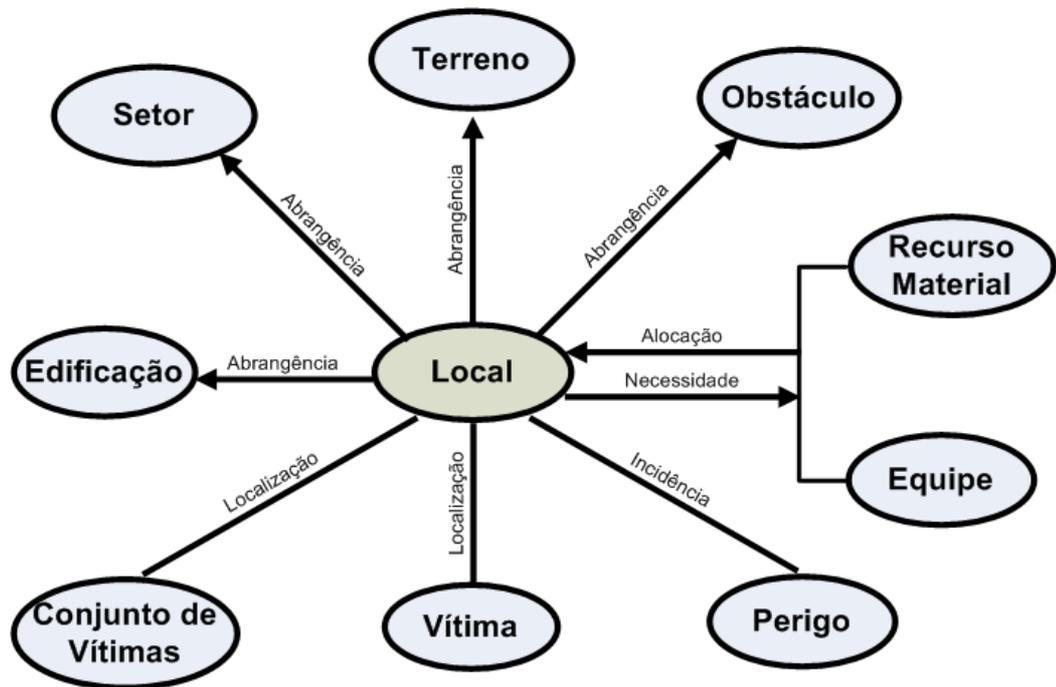


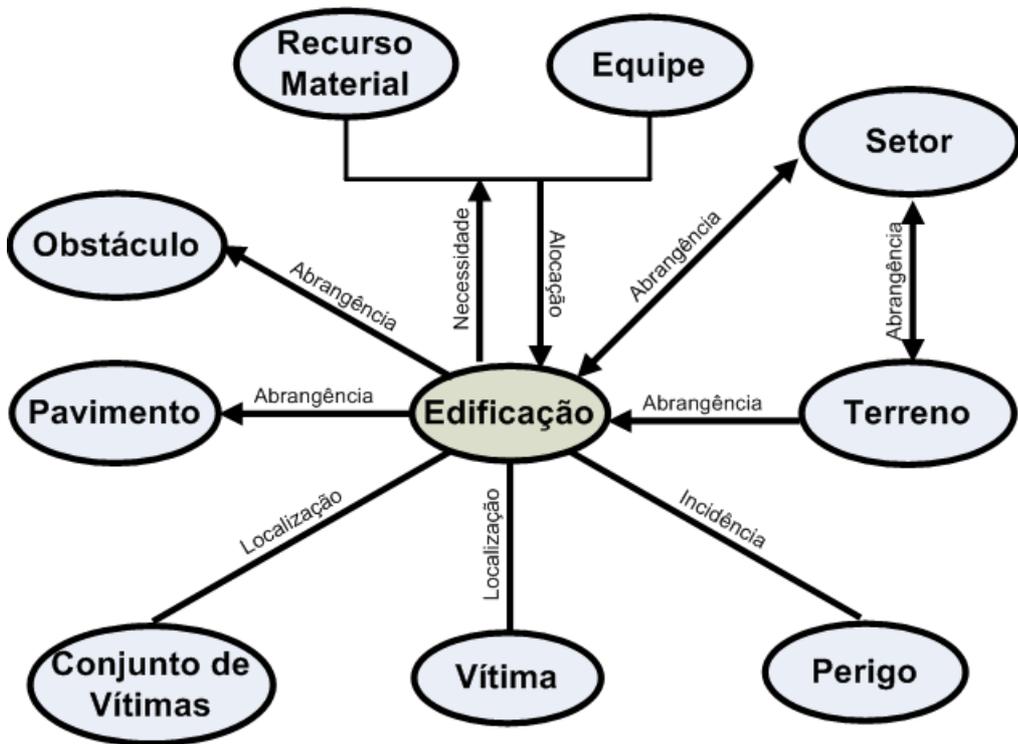
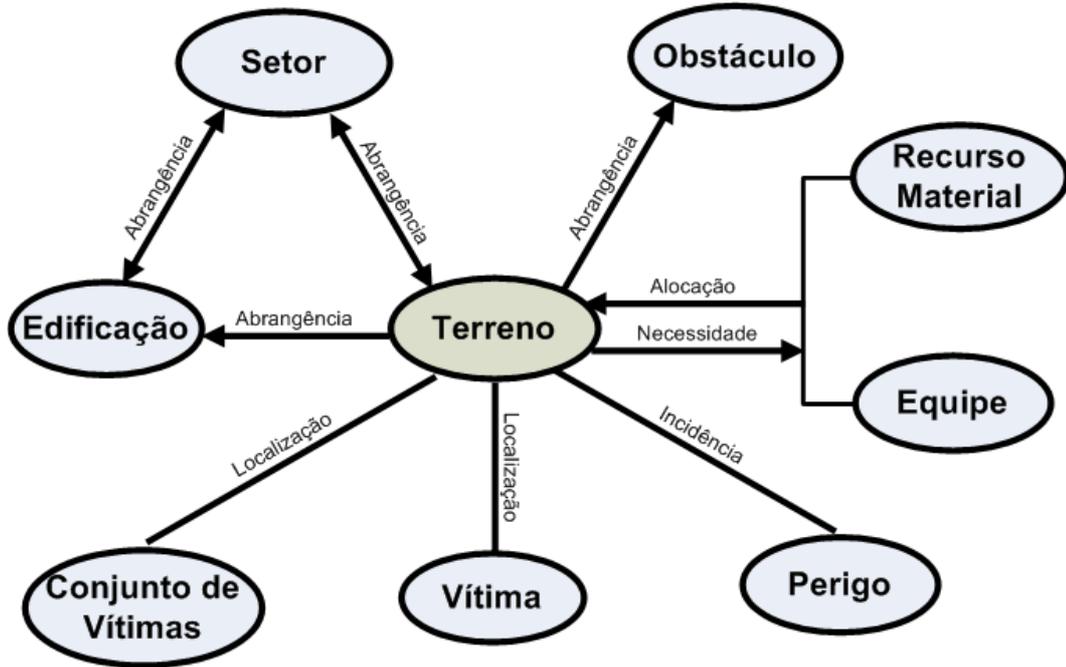
* Área referente a um terreno, setor ou edificação e pavimento
 ** Referente a setor, edificação ou pavimento

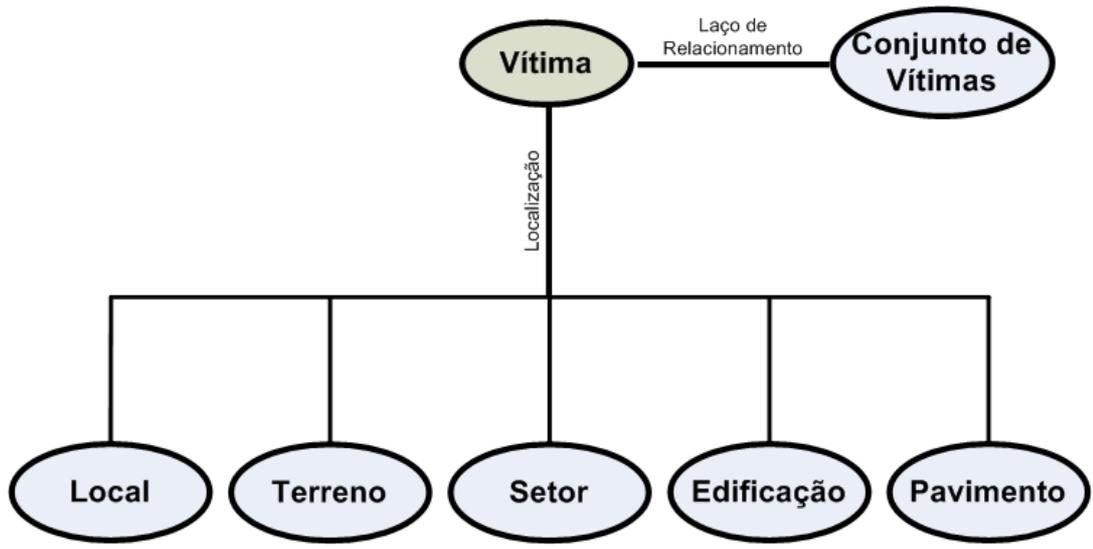
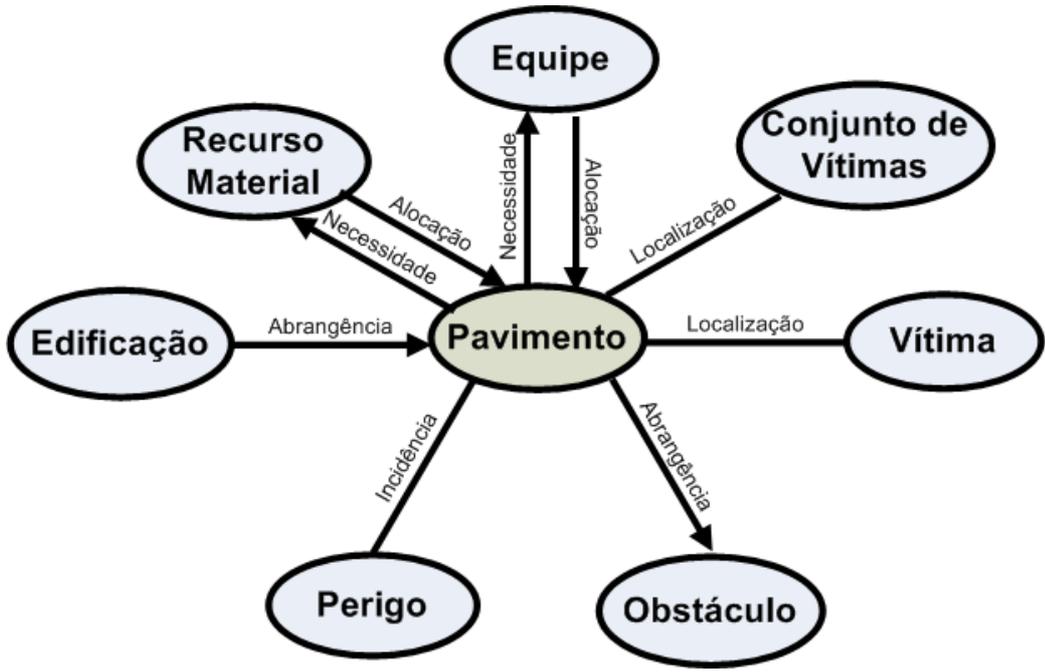


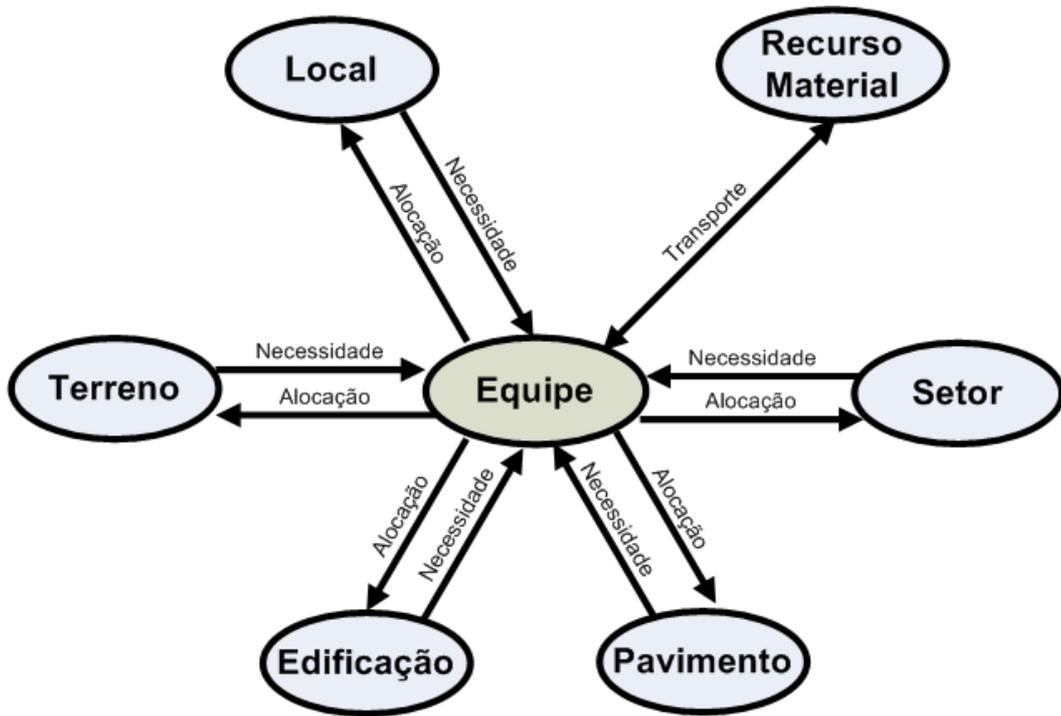
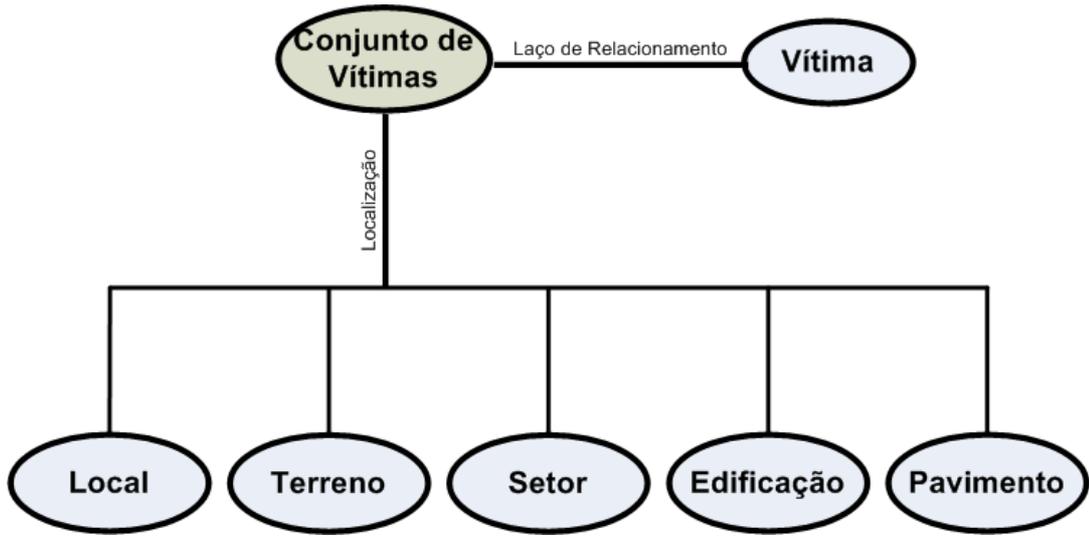


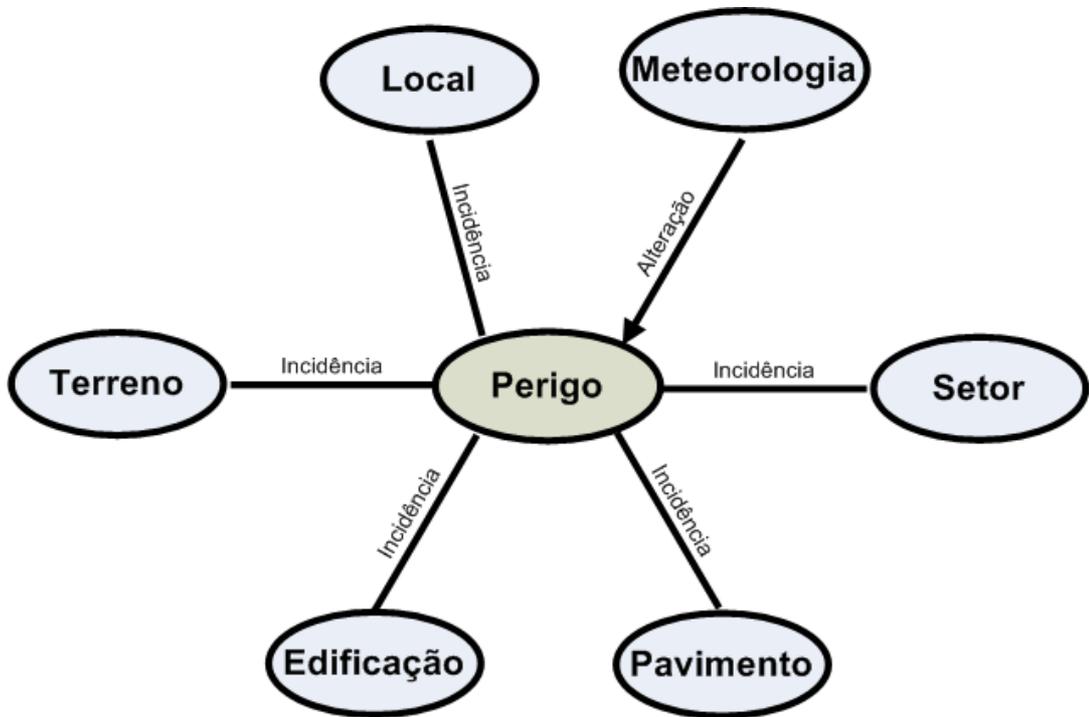
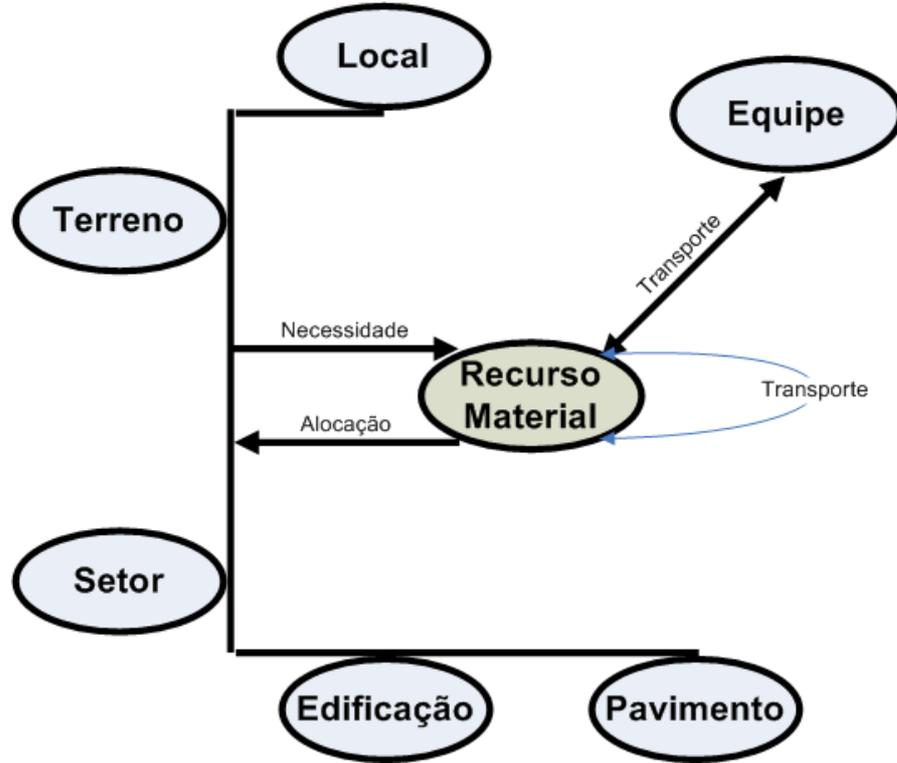
APÊNDICE B – MODELOS DE RELACIONAMENTOS ENTRE AS ENTIDADES

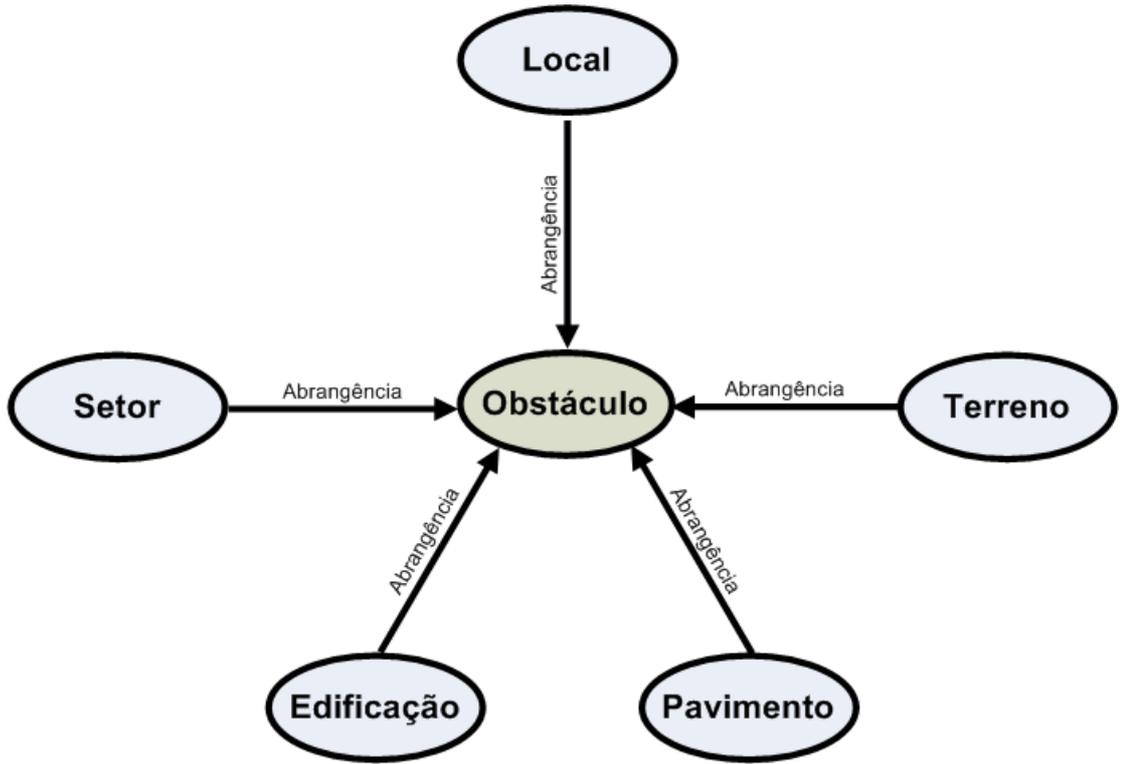












APÊNDICE C – DICIONÁRIO DE ATRIBUTOS DAS ENTIDADES

Conjunto de Vítimas		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Referência	Identificação atribuída ao grupo	Texto livre (Ex: Família do Tício, ...)
Quantidade de pessoas	Quantidade de pessoas do grupo	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...)
Localização	Localização provável ou confirmada do grupo	Marcação no mapa

Demanda de Recurso Humano		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Organização	Nome da organização da equipe solicitada	Idem Equipe
Especialidade	Especialidade da equipe solicitada	Idem Equipe
Número de Membros	Quantidade de membros demandada	Idem Equipe
Alocação	Localização da demanda	Marcação no mapa

Demanda de Recurso Material		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Tipo	Tipo do recurso solicitado	Idem Recurso Material
Quantidade	Quantidade solicitada de elementos deste recurso	Idem Recurso Material
Alocação	Localização da demanda	Marcação no mapa

Edificação		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Identificação	Identificação atribuída a edificação	Texto livre (Ex: Casa 1, Casa 2, Igreja)
Tipo de Edificação	Tipo da edificação	Texto livre (Ex: Heliponto, Área de prontidão, Posto de Comando, Casa, Shopping, Escola ...)
Área	Área ocupada pela edificação, quando necessário especificá-la	Desenho no mapa
Tipo de Material	Material constituinte	Texto livre (Ex: Alvenaria, Concreto, Madeira, Ferro, Aço)
Número de Pavimentos	Número de pavimentos da edificação	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...)
Número de Cômodos	Número de cômodos da edificação	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...)
Número de Subsolos	Número de subsolos da edificação, quando possuir	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...)
Estabilidade	Estabilidade da edificação	Estável, Instável, Totalmente Instável
Estado do Equipamento de Segurança contra Incêndio e Pânico	Condições do equipamento de segurança e pânico da edificação	Texto livre
Evolução do Trabalho	Descrição e percentual de progresso do trabalho na edificação	Texto livre + % de progresso
Localização	Localização provável ou confirmada da edificação	Marcação no mapa

Equipe		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Identificação do Comando	Identificação do líder da equipe	Texto livre (Ex: Cel. Mélvio, ...)
Organização	Nome da organização a que pertence a equipe	Bombeiros, Polícia Militar, Polícia Civil, Defesa Civil Municipal, Defesa Civil Estadual, Comlurb, CET-Rio, INEA (Serla, FEEMA e IEF), IBAMA, CEG, Light, CEDAE, Geo-Rio, IML, CNEN, Empresa/Voluntário
Especialidade	Especialidade da equipe	<p><u>Bombeiros:</u> Busca e Resgate, Resgate com Cães, Socorro de Incêndio, Produtos Perigosos, Atendimento Pré-Hospitalar, Incêndio Florestal, Mergulhador, Resgate em Altura, Resgate em Montanha, Guarda Vidas, Perícia de Incêndio, Médico, Enfermeiro</p> <p><u>Organizações:</u> Polícia Militar: segurança e tráfego Polícia Civil: segurança Defesa Civil Municipal: avaliação e assistência Defesa Civil Estadual: avaliação e assistência Comlurb: detritos CET-Rio: tráfego INEA e IBAMA: meio ambiente CEG: gás Light: eletricidade CEDAE: água e saneamento Geo-Rio: geologia e meteorologia IML: identificação civil CNEN: energia nuclear</p>
Quantidade de Membros	Quantidade de membros da equipe	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...)
Tarefa Designada	Tarefa designada à equipe	Texto livre
ID Força Tarefa	Identificação da Força Tarefa a qual está designada a equipe	Texto livre
ID do Comando do Ramo	Identificação do Ramo ao qual está designada a equipe	Texto livre
ID do Comando da Divisão	Identificação da Divisão a qual está designada a equipe	Texto livre
ID do Comando do Grupo	Identificação do Grupo ao qual está designada a equipe	Texto livre
Alocação	Localização da equipe	Marcação no mapa

Evento		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Origem	Classificação da origem e data do início do evento adverso	Natural, Humano, Misto + data
Tipo de Evento	Classificação do tipo de evento e especificação	Atmosférico, Geodinâmico, Sideral, Tecnológico + especificação (ex: ex: explosão de fábrica de plásticos)
Evolução	Tipo de evolução do evento adverso	Súbita ou de Evolução Aguda, Gradual ou de Evolução Crônica, por Somação de Efeitos Parciais
Intensidade do Dano	Classificação da intensidade do dano causado pelo evento	Nível I, Nível II, Nível III, Nível IV

Meteorologia		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Previsão de Chuva	Informação sobre a previsão de chuva para as próximas horas	Texto livre
Direção do Vento	Direção atual do vento	Desenho no mapa ou pontos cardeais (N, NE, NO, S ...)
Velocidade do Vento	Velocidade atual do vento	Número decimal (Ex: 1,0; 3,2 ...) + Unidade (m/s)

Obstáculo		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Tipo de Obstáculo	Definição do obstáculo	Texto livre (Ex: Pedra, Carro, Poste etc...)
Material	Material de constituição do obstáculo	Texto livre (Ex: Rochoso, Terra, Ferro, Aço, Madeira, Concreto, Cimento ...)
Quantidade/Peso	Medida da quantidade ou peso do obstáculo	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...) + Unidade (Ex: , Quilos, Toneladas, m3...)
Área Ocupada	Área ocupada pelo obstáculo, quando necessário especificá-la	Desenho no mapa
Localização	Localização do recurso	Marcação no mapa

Pavimento		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Identificação	Identificação atribuída ao pavimento	Texto livre (1º Pavimento, 2º Pavimento...)
Número de Cômodos	Número de cômodos do pavimento	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...)
Evolução do Trabalho	Descrição e percentual de progresso do trabalho no pavimento	Texto livre + % de progresso

Perigo		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Tipo de Perigo	Definição do perigo	Gases tóxicos, Líquidos tóxicos, Substâncias tóxicas, Exposição radiológica, Deslizamento de terra, Colapso de edificação, Fogo, Eletricidade + Livre
Área Afetada	Área afetada pelo perigo, quando necessário especificá-la	Desenho no mapa
Grau de Risco	Avaliação do grau de risco oferecido pelo perigo	Alto, Médio, Baixo, Nulo
Nível de Segurança	Avaliação da possibilidade de ficar/entrar no local do perigo	Go, No Go
Taxa de Vazamento	Taxa de vazamento, quando aplicável	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...) + Unidade (Ex: m ³ /min ...)
Direção de Avanço	Direção de avanço do perigo, quando aplicável	Desenho no mapa ou pontos cardeais (N, NE, NO, S ...)
Incidência	Localização do perigo	Marcação no mapa

Recurso Material		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Identificação	Identificação do recurso	Texto livre (Ex: Prefixo de Helicóptero (PT-HLU), Prefixo de Viaturas (AT 021))
Tipo	Tipo do recurso	Texto livre (ex: Pá, Helicóptero, Retro-escavadeira, Luvas, Cilindros etc...)
Capacidade	Capacidade de transporte do recurso	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...) + Unidade (Ex: Passageiros, Toneladas, m3...)
Quantidade	Quantidade de elementos deste recurso	Número inteiro (Ex: 1, 2, 3 ...)
Autonomia	Autonomia de uso do recurso	hh:mm
Autonomia Decorrida	Tempo de operação restante	hh:mm
Recurso em Uso	Informação sobre uso do recurso	Em uso, livre
Requer Reabastecimento	Informação sobre necessidade de reabastecimento imediato do recurso	Texto livre
Alocação	Localização do recurso	Marcação no mapa

Setor		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Identificação	Identificação atribuída ao setor de trabalho	Setor I, Setor II, Setor III ...
Área	Área delimitada do setor	Desenho no mapa
Evolução do Trabalho	Descrição e percentual de progresso do trabalho no setor	Texto livre + % de progresso

Terreno		
Atributo	Descrição	Exemplos/Valores
Tipo de Terreno	Tipo do terreno enfrentado	Texto livre (Ex: Terra seca, Terra encharcada, Asfalto, Paralelepípedo, Água, Areia, Pântano, Lamaçal ...)
Cobertura	Tipo de cobertura do terreno	Texto livre (Ex: Mata rasteira, Mata fechada, Construção, Desértico, Plantação ...)
Área	Delimitação da área do terreno	Desenho no mapa
Inclinação	Inclinação do terreno	Número em Graus (Ex: 35º)
Direção	Direção da inclinação do terreno	Desenho no mapa (seta)
Rede Pluvial	Ocorrência de rede pluvial no terreno	Desenho no mapa

APÊNDICE D – REGRAS DOS CRITÉRIOS DE UTILIDADE

Obs: a pontuação do critério de Confiabilidade é independente do dado avaliado e segue a regra definida abaixo:

Confiabilidade	
-> Confiabilidade (Verificabilidade + Precisão)	
1	Muito Confiável (Confirmatória + 100%)
1	Muito Confiável (Convergente + 100%)
2	Confiável (Confirmatória + 50%)
2	Confiável (Convergente + 50%)
2	Confiável (Nula + 100%)
3	Pouco Confiável (Nula + 50%)
4	Muito Pouco Confiável (Divergente + 100%)
4	Muito Pouco Confiável (Contraditória + 100%)
5	Não Confiável (Divergente + 50%)
5	Não Confiável (Contraditória + 50%)
*Caso verificabilidade seja N/A utiliza-se faixas de 20% sobre a precisão	
**Caso a precisão seja N/A utiliza-se a escala da Consistência	

Conjunto de Vítimas	
Referência	
Relevância	n/a
Volatilidade	n/a
Completeza	n/a
Precisão	especialista: fonte = População, IML
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a
Quantidade de Pessoas	
Relevância	Média
Volatilidade	30min
Completeza	30%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros
Consistência	Nula
Temporalidade	Muito Necessária
Localização	
Relevância	Muito Alta
Volatilidade	30min, n/a pra soterramento
Completeza	70%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros
Consistência	n/a
Temporalidade	Muito Necessária

Demanda de Recurso Humano	
Organização	
Relevância	Muito Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	10%
Precisão	100%
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a
Especialidade	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	30%
Precisão	100%
Consistência	n/a
Temporalidade	Se há um Equipe Livre e de mesma Especialidade, então a Temporalidade é Muito Necessária Senão, a Temporalidade é Necessária
Número de Membros	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	30%
Precisão	100%
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Especialidade
Alocação	
Relevância	Alta
Volatilidade	1h
Completeza	30%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Especialidade

Demanda de Recurso Material	
Tipo	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	1/3
Precisão	100%
Consistência	n/a
Temporalidade	Se há um Recurso Livre e de mesmo Tipo, então a Temporalidade é Muito Necessária Senão a Temporalidade é Necessária
Quantidade	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	1/3
Precisão	100%
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo
Alocação	
Relevância	Alta
Volatilidade	1h
Completeza	1/3
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo

Edificação	
Identificação	
Relevância	n/a
Volatilidade	n/a
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a
Tipo de Edificação	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	15%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Se existir Vítima ou Conjunto de Vítimas Localizados na edificação e com Estado do Resgate "Não Resgatada", "Não Resgatada e Viva", então a Temporalidade é Muito Necessária Se existir Vítima Localizada na edificação com Estado do Resgate "Não Resgatada e Morta", então a Temporalidade é Necessária Senão a Temporalidade é Desnecessária

Área	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	15%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Se existir Vítima ou Conjunto de Vítimas Localizados na edificação, então a Temporalidade é Muito Necessária Senão a Temporalidade é Irrelevante

Tipo de Material	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	10%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros, Empresa/Voluntário Engenheiro
Consistência	n/a
Temporalidade	Se existir Vítima ou Conjunto de Vítimas Localizados na edificação e com Estado do Resgate "Não Resgatada", "Não Resgatada e Viva", então a Temporalidade é Muito Necessária Se existir Vítima Localizada na edificação com Estado do Resgate "Não Resgatada e Morta", então a Temporalidade é Necessária Senão a Temporalidade é Prejudicial

Número de Pavimentos	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	10%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo de Material

Número de Cômodos	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	10%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo de Material

Número de Subsolos	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	5%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo de Material

Estabilidade	
Relevância	Alta
Volatilidade	1h para incêndio, 15min para desabamento parcial
Completeza	15%
Precisão	especialista: fonte = Defesa Civil Municipal, Defesa Civil Estadual, Empresa/Voluntário Engenheiro
Consistência	<p>Se Estabilidade é Estável e há Perigo do tipo Colapso de Edificação com Grau de Risco diferente de Nulo então a Verificabilidade é Contraditória</p> <p>Se Estabilidade é Estável e não há Perigo na Edificação então a Verificabilidade é Confirmatória</p> <p>Se Estabilidade é Estável e há Perigo de tipo diferente de Colapso de Edificação com Grau de Risco diferente de Nulo então a Verificabilidade é Nula</p> <p>Se Estabilidade é Estável e há Perigo de tipo diferente de Colapso de Edificação com Grau de Risco Nulo então a Verificabilidade é Convergente</p> <p>Se Estabilidade é Instável e há Perigo do tipo Colapso de Edificação com Grau de Risco Médio ou Baixo então a Verificabilidade é Confirmatória</p> <p>Se Estabilidade é Instável e há Perigo do tipo Colapso de Edificação com Grau de Risco Alto então a Verificabilidade é Convergente</p> <p>Se Estabilidade é Instável e há Perigo do tipo Colapso de Edificação com Grau de Risco Nulo então a Verificabilidade é Divergente</p> <p>Se Estabilidade é Instável e há Perigo de tipo diferente de Colapso de Edificação com Grau de Risco diferente de Nulo então a Verificabilidade é Nula</p> <p>Se Estabilidade é Instável e há Perigo de tipo diferente de Colapso de Edificação com Grau de Risco Nulo então a Verificabilidade é Divergente</p> <p>Se Estabilidade é Instável e não há Perigo então a Verificabilidade é Contraditória</p>
Temporalidade	<p>Se existir Vítima com Estado de Resgate "Não Resgatada e Viva" e Localizada na edificação, então a Temporalidade é Muito Necessária ou</p> <p>Se existir Vítima com Estado de Resgate "Não Resgatada" e Localizada na edificação, então a Temporalidade é Muito Necessária ou</p> <p>Se existir Conjunto de Vítimas Localizado ou Equipe Alocada na Edificação, então a Temporalidade é Muito Necessária</p> <p>Já se existir Vítima com Estado de Resgate "Não Resgatada e Morta", então a Temporalidade é Necessária</p> <p>Em outros casos a Relevância é Baixa</p>

Estado do Equipamento de Segurança contra Incêndio e Pânico	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	6%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros
Consistência	Nula
Temporalidade	Se existir Vítima ou Conjunto de Vítimas Localizados na edificação, então a Temporalidade é Muito Necessária Senão a Temporalidade é Prejudicial

Evolução do Trabalho	
Relevância	Alta
Volatilidade	30min
Completeza	14%
Precisão	especialista: fonte Oficial (diferente de População)
Consistência	Nula
Temporalidade	n/a

Equipe	
Identificação do Comando	
Relevância	n/a
Volatilidade	8h ou 12h
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Irrelevante
Organização	
Relevância	Muito Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	2%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a
Especialidade	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	14%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Se a Equipe agora está Livre e há necessidade de uma Equipe de mesma Especialidade, então a Temporalidade é Muito Necessária Caso contrário, a Temporalidade é Desnecessária

Quantidade de Membros	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	14%
Precisão	100%
Consistência	Nula
Temporalidade	Se a Equipe agora está Livre e há necessidade de uma Equipe de mesma Especialidade, então a Temporalidade é Muito Necessária Se a Equipe agora está Livre e não há necessidade uma Equipe de mesma Especialidade, então a Temporalidade é Desnecessária

Tarefa Designada	
Relevância	Média
Volatilidade	1h
Completeza	35%
Precisão	n/a
Consistência	Nula
Temporalidade	Se a Equipe agora está Livre e há necessidade de uma Equipe de mesma Especialidade, então a Temporalidade é Muito Necessária Se a Equipe agora está Livre e não há necessidade uma Equipe de mesma Especialidade, então a Temporalidade é Desnecessária Se a Equipe agora possui Tarefa Designada então a Temporalidade é Necessária

ID Força Tarefa	
Relevância	Muito Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Irrelevante

ID do Comando do Ramo	
Relevância	n/a
Volatilidade	8h ou 12h
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Irrelevante

ID do Comando da Divisão	
Relevância	n/a
Volatilidade	8h ou 12h
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Irrelevante

ID do Comando do Grupo	
Relevância	n/a
Volatilidade	8h ou 12h
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Irrelevante

Alocação	
Relevância	Alta
Volatilidade	1h
Completeza	35%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Muito Necessária

Evento	
Origem	
Relevância	Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	25%
Precisão	especialista: fonte Oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a

Tipo de Evento	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	25%
Precisão	especialista: fonte Oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a

Evolução	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	25%
Precisão	especialista: fonte Oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a

Intensidade do Dano	
Relevância	Muito Alta
Volatilidade	8h
Completeza	25%
Precisão	especialista: fonte Oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a

Obstáculo	
Tipo de Obstáculo	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	20%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	Se bloqueia o acesso às vítimas com Estado de Resgate Não Resgatada ou Não Resgatada e Viva então a Temporalidade é Muito Necessária Se bloqueia o acesso às vítimas com Estado de Resgate Não Resgatada e Morta então a Temporalidade é Necessária Caso contrário, a Temporalidade é Prejudicial
Material	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	20%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo de Obstáculo
Quantidade/Peso	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	20%
Precisão	50%
Consistência	Nula
Temporalidade	idem Tipo de Obstáculo
Área Ocupada	
Relevância	Baixa
Volatilidade	2h
Completeza	20%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo de Obstáculo
Localização	
Relevância	Baixa
Volatilidade	2h
Completeza	20%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo de Obstáculo

Pavimento	
Identificação	
Relevância	n/a
Volatilidade	n/a
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a
Número de Cômodos	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	50%
Precisão	especialista: fonte = Bombeiros
Consistência	n/a
Temporalidade	Se existir Vítima ou Conjunto de Vítimas Localizados no pavimento e com Estado do Resgate Não Resgatada, Não Resgatada e Viva, então a Temporalidade é Muito Necessária Se existir Vítima Localizada no pavimento com Estado do Resgate Não Resgatada e Morta, então a Temporalidade é Necessária Senão a Temporalidade é Prejudicial
Evolução do Trabalho	
Relevância	Alta
Volatilidade	30min
Completeza	50%
Precisão	especialista: fonte Oficial
Consistência	Nula
Temporalidade	n/a

Perigo	
Tipo de Perigo	
Relevância	Muito Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	20%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	Se existir Vítima com Estado de Resgate Não Resgatada e Viva e Localizada no mesmo lugar, então a Temporalidade é Muito Necessária ou Se existir Vítima com Estado de Resgate Não Resgatada e Localizada no mesmo lugar, então a Temporalidade é Muito Necessária ou Se existir Conjunto de Vítimas Localizado ou Equipe Alocada no mesmo lugar, então a Temporalidade é Muito Necessária Já se existir Vítima com Estado de Resgate Não Resgatada e Morta, então a Temporalidade é Necessária Em outros casos a Relevância é Necessária

Área Afetada	
Relevância	Alta
Volatilidade	30min
Completeza	15%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	Nula
Temporalidade	n/a
Grau de Risco	
Relevância	Muito Alta
Volatilidade	30min
Completeza	15%
Precisão	especialista: para Gases tóxicos, Líquidos tóxicos, Substâncias tóxicas: fonte = Produtos Perigosos (Bombeiros), Empresa/Voluntário Químico para Exposição radiológica: fonte = CNEN para Deslizamento de terra: fonte = Bombeiros, Geo-Rio, Empresa/Voluntário Geólogo para Fogo: fonte = Bombeiros para Colapso de edificação: fonte = Defesa Civil Municipal, Defesa Civil Estadual, Empresa/Voluntário Engenheiro para Eletricidade: fonte = Light, Empresa/Voluntário Engenheiro
Consistência	Se Segurança é No Go e Grau de Risco é diferente de Alto então a Verificabilidade é Divergente Se Segurança é No Go e Grau de Risco é Alto então a Verificabilidade é Confirmatória Se a Segurança é Go e Grau de Risco é Alto então a Verificabilidade é Divergente Se a Segurança é Go e Grau de Risco é Baixo então a Verificabilidade é Convergente
Temporalidade	idem Tipo de Perigo
Segurança	
Relevância	Muito Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	15%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	idem Grau de Risco
Temporalidade	Se existir Equipe Alocada no mesmo lugar então a Temporalidade é Muito Necessária Caso contrário, a Temporalidade é Desnecessária
Taxa de Vazamento	
Relevância	Alta
Volatilidade	2h
Completeza	Se o Tipo for Gases tóxicos, Líquidos tóxicos, Substâncias tóxicas ou Exposição radiológica então a Completeza é 12%. Área Afetada, Grau de Risco, Segurança e Direção de Avanço também passam a sr 12%. Senão n/a
Precisão	especialista: Produtos Perigosos (Bombeiros), Empresa/Voluntário Químico, CNEN
Consistência	Nula
Temporalidade	n/a

Direção de Avanço	
Relevância	Muito Alta
Volatilidade	30min
Completeza	15%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	Se o Tipo é Gases Tóxicos ou Exposição Radiológica e a Direção de Avanço é diferente da Direção do Vento então a Verificabilidade é Contraditória Caso contrário a Verificabilidade é Confirmatória Se o tipo é Líquidos Tóxicos e Direção de Avanço é diferente da Direção do Terreno então a Verificabilidade é Contraditória Caso contrário a Verificabilidade é Confirmatória Em outros casos a Verificabilidade é n/a
Temporalidade	n/a
Incidência	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	20%
Precisão	especialista: fonte oficial
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo de Perigo

Recurso Material	
Identificação	
Relevância	n/a
Volatilidade	n/a
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a
Tipo	
Relevância	Alta
Volatilidade	n/a
Completeza	20%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Se o Recurso está Livre e há necessidade de um Recurso de mesmo Tipo, então a Temporalidade é Muito Necessária Se o Recurso está Livre e não há necessidade de um Recurso de mesmo Tipo, então a Temporalidade é Prejudicial Se o Recurso está em uso então a Temporalidade é Irrelevante
Capacidade	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	10%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo

Quantidade	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	10%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	idem Tipo

Autonomia	
Relevância	Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	10%
Precisão	100%
Consistência	Nula
Temporalidade	n/a

Autonomia Decorrida	
Relevância	Alta
Volatilidade	20min para cilindro de oxigênio, 1h para os demais
Completeza	10%
Precisão	100%
Consistência	Se Autonomia Decorrida é maior do que Autonomia então a Verificabilidade é Contraditória Caso contrário, a Verificabilidade é Nula
Temporalidade	Se Autonomia é igual ou inferior a 20% da Autonomia Inicial então a Temporalidade é Muito Necessária Se 20% da Autonomia Inicial < Autonomia <= 50% Autonomia Inicial então a Temporalidade é Necessária Se 50% da Autonomia Inicial < Autonomia <= 80% Autonomia Inicial então a Temporalidade é Irrelevante Se 80% da Autonomia Inicial < Autonomia <= 100% Autonomia Inicial então a Temporalidade é Desnecessária

Recurso em Uso	
Relevância	Média
Volatilidade	1h
Completeza	10%
Precisão	100%
Consistência	Nula
Temporalidade	Se o Recurso agora está Livre e há necessidade de um Recurso de mesmo Tipo, então a Temporalidade é Muito Necessária Se o Recurso agora está Livre e não há necessidade de um Recurso de mesmo Tipo, então a Temporalidade é Desnecessária Se o Recurso agora está Livre, não há necessidade de um Recurso de mesmo Tipo e Requer Abastecimento (Sim), então a Temporalidade é Necessária Se o Recurso agora está Livre, não há necessidade de um Recurso de mesmo Tipo e não Requer Abastecimento, então a Temporalidade é Prejudicial Se o Recurso agora está em uso então a Temporalidade é Desnecessária

Requer Reabastecimento	
Relevância	Baixa
Volatilidade	1h
Completeza	10%
Precisão	100%
Consistência	Nula
Temporalidade	Se o Recurso Requer Abastecimento (Sim) e está em uso, então a Temporalidade é Muito Necessária Se o Recurso Requer Abastecimento (Sim), está Livre e não há necessidade de um Recurso do mesmo Tipo, então a Temporalidade é Desnecessária Se o Recurso Requer Abastecimento (Sim), está Livre, mas há necessidade de um Recurso do mesmo Tipo, então a Temporalidade é Muito Necessária Se o Recurso não Requer Abastecimento então a Temporalidade é Prejudicial

Alocação	
Relevância	Alta
Volatilidade	1h
Completeza	20%
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Muito Necessária

Setor	
Identificação	
Relevância	n/a
Volatilidade	n/a
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a

Área	
Relevância	n/a
Volatilidade	n/a
Completeza	n/a
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a

Evolução do Trabalho	
Relevância	Alta
Volatilidade	30min
Completeza	100%
Precisão	especialista: fonte Oficial
Consistência	Nula
Temporalidade	n/a

Terreno	
Tipo de Terreno	
Relevância	Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	1/6
Precisão	especialista: fonte = Geo-Rio, Empresa/Voluntário Geólogo
Consistência	<p>Se tipo de Terreno é Asfalto ou Paralelepípedo e Cobertura é Construção então a Verificabilidade é Confirmatória</p> <p>Se tipo de Terreno é Água e Cobertura é Nula, Mata Rasteira ou Mata Fechada então a Verificabilidade é Confirmatória</p> <p>Se tipo de Terreno é Asfalto ou Paralelepípedo e Cobertura é Mata rasteira, Mata fechada, Desértico ou Plantação então a Verificabilidade é Contraditória</p> <p>Se o tipo de Terreno é Água e a Cobertura é Construção ou Desértico então a Verificabilidade é Contraditória</p> <p>Se o tipo de Terreno é Terra seca, Terra encharcada, Areia, Pântano ou Lamaçal e a Cobertura é Mata rasteira, Mata fechada, Desértico ou Plantação então a Verificabilidade é Convergente</p> <p>Em outros casos a Verificabilidade é Nula</p>
Temporalidade	n/a
Cobertura	
Relevância	Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	1/6
Precisão	especialista: fonte = Geo-Rio, Empresa/Voluntário Geólogo, INEA, Empresa/Voluntário Geólogo
Consistência	idem Tipo de Terreno
Temporalidade	n/a
Área	
Relevância	n/a
Volatilidade	n/a
Completeza	1/6
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	n/a
Inclinação	
Relevância	Muito Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	1/6
Precisão	especialista: fonte = Geo-Rio, Empresa/Voluntário Geólogo, Defesa Civil Municipal, Defesa Civil Estadual, Empresa/Voluntário Engenheiro
Consistência	Nula
Temporalidade	Se existe Perigo do Tipo Líquidos tóxicos ou Substâncias tóxicas, então a Temporalidade é Muito Necessária Senão a Temporalidade é Necessária

Direção	
Relevância	Média
Volatilidade	n/a
Completeza	1/6
Precisão	n/a
Consistência	n/a
Temporalidade	Se existe Perigo do Tipo Líquidos tóxicos ou Substâncias tóxicas, então a Temporalidade é Muito Necessária Se Inclinação é diferente de 0º, então a Temporalidade é Necessária Senão a Temporalidade é Desnecessária

Rede Pluvial	
Relevância	Baixa
Volatilidade	n/a
Completeza	1/6
Precisão	especialista: fonte = CEDAE
Consistência	n/a
Temporalidade	Se existe Perigo do Tipo Líquidos tóxicos ou Substâncias tóxicas, então a Temporalidade é Muito Necessária Senão a Temporalidade é Prejudicial

APÊNDICE E – ESPECIFICAÇÃO DA INTERFACE DE ENTRADA DA WITS

Interface de Entrada				
	Campo	Tipo	Valor	Obrigatório
Vítima	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	victim	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	X	Inteiro		NÃO
	Y	Inteiro		NÃO
	id	Texto		NÃO
	age	Texto		NÃO
	rescueStatus	Texto	enumeração	NÃO
	rescueDate	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	NÃO
	health	Texto	enumeração	NÃO
	relationship	Texto		NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
	floor	Inteiro		NÃO
victimGroup	Inteiro		NÃO	
Edificação	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	edification	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	X	Inteiro		SIM
	Y	Inteiro		SIM
	X1...i	Inteiro		NÃO
	Y1...i	Inteiro		NÃO
	...			
	id	Texto		NÃO
	edType	Texto		NÃO
	material	Texto		NÃO
	floors	Inteiro		NÃO
	rooms	Inteiro		NÃO
	subsoils	Inteiro		NÃO
	stability	Texto	enumeração	NÃO
	secEquipStatus	Texto		NÃO
progress	Texto		NÃO	
percentage	Decimal		NÃO	
Pavimento	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	floor	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	edification	Inteiro		SIM
	X	Inteiro		SIM
	Y	Inteiro		SIM
	id	Texto		NÃO
	rooms	Inteiro		NÃO
	progress	Texto		NÃO
	percentage	Decimal		NÃO

Interface de Entrada				
	Campo	Tipo	Valor	Obrigatório
Conjunto de Vítimas	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	victimgroup	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	X	Inteiro		NÃO
	Y	Inteiro		NÃO
	id	Texto		NÃO
	people	Inteiro		NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
	floor	Inteiro		NÃO
Equipe	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	team	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	x	Inteiro		NÃO
	y	Inteiro		NÃO
	command	Texto		NÃO
	organization	Texto	enumeração / livre	NÃO
	specialty	Texto	enumeração / livre	NÃO
	members	Inteiro		NÃO
	task	Texto		NÃO
	taskForce	Texto		NÃO
	branch	Texto		NÃO
	division	Texto		NÃO
	group	Texto		NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
floor	Inteiro		NÃO	
Recurso	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	resource	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	x	Inteiro		NÃO
	y	Inteiro		NÃO
	id	Texto		NÃO
	resType	Texto	enumeração / livre	SIM
	capacity	Texto		NÃO
	quantity	Inteiro		NÃO
	autonomy	Time	hh:mm	NÃO
	autoElapsed	Time	hh:mm	NÃO
	use	Boleano	T / F	NÃO
	refuel	Boleano	T / F	NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
floor	Inteiro		NÃO	

Interface de Entrada				
Campo	Tipo	Valor	Obrigatório	
Perigo	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	hazard	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	x	Inteiro		SIM
	y	Inteiro		SIM
	x1...i	Inteiro		NÃO
	y1...i	Inteiro		NÃO
	...			
	hazard	Texto	enumeração / livre	NÃO
	risk	Texto	enumeração	NÃO
	security	Texto	GO / NO_GO	NÃO
	leak	Texto		NÃO
	directionX	Inteiro		NÃO
	directionY	Inteiro		NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
floor	Inteiro		NÃO	
Obstáculo	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	obstacle	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	x	Inteiro		SIM
	y	Inteiro		SIM
	x1...i	Inteiro		NÃO
	y1...i	Inteiro		NÃO
	...			
	obType	Texto		NÃO
	material	Texto		NÃO
	qty_wt	Texto		NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
floor	Inteiro		NÃO	

Interface de Entrada				
	Campo	Tipo	Valor	Obrigatório
Demanda de Equipe	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	teamdemand	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	x	Inteiro		NÃO
	y	Inteiro		NÃO
	organization	Texto	idem Equipe	NÃO
	specialty	Texto	idem Equipe	SIM
	members	Inteiro		NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
	floor	Inteiro		NÃO
Demanda de Recurso	method	Texto	addPOI	SIM
	type	Texto	resourcedemand	SIM
	captureTime	Data/Hora	DD/MM/YYYY hh:mm:ss	SIM
	source	Texto	enumeração / livre	SIM
	x	Inteiro		NÃO
	y	Inteiro		NÃO
	resType	Texto	idem Recurso	SIM
	quantity	Inteiro		NÃO
	edification	Inteiro		NÃO
	floor	Inteiro		NÃO

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIOS DE AVALIAÇÃO



Formulário de Avaliação da Ferramenta

Percepção Situacional:

- 1) Quantas casas havia no local?

- 2) Quantas pessoas estão sendo procuradas no local?

- 3) Onde estão localizadas as vítimas? Quantas já possuem localização confirmada? Quantas já foram resgatadas? Qual o estado delas?

- 4) Quais pontos onde já há equipes trabalhando?

- 5) Quais os pontos onde ainda é preciso atacar?

6) Onde há riscos para a operação? Quais são os riscos para o pessoal da operação?

7) Quantas guarnições estão no local? Onde está cada uma? O que estão fazendo?

8) Quais recursos materiais estão no local? Onde estão? Estão sendo utilizados?

Tomada de Decisões:

Com as informações obtidas, você é capaz de tomar as seguintes decisões? O que decidiria?

a. O que fazer agora?

b. Como fazer?

c. O que usar (quantas guarnições e que equipamentos)? Onde colocá-los?

- 5) Qual a relevância das informações dos balões com borda laranja no momento em que foram disponibilizadas? Por quê?

- 6) Qual a sua opinião sobre a forma de apresentação das informações nos balões de borda azul?

- 7) Em sua opinião, como a classificação da informação pelos critérios explicados influenciou no entendimento da situação?

- 8) Que outros critérios você sugeriria? Quais retiraria ou modificaria?

- 9) Os recursos visuais dos ícones (barra colorida, ícone do triângulo vermelho etc.) sugerem uma interpretação coerente com o significado explicado? Como ficariam melhores?
 - comprimento da barra inferior

 - cor da barra inferior

 - presença do triângulo vermelho no canto superior direito do ícone

 - presença do círculo azul no canto superior direito do ícone

 - transparência do ícone

 - tamanho do ícone

10) Em que grau os recursos visuais dos ícones permitiram a distinção dos elementos que possuíam informações mais úteis?

11) Como você classifica a distinção entre os valores das escalas dos recursos visuais?

- comprimento da barra inferior

- cor da barra inferior

- presença do triângulo vermelho no canto superior direito do ícone

- presença do círculo azul no canto superior direito do ícone

- transparência do ícone

- tamanho do ícone

12) Qual a sua opinião sobre o surgimento espontâneo dos balões de borda laranja?

13) Como você avalia os recursos visuais aplicados sobre as informações dos balões de borda azul?

Utilizando a escala definida avalie as afirmações abaixo:

14) A proposta da ferramenta é coerente com a necessidade dos tomadores de decisão no posto de comando.

Concordo Concordo Parcialmente Discordo Parcialmente Discordo

Comentários:

15) Aprendi facilmente como funciona a ferramenta.

Concordo Concordo Parcialmente Discordo Parcialmente Discordo

Comentários:

16) A ferramenta é difícil de ser utilizada.

Concordo Concordo Parcialmente Discordo Parcialmente Discordo

Comentários:

17) As informações fornecidas pela ferramenta são compreensíveis.

Concordo Concordo Parcialmente Discordo Parcialmente Discordo

Comentários:

18) O balanço entre a dificuldade de utilizar a ferramenta e o benefício dela é positivo.

Concordo Concordo Parcialmente Discordo Parcialmente Discordo

Comentários: