

CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Modelo de Tomada de Decisão para Sistemas de Fusão de Dados em Ambiente de Comando e Controle

Daniel Colussi Rossatto

Marília, 2013

CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Daniel Colussi Rossatto

Modelo de Tomada de Decisão para Sistemas de Fusão de Dados em Ambiente de Comando e Controle

Monografia apresentada ao Centro Universitário Eurípides de Marília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: prof. Ms. Leonardo Castro Botega

Marília, 2013



CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – AVALIAÇÃO FINAL

Daniel Colussi Rossatto

Modelo de Tomada de Decisão para Sistemas de Fusão de Dados
em Ambiente de Comando e Controle.

Banca examinadora da monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de Bacharel em Ciência da Computação.

Nota: 10.0 (dez)

Orientador: Leonardo Castro Botega

1º. Examinador: Elvis Fusco

2º. Examinador: Adriano Bezerra

Marília, 02 de dezembro de 2013.

Sumário

Introdução	9
1 Modelo JDL de Fusão de Dados	11
2 Modelos de Tomada de Decisão	14
2.1 Modelo <i>OODA Loop</i>	15
2.2 Modelo Omnibus	15
2.3 Modelo OODA Estendido	16
2.4 Modelo Dasarathy	16
2.5 Modelo <i>Intelligence Cycle</i>	17
2.6 Modelo Orientado a Objeto (<i>Object Oriented Model</i>)	17
2.7 Modelo Teoria da Utilidade Esperada (<i>Expected Utility Theory</i> ou EUT)	18
2.8 Modelo Teoria da Probabilidade (<i>Prospect Theory</i>)	19
2.9 Modelo Teoria do Arrependimento (<i>Regret Theory</i>)	19
2.10 Modelo Racionalidade Limitada (<i>Bounded Rationality</i>)	19
2.11 Modelo Satisfação (<i>Satisfying</i>)	19
2.12 Modelos de Estratégia Heurística para Decisão de Multiatributos (<i>Heuristic Multiattribute Decision Strategies Models</i>)	20
2.13 Modelo de Decisão de Reconhecimento Prévio (<i>Recognition-Primed Decision Model</i> ou RPD)	20
2.14 Modelo Teoria da Imagem (<i>Image Theory</i>)	21
2.15 Modelo de Cenário (<i>Scenario Model</i>)	23
2.16 Modelos Dirigidos a Argumentos (<i>Argument-Driven Models</i>)	23
2.17 Modelo Perícia-Norma-Conhecimento (<i>Skill-Rule-Knowledge Model</i> ou SRK)	23
2.18 Modelo Integrado da Tomada de Decisão do Mundo Real	24
2.19 Modelo de Gestão de Conflitos (<i>Conflict Management Model</i> (CMM))	25
3 Tomada de Decisão em Sistemas Críticos e Fatores Humanos	27
3.1 Fatores Humanos em Tomada de Decisão em Sistemas Críticos	29
4 Métodos de Pesquisa	31
4.1 Comparativos dos Modelos Revisados	31
4.2 Modelo de Gestão de Conflito Estendido (<i>Extended Conflict Management Model</i> ou E-CMM)	37
4.3 Resultados e Estudo de Caso em C2	39
5 Conclusões	40
Referências	41

Lista de Figuras

1	Modelo JDL de Fusão de Dados. Adaptado de (Hall e MacMullen(2004))	11
2	Fluxo básico do OODA relacionado aos níveis do JDL traduzido de (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001)	15
3	Fluxo básico do Omnibus traduzido de (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001)	16
4	Modelo OODA Estendido para fusão de dados traduzido de (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001)	17
5	Modelo Dasarathy traduzido de (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007)	17
6	Modelo <i>Intelligence Cycle</i> traduzido de (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007)	18
7	Modelo simplificado do Modelo Orientado a Objeto traduzido de (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007)	18
8	O modelo RPD: (a) combinação simples, (b) diagnóstico da situação e, (c) avaliação do curso de ação traduzido de (Klein, 1997).	22
9	Modelo SRK traduzido de (Rasmussen, 1983)	24
10	Modelo integrado da tomada de decisão do mundo real traduzido de (Bossé, Roy e Wark, 2007)	25
11	Modelo de gestão de conflito (CMM) adaptado de (NPIA e ACPO, 2009)	26
12	Método de divisão do trabalho	31
13	Modelo E-CMM (Extended Conflict Management Model)	38

Lista de Tabelas

1	Exemplos de aplicações de fusão de dados relacionados ao domínio militar. Traduzida de Hall e Jordan (2010)	14
2	Descrição das estratégias heurísticas adaptada de (Bossé, Roy e Wark, 2007)	21
3	Cenário utilizado para avaliação dos modelos	32

Resumo

Comando e Controle são sistemas de informação e de gerenciamento que auxiliam no monitoramento e controle de operações para quaisquer fins militares. Existem alguns modelos de tomada de decisão que podem ser utilizados, auxiliando na escolha do melhor caminho a ser seguido, a fim de que oficiais escolham a opção mais correta possível para o cumprimento de uma tarefa ou um conjunto delas. Propõe-se neste trabalho a análise minuciosa dos modelos de tomada de decisão existentes utilizando um cenário de comando e controle criado e a proposta de um modelo de tomada de decisão que considere os fatores humanos como uma variável que influencia diretamente a decisão do responsável.

Palavras-chave: Modelos de Tomada de Decisão, Fusão de Dados, Comando e Controle.

Abstract

Command and Control are management and information systems that supports control and monitoring operations for any militaries ends. Some decision-making models can be utilized, supporting the selection of the best way to be followed, in order to militaries chooses the best option available to accomplish one task or a set of these. This paper proposes the specific analysis of the existing decision-making models using a created command and control scenario and the proposal of a new model that it considers the human factors as a variable that inflicts directly the sponsor decision.

Keywords: Decision-Making Models, Data Fusion, Command and Control.

Introdução

Sistemas de Fusão de Dados nasceram sob a necessidade do domínio militar, visando criar aplicações para a consciência de situação e monitoramento de equipamentos e processos. Seu uso é baseado na captação de dados de sensores diversos, com o propósito de transformar leituras de eventos em conhecimento (Hall e Jordan, 2010). Sistemas de Comando e Controle (C2) são um exemplo de aplicação dos conceitos de Fusão de Dados, despontando como uma categoria de sistemas de informação e de gerenciamento criada para o controle de todas as operações militares, inicialmente concebido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD).

A participação humana nesse tipo de sistema acontece na interpretação dos dados obtidos pelo sistema bem como na atuação como responsável para tomar decisões, por meio de interações com a situação comum (Common Operational Picture).

Aplicações de fusão de dados, mesmo que desenvolvidas para auxiliar nos modelos de tomada de decisões, são limitadas ao não considerar os usuários finais. Para esta finalidade a comunidade científica desenvolveu um conjunto de regras de interface humano-computador, denominado nível 5, um dos níveis do modelo de fusão JDL (Joint Directors of Laboratories). É neste nível que o operador da interface do sistema tem de nomear a ação a ser tomada em um dado momento, levando em consideração os dados que são apresentados a ele pelo sistema, é neste contexto que despontam os modelos de tomada de decisão.

Para que fossem validados os modelos pesquisados e o modelo apresentado neste trabalho, foi desenvolvido um estudo de caso baseado em um cenário de C2 criado com base no Procedimento Operacional Padrão da Polícia Militar e em entrevista realizada com o Comandante do 9º Batalhão da Polícia Militar do Interior.

Motivação

Sistemas de C2 tem a capacidade de receber dados, encaminhá-los à um especialista em tomada de decisão para que ele os avalie e forneça um plano de ação para uma determinada situação.

A grande carga de informação a ser avaliada por um sistema de C2, com informações relevantes de um determinado domínio, deve ser avaliada de maneira apropriada para não influenciar de maneira negativa nas decisões que o responsável deve realizar.

A incorreta avaliação de influência dos fatores humanos pode conduzir o usuário a interpretar erroneamente os dados ou informações providas pelo sistema de fusão e conseqüentemente conduzi-lo a tomar decisões equivocadas em seu respectivo domínio, comprometendo o processo de tomada de decisão.

Com tal problema em mente, utilizando um modelo que leve em consideração os fatores humanos pode auxiliar ao operador à passar por esses problemas sem comprometer o plano de ação e a tomada de decisão escolhidos durante o processo.

Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral contribuir com a tomada de decisão em ambientes de C2 avaliando os modelos de tomada de decisão existentes e propondo um modelo para auxiliar aos responsáveis à tomarem uma decisão adequada. Busca-se ainda contribuir para a melhoria do processo de tomada de decisão, levando em consideração os fatores humanos que podem afetar a decisão de um operador.

Os objetivos específicos deste trabalho são: avaliar o conceito de C2, as variáveis que influenciam em um ambiente de C2 e modelos de tomada de decisão existentes, criação de um modelo que leve em consideração os fatores humanos que influenciam o processo de tomada de decisão.

Organização do documento

O presente documento encontra-se dividido nos seguintes temas e capítulos:

- Capítulo 1: descreve o modelo JDL que foi criado para ser usado para a fusão de dados de sistemas.
- Capítulo 2: discute os aspectos referentes aos *Sistemas de Fusão de Dados*, visando contextualizar a origem dos dados ou informações e suas características e também os modelos de tomada de decisão com uma breve descrição de suas características e também os requisitos e tarefas para a tomada em sistemas críticos.
- Capítulo 3: descreve um guia criado por (Ombudsman, 2007) com a finalidade de obter uma decisão mais adequada e descreve os fatores humanos levantados que podem influenciar no processo de tomada de decisão.
- Capítulo 4: descreve os métodos de pesquisa utilizados para o desenvolvimento do trabalho, o comparativo dos modelos descritos no capítulo 2, o cenário de multidão que foi criado para avaliar os modelos e a explicação das fases do modelo proposto e também aborda os resultados do trabalho, utilizando um exemplo para comprovar a funcionalidade do modelo proposto para atingir os objetivos especificados no item Objetivos.
- Capítulo 5: apresenta as conclusões obtidas com o desenvolvimento do trabalho, bem como quais trabalhos poderiam ser desenvolvidos a partir deste.
- Referências Bibliográficas adotadas.

1 Modelo JDL de Fusão de Dados

Nos anos 90, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos coordenou os primeiros esforços para implementar Sistemas de Fusão de Dados. Até o momento a área de fusão de dados não se encontrava muito bem fundamentada, provendo limitada compreensão acerca de suas terminologias, algoritmos, arquiteturas e processos.

Neste cenário foi concebido o modelo de Fusão de Dados denominado JDL (*Joint Directors of Laboratories*), formado por membros de diversos laboratórios do DoD americano.

Como especificidade de tal grupo, um subgrupo denominado JDL-C3 (*JDL- Command, Control and Communications*) recebeu a responsabilidade de padronizar terminologias, processos e técnicas referentes à Fusão de Dados, visando o domínio militar.

Originalmente descrito por Kessler(1991), o grupo recebeu o nome de Modelo JDL de Fusão de Dados (Figura 1) e passou a ser internacionalmente aceito como referência em fusão de dados e informações, adotado como base para inúmeros trabalhos científicos em escala mundial.

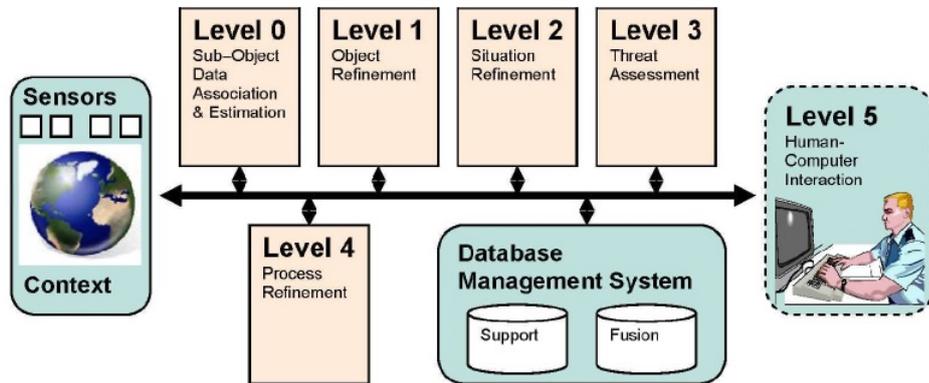


Figura 1: Modelo JDL de Fusão de Dados. Adaptado de (Hall e MacMullen(2004))

Desde a sua concepção em 1991, o *modelo JDL de Fusão de Dados* passou por diversos processos de refatoração, impulsionados pelo avanço tecnológico de processos e dispositivos disponíveis. Originalmente, o modelo possuía apenas quatro níveis para o processamento dos dados: refinamento de objetos (nível 1), refinamento de situação (nível 2), refinamento de ameaça (nível 3) e refinamento do processo (nível 4). Em 1999, Steinberg *et al* introduziram a primeira mudança significativa no modelo, acrescentando em sua composição, um nível de pré-processamento e estimação de dados de sensores inteligentes (nível 0). Uma descrição mais extensa dos níveis presentes no modelo JDL podem ser obtidos em (Hall e MacMullen, 2004) (Liggins, Hall e Linas, 2008) e (Walts e Llinas, 2000).

Existem uma série de modelos relacionados ao JDL e que também endereçam processos de informação e cognitivos relacionados à fusão de dados. Uma avaliação de tais modelos pode ser encontrada em (Hall, 2006), divididos em categorias como *modelos de Fusão de Dados* e *Modelos de Tomada de Decisão*.

Especificamente, os níveis do modelo JDL definem (Hall, 2006) (Hall e Jordan, 2010):

- Nível 0 - Pré-processamento e Refinamento da fonte: Envolve processar os dados de sensores visando preparar o dado para os outros níveis de fusão subsequentes. Exemplos deste nível de fusão de dados incluem processamento de sinais, processamento de imagens, condicionamento de dados, transformações de coordenadas, filtragem, alinhamento do dado em tempo e espaço, etc.
- Nível 1 - Refinamento de objetos: Busca combinar dados de múltiplos sensores ou fontes para obter estimativas confiáveis da localização, características e identidade de ativos, tais como aeronaves e veículos. Podem ser obtidas informações fundidas para descobrir a localização ou identidade de atividades, eventos ou qualquer outra entidade de interesse restrita. Considerando domínios como sistemas de abastecimento, monitoramento de pacientes ou mesmo de controle veicular, este nível pode ser responsável por localizar e identificar falhas (ex: identificar uma válvula com problemas de engrenagem). Geralmente a localização e identificação de ativos são vistos como subsistemas independentes em contextos externos aos sistemas de fusão, ao contrário do modelo JDL.
- Nível 2 - Refinamento de Situação: Baseando-se nos resultados providos pelo Nível 1 do modelo JDL, busca-se nesta etapa desenvolver uma interpretação contextual dos dados. Envolve entender como as diversas entidades se relacionam com o ambiente e como demais ativos. Exemplos abordam a compreensão da situação de uma tropa completa à partir da situação de alguns ativos, ou seja, observações de localização e posição dos mesmos podem indicar se a estratégia permanece sendo seguida ou se há um problema em potencial baseado nestas mesmas medidas. Tais interpretações podem envolver um raciocínio e conclusões acerca de dados semelhantes, porém sob condições divergentes. Ex: um veículo vibra ao ser utilizado sob alta velocidade em uma rodovia, aparentando normalidade. O mesmo veículo sob as mesmas condições pode ser considerado problemático ao trafegar em baixa velocidade em área urbana. Tipos de técnicas adotadas nesta fase podem envolver inteligência artificial, reconhecimento de padrões, raciocínio automatizado e/ou baseado em regras.
- Nível 3 - Refinamento de Ameaças e Avaliação de impacto: Preocupa-se em projetar a situação corrente no futuro para determinar o potencial impacto de ameaças associadas ao contexto. Ao monitorar ativos de domínio militar, seria possível determinar a autonomia de funcionamento dos mesmos sob condições antecipadas de operação, diretamente dependente da situação apresentada pelo nível 2, processando inferências sobre possíveis ameaças, cursos de ação e como mudanças de situação ocorrem baseadas em percepção. Técnicas para este nível envolvem simulações, previsões e modelagem.
- Nível 4 - Refinamento de processos e Gestão de Recursos: Trata-se de um processo para gerenciar e endereçar outros processos. Especificamente, este nível busca observar o processo de fusão realizado pelos outros níveis e tenta melhorá-lo em algum aspecto, como por exemplo em precisão, tempo e especificidade, por intermédio do redirecionamento de sensores, fonte de informação e mudança de parâmetros e/ou técnica para uma mais apropriada para a situação, tipo de dado ou ativo. Envolve funções como modelagem de sensores, modelagem de redes de comunicação, medidas de performance e otimização de recursos.
- Nível 5 - Interação Humano-Computador e Refinamento Cognitivo: Preocupa-se com a determinação adaptativa de quem busca e quem acessa a informação, bem como com a obtenção adaptativa de dados e sua consequente exibição a fim de suportar a tomada de decisões cognitivas e ações. O nível 5 busca otimizar como a fusão de dados interage com um ou mais usuários humanos. Este nível procura ainda entender as necessidades dos usuários e responder às mesmas, visando priorizar itens importantes aos mesmos. Dentre as suas funcionalidades, estão inclusas funções para o uso de

displays avançados, ferramentas de busca e orientadoras via agentes inteligentes de software, preocupações cognitivas, técnicas para colaboração e visualização, dentre outros. Adicionalmente, o nível 5 pode também incluir funções tradicionais de interface humano-computador (IHC), tais como a representação de dados, a identificação de comandos de entrada e o uso de interfaces pós-wimp como sonoras, hápticas (gestuais) e multimodais.

Adicionalmente, o nível 5 do modelo JDL também promove técnicas para lidar com a tendência dos usuários em procurar evidências confirmatórias, através do destaque do raciocínio negativo, evitando que os mesmos ignorem informação negativa.

A possibilidade de compressão e expansão do tempo também é prevista por este nível, habilitando operadores a compreender mudanças em escalas temporais variadas, bem como o uso de técnicas para chamar a atenção do analista a considerar diferentes aspectos dos dados.

De acordo com Hall e Jordan (2010) e (Hall, 2006) o estado da arte em Fusão de Dados aponta uma série de práticas emergentes e atuais para todos os níveis do modelo JDL, em especial o nível 5:

- Considerando o grande avanço tecnológico referente aos diversos dispositivos de interação do usuário com sistemas computacionais, pode-se afirmar que o nível 5 depende consideravelmente das técnicas HCI emergentes;
- Foco principal em ergonomia ao contrário do *design* dirigido por modelos cognitivos;
- Numerosos sistemas e *displays* gráficos para avaliação de ativos;
- Avançados *displays* tridimensionais imersivos e interação humano-computador via interface háptica;
- Experimentos conduzidos acerca de interfaces multimodais sensoriais, tais como som, toque e visão;
- Experimentos baseados em agentes para preocupações cognitivas e agentes supervisores.

Entretanto, o nível 5 do modelo JDL ainda apresenta uma série de desafios a serem atacados a fim de contemplar seus objetivos de forma plena apresentados por Hall e McMullen (2004), tais como:

- Pouca pesquisa realizada pra entender como os analistas humanos processam dados e realizam inferências precisas;
- Interação humano-computador criativa a fim de adaptar-se a usuários individuais e atenuar predisposições de processos cognitivos;
- Trabalhos limitados utilizando dados advindos de colaboração, bem como o suporte à sua respectiva análise.

No capítulo a seguir temos uma breve descrição dos Sistemas de Fusão de Dados e a descrição de todos os modelos de tomada de decisão pesquisados.

2 Modelos de Tomada de Decisão

De acordo com Hall e Jordan (2010), Sistemas de Fusão de Dados podem ser simplesmente definidos como o processo de combinar dados para refinar estimativas de estados e predições.

Historicamente, o crescimento de Sistemas de Fusão e Informações deve-se às aplicações militares. Uma grande variedade de trabalhos tem incluído rastreamento e detecção automática de alvos (ATR), identificação de ativos (amigos, inimigos e neutros), ciência de situação, avaliação de ameaças e demais relacionados, motivados pelo departamento de defesa norte americano (DoD) (Nichols, 2008). Exemplos de categorias de dados de fusão relacionados ao domínio militar e suas aplicações podem ser observados na Tabela 1.

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

Tabela 1: Exemplos de aplicações de fusão de dados relacionados ao domínio militar. Traduzida de Hall e Jordan (2010)

Sistemas de C2 tem como base utilizar o processo de fusão de dados por ter de lidar com uma grande quantidade de dados que devem ser avaliados para que operador possa administrar de maneira adequada uma situação. Após a fusão, inicia-se o processo de tomada de decisão que utiliza os dados processados

pela fusão para que auxilie ao operador definir o curso de ação que deve ser seguido para a situação avaliada.

Os modelos de tomada de decisão basicamente foram desenvolvidos para moldar o comportamento humano inserido em um processo de tomada de decisão, para garantir que a decisão obtida no final do processo seja a mais adequada para a situação e que não tenha sido influenciada de maneira impropria devido ao fator humano envolvido. Alguns modelos desenvolvidos para C2 serão discutidos a seguir.

Nesse capítulo serão descritos os modelos levantados por esse trabalho para serem analisados em um ambiente de C2, descrevendo suas características mais importantes.

2.1 Modelo OODA Loop

O modelo *OODA Loop* (*Observe, Orient, Decide e Act*), conhecido também como *Boyd Control Loop* (Boyd, 1987), é constituído por quatro fases: Observar (*Observe*), Orientar (*Orient*), Decidir (*Decide*) e Agir (*Act*). Na fase de Observar o modelo recebe os dados coletados do ambiente, na fase Orientar os dados são fundidos para a avaliação da situação, na fase Decidir é constituído um plano de ação para a situação observada e na fase Agir é colocado em prática o plano anteriormente constituído. Suas vantagens são a velocidade de execução e seu grau de eficiência para sistemas táticos embarcados. E como esse modelo funciona em forma de loop, caso não seja executado corretamente pode ocasionar em um infinito loop interativo dos níveis do OODA e também na fase de refinamento do processo. Na Figura 2 é ilustrado o fluxo básico do OODA.

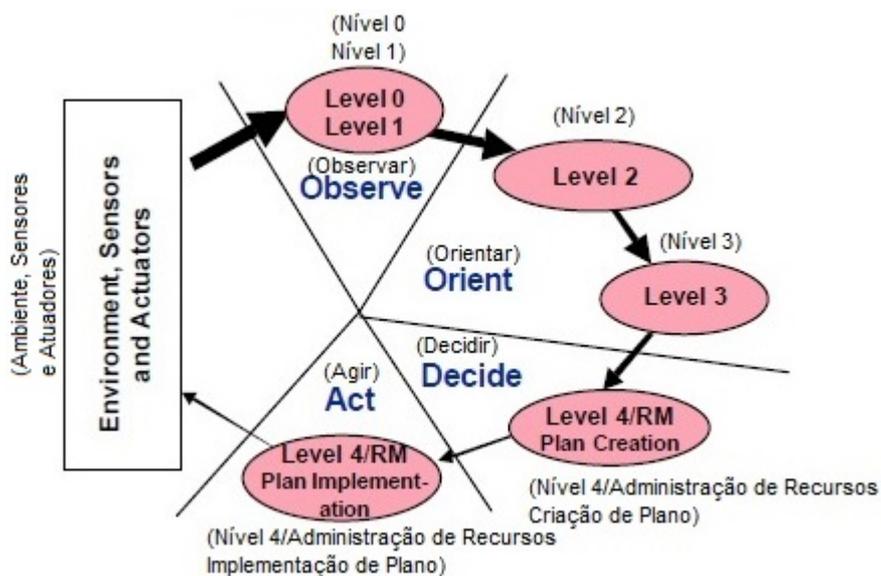


Figura 2: Fluxo básico do OODA relacionado aos níveis do JDL traduzido de (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001)

2.2 Modelo Omnibus

O modelo Omnibus introduzido por Bedworth e O'Brien (Bedworth e O'Brien, 2000) tem como base em seu funcionamento o OODA loop, porém tem a capacidade de funcionamento de um *loop* dentro de outro *loop* e é mais específico com relação às tarefas de fusão de dados. Este modelo para ser efetivo é necessário que seja utilizado repetitivamente porque se utilizado uma vez ele somente fará uma avaliação superficial da situação, ou seja, quanto mais ele for aplicado, mais refinado será o seu resultado. Como ele foi desenvolvido com base em vários conceitos, isso pode causar um equívoco de que uma arquitetura

específica pode ser usada somente em uma fase específica do *loop*. Na Figura 3 é ilustrado o fluxo básico do modelo Omnibus.

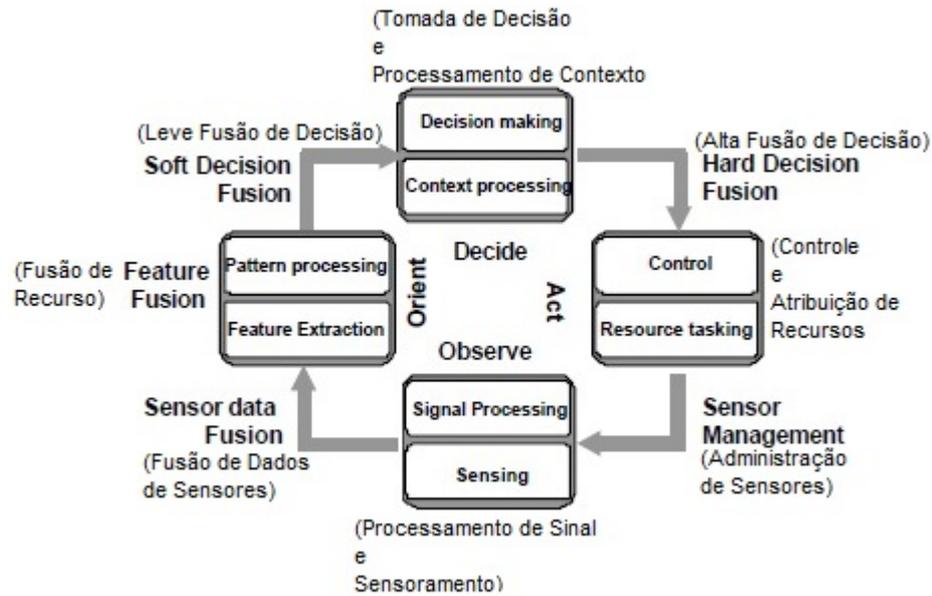


Figura 3: Fluxo básico do Omnibus traduzido de (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001)

2.3 Modelo OODA Estendido

O modelo OODA Estendido (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001) tem como base a combinação do *OODA Loop*, JDL e Omnibus ele tem as mesmas características como: fechamento do *loop* entre a tomada de decisão e o ambiente, fornece para o refinamento de processo (nível 4 do modelo JDL) o poder de agir em todas as fases do processo de tomada de decisão e também garante a capacidade de funcionamento de *loop* dentro de *loop* do modelo Omnibus. Em contrapartida desse modelo ser uma combinação de outros modelos como dito anteriormente, provoca várias desvantagens como: Vários *loops* interativos do OODA e vários *loops* do refinamento de processo na fase "Act" causando um impacto em todas as fases da tomada de decisão, inclui tomada de decisão na capacidade de Administração de Recursos para o sistema de fusão de dados interagindo com o ambiente e também fornece meios de expressar as interações entre os níveis de fusão de dados, permite qualquer implementação, arquitetura de fusão, decomposição da funcionalidade e diferentes funções podem ser criadas utilizando uma abordagem diferente, mais apropriadas para os requerimentos de função da tomada de decisão. Na Figura 4 é ilustrado o modelo OODA Estendido para fusão de dados.

2.4 Modelo Dasarathy

O modelo Dasarathy, também conhecido como DFD (Data-Feature-Decision) (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007) é um modelo centrado no refinamento de informação no qual os elementos da fusão de dados são focados nas entradas e saídas dos dados e ele recebe dados puros e os processa para retornar uma decisão. Sua vantagem é que ele é totalmente constituído por blocos de execução que podem ser interligados ou não e quanto mais interligados, mais complexa é sua fusão dos dados. Na Figura 5 é ilustrado o modelo Dasarathy.

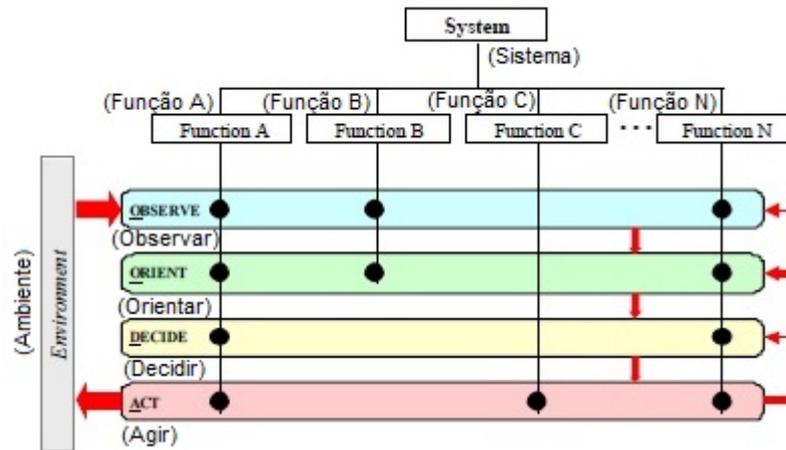


Figura 4: Modelo OODA Estendido para fusão de dados traduzido de (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001)

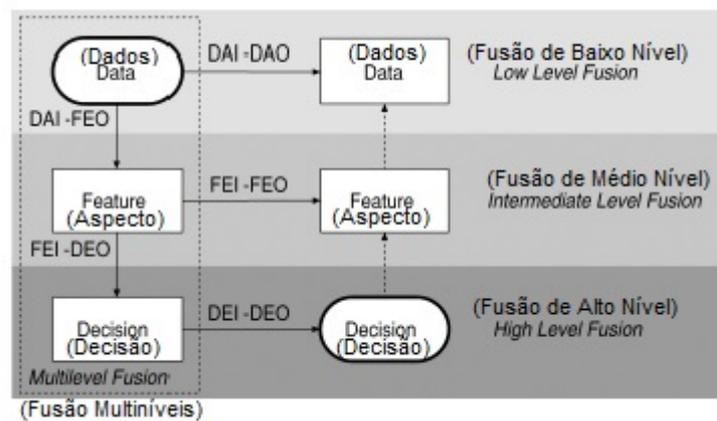


Figura 5: Modelo Dasarathy traduzido de (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007)

2.5 Modelo *Intelligence Cycle*

O modelo *Intelligence Cycle* (Dasarathy, 1997) tem o funcionamento de loop parecido com o OODA, também tem quatro estágios de execução conhecidos como: Coleta (*Collection*), Verificação (*Collation*), Avaliação (*Evaluation*) e Disseminação (*Dissemination*). No estágio de Coleta ele recebe dados puros do ambiente e passa para o estágio de Verificação que capta esses dados e os analisa, caso tenha algum dado irrelevante ele descarta, no estágio de Avaliação é feita a fusão dos dados e reavaliados e no estágio de Disseminação o usuário recebe a fusão do estágio anterior e tem de tomar uma decisão para o cenário observado. Na Figura 6 é ilustrado o modelo *Intelligence Cycle*.

2.6 Modelo Orientado a Objeto (*Object Oriented Model*)

O modelo Orientado a Objeto (Shulsky e Schmitt, 2002) não especifica as atividades de fusão utilizadas, mas ele denota um grupo de papéis e os interliga em um ciclo de execução. Os papéis são identificados como Ator (*Actor*), Observador (*Perceiver*), Diretor (*Director*) e Administrador (*Manager*). O Ator tem a função de captar os dados e agir no ambiente. O Observador tem a função de avaliar os dados captados e gerar uma análise para o Diretor. O Diretor tem a função de gerar um plano de ação conforme a análise do Observador. O Administrador tem a função de manipular os Atores para que sigam o plano de ação gerado pelo Diretor. Na Figura 7 é ilustrada uma imagem simplificada do modelo.

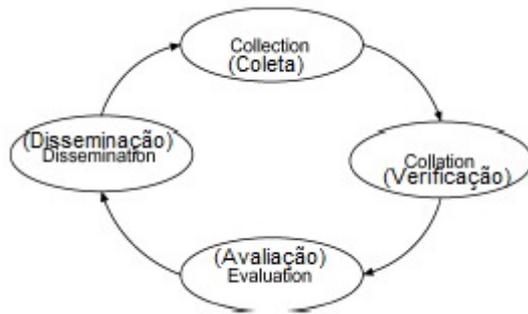


Figura 6: Modelo *Intelligence Cycle* traduzido de (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007)

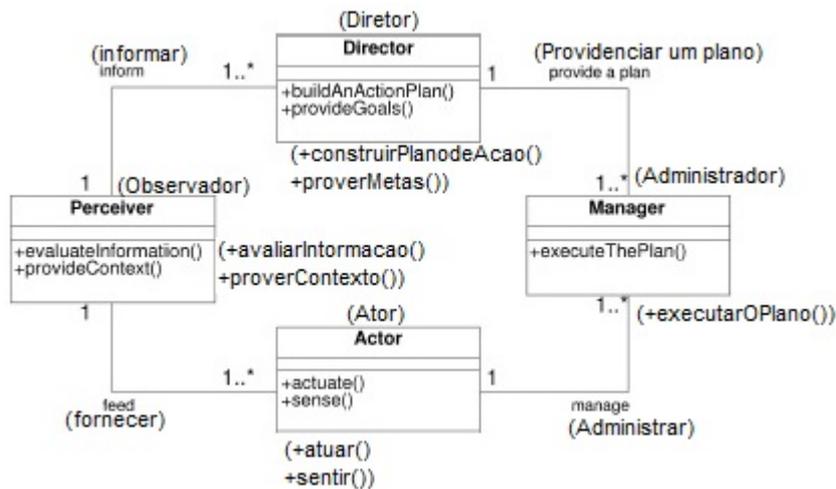


Figura 7: Modelo simplificado do Modelo Orientado a Objeto traduzido de (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007)

2.7 Modelo Teoria da Utilidade Esperada (*Expected Utility Theory* ou EUT)

Esse modelo é um tipo de modelo normativo e ele também é um conjunto de modelos (von Winterfeldt e Edwards, 1986).

Basicamente esse modelo molda o comportamento do utilizador para a tomada de decisão seguindo algumas regras racionais. Esse modelo se baseia na não restrição de tempo e de informações com relação à situação.

Ele se utiliza de funções para calcular o valor de probabilidade de sucesso de cada uma dentre todas as alternativas para solução do problema. É baseado em seis princípios: (1) Ordenação das Alternativas, (2) Domínio, (3) Invalidação, (4) Transitividade, (5) Continuidade e (6) Invariância. Caso uma ou mais desses princípios forem violados por uma alternativa durante o processo de tomada de decisão, a solução não será a solução ótima para o problema (Bossé, Roy e Wark, 2007).

Como esse modelo é puramente teórico e ele supõe que o indivíduo tem uma quantidade de tempo ilimitada e tem todos os valores de probabilidade de sucesso de todas as alternativas para um dado problema, o processo de tomada de decisão humano confiaria mais em uma avaliação cognitiva de probabilidades. Desse problema acabou surgindo uma variação desse modelo, chamada de *Subjective Expected Utility Theory* (teoria da utilidade subjetiva esperada ou SEUT), baseada em valores subjetivos (Karmarkar, 1978).

O SEUT sugere que o tomador de decisão utilize-se de estimativas subjetivas para obter uma decisão, ou seja, o processo de tomada de decisão diz que cada alternativa e o resultado de uma combinação dos

valores dados a uma consequência por um indivíduo e o valor de ocorrência real que o mesmo supõe.

O EUT e o SEUT utilizam-se do conceito de probabilidade em todas as alternativas de um problema e seus resultados para representar a incerteza. E como esses modelos limitam sua utilização em ambientes nos quais é possível determinar todas as alternativas para a solução de um problema e sem limite de tempo para isso, eles se tornam difíceis de se encaixar em um ambiente de comando e controle, onde comumente é impossível de se obter todas as alternativas possíveis para um problema e onde se deve tomar decisões em um curto espaço de tempo.

2.8 Modelo Teoria da Probabilidade (*Prospect Theory*)

A teoria da probabilidade é um modelo baseado no modelo EUT e que a decisão é tomada a partir da escolha de uma opção dentro de um conjunto de palpites incertos. Diferentemente do EUT, esse modelo utiliza-se de funções para avaliar os ganhos e perdas de cada alternativa para o problema e a função para ganhos é completamente diferente da de perdas. A função para perdas é convexa e muito complexa, e a função para ganhos é côncava e simples (Bossé, Roy e Wark, 2007).

Esse modelo basicamente é psicológico e comportamental. Ele utiliza valores subjetivos voltado para os fatores cognitivos e com isso diminui a utilização de uma pessoa para estimar a probabilidade de sucesso das alternativas, tornando-o mais adequado para situações com curto espaço de tempo para a tomada de uma decisão. Mesmo assim, necessita de uma análise completa e comparação de todas as alternativas para se chegar a uma escolha e, como é baseado no modelo EUT, mantém o problema de ter que conhecer todas as alternativas possíveis para um problema em ambiente de comando e controle.

2.9 Modelo Teoria do Arrependimento (*Regret Theory*)

Esse modelo se baseia na avaliação de eventos hipotéticos utilizando as consequências de outra escolha como referência e depende de duas premissas: (1) mais na experiência de sensação das pessoas como arrependimento, e (2) quando a tomada de decisão envolve incerteza, o tomador de decisão tenta antecipar e avaliar esses tipos de sensações (Bossé, Roy e Wark, 2007).

2.10 Modelo Racionalidade Limitada (*Bounded Rationality*)

O conjunto de modelos de racionalidade limitada refere-se a problemas nos quais a pessoa tem de escolher uma opção que não pode ser racionalizada, ou seja, não pode ser reduzido a nenhum tipo de dimensão (por exemplo, valor ou utilidade). Esses modelos tem duas características básicas: (1) as decisões não devem seguir um princípio de otimização ou maximização, e (2) as decisões não devem conter uma análise exaustiva de todas as alternativas (Bossé, Roy e Wark, 2007).

2.11 Modelo Satisfação (*Satisfying*)

Satisfying foi proposto para que as pessoas levassem em consideração na escolha de uma alternativa somente a solução do problema e não a solução mais otimizada (Simon, 1956). Esse modelo foi desenvolvido para tomadas de decisão organizacional mas também pode ser aplicado para tomada de decisão individual. Nesse modelo o tomador de decisão elabora uma meta a ser conquistada e escolhe opções que possibilitem conquistar essa meta, buscando a alternativa que consiga cumprir somente as mais importantes necessidades e requerimentos de um problema, sem perder tempo na avaliação de cada alternativa para encontrar a melhor (Plous, 1993).

Esse modelo é uma busca heurística simples que reduz o custo requerido pelos modelos racionais para examinar todas as possibilidades e calcular as probabilidades, mas necessita de uma boa quantidade de processamento para determinar qual o tipo de necessidade atual que será utilizado como critério de parada

(Gigerenzer e Todd, 1999). Ele tem a capacidade de lidar com incerteza somente se não seja necessário um completo conhecimento do problema observado. Como esse modelo não desperdiça tempo avaliando todas as alternativas, ele se mostra um excelente modelo para ambientes com pouco tempo para tomar uma decisão (Bossé, Roy e Wark, 2007).

2.12 Modelos de Estratégia Heurística para Decisão de Multiatributos (*Heuristic Multiattribute Decision Strategies Models*)

Foram criadas algumas buscas heurísticas voltadas para tomadas de decisão multiatributos (Bedworth e O'Brien, 2000). A Tabela 2 ilustra algumas buscas heurísticas baseadas nos três seguintes princípios:

1. A informação é processada alternativamente sábia ou sugestivamente sábia. Estratégias alternativamente sábias processam todas as informações sugestivas de uma dada alternativa antes de seguir para a próxima. Estratégias sugestivamente sábias comparam todas as alternativas em uma dada sugestão antes de ir para a próxima sugestão (Bossé, Roy e Wark, 2007).
2. A estratégia pode ou não habilitar compensação. Uma estratégia compensatória integra informação acima de sugestões. Mas uma certa sugestão pode prevalecer sobre outras sugestões (Bossé, Roy e Wark, 2007).
3. Uma estratégia deve ter uma regra de parada para possibilitar a interrupção de obtenção de informação e análise (Bossé, Roy e Wark, 2007).

Rieskamp e Hoffrage (Rieskamp e Hoffrage, 1999) observaram que em um curto espaço de tempo, os tomadores de decisão optam por uma estratégia não-compensatória como a lexicográfica e sem a pressão do tempo, a estratégia pró ponderada é a melhor escolha. Para cenários com incerteza, estratégias não-compensatórias tendem a ser escolhidas desde que não tenham que fazer buscas exaustivas por informação.

2.13 Modelo de Decisão de Reconhecimento Prévio (*Recognition-Primed Decision Model ou RPD*)

Esse modelo, desenvolvido por (Klein, 1997), diz que os tomadores de decisão experientes ao invés de ponderarem as vantagens e as desvantagens das alternativas para a solução de um problema, eles utilizam sua experiência para escolher qual alternativa será utilizada para solucionar o problema. Por isso esse modelo se mostra adequado para modelos que envolvem incerteza e falta de informação e em situações onde o operador deve tomar decisão sobre pressão. A Figura 8 ilustra o modelo e suas fases.

O modelo RPD é dividido em 4 fases: (1) Reconhecimento da situação atual, (2) Entender a situação com foco nas expectativas, sugestões e metas, (3) Relembrar protótipos relevantes de ações de experiência prévia, e (4) Avaliação, através de simulação mental, das consequências de cada curso de ação considerado. Cada alternativa nesse modelo são avaliadas independentemente, ou seja, não há uma comparação das alternativas como nos modelos de tomada de decisão tradicionais (Bossé, Roy e Wark, 2007).

O RPD pode obter uma escolha de curso de ação através de 3 níveis: (a) Combinação Simples, (b) Diagnóstico da situação, e (c) Avaliação do curso de ação.

O primeiro nível é utilizado em situações simples e diretas, ou seja, situações nas quais o tomador de decisão reconhece facilmente os objetivos, o problema e qual curso de ação deve ser utilizado. Já o segundo nível é utilizado em casos de incerteza à respeito da situação. Nesse nível utiliza-se diagnósticos da situação para tentar relacionar uma situação com os motivos que a causou para que o tomador de decisão possa definir qual a situação e escolher um curso de ação. E como essa escolha deve ser feita com base na avaliação das situações, esse nível se torna essencial em situações que envolvem incerteza,

<i>Nome da estratégia</i>	<i>Descrição</i>	<i>Compensatória ou Não-compensatória</i>	<i>Sugestivamente Sábia ou Alternativamente Sábia</i>	<i>Regra de Parada</i>
Regra de Franklin	Essa estratégia calcula a soma dos valores das pistas multiplicado pelos seus pesos correspondentes para cada alternativa e seleciona a alternativa com o maior valor	Compensatória	Alternativamente sábia	Não
pro-ponderada	Essa estratégia seleciona a alternativa com a maior quantidade de pros. Uma pista que tem um valor maior para uma alternativa do que outra, é considerada um pro à essa alternativa. O peso desse pro é determinado pela validade da pista particular	Compensatória	Sugestivamente sábia ou alternativamente sábia	Não
Lexicográfica (LEX)	Essa estratégia seleciona a alternativa com o maior valor da pista na pista com a maior validade. Se houver empate, o palpite com o maior valor de validade é considerado e assim por diante	Não-compensatória	Sugestivamente Sábia	Sim
Reconhecimento	Se uma ou duas alternativas são reconhecidas e outra não, a alternativa reconhecida recebe um valor maior. Em um conjunto de comparações emparelhadas, a alternativa de maior valor é selecionada	Compensatória	Alternativamente Sábia	Não
Eliminação por aspectos (EBA)	Essa estratégia elimina todas as alternativas que não excedem um valor específico na primeira pista examinada. O procedimento é repetido até que reste somente uma alternativa. A ordem é determinada pela validade da pista	Não-compensatória	Sugestivamente Sábia	Sim

Tabela 2: Descrição das estratégias heurísticas adaptada de (Bossé, Roy e Wark, 2007)

como os ambientes de C2 (Plous, 1993) (Klein, 1997). No terceiro nível é utilizado em situações mais complicadas de serem interpretadas, e elas requerem que tenha uma simulação mental do curso de ação avaliando quais as possíveis problemas e possíveis soluções, determinando qual curso deve ser escolhido.

De acordo com (Klein, 1996) no nível 2 ou 3, cada tomador de decisão tem a sua técnica, mas para o nível 2 as técnicas são visadas para um objetivo principal, destacando singularidades da situação. A técnica mais utilizada é conhecida como Combinação de Característica (Bossé, Roy e Wark, 2007).

2.14 Modelo Teoria da Imagem (*Image Theory*)

A teoria da imagem representa que o tomador de decisão baseia sua decisão em 3 imagens: (1) Imagem de Valor, (2) Imagem de trajetória e (3) Imagem de estratégia.

A primeira imagem basicamente se baseia nos valores, regras éticas e morais do tomador de decisão. A segunda imagem demonstra os objetivos e resultados que o curso de ação deva conter. A terceira

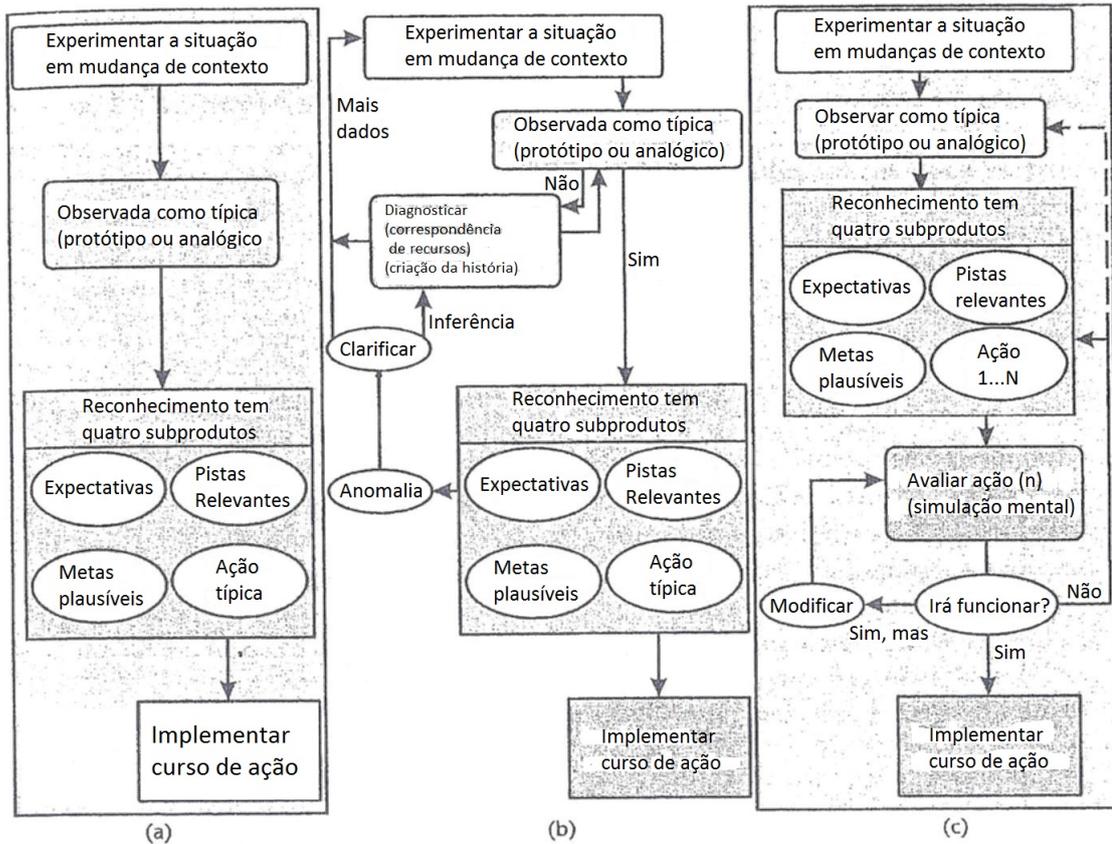


Figura 8: O modelo RPD: (a) combinação simples, (b) diagnóstico da situação e, (c) avaliação do curso de ação traduzido de (Klein, 1997).

imagem é utilizada para construir os planos de ação para os objetivos observados na segunda imagem e cada um desses planos devem ter um aspecto tático e prospectivo. E para que os planos não se interfiram, o tomador de decisão tem de organizá-los.

Nesse modelo, quando o tomador de decisão se depara com uma situação diferente, ele tenta através de palpites para retomar da memória alguns aspectos importantes que levem em consideração as 3 imagens. Esse pequeno processo faz com que o tomador de decisão se recorde de situações parecidas, facilitando a identificação dos objetivos e o que se fazer para solucionar o problema.

Dentro da Teoria da imagem existem dois tipos de decisão, a decisão adotiva e a decisão progressiva. A decisão adotiva se baseia em novos objetivos ou planos da situação atual e identifica seus elementos e esse tipo de decisão tem dois passos, determinando as alternativas distintas existentes e selecionando a melhor opção. O segundo tipo avalia a evolução do plano adotado levando em consideração os objetivos conquistados (Bossé, Roy e Wark, 2007).

De acordo com Beach, existem também dois tipos de mecanismos decisoriais, o teste de compatibilidade e o teste de lucro. O teste de compatibilidade compara a opção escolhida com o frame de decisão obtido das 3 imagens. O teste de lucro avalia a quantidade de consequências obtidas do problema e auxilia ao tomador de decisão escolher a melhor estratégia para o problema. Esse mecanismo toma como princípio que cada pessoa tem conhecimento de estratégias básicas e a estratégia selecionada dependerá de três fatores: Características da escolha, Ambiente e Tomador de Decisão.

2.15 Modelo de Cenário (*Scenario Model*)

Esse modelo se baseia na simulação de um cenário para avaliar as consequências de eventos particulares do cenário. Nesse modelo existem quatro passos a serem seguidos. Primeiro o tomador de decisão busca informações em sua memória para construir cláusulas se-então, baseando-se no ponto de referência que contém os objetivos e o frame que a decisão deve conter. Segundo, essas proposições criadas são utilizadas pra criar uma rede cognitiva de relações causais. Terceiro, o tomador de decisão aplica um valor à cláusula se e obtém todos os cenários possíveis desse valor. Quarto, o tomador de decisão determina as consequências de todos esses cenários baseado em seu modelo e concebe previsões (Beach, 1997).

2.16 Modelos Dirigidos a Argumentos (*Argument-Driven Models*)

Modelos do tipo argumentativo exigem que o centro dos processos de tomada de decisão é o estabelecimento de argumentos a favor e contra ao curso de ação escolhido. Com base no que foi dito por Lipshitz(Bossé, Roy e Wark, 2007) sobre a ação dirigida por argumento (ADA), o tomador de decisão inicia sua avaliação com base em seu conhecimento prévio. Existem dois tipos de mecanismos no ADA: combinação e reavaliação.

A combinação basicamente escolhe o curso de ação que satisfaça as necessidades sem que haja comparações de alternativas (Bossé, Roy e Wark, 2007).

A reavaliação é um modo de reavaliar as ações de um curso previamente confiável. Esse mecanismo é visto como base de aprendizado através dos erros (Bossé, Roy e Wark, 2007).

Modelos argumentativos são utilizados quando não somente tem de se explicar o curso de ação selecionado, mas também para quando necessita explicar o porquê da escolha.

No ADA, a incerteza pode complicar o mecanismo de combinação, dificultando ter um argumento válido quando a situação é imprecisa ou incompleta. O ADA propõe que a incerteza deve ser utilizada para interromper a ação em curso e provocar reavaliação da situação, mostrando que esse modelo é adequado para representação de incerteza. Mas devido a essa reavaliação, providenciar um argumento válido pode requerer muito tempo, tornando esse modelo inadequado para tomadas de decisão sobre pressão (Bossé, Roy e Wark, 2007).

2.17 Modelo Perícia-Norma-Conhecimento (*Skill-Rule-Knowledge Model* ou **SRK**)

Esse modelo, elaborado por (Rasmussen, 1983),(Rasmussen, 1986) e (Rasmussen, 1993) é dividido em 3 níveis de controle cognitivo para auxiliar na tomada de decisão. No nível de Conhecimento atuam os tomadores de decisão mais novos, ou seja, sem experiência para tomar uma decisão em qualquer situação. No nível de Perícia atuam os tomadores de decisão experientes com a possibilidade da mudança de níveis, caso a tarefa a ser cumprida seja nova para o tomador de decisão (nesse caso, ele pode alternar para o nível de Conhecimento). A figura 9 ilustra o modelo SRK.

O nível de Perícia é utilizado somente por quem tem grande experiência na tarefa, agindo de maneira automática e subconsciente (Wickens, Gordon e Liu, 1998).

O nível de Norma é utilizado pelas pessoas que conhecem a tarefa a ser cumprida mas não tem experiência lidando com ela, agindo de forma consciente já que deve avaliar fatos que se destacam na tarefa (Wickens, Gordon e Liu, 1998).

O nível de Conhecimento é utilizando quando o tomador de decisão não tem experiência nenhuma com a tarefa a ser cumprida, ou seja, não há nenhuma regra coletada de experiências passadas para cumprir a tarefa. Nesse caso o utilizador inicia o processo dando significado às informações, após isso ele inclui

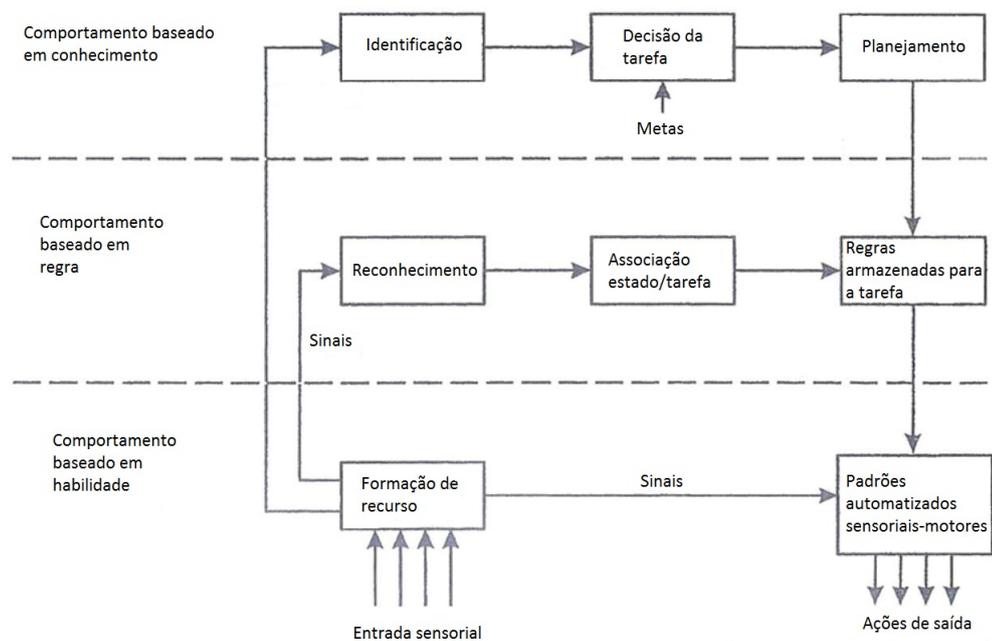


Figura 9: Modelo SRK traduzido de (Rasmussen, 1983)

em um frame de identificação todos esses significados para finalmente esses palpites sejam processados com foco nas metas (Wickens, Gordon e Liu, 1998).

2.18 Modelo Integrado da Tomada de Decisão do Mundo Real

Esse modelo combina várias visualizações de tomada de decisão naturalista para um modelo de processamento de informação genérico (Gordon, 1997). Os níveis de controle cognitivo pertencentes ao modelo SRK de Rasmussen (Rasmussen, 1983), (Rasmussen, 1986) e (Rasmussen, 1993) foram expandidos para um modelo de processamento de informação reconciliando vários processos propostos (Bossé, Roy e Wark, 2007). Nesse modelo os 3 níveis são conhecidos como nível automático baseado em perícia, nível intuitivo baseado em norma e o nível analítico baseado em conhecimento (Wickens, Gordon e Liu, 1998). A figura 10 ilustra esse modelo.

O nível automático baseado em perícia depende dos estímulos ambientais captados e é influenciado por atenção seletiva. Esse nível não é realmente um processo de tomada de decisão já que as informações captadas dispara automaticamente o curso de ação necessário para a tarefa atual (Wickens, Gordon e Liu, 1998).

O nível intuitivo baseado em norma, além de ser correspondente ao nível 1 do modelo de ciência de situação de Endsley, ele necessita de grande empenho cognitivo já que o tomador de decisão deve cuidar de uma variedade de informação (Gordon, 1992).

Caso o nível baseado em norma não consiga obter uma solução adequada ou a situação contém incerteza e tempo de sobra, deve-se trocar para o nível analítico baseado em conhecimento e utilizar os processos mais avaliativos presentes no topo da figura 2.4. O tomador de decisão, se achar necessidade, deve ir ao terceiro nível em qualquer parte do processo caso necessite de uma análise detalhada da tarefa ou da situação, confiando principalmente na simulação mental (Orasanu, 1993).

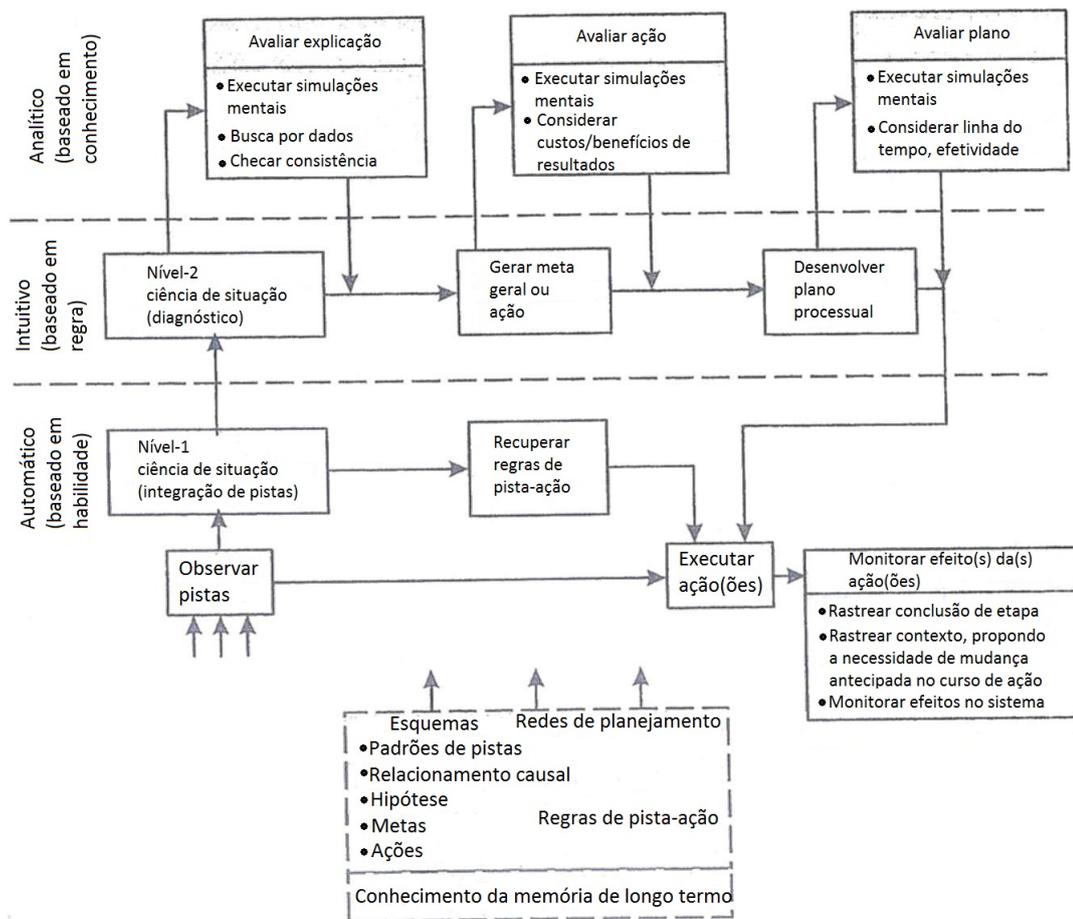


Figura 10: Modelo integrado da tomada de decisão do mundo real traduzido de (Bossé, Roy e Wark, 2007)

2.19 Modelo de Gestão de Conflitos (*Conflict Management Model (CMM)*)

Este modelo é um modelo amplamente conhecido e utilizado pelas forças policiais para auxiliar na tomada de decisão. O CMM é um modelo bastante flexível, pois pode ser utilizado antes, durante ou após qualquer tipo de plano e até mesmo incidentes inesperados, envolvendo conflito ou não. Este modelo disponibiliza um *framework* para gravação de decisões dos responsáveis e os motivos dessas decisões por todo o processo de tomada de decisão e também pode ser utilizado para informar sobre a situação para os oficiais que atenderão a ocorrência (NPJA e ACPO, 2009).

O modo de funcionamento do CMM é parecido com o modelo OODA pois também possui um ciclo contínuo de operação, mas com algumas diferenciações. O ciclo do CMM é continuamente sujeito a revisão com o foco em novas informações que surjam e avaliação dessas novas informações que possam interferir na resposta ao atendimento da ocorrência (NPJA e ACPO, 2009). Este ciclo possui 5 fases, como é ilustrado na Figura 11.

Na fase Informação/Conhecimento Recebida é onde ocorre a coleta de todos os dados da operação que são necessários para que seja feita a avaliação de ameaça, definir o curso de ação e as táticas e também levar à uma resposta proporcional da polícia ao incidente. É importante que todas as informações utilizadas na fase de avaliação do CMM sejam mais precisas e atuais dentro do possível. Esse modelo é bastante dinâmico e necessita de informações atuais, principalmente quando ocorre um incidente espontâneo e a informação disponível no momento provavelmente não é completa (NPJA e ACPO, 2009).

A fase de Avaliação de Ameaça é um processo chave dentro das funções de comando baseadas nas

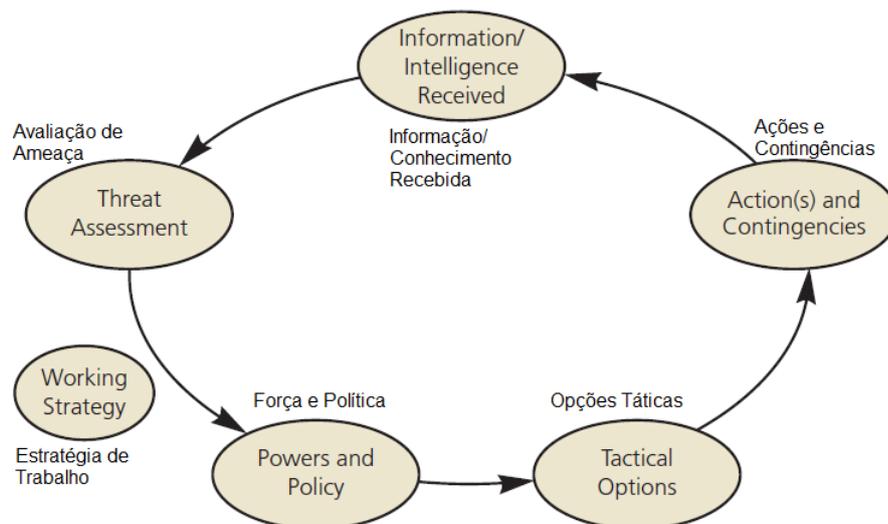


Figura 11: Modelo de gestão de conflito (CMM) adaptado de (NPIA e ACPO, 2009)

informações e ocorre alterações constantemente. Essa fase refere-se ao potencial de evolução da situação para uma situação diferente onde o risco patrimonial ou pessoal seja maior e não há um método formal para ser executada essa fase, segundo (NPIA e ACPO, 2009) deve-se considerar os seguintes pontos:

- Deve ser baseada na informação atual.
- Pode ser baseada em informação histórica.
- Considerar a natureza de qualquer ameaça antecipada e sua proximidade.
- Identificar a quem e sob quais circunstâncias a ameaça pode ocorrer.
- Descrever qualquer consequência ou impacto.
- Considerar a probabilidade de mudança.
- Poder tomar a forma de um relatório analítico ou um perfil sujeito à problema.

Na fase de Força e Política é onde os responsáveis devem considerar as leis e procedimentos que regem a polícia como um todo que podem auxiliar a resolver o incidente. Se o responsável utilizar as leis e os procedimentos adequados para a situação se torna possível o desenvolvimento de um curso de ação que trata de maneira proporcional as ameaças possíveis e também proporciona explicar a razão por trás da decisão tomada (NPIA e ACPO, 2009).

A fase de Opções Táticas possibilita que o responsável avalie e considere qual a maneira mais adequada para aplicar o curso de ação que deve ser tomado no incidente. Ele também propicia que o responsável desenvolva uma descrição clara do curso de ação escolhido, também de qualquer plano de contingência e se manter flexível para o caso de haver uma mudança devido às circunstâncias do incidente. Essa fase também possibilita identificar as medidas de controle necessárias para que se retorne à um estado estável (NPIA e ACPO, 2009).

A fase de Ações e Contingências é onde o responsável deve informar aos oficiais qual o curso de ação que deve ser tomado, quais recursos serão utilizados, quais as opções táticas disponíveis e delegar as funções que os oficiais devem cumprir para que o incidente seja resolvido de maneira adequada e proporcional (NPIA e ACPO, 2009).

No capítulo a seguir são descritos um guia para uma boa tomada de decisão com seus estágios e passos e os fatores humanos avaliados como relevantes para o processo de tomada de decisão.

3 Tomada de Decisão em Sistemas Críticos e Fatores Humanos

Em um ambiente que utiliza a aplicação de C2, é necessário que se tome algumas decisões para concluir um objetivo ou tarefa previamente especificados e também existem dois tipos de incidentes dentro do ambiente que são incidentes espontâneos e incidentes pré-reconhecidos.

Incidentes espontâneos são aqueles tipos de ocorrências que não podem ser previstos com tempo suficiente para planejar uma operação de contenção, por exemplo, um acidente de trânsito no qual um motorista atravessou o cruzamento com o sinal fechado. Incidentes pré-reconhecidos são os que a polícia tem a oportunidade e tempo suficientes para elaborar um plano de ação para evitar quaisquer ocorrências que podem haver, por exemplo, desentendimento entre torcidas nos arredores do estádio após a partida ter sido encerrada.

Para auxiliar os oficiais responsáveis pelas tomadas de decisões, a empresa Queensland Ombudsman desenvolveu um guia para auxiliar os especialistas que são responsáveis pelas tomadas de decisões em repartições públicas. Foi proposto por (Ombudsman, 2007) que a tomada de decisão fosse dividida em 4 estágios e 14 passos onde dentro do primeiro estágio estão os 7 primeiros passos, no segundo estágio estão os passos 8, 9 e 10, no terceiro estágio estão os passos 11, 12 e 13 e no quarto e último estágio está o passo 14.

O primeiro estágio foi nomeado como Preparação para a Decisão e nesse estágio está concentrado a maior parte dos passos que devem ser seguidos, o primeiro sendo a Identificação e Armazenamento das Questões-Chave. Nesse passo deve se identificar quais informações são relevantes para a tomada de decisão, determinar quais informações devem ser colhidas para a tomada de decisão, as possíveis decisões que podem ser tomadas e se é possível ou necessário delegar à alguém essa tomada de decisão, as regras e políticas atribuídas ao departamento e se existe algum conflito de interesses que possa atrapalhar a tomada de decisão.

O segundo passo desse estágio é o Início e Armazenamento de Registros de Documentos que consiste em armazenar qualquer tipo de comunicação e atividades desenvolvidas dentro do processo de tomada de decisão independente de sua natureza.

O terceiro passo é a Leitura e Entendimento de sua Legislação onde todos os envolvidos no processo devem saber quais legislações devem ser seguidas e caso o sentido ou a aplicação da legislação não esteja clara, devem considerar adquirir um conselho legal antes de seguir com o processo.

O quarto passo é a Checagem da Autorização Legal para Tomar a Decisão, onde deve ser avaliada se alguma legislação impede ou especifica quem deve tomar a decisão e caso foi delegada essa tarefa para alguém que não tenha as especificações para realizar essa tarefa, ele deve se assegurar que tem todas as autorizações necessárias para efetuar essa tarefa.

O quinto passo é a Identificação e Entendimento das Práticas e Políticas de seu Departamento, onde todos os envolvidos devem conhecer as práticas e as políticas do departamento para que sejam seguidas à risca para que se tome uma decisão e é importante também guardar as decisões que se refram a alguma política do departamento.

O sexto passo é a identificação e Entendimento do procedimento que será Seguido, onde existem o tipo Estatutário que são os procedimentos exemplificados pela legislação, o tipo Leis Gerais ou Comuns que são os procedimentos criados pelo judiciário para garantir a justiça em tomadas de decisões administrativas e o tipo Administrativo que são os procedimentos criados pelos departamentos para circunstâncias onde a legislação não indica qual o procedimento adequado para ser seguido.

O sétimo e último passo do primeiro estágio é Estabelecer um Prazo para a Tomada de Decisão. Nesse passo caso a legislação estipule um prazo para que uma decisão seja tomada, os responsáveis pela tomada de decisão devem cumprir com esse prazo. Caso não esteja estipulado um prazo para a tomada de decisão, ela deve ser tomada o mais rápido possível. Lembrando-se sempre de armazenar tudo o que ocorre mesmo que não seja possível cumprir com o tempo limite estipulado caso a tomada de decisão seja complexa.

Após completado todos os passos do primeiro estágio, inicia-se o segundo estágio conhecido como Desenvolvimento da Decisão onde existem três passos. O primeiro desse estágio e oitavo com relação à todo o processo de tomada de decisão é o Seguimento do procedimento, onde se inicia na prática a tomada de decisão utilizando-se do ou dos procedimentos estabelecidos no sexto passo.

O nono passo consiste na Coleta e Armazenamento de todas as Informações Relevantes, onde se avalia com base no procedimento adotado as informações relevantes identificadas no primeiro passo e se realiza a coleta das informações relevantes que não foram encontradas.

O décimo passo consiste na Observação da Justiça Natural, caso não exista nada na legislação que indique qual decisão tomar, utiliza-se da razão do oficial responsável pela tomada de decisão para que a decisão não seja injusta propositalmente para alguém e se caso a decisão afete diretamente a alguém, essa pessoa deve ter uma chance de comentar sobre o que seja desfavorável à ele.

Nesse momento se inicia o estágio de Tomada de Decisão, onde encontra-se o décimo primeiro passo que é a procura e Armazenamento dos fatos. Esse passo consiste em avaliação de todos os supostos fatos e os que forem avaliados como suficientes para a tomada de decisão, eles são armazenados e mesmo que não sejam suficientes eles também são armazenados mas não são utilizados.

O décimo segundo passo, conhecido como Aplicação da Lei nos Fatos, é julgado os fatos relevantes para a tomada de decisão com base nas leis do departamento indicando se são realmente úteis para a tomada de decisão.

O décimo terceiro passo que tem o nome de Exercer Razoavelmente sua Descrição, é o passo onde efetivamente se escolhe qual a decisão deve ser tomada para ser aplicada à situação.

O último estágio, nomeado de Comunicação da Decisão, é onde se informa a decisão que deve ser seguida por todos. Nesse estágio também tem o décimo quarto e último passo que foi nomeado como Fornecer Razões Significativas e Precisas, onde o responsável pela tomada de decisão deve fazer com que fique claro o motivo da escolha, utilizando-se dos dados, procedimentos e legislações que culminaram na decisão tomada.

Dentro do conceito de C2 existem basicamente algumas tarefas a serem realizadas como a identificação de alvo, comunicações diversas e alocação de recursos. Para essas tarefas serem cumpridas, existem vários passos específicos que devem ser dados e normalmente podem ser subdivididos em menores passos.

No caso da alocação de recursos os fatores que afetam significativamente sua execução são a disponibilidade de recursos (pessoal, veículos), tempo de resposta de um chamado e necessidade real de recursos para a solução da chamada.

Tratando-se de ambientes de C2, as situações e variáveis que terão de ser enfrentadas são dinâmicas, ou seja, se modificam rapidamente, tornando a alocação de recursos extremamente complexa de ser efetuada.

No caso da disponibilidade de recursos, não se tem como prever quando um oficial necessita se ausentar por problemas pessoais e de doença e também quando um equipamento terá problemas que o impossibilite de ser utilizado, mas pode se diminuir as chances desses problemas ocorrerem elaborando uma escala de horários que não sobrecarreguem os oficiais e também revisões constantes dos equipamentos para se assegurar de que tudo está em ordem.

3.1 Fatores Humanos em Tomada de Decisão em Sistemas Críticos

Quando se trata de tomada de decisão, existem alguns fatores que devem ser considerados para que a opção escolhida seja a mais adequada. No caso de ambientes de comando e controle, o responsável pode ser influenciado por fatores próprios ou externos a ele. Sendo que em um contexto ambiental no qual a decisão deve ser tomada pode influenciar no resultado, assim como pode dificultar a medição de traços de personalidade em um comportamento específico de tomada de decisão (Hall e Jordan, 2010).

Os fatores próprios que podem influenciar na decisão podem ser divididos em Fatores Atrelados à Personalidade e Fatores Não Atrelados à Personalidade. No caso dos Fatores Não Atrelados à Personalidade, ao todo são dez características que devem ser consideradas para uma boa tomada de decisão e serão descritas logo a seguir. Cansaço do responsável, já que causa a perda de habilidades cognitivas, impossibilitando que o responsável analise os dados relacionados ao problema e também avaliar e tomar uma decisão adequada da situação (Riveiro, 2007). Pressão de prazo, o que pode causar a redução de atenção do responsável, o excesso de confiança em informações desnecessárias para a tomada de decisão e a crença em poucas fontes ou informações para se tomar uma decisão, causando uma avaliação inadequada da situação e ocasionando na escolha de uma decisão impropria para a situação (Rogova e Nimier, 2004).

Ainda dentro dos Fatores Não Atrelados à Personalidade existe o Estresse, já que pode provocar distração e desorganização do responsável, pode incapacitar que ele possa se recordar de experiências passadas para tomar uma decisão e também a tendência para arrogância ou respostas habituais para controlar o comportamento, impossibilitando com que ele avalie de maneira adequada os dados e a situação (Robertson et al, 2009). Sobrecarga de Trabalho, quando o responsável acredita que a complexidade dos problemas excedem sua capacidade ou a organização não possui recursos adequados para tomar uma decisão, eles devem tomar uma decisão política crucial sem avaliar corretamente as informações pertinentes, levando ao responsável concluir que não pode avaliar a situação e os dados sem sequer ter tentado ao menos uma vez (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001). Experiência, pois evidências sugerem que habilidades de comando de batalha não vem somente de talento puro, mas sim anos de prática, experiência e amadurecimento, pois existem situações que tem maiores chances de se obter sucesso utilizando-se de procedimentos diferentes aos ensinados em academias militares, ou seja, aprendidos ao longo do tempo (Boyd, 1987).

Continuando a descrição temos o Pessoal, quando o oficial tem ciência da incompetência do seu pessoal, o que causa atraso na tomada de decisão pois o oficial precisa explicar sua percepção da situação para que possa delegar funções à eles, e mesmo assim correndo o risco de se ter mais problemas durante a aplicação da decisão devido às características do seu pessoal (Bedworth e O'Brien, 2000). Treinamento, já que o tempo de treinamento com tropas e estudos em academias militares são fatores cruciais para o desenvolvimento de futuros comandantes de campo de batalha, o que nos remete à uma ligação com a experiência, pois o treinamento possibilita que o oficial possa testar maneiras diferentes de se atender à uma ocorrência, fazendo com que ele possa criar seus próprios métodos e amadurecer suas ideias com os erros (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007).

Temos também as Habilidades de Liderança, já que líderes bem sucedidos tem a capacidade de avaliar rapidamente situações inconstantes e assimilar grande quantidade de informações conflitantes, o que nos leva também à experiência, já que quanto mais experiência o responsável tem, menos tempo ele leva para avaliar os dados e a situação para se obter um curso de ação (Boyd, 1987). Quantidade e Qualidade de Informação, já que quanto mais informação o responsável obtém, mais pode ocorrer inconsistência e

conflito entre as informações, causando dúvida no responsável e por consequência o atraso da tomada de decisão por ele acreditar que necessita de mais informações para avaliar a situação adequadamente (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007). E por fim a Complexidade da Tarefa, pois a combinação das alternativas e atributos podem acarretar em um aumento significativo do risco da tarefa, ou seja, em uma avaliação mais superficial da situação ela aparenta ser simples de ser solucionada, mas após uma avaliação adequada, percebe-se que a situação é bem mais complexa do que aparentava ser anteriormente (Dasarathy, 1997).

Nos Fatores Atrelados à Personalidade os problemas podem ocorrer com relação a atitudes arriscadas e intolerância à ambiguidade por parte do responsável. Caso o responsável seja mais tolerante à esses fatores, eles demonstram maior confiança na opção selecionada e no caso de responsáveis com pouca tolerância, eles acabam interpretando que a falta de informação ou informação imprecisa é um risco para serem utilizadas para tomar uma decisão mesmo que seja necessário (Shulsky e Schmitt, 2002).

Quando entramos na área de visualização dos dados, existem três princípios: Pré-visualização Atenta, Estabilidade Espacial e proximidade. Dentro da Pré-Visualização Atenta, a percepção humana tem a capacidade de reconhecer incoscientemente cores, padrões e movimentos, ou seja, no caso de uma avaliação de dados em uma tela, a mente faz um escaneamento superficial buscando algo que se destaque antes mesmo da pessoa completar a busca visual (Kokar, Bedworth e Frankel, 2000).

Com relação a Estabilidade Espacial é dito que a nossa percepção, após buscar as cores, padrões e movimentos, ela consegue armazenar memórias espaciais, ou seja, ela incoscientemente armazena a localização das informações visualizadas para facilitar a procura em outro momento que ela necessitar (Kokar, Bedworth e Frankel, 2000).

E no princípio de proximidade é dito que para que possa agilizar o processo de reconhecimento de informações, a percepção humana tenta rapidamente reconhecer agrupamentos de dados das visualizações, sendo que a visualização tenha ou não sido criada com esse propósito. Ou seja, a mente faz um escaneamento superficial da visualização e conjuga informações parecidas que estão próximas entre si (Kokar, Bedworth e Frankel, 2000).

No capítulo a seguir são descritos o método de divisão do trabalho, o comparativo dos modelos descritos no capítulo 2, o estudo de caso criado para a avaliação dos modelos, o modelo proposto por esse trabalho e os resultados obtidos com a elaboração desse trabalho.

4 Métodos de Pesquisa

Para o desenvolvimento do trabalho, foi dividido em quatro fases: Revisão dos Modelos de Tomada de Decisão, Avaliação dos Modelos Revisados, Proposta de um Novo Modelo e Avaliação do Modelo Proposto. Na Figura 12 é ilustrada as fases que o trabalho foi dividido.

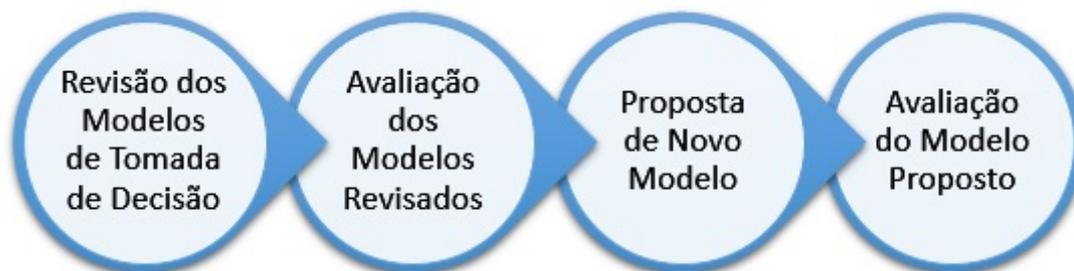


Figura 12: Método de divisão do trabalho

Na fase de Revisão dos Modelos de Tomada de Decisão primeiramente foi feita a avaliação dos conceitos de C2, fusão de dados e qualidade da informação para que pudesse compreender em que é baseado o funcionamento dos modelos, possibilitando que fosse feito o levantamento dos modelos já propostos por outros trabalhos através de artigos e livros e apontar suas características mais importantes.

Na fase de Avaliação dos Modelos Revisados foi realizada a avaliação dos modelos levantados previamente com base no guia para tomada de decisão feito pela empresa Queensland Ombudsman (Ombudsman, 2007) e com base também no procedimento Operacional Padrão (POP) da Polícia Militar utilizando um cenário prático. O resultado da avaliação pode ser encontrado na seção 5.1, Comparativos dos Modelos Revisados.

Na fase de proposta de um Novo Modelo foram levados em consideração os mesmos fatores utilizados na avaliação dos modelos e o resultado da avaliação para avaliar a necessidade de um novo modelo. Já que na fase anterior do trabalho não foi encontrado nenhum modelo que considerasse todos os fatores envolvidos em um processo de tomada de decisão, foi utilizado como base o modelo que teve compatibilidade com a maior parte dos fatores para que fosse criado o modelo proposto.

E por fim, na fase de Avaliação do Modelo proposto foi utilizado o cenário descrito na Tabela 3 para o teste dos modelos levantados para validar que o modelo proposto por esse trabalho tem a capacidade de avaliar todos os fatores considerados como importantes para serem utilizados no processo de tomada de decisão.

4.1 Comparativos dos Modelos Revisados

Nesse capítulo é feita a avaliação dos modelos que foram descritos no capítulo 3 utilizando um cenário de tumulto criado com base no Procedimento Operacional Padrão da Polícia Militar e na entrevista feita com o Comandante do 9º Batalhão da Polícia Militar do Interior. Durante a saída das torcidas de dentro o estádio Bento de Abreu, localizado na cidade de Marília, houve um desentendimento entre dois torcedores e os mesmos começaram a discutir, e com isso o tumulto vai aumentando devido ao empurra-empurra dentro da multidão até que um dos manifestantes saca uma arma e efetua disparos para cima,

ocasionando em desespero da multidão, relatos à central de atendimento telefônico da polícia informam o ocorrido e a necessidade de averiguação e eventual atendimento da ocorrência por parte da polícia. A descrição de cada passo e seus instantes que são efetuados pela polícia ao atender a um relato via telefone pode ser visualizado na Tabela 3.

<i>Instante</i>	<i>Ator</i>	<i>Atividade</i>
T0	Persona 5	-Pessoas presentes ou próximas ao local ligam para o 190 relatando o fato
T1	Persona 1	-Atende ao chamado relatando distúrbio social durante a saída de jogo de futebol:”pessoa armada efetuou 2 disparos na avenida Vicente Ferreira” e que “aparenta estar descontrolado”
T2	Persona 2	-Cria a ocorrência alertando para o porte de arma de fogo, local, multidão, vítimas e a necessidade de reforços (contextos conhecidos)
T3	Persona 3	-Solicita posts do Twitter e informações de oficiais atribuídos para supervisão da manifestação que ajudem a confirmar o cenário de distúrbio social -Visualizações ilustram os posts com a ocorrência em andamento combinadas com informações qualitativas dos posts -Avalia cenário com base nos dados da ocorrência e nos dados das redes sociais
T4	Persona 4	- Oficiais no local reportam à Persona 2 correria e dispersão generalizada - Identificam que são 2 os homens armados - Reporta dados do local: relato e GPS
T5	Persona 2	-Informa a Persona 3 os relatos recebidos em T3
T6	Persona 3	-Verifica disponibilidade de viaturas próximas ao incidente e as encaminha para reforço -Envia reforço especializado (ex: Força Tática) para acalmar o tumulto
T7	Persona 4	-Realiza abordagem nos suspeitos e caso encontre o instrumento do crime os encaminha até a delegacia Civil para averiguação e eventual realização do boletim de ocorrência

Tabela 3: Cenário utilizado para avaliação dos modelos

Legenda:

- Persona¹ 1: representa o Atendente do 190.

¹Persona: Personagem ou entidade criada para integrar um domínio específico de aplicação

- Persona 2: representa o Gerador de Ocorrências.
- Persona 3: representa o Tenente/Operador COPOM.
- Persona 4: representa a Viatura, ou seja, os oficiais responsáveis por atuar no cenário.
- Persona 5: representa a população.

Utilizando o modelo JDL, foi observado que ele atende boa parte dos requisitos como o levantamento e avaliação de algo que possa interferir na tomada de decisão e no contexto de levantamento e avaliação constante dos dados mas não tem o armazenamento constante dos dados utilizados no processo, não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos e por não seguir as regras que regem a corporação militar, esse modelo pode impossibilitar a decisão do instante T3 em diante por que necessita do conhecimento do POP para tomada de decisão, por exemplo, no caso de inexperiência e não se recordar do procedimento do POP, no instante T6 o tenente não verifica a disponibilidade das viaturas e envia a tropa de cães como reforço especializado, no instante T3 o tenente pode não saber de quais fontes deve requisitar informações para avaliação do cenário, no instante T4 o oficial pode se esquecer de reportar via rádio a situação do local, no instante e no instante T7 o oficial pode realizar a abordagem de maneira errada, colocando em risco a vida de todas as pessoas presentes.

Utilizando o modelo *OODA Loop* que também é conhecido como *Boyd Control Loop* (Boyd, 1987) foi observado que representa exata e simplificada as quatro fases descritas por Queensland Ombudsman(Ombudsman, 2007) e, por isso não se mostra ser um bom modelo já que por ser simplificado pode gerar dúvidas de como e qual a decisão deve ser tomada nos instantes T3, T6 e T7, além da ausência de avaliação constante das informações e das variáveis que possam interferir na tomada de decisão, não tem o armazenamento constante de dados e possíveis decisões e não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos, por exemplo, no instante T3 o tenente fica em dúvida de quais informações ele precisa requisitar para poder avaliar o cenário corretamente ou qual seria a melhor sequência das decisões que ele deve tomar para auxiliar na avaliação do cenário, no instante T6 o tenente desconhecer qual especialidade ser enviada como reforço e no instante T7 o oficial presente no local não saber qual a melhor maneira de se abordar os suspeitos.

Utilizando o modelo Omnibus foi observado que também representa as quatro fases básicas do guia, já que sua base foi constituída a partir do modelo *OODA Loop*, e sua melhora resolveu a ausência de avaliação constante das informações e das variáveis mas não corrigiu a falta de armazenamento constante dos dados e decisões e desconsidera os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos, podendo ocasionar também incerteza para se tomar uma decisão nos instantes T3, T6 e T7 por não considerar o estado emocional e de estresse, por exemplo: no instante T3, o tenente recebe a informação dos oficiais presentes no local do incidente que houve um ferido e a pessoa ferida é alguém próximo à ele, afetando sua capacidade de julgamento imparcial do incidente para poder direcionar as ordens de maneira adequada, no instante T6 o tenente avaliar que na viatura disponível e mais próxima do local para ser enviada está seu filho e acabar enviando outra viatura mais distante do local e no instante T7 o oficial identificar um dos suspeitos como alguém próximo a ele e não saber se realiza a abordagem ou não.

Utilizando o modelo Dasarathy ou DFD (*Data-Feature-Decision*)(Nakamura, Loureiro e Frery, 2007) foi observado que tem uma excelente avaliação dos dados, mas não possui a fase de informar a decisão aos atuadores no cenário e por isso ocasiona problemas nos instantes T4, T5 e T6, onde as respectivas personas devem informar via rádio qual a decisão tomada para que os atuadores efetuem a ação, por exemplo, no instante T4 o oficial não se lembra de que deve relatar o que ele pôde observar antes de intervir na situação, no instante T5 o gerador de ocorrências não informa que a viatura presente no local

requisitou reforços e no instante T6 o tenente não enviou a ordem de reforço as viaturas disponíveis para auxiliar. Também não armazena os dados, decisões e motivos das decisões caso tenha de justificar a decisão tomada e também não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos.

Utilizando o modelo *Intelligence Cycle* foi observado que também tem uma excelente avaliação dos dados e, por não possuir uma fase específica para a tomada de decisão, o responsável pode ficar preso nos instantes T3 e T6 por não ser guiado para tomar uma decisão, por exemplo, no instante T6 o tenente não é capaz de definir em que momento ele deve verificar a disponibilidade de viaturas próximas para serem enviadas como reforço e no instante T3 o tenente não sabe qual o momento adequado para solicitar as informações para avaliação do cenário. Este modelo somente processa os dados e os apresenta para que um especialista tome a decisão, não há armazenamento de dados como os anteriores e não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos.

Utilizando o modelo Orientado a Objeto foi observado que não especifica como são avaliados os dados e as informações e se os mesmos são armazenados, já que esse modelo somente especifica quais as obrigações de cada pessoa envolvida em um cenário de tomada de decisão. Possui um modo de funcionamento totalmente diferente das fases e passos do guia utilizado como referência, não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos e não possui a avaliação das normas descritas no procedimento Operacional Padrão (POP), podendo ocasionar problemas nos instantes T3, T6 e T7 devido suas características, por exemplo, no instante T7 o oficial presente no local do incidente abordar de maneira errada o suspeito, fazendo com que ele se revolte e revide a abordagem com tiros colocando a vida de inocentes em perigo, no instante T6 o tenente enviou a ordem de reforço à uma viatura de ronda escolar ou base móvel e no instante T3 requisitar informações desnecessárias para avaliar o cenário.

Utilizando o modelo EUT foi observado que tem como seu princípio a moldagem do comportamento de quem deve tomar a decisão, não sendo adequado utilizá-lo já que ele parte da premissa que não há limite de tempo para tomada da decisão, o que é uma situação rara em ambientes de C2. Também foi observado que se o responsável pela tomada de decisão for inexperiente ou não consiga avaliar todos os cursos de ação possíveis para solucionar o problema, esse modelo não é capaz de auxiliar a tomar uma decisão e não considera os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos. O modelo SEUT é baseado no EUT mantendo as mesmas características, havendo somente a diferença de que o SEUT utiliza de uma avaliação cognitiva das probabilidades. Por todas essas características, tanto o modelo EUT quanto o SEUT podem interferir no processo de tomada de decisão nos instantes T3, T6 e T7 por ser utilizado onde não se tem a pressão de tempo para se tomar a decisão e por não ser utilizável por inexperientes, por exemplo, no instante T7 o tenente não consegue definir qual reforço especializado deve ser enviado, possibilitando que os suspeitos possam ferir alguém ou até mesmo evadirem do local, no instante T3 o tenente desconhece qual fonte e à quem deve solicitar as informações e no instante T6 alocar uma viatura especializada que já está atendendo outra ocorrência para prover o reforço.

Utilizando o modelo *Prospect Theory* foi observado que também é baseado no EUT mas utiliza funções matemáticas para avaliar as possíveis decisões que possam ser tomadas. E por ser baseado no EUT, não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos, ele também não se encaixa no guia de tomada de decisão por não manter um armazenamento dos dados e também não auxilia a tomar uma decisão caso o responsável não consiga levantar todas as alternativas de solução do problema a ser tratado e por esses motivos, provocando erros de decisão nos instantes T3, T6 e T7, por exemplo, no instante T6 o tenente nega o pedido de reforço aos oficiais no local do incidente por negligência no momento de solicitar informações, imaginando que a situação no local é mais simples do que realmente é, no instante T3 o tenente avalia de maneira incorreta o cenário por ter requisitado informações inúteis e no instante T7 os oficiais encaminharem os suspeitos para a delegacia

incorreta.

Utilizando o modelo *Regret Theory* foi observado que faz simulações de eventos que possam ocorrer para as decisões possíveis pegando uma alternativa de solução como referência, mas não especifica como se deve avaliar os dados, não menciona nenhum tipo de armazenamento de dados, não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos e também há o problema da inexperiência do responsável ou a falta de conhecimento de todos os cursos de ação que possam ser tomados, e com isso culminando em dúvidas ou decisões erradas nos instantes T3 e T6, por exemplo, no instante T3 o tenente não consegue definir de quais fontes e quais informações ele necessita solicitar para avaliação do cenário e no instante T6 o tenente não se recorda de qual a especialidade ele necessita para atender o chamado para enviar como reforço.

Utilizando o modelo *Bounded Rationality* foi observado que tem como um de seus princípios não avaliar exaustivamente as informações, por isso demonstrando-se inadequado para utilização já que não armazena nenhum dado que tenha feito parte do processo de tomada de decisão, não possui uma avaliação do quão suficiente e eficiente é a alternativa para a resolução do problema e não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos, e essas características podem gerar uma decisão errada nos instantes T3 e T6, por exemplo, no instante T6 o tenente não achar necessário envio de reforços já que no instante T3 não foi feita a devida avaliação da situação pelas informações incorretas requisitadas.

Utilizando o modelo *Satisfying* foi observado que tem como base a não avaliação de todas as possibilidades para a tomada de uma decisão, ou seja, não avalia adequadamente os dados e informações levantados, não armazena nenhum dos dados envolvidos e não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos, simplesmente escolhendo a primeira solução que satisfaça o problema sem avaliação qualquer de eficiência e riscos que essa alternativa possa causar, demonstrando não ser um modelo confiável. Com isso, pode gerar um decisão que possa colocar em risco a vida das pessoas e até mesmo a de oficiais presentes no tumulto e também ocasionar erros de decisão nos instantes T3, T6 e T7, por exemplo, no instante T6 o tenente solicitar reforços da força tática, tropa de choque e grupamento aéreo, sendo que se tivesse solicitado somente a força tática ou a tropa de choque já resolveria a situação, no instante T3 o tenente requisitar informações dos oficiais presentes, enviar oficiais próximos ao local para confirmar essas informações, requisitar informações de todas as redes sociais existentes e requisitar inúmeras visualizações dos dados, e no instante T7 os oficiais abordarem os suspeitos com tiros ou bombas de efeito moral, ou seja, ocasionando desperdício de recursos.

Utilizando o modelo *Heuristic Multiattribute Decision Strategies* foi observado que consiste em algumas estratégias de busca heurística para avaliação dos dados. Esse modelo se demonstra um bom avaliador das informações para a tomada de decisão mas como todos os modelos anteriores também não armazena nenhum tipo de dado que foi levado em consideração para a tomada de decisão, não leva em consideração os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos e não é exatamente um modelo que auxilia a tomada de decisão de fato, já que ele somente avalia as informações e não dá suporte ao responsável para avaliar como a decisão irá afetar o problema, e com isso, podendo gerar problemas nos instantes T3 e T6 onde se deve tomar uma decisão, por exemplo, no instante T6 o tenente inexperiente não se recorda de qual o reforço especializado que a situação demanda e no instante T3 não saber a maneira adequada de avaliar o cenário com as informações que requisitou.

Utilizando o modelo RPD (Decisão de Reconhecimento Prévio) foi observado que é baseado na experiência do responsável pela tomada de decisão e demonstra que tem um excelente método de análise das informações e dados já que tem uma divisão de 4 fases para tomada de decisão e três técnicas diferentes para a escolha de um curso de ação, mas como todos os modelos previamente avaliados esse modelo não realiza o armazenamento de todos os dados utilizados no processo e não considera os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos. Se demonstra um modelo de-

pendente da experiência do responsável pela tomada de decisão, podendo gerar problemas e dúvidas nos instantes T3 e T6, por exemplo no instante T3 o tenente não consiga avaliar de maneira adequada a estrutura do cenário por nunca ter atendido uma ocorrência daquele tipo e no instante T6 não saber como verificar a disponibilidade das viaturas por inexperiência.

Utilizando o modelo Teoria da Imagem foi observado que, como o modelo RPD, é baseado na experiência do responsável pela decisão. Ele não especifica como é feita a avaliação das informações e também o armazenamento de todos os dados durante o processo, não considera relevante os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos e requer que o responsável tenha experiência para que se tome uma decisão, podendo gerar os mesmos problemas do RPD nos instantes T3 e T6 e também podendo gerar problemas de interpretação dos dados nos instantes T1, T2, T3 e T4 por não especificar o modo de avaliação dos dados, por exemplo, no instante T2 o gerador de ocorrências interpretar de maneira errada os dados inseridos no sistema pelo atendente do 190, gerando uma ocorrência não condizente com a situação no local, no instante T1 o atendente do 190 foi informado por um civil que há uma pessoa armada e insere no sistema que existem várias pessoas no local com armamento pesado, no instante T3 o tenente após avaliar o cenário acreditar que não necessita de reforços por subjulgar a situação real e no instante T4 o oficial informar que talvez tenha visto algum suspeito mas que não ouviu ou viu ninguém atirando.

Utilizando o modelo de Cenário foi observado que também é baseado na experiência do responsável pela decisão, mas o método desse modelo não se faz uma avaliação dos dados, somente os coleta e os interliga com qual ação deve ser tomada criando cláusulas se-então e também não há a presença de armazenamento dos dados que passaram pelo processo. Esse modelo não necessita que o responsável seja experiente, mas exige que ele tenha um bom treinamento para que possa formular as cláusulas para que alcance uma decisão e não considera que fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos possam interferir na tomada de decisão. Seria um excelente modelo para ser utilizado, já que o POP basicamente é constituído de cláusulas se-então para os problemas tratados pela Polícia Militar, mas se o responsável não tiver um bom treinamento ou não se recorde dos procedimentos descritos no POP, pode gerar decisões erradas ou um atraso na tomada de decisão nos instantes T3, T6 e T7, por exemplo, no instante T7 o oficial não consegue se lembrar qual o procedimento de abordagem de uma pessoa armada em uma multidão, possibilitando que o suspeito tenha tempo para evadir do local, no instante T3 o tenente não se recorda do método de avaliação do cenário e no instante T6 o tenente se esquecer de enviar a ordem de reforço às viaturas disponíveis.

Utilizando os modelos Dirigidos a Argumentos foi observado que também se baseiam no conhecimento do responsável por tomar a decisão. Se demonstra um excelente modelo pois apresenta como característica a capacidade de justificar o curso de ação escolhido e seu motivo mas não apresenta o armazenamento dos dados utilizados e na fase de reavaliação ele pode demorar para encontrar uma explicação para o curso escolhido e não considera os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos no tópico de fatores humanos possam interferir na decisão, demonstrando que para decisões de curto prazo e para responsáveis inexperientes pode gerar erro ou dúvida nos instantes T3, T4 e T6, por exemplo, no instante T6 o tenente sob pressão envia a ordem de reforço para a viatura mais distante do local, no instante T3 o tenente não solicita informações da viatura presente no local e no instante T4 o oficial não envia seu relato ao operador antes de abordar os suspeitos.

Utilizando o modelo Perícia-Norma-Conhecimento ou SRK foi observado que é dividido em três níveis cognitivos, um para os responsáveis pela decisão sem experiência, outro para responsáveis com uma certa experiência e outro para responsáveis plenamente experientes. Em alguns dos níveis desse modelo, a avaliação de dados é irrelevante já que ele representa que os responsáveis com grande experiência tomam a decisão subconscientemente. Suas desvantagens são a ausência de armazenamento dos dados que passaram pelo processo e não considera os fatores atrelados e não atrelados à personalidade descritos

no t3pico de fatores humanos, com exce33o do fator de experi33ncia e seus relacionados, podendo gerar erros de escolha de uma decis33o nos instantes T3, T6 e T7, por exemplo, no instante T7 o oficial da viatura encaminha os suspeitos para a delegacia errada pois ela 33 a mais proxima de sua casa, no instante T3 o tenente se esquece de requisitar informa33es essenciais para avalia33o do cen33rio e no instante T6 o tenente se esquece de verificar a disponibilidade das viaturas proximas ao local.

Utilizando o modelo Integrado da Tomada de Decis33o do Mundo Real foi observado que foi concebido com base no modelo SRK integrando alguns outros conceitos. Esse modelo possui um processamento gen33rico dos dados, n33o armazena os dados envolvidos no processo de decis33o e n33o leva em considera33o os fatores atrelados e n33o atrelados 33 personalidade descritos no t3pico de fatores humanos, podendo ocasionar erros e d33vidas para chegar 33 uma decis33o nos instantes T3, T6 e T7, por exemplo, no instante T3, com base nos dados j33 processados, o tenente interpreta equivocadamente a situa33o, enviando a ordem aos oficiais no local que eles n33o fa33am nada at33 que os refor33os cheguem, no instante T6 o tenente envia ordem de refor33os 33 viaturas inadequadas para a situa33o por estar sob press33o e no instante T7 o oficial abordar os suspeitos de maneira inadequada por estar sob press33o, podendo complicar ainda mais a situa33o.

Utilizando o modelo de Gest33o de Conflitos ou CMM foi observado que 33 um modelo amplamente conhecido e utilizado por for33as policias em todo o planeta. Esse modelo 33 extremamente flex33vel pois pode ser usado antes, para decidir qual curso de a33o a seguir, durante, para corrigir problemas que podem surgir, e depois, para justificar os cursos de a33o tomados. Ele possui uma constante avalia33o e armazenamento de todos os dados envolvidos no processo. Em sua descri33o 33 citada que deve se levar em considera33o a situa33o emocional dos envolvidos no processo de tomada de decis33o (NPIA e ACPO, 2009), mas dentro de seu ciclo de funcionamento n33o 33 descrito se 33 realmente feita essa checagem e com isso, o respons33vel pode tomar decis33es incorretas nos instantes T3, T6 e T7, por exemplo, no instante T7 o oficial aborda o suspeito de maneira violenta por ter sido repreendido por seu superior no in33cio de seu turno, no instante T3 o tenente n33o solicita as informa33es da viatura presente por n33o confiar no oficial da viatura e no instante T6 n33o enviar uma viatura proxima ao local, devido ao oficial presente nela estar sob suspeitas de envolvimento em outro crime.

4.2 Modelo de Gest33o de Conflito Estendido (*Extended Conflict Management Model* ou E-CMM)

Como avaliado anteriormente, n33o h33 um modelo que atenda a todas as vari33veis que foram levantadas de um cen33rio de C2. Como base no desenvolvimento de um novo modelo, ser33 utilizado o modelo que mais se aproximou de ter suporte 33 todas as vari33veis que 33 o modelo CMM, adicionando no in33cio de seu ciclo uma fase para an33lise dos fatores humanos que foram avaliados como capazes de complicar, incapacitar e/ou direcionar para uma decis33o incorreta. A Figura 13 ilustra o modelo E-CMM.

Na fase Avalia33o Comportamental e T3cnica, o respons33vel pela tomada de decis33o deve passar rapidamente por alguns testes utilizando question33rios, sensores ou c33meras para avaliar se ele est33 em condi33o de tomar uma decis33o sem que nenhum dos fatores humanos descritos anteriormente o impossibilite de executar de maneira adequada as proximas fases do modelo. Por exemplo, utilizando um question33rio com perguntas psicol33gicas e tamb33m perguntas t3cnicas relacionadas a fun33o do respons33vel para avaliar o respons33vel dentro de uma escala de 1 a 10, sendo que 1 o respons33vel est33 totalmente inapto de tomar uma decis33o por n33o estar bem psicologicamente e tamb33m por n33o ter o conhecimento t3cnico nenhum e sendo que 10 o respons33vel est33 isento de qualquer problema que possa o atrapalhar no processo de tomada de decis33o. Para que o respons33vel possa prosseguir com o processo de tomada de decis33o, ele deve obter pelo menos o valor 7 para poder tomar uma decis33o sendo que o risco de algo o influenciar de maneira negativa 33 33nfimo. No caso de uso de sensores, poderia utilizar leitores de batimentos



Figura 13: Modelo E-CMM (Extended Conflict Management Model)

cardíacos e pressão do responsável para avaliar sua condição pois se ele estiver sendo pressionado ou se estiver tenso, seus batimentos cardíacos aumentam e conseqüentemente a pressão também e no caso de câmeras, é a busca por padrões faciais do responsável que demonstrem se ele está cansado ou sob estresse e esses fatores o impossibilitando de prosseguir com as fases do modelo sem que seja levado a tomar uma decisão errônea.

Na fase Informação e Conhecimento Recebidos é onde se concentra o recebimento de dados para se tomar a decisão, sendo ela a mais importante do modelo CMM por tornar possível de ser feita a fase de Avaliação de Ameaça, por definir qual estratégia e parâmetros táticos devem ser utilizados e levar com que a polícia possa atender o incidente ou operação de maneira adequada. Por exemplo, nessa fase o responsável faz o levantamento de todos os dados pertinentes da situação que deve ser atendida para poderem ser usadas na próxima fase.

Na fase Avaliação de Ameaça é onde ocorre o reconhecimento da situação, se tem potencial para evoluir para uma situação que possa ameaçar a vida humana ou algum patrimônio. A avaliação de ameaça é uma função extremamente importante em um ambiente de comando, pois é baseada em dados e pode mudar com o passar do tempo e por fim ela avalia a proporcionalidade de resposta da polícia para com a situação. Por exemplo, o responsável avalia os dados obtidos na fase anterior para entender o que está ocorrendo no momento e quais problemas podem surgir a partir da situação atual para gerar o plano de ação.

Na fase Força e Política é onde se considera o Procedimento Operacional Padrão, regras e quais as forças existentes que podem ajudar a desenvolver um plano de ação para atender à situação. Ou seja, é onde ocorre a avaliação de como deve ser efetuado o atendimento ao incidente e qual a especialidade adequada para a situação corrente, obtendo assim um atendimento adequado da situação sem que desperdice recursos. Por exemplo, o responsável avalia se existe alguma regra que deve ser seguida para atender a situação corrente e também os problemas que podem surgir dela, ou seja, avalia se alguma regra diz qual

a maneira que deve proceder para solucionar o problema ou se o responsável pode desenvolver sozinho o plano de ação para a situação.

Na fase Opções Táticas encontra-se o reconhecimento e consideração de opções táticas que podem ajudar a alocar de maneira adequada o plano de ação desenvolvido para a situação. Ou seja, nessa fase é onde ocorre a descrição clara de como deve ser efetuado o plano de ação para atender ao incidente, mantendo a proporcionalidade de recursos e também a flexibilidade para mudança, caso as circunstâncias da situação mudem. Por exemplo, nessa fase é onde o responsável obtém todos os levantamentos feitos anteriormente para enviar o tipo e a quantidade de recursos corretos que ele dispõe no momento.

Na fase Ações e Contingências basicamente consiste em o responsável pela decisão repassar aos atores no cenário qual a situação e como ela deve ser atendida. Por exemplo, é onde o tenente deve repassar aos oficiais qual o tipo de ocorrência, quais oficiais devem atendê-la e qual o método mais adequado para solucionar o problema. Lembrando que em todas as fases do modelo mantém a característica de armazenamento de todas as informações e dados utilizados até que é finalizado o atendimento ao problema, para que se tenha como comprovar o porquê das decisões que foram tomadas caso seja necessário.

4.3 Resultados e Estudo de Caso em C2

Observou-se que com a avaliação de cada modelo descrita no capítulo 2, nenhum deles obtém as características necessárias para evitar que os fatores humanos intervenham nos processo de tomada de decisão. Para isso foi idealizado o modelo E-CMM baseado nos conceitos do modelo CMM com o diferencial de uma fase no início do ciclo para obter o suporte aos fatores humanos, e no próximo parágrafo está descrita a avaliação do modelo proposto por esse trabalho utilizando o mesmo cenário utilizado para avaliar os modelos no capítulo 5.

Aplicando o cenário no modelo E-CMM foi observado que ele mantém as mesmas características básicas podendo ser usado antes para decidir qual curso de ação a seguir, durante para corrigir problemas que podem surgir, e depois para justificar os cursos de ação tomados. Mantém também a avaliação e armazenamento dos dados por todos os processos do modelo por utilizar o mesmo framework de gravação disponível no modelo CMM, mantém também a capacidade de reavaliação da situação caso ocorra algo inesperado. Com a adição da fase de Avaliação Comportamental e Técnica no início do processo, propõe resolver o problema do modelo CMM com relação aos fatores humanos utilizando-se de técnicas de avaliação comportamental e técnica do responsável antes que inicie o processo efetivo de tomada de decisão. Mas no caso dessas técnicas não serem utilizadas ou desenvolvidas de maneira adequada nessa fase, pode atrasar o tempo de resposta da polícia pois o responsável não consegue seguir para a fase de Informação e Conhecimento Recebidos no instante T3. Por exemplo, no caso do método utilizando um questionário, se o questionário não foi desenvolvido adequadamente para a avaliação ou se até mesmo o questionário não foi elaborado com as questões corretas, o responsável pode ficar em dúvida no que responder nas questões, podendo gerar atraso em todo o processo de tomada de decisão ou até mesmo elas não avaliarem de maneira adequada o comportamento ou capacidade do responsável em atender aos incidentes, podendo gerar incerteza quanto à capacidade e/ou qualidade do responsável para o processo de tomada de decisão. Já com relação aos sensores e câmeras, eles podem fazer uma leitura imprecisa dos dados caso sejam utilizados de maneira inapropriada, gerando resultados avaliativos incorretos e inconsistentes que podem mostrar que um responsável está bem para continuar o processo de tomada de decisão, sendo que ele na verdade está inapto de tomar decisões por estar sob estresse ou a várias horas trabalhando sem parar.

No capítulo seguinte são descritas as conclusões obtidas a partir dos objetivos traçados para esse trabalho.

5 Conclusões

Com a avaliação dos modelos levantados utilizando um cenário prático de C2, observou-se que os modelos já existentes não consideram pertinentes os fatores humanos que foram avaliados como relevantes no processo de tomada de decisão. Por isso esse trabalho propõe um modelo que considere os fatores humanos como importantes para serem avaliados na fase inicial do modelo, antes que se tome qualquer atitude. Na fase inicial do modelo proposto propõe-se de realizar uma avaliação comportamental e técnica do responsável para garantir que ele está apto à tomar as decisões necessárias sem que nenhum dos fatores humanos influenciem de maneira negativa no processo.

Com a elaboração desse trabalho, percebeu-se que quando se trata de tomada de decisão em ambientes de C2, inúmeros procedimentos, riscos e variáveis podem influenciar o processo de tomada de decisão e com isso pode-se ter outras incógnitas, que também podem influenciar o processo além das que foram observadas com esse trabalho, e que devem ser consideradas em trabalhos futuros realizando uma melhoria no modelo proposto por esse trabalho ou até mesmo o desenvolvimento de um novo modelo, como também a elaboração dos questionários para uma adequada avaliação psicológica e técnica do responsável e o desenvolvimento de *frameworks* para o reconhecimento dos dados captados pelas câmeras e sensores para avaliar as condições do responsável pela escolha das decisões.

Referências

- (Arnsten, 1998) Arnsten, A. F. T. *The biology of being frazzled*. Science. v. 280, pág 1711-1712. jun. 1998.
- (Beach, 1997) Beach, L. R., *The Psychology of Decision-Making: People in Organizations*. Thousands Oaks, CA: Sage Publications. 1997.
- (Bedworth e O'Brien, 2000) Bedworth, M. e O'Brien, J., *The Omnibus Model, a new model of DF?*, IEEE AES Systems Magazine, pág. 30-36, Abril de 2000.
- (Bossé, Roy e Wark, 2007) Bossé, E., Roy, J e Wark, S.. *Concepts, Models and Tools for Information Fusion*. ArtechHouse, 2007.
- (Boyd, 1987) Boyd, J. R.. *A discourse on winning and losing*. Unpublished set of briefing slides available at Air University Library, Maxwell AFB, Alabama.1987.
- (Dasarathy, 1997) Dasarathy, B. V.. *Sensor fusion potential exploitation-innovative architectures and illustrative applications*. Proc. IEEE 85, pág. 24-38. jan. 1997
- (Edland e Svenson, 1993) Edland, A. e Svenson, O.. *Judgment and decision making under time pressure: studies and findings* em O. Svenson and A. J. Maule (Eds.) Time Pressure and Stress in Human Judgment and Decision Making. London: Plenum, pág. 27-40. 1993.
- (Gigerenzer e Todd, 1999) Gigerenzer, G., e P. M. Todd, *Fast and Frugal Heuristics: The Adaptive Tool Box*, em G. Gigerenzer, P. M. Todd, e ABC Research Group, Simple Heuristics That Make Us Smart, New York: Oxford University Press, pág. 3-35.1999.
- (Ghosh e Ray, 1997) Ghosh, D. e Ray, M. R.. *Risk, ambiguity and decision choice: some additional evidence*. Decision Sciences, pág 81-104. 1997.
- (Gordon, 1997) Gordon, S. E., *An Information-Processing Model of Naturalistic Decision Making*, Presentation at Annual Meeting of the Idaho Psychological Association, Sun Valley, ID, 1997.
- (Gordon, 1992) Gordon, S. E., *Implications of Cognitive Theory for Knowledge Acquisition*, em R. Hoffman, The Psychology of Expertise: Cognitive Research and Empirical AI, New York: Springer-Verlag, pag. 99-120. 1992.
- (Hall, 2006) Hall, D. L.. *Assessing the JDL Model: A survey and analysis of Decision and Cognitive Process Models and Comparisson with the JDL Model*. Em Proceedings of the National Symposium on Sensor Data Fusion, 2006.
- (Hall e Jordan, 2010) Hall, D. L. e Jordan, J.. *Human-centered information fusion*. ArtechHouse, 2010.
- (Hall e McMullen, 2004) Hall, D. L. e McMullen, A. H.. *Mathematical techniques in multisensor data fusion*. Artech House, 2004.
- (Halbert, 1998) Halbert, G. A. *The impact of soft factors on intelligence analysis*. Apresentação de slides, Modernization, Trends Division, National Ground Intelligence Center, Charlottesville, VA. 1998.
- (Jacobs e Gaver, 1998) Jacobs, P. A. e Gaver, D. P. , *Human Factors Influencing Decision Making*. Naval Postgraduate School, Monterey CA, Julho de 1998.
- (Janis, 1989) Janis, I. L. *Crucial Decisions*. The Free Press, New York, NY, 1989.
- (Johnson e Bruce, 1998) Johnson, J. E. V. e Bruce, A. C.. *Risk strategy under task complexity: a multivariate analysis of behaviour in a naturalistic setting*. Journal of Behavioral Decision Making, pág 1-17. nov. 1998.

- (Kahan, Worley e Stasz, 1989) Kahan, J. P., D. R. Worley, and C. Stasz. *Understanding Commanders' Information Needs*. Rand, Publication Series R-3761-A, The RAND Corporation, Santa Monica CA. jun. 1989.
- (Karmarkar, 1978) Karmarkar, U., *Subjectively Weighted Utility: A descriptive Extension of the Expected Utility Model*, Organizational Behavior and Human Performance, Vol. 21, pág. 61-72. 1978.
- (Kessler, 1991) Kessler, O.. *Functional Description of the Data Fusion Process*. Office of Naval Technology Data Fusion Development Strategy, 1991.
- (Klein, 1988) Klein, G., *Naturalistic Models C3 Decision-Making*, em S. Johnson e A. Levis, Science of Command and Control: Coping with Uncertainty, Fairfax, VA: AFCEA International Press, pág. 86-92. 1988.
- (Klein, 1989) Klein, G., R. Calderwood e D. MacGregor, *Critical Decision Method for Eliciting Knowledge*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, v. 19, pag. 462-472. 1989.
- (Klein, 1997) Klein, G., *The Recognition-Primed Decision (RPM) Model: Looking Back, Looking Forward*. em C. Zsombok e G. Klein, Naturalistic Decision Making, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, pag. 285-292. 1997.
- (Klein, 1996) Klein, G., *Sources of Power: The Study of Naturalistic Decision Making*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 1996.
- (Kokar, Bedworth e Frankel, 2000) Kokar, M. M., Bedworth, M. D., e Frankel, C. B.. *In Sensor Fusion: Architectures, Algorithms and Applications IV*. SPIE, Orlando, FL, pág. 191-202, 2000.
- (Liggins, Hall e Linas, 2008) Liggins, M. E., Hall, D. L. e Linas, J.. *Handbook of multisensor data fusion: theory and practice*. CRC Press, 2008.
- (Lipshitz, 1993) Lipshitz, R., *Decision Making as Argument-Driven Action*. em G. Klein et al., Decision Making in Action: Models and Methods, Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, pag. 172-181. 1993.
- (Nakamura, Loureiro e Frery, 2007) Nakamura, E. F., Loureiro, A. A. F. e Frery, A. C.. *Information fusion for wireless sensor networks: methods, models and classifications*. ACM Computing Surveys CSUR, 2007
- (NPIA e ACPO, 2009) NATIONAL POLICING IMPROVEMENT AGENCY e ASSOCIATION OF CHIEF POLICE OFFICERS, *Guidance on Command and Control*, Practice Improvement, 2009.
- (Ombudsman, 2007) QUEENSLAND OMBUDSMAN. , *Good Decisions Make Good Sense*, Good Decision-Making Guide, Brisbane, Queensland: Queensland Ombudsman, 2007.
- (Orasanu, 1993) Orasanu, J., *Decision-Making in the Cockpit*, em E. L. Weiner, B. G. Kanki e R. L. Helmreich, Cockpit Resource Management, San Diego, CA: Academic Press, 1993.
- (Plous, 1993) Plous, S., *The Psychology of Judgement and Decision-Making*, New York: McGraw-Hill, 1993.
- (Rasmussen, 1983) Rasmussen, J., *Skills, Rules, Knowledge: Signals, Signs, and Symbols and Other Distinctions in Human Performance Models*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-13, No. 3, pag. 257-267. 1983.
- (Rasmussen, 1986) Rasmussen, J., *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*, New York: North-Holland Publishing, 1986.
- (Rasmussen, 1993) Rasmussen, J., *Deciding and Doing: Decision-Making in Natural Contexts*, em G. Klein, et al, Decision-Making in Action: Models and Methods, Norwood, NJ: Ablex, 1993.
- (Reisweber, 1997) Reisweber, D. *Battle command: will we have it when we need it*. Military Review, pág 49-52 e 56-58. set./out. 1997
- (Rieskamp e Hoffrage, 1999) Rieskamp, J., e U. Hoffrage, *When Do People Use Simple Heuristics, and How Can We Tell?*, em G. Gigerenzer, P. M. Todd, e ABC Research Group, Simple Heuristics That Make Us Smart, New York: Oxford University Press, pág. 141-167. 1999.

- (Riveiro, 2007) Riveiro, M.. *Evaluation of uncertainty visualization techniques for information fusion*. 11th International Conference on Information Fusion, pág. 1–8, Julho de 2007.
- (Rogers, 1994) Rogers, C. T.. *Intuition: an imperative of command*. Military Review, pág 38-50. mar. 1994
- (Rogova e Nimier, 2004) Rogova, G. e Nimier, V.. *Reliability in information fusion: literature survey*. in: Proc. of the FUSION'2004-7th Conference on Multisource- Information Fusion, pág. 1158-1165, 2004
- (Robertson et al, 2009) Robertson, G. et al. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, Selected Human Factors Issues in Information Visualization, Publicado por SAGE, 2009.
- (Shahbazian, Blodgett e Lambbé, 2001) Shahbazian, E. , Blodgett, D. E. e Lambbé, P. *The extended OODA model for data fusion systems*. Proceedings of the 4th International Conference on Information Fusion Fusion, 2001
- (Shulsky e Schmitt, 2002) Shulsky, A. N. e Schmitt, G. J.. *Silent Warfare: Understanding the World of Intelligence*, 3 ed. Brassey's, Inc., New York, NY, 2002.
- (Simon, 1956) Simon, H. A., *Rational Choice and the Structure of the Environment*. Psychological Review, v. 63, pág. 129-138, 1956.
- (von Winterfeldt e Edwards, 1986) von Winterfeldt, D., e W. Edwards, *Decision Analysis and Behavioral Research*, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1986.
- (Waltz e Llinas, 2000) Waltz, E. e Llinas, J.. *Multisensor data fusion*. Artech House. Norwood, MA. 2000.
- (Wickens, Gordon e Liu, 1998) Wickens, C. D., S. E. Gordon e Y. Liu, *An introduction to Human Factors Engineering*, Reading, MA: Addison-Wesley Longman, 1998.