

O Risco como Fator de Decisão

Ricardo Queiroz de Araujo Fernandes^a, Andersonn Kohl^a, Edison Pignaton de Freitas^b e Alisson Sandes Palmeira^a

a. Centro de Desenvolvimento de Sistemas, QGEx - Bloco "G" - 2º Piso - Ala Norte - SMU - Brasília - DF, Brasil

b. Departamento de Tecnologia da Informação, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, CESNORS, 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil

Resumo — *O risco em um processo de tomada de decisão é a variável que representa o que é desconhecido ou não controlado. Para modelá-lo, é comum o uso de probabilidades para representar relações de causalidade que, no escopo da decisão, produzem uma estimativa das consequências de determinada linha de ação. No presente trabalho demonstramos que o risco é inerente à construção da consciência situacional. Concluímos assim que as informações disponíveis para o processo decisório também são sujeitas ao risco, corroborando para a tese de que o risco deve ser formalmente considerado um fator de decisão.*

Palavras-Chave — *Teoria da decisão, Comando e Controle.*

I. INTRODUÇÃO

O Caderno de Instrução CI 32/2 COTER[1] preconiza o gerenciamento de risco em atividades militares. O risco é definido como:

“... um perigo ou possibilidade de perigo; pode ser também entendido como uma situação em que há probabilidades mais ou menos previsíveis de perda ou ganho. Este conceito sempre esteve ligado à atividade humana, em maior ou menor grau, de acordo com a sua própria natureza.”

O mesmo Caderno de Instrução determina que o método de gerenciamento do risco deve identificar os riscos envolvidos em uma atividade e calcular meticulosamente suas probabilidades. O método apresentado em[1] é descrito, então, como

“uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão, em qualquer escalão de Comando, permitindo que se possa visualizar com facilidade todos os riscos envolvidos em uma atividade.”

Percebemos assim que a administração do risco está diretamente associada ao processo de tomada de decisão. No entanto, o manual C 100-5 Operações[2] divide os fatores de decisão em:

- 1) **MISSÃO;**
- 2) **INIMIGO;**
- 3) **TERRENO E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS;**
- 4) **MEIOS; e**
- 5) **TEMPO.**

O mesmo manual coloca que essa divisão é tradicional e consagrada na doutrina militar brasileira e de muitos outros países. Percebemos, então, que o risco não é considerado um fator de decisão.

A razão que pode justificar a descon sideração do risco passa pelo entendimento de que o efeito dos perigos que o risco representa recaem no futuro sobre os demais fatores de decisão. No entanto, se levarmos em consideração que o espaço de probabilidades pode ser explorado, por exemplo, com simuladores, o risco pode representar mais uma dimensão do combate.

Este trabalho explora o conceito de risco buscando apresentar argumentos robustos de que ele deve ser formalmente considerado como fator de decisão. Discute-se neste contexto a questão da busca por consenso e a impossibilidade teórica e se atingi-lo em um ambiente não determinístico no qual os meios de comunicação estão sujeitos a falhas. A Seção 2 apresenta o referencial teórico que dá suporte à proposta da introdução do risco como fator de decisão. A Seção 3 apresenta uma discussão sobre o problema da sincronização, e como o fator risco se mostra marcadamente importante no processo decisório. A Seção 4 apresenta o mapeamento do espaço de risco proposto por Alberts[5]. Já na Seção 5, assumindo-se a impossibilidade de se atingir certeza no processo de tomada de decisão, discute o tratamento do risco através de alternativas que propõe o relaxamento de requisitos ou o robustecimento do modelo computacional utilizado. As conclusões são apresentadas na Seção 6, onde se ressalta a necessidade do aprofundamento deste estudo em trabalhos futuros.

II. MOTIVAÇÃO E EMBASAMENTO TEÓRICO

Segundo Alberts[5], a tomada de decisão consiste em um processo com duas etapas:

- 1) a formulação do problema de decisão;
- 2) a escolha de uma alternativa.

A qualidade do processo de tomada de decisão é medida pela correção (adequação) da escolha adotada, pelo tempo dependido para realização desta escolha e pela eficiência da escolha.

A formulação do problema de decisão é completa quando especifica:

- 1) as diferentes circunstâncias que podem ocorrer e suas respectivas probabilidades;

- 2) as consequências de selecionar-se cada uma das opções em cada uma das circunstâncias; e
- 3) o efeito obtido de cada consequência.

Todavia, quando o tempo e o custo para obter-se o conhecimento e a informação necessárias e o tempo e o custo exigidos para se determinar a solução ótima cruzam um determinado limiar, não compensa a busca pela decisão ótima em termo práticos, de modo que a solução do problema deixa de ser a busca da “solução ótima” pela busca da “solução mais apropriada”.

Desta forma, a dificuldade do problema está relacionada a três elementos principais: incerteza do cenário, risco existente e pressão do tempo.

No presente trabalho, incerteza e pressão do tempo não serão objetos de discussão.

A percepção mais sutil, no entanto, repousa sobre o entendimento de que o risco não se aplica somente a elementos futuros do combate. A incerteza sobre as informações operacionais disponibilizadas para a tomada de decisão mostra que o risco deve fazer parte da consciência situacional do comando.

No presente trabalho, apresentaremos um problema que pode afetar a consciência situacional do comando em qualquer nível: o problema de sincronização. Em [2], a sincronização é definida como conceito operacional.

“A sincronização é a devida coordenação de todos os sistemas operacionais no tempo, no espaço e na finalidade para obter o máximo poder relativo de combate no ponto decisivo.”

Dessa maneira, a sincronização muitas vezes exige a precisa coordenação entre diversas unidades e atividades que participam de uma operação. No entanto, conforme [2], essa coordenação não é garantia da sincronização. É necessário que o estado-maior conheça a intenção do comandante, pois é o estado-maior quem realiza a maior parte do plano de sincronização.

O plano de sincronização se caracteriza pelo estabelecimento de relações de dependência entre as sequências de atividades. O efeito de uma atividade pode ser a pré-condição para uma ação subsequente, a critério do comandante.

Contudo, a efetiva execução das sequências de atividades segundo o plano de sincronização envolve a cuidadosa exploração do fator de decisão tempo, o que nos leva ao fato de que a sequência de atividades depende de sequências de decisões de comando, seja do comandante da operação, seja do escalão subordinado. E, assim, a função de combate Comando e Controle[7] se torna imprescindível à correta sincronização dos elementos de manobra.

O manual [2] preconiza ainda que as comunicações são o elemento vital para o emprego do Comando e Controle em combate. Concluímos, assim, que o comprometimento das comunicações em combate inviabiliza a sincronização entre unidades e atividades que participam de uma operação.

Portanto, se dois ou mais comandantes necessitam realizar a sincronização de suas atividades para a conquista de um objetivo determinado pelo comandante da operação e, além disso, estiverem sob severas condições de Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) inimigas, que imponham restrições de uso e de confiabilidade sobre os canais de comunicação, esses comandantes deverão levar em consideração o risco na tomada de decisão, fator este que não está previsto entre os fatores da decisão no manual [2].

Esse problema é amplamente conhecido na literatura de sistemas distribuídos como o problema do “ataque coordenado”. Neste problema, dois ou mais generais devem tomar a decisão de atacar ou não um objetivo determinado na presença de falhas de comunicação. Se atacarem juntos o objetivo é conquistado, caso contrário, os generais que atacarem sozinhos serão derrotados.

Esse problema, da maneira como foi apresentado, é sabidamente insolúvel[9]. Ou seja, os generais nunca poderão tomar a decisão de atacar, sem aceitar o risco de serem derrotados. Essa é a razão pela qual propomos que o risco seja considerado como um fator de decisão.

Considerando o conceito operacional sincronização, entendemos que o fator risco é inerente à execução do plano de sincronização de atividades. Dessa maneira, procuramos demonstrar que nem sempre será possível excluir o risco de uma tomada de decisão. Por essa razão consideramos relevante a inclusão desse fator, o risco, como fator de decisão.

Se a tomada de decisão for realizada com a suposição de certeza sobre a consciência situacional, a insegurança sobre as informações operacionais pode comprometer a eficiência e a eficácia da decisão em realizar a intenção do comando.

Neste sentido, o presente estudo justifica-se por promover uma discussão embasada em procedimentos científicos a respeito de um tema atual e de suma importância para a eficácia e eficiência na tomada de decisão.

A Doutrina de Operações Conjuntas (MD30-M-01)[4] define:

“É uma atividade fundamental para o êxito das operações militares em todos os escalões de comando. Como atividade especializada, sua execução será baseada em uma concepção sistêmica, com métodos, procedimentos, características e vocabulário que lhe são peculiares, envolvendo, basicamente, três componentes:

a) a autoridade legitimamente investida, apoiada por uma organização da qual emanam as decisões que materializam o exercício do comando e para onde fluem as informações necessárias ao exercício do controle;

b) a sistemática de um processo decisório, que permite a formulação de ordens, estabelece o fluxo de informações e assegura mecanismos destinados à garantia do cumprimento pleno das ordens; e

c) a estrutura, incluindo pessoal, equipamento, doutrina e tecnologia necessários para a autoridade acompanhar o desenvolvimento das operações.”

O manual [2] define Comando e Controle como o sistema operacional que permite aos comandantes de todos os escalões a visualização do campo de batalha, que apreende a situação e que dirige as ações militares necessárias à vitória.

Conforme observado por Alberts[11], os termos Comando e Controle possuem variadas definições, diferentes abordagens e interpretações inconsistentes, apesar da familiaridade desses termos na linguagem militar. O livro adota a definição formal de Pigeau e McCann[13]:

Controle: aquelas estruturas e processos planejados pelo comando para habilitá-lo e para administrar o risco;

Comando: a expressão criativa da vontade humana para realizar a missão.

Contudo, segundo Alberts[10], a abordagem sobre o Comando e Controle (C2) é o resultado da evolução do próprio conceito e das variáveis: tecnologia, a natureza das operações militares, a capacidade das forças envolvidas e o ambiente em que os militares operam.

O Comando e Controle não pode ser visto como um fim em si mesmo, mas sim um recurso para criar um valor: a realização de uma missão. Dessa maneira, a métrica utilizada para avaliar a qualidade de C2 tem de ser necessariamente diferente da métrica empregada para avaliar o cumprimento de uma missão. Isso acontece, porque o emprego eficiente de C2 é condição necessária, mas não suficiente, para o sucesso de uma missão.

Ou seja, podemos observar situações em que a missão foi cumprida apesar do emprego ineficiente das funções de C2 e situações em que a missão não foi cumprida apesar de excelente emprego de C2. Isso deixa evidente o fato de que o cumprimento da missão depende de outros fatores externos às funções de C2.

Por outro lado é problemática a adoção de métricas que levem em consideração o sucesso de uma missão, pois o estabelecimento da missão é uma função própria do comando. Assim, a escolha de uma missão com objetivos inatingíveis, que resultará em uma missão malsucedida, é de fato um erro de comando.

Alberts[10] propõe a avaliação de C2 a partir da definição das funções essenciais de C2:

- 1) **Estabelecimento de intenção (o objetivo);**
- 2) **Determinação de papéis, responsabilidades e relacionamentos;**
- 3) **Estabelecimento de regras, restrições;**
- 4) **Monitoramento e avaliação da situação e do progresso;**
- 5) **Causar inspiração, motivar e engendrar confiança;**
- 6) **Treinamento e educação;** e
- 7) **Aprovisionamento.**

Ao analisar a definição dessas funções essenciais de C2, o risco se faz presente desde o estabelecimento de intenção. Foi colocado acima que a escolha equivocada de

objetivos é um erro de comando que impõe riscos intoleráveis, resultando em desperdício de recursos alocados para a missão. É obvio que, sem um objetivo, Comando e Controle perde sua razão de ser. Mas somente definir os objetivos não é suficiente. Em [10], Alberts esclarece que, além da especificação de um objetivo, é importante verificar os riscos que são aceitáveis.

Para salientar a fraca abordagem que é dada ao risco no estabelecimento da intenção do comando, colocamos a definição do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América para o conceito intenção do comandante[8]:

“Uma expressão concisa do propósito da operação e o estado final desejado. Ela pode também incluir a avaliação do comandante sobre a intenção do comandante adversário e uma avaliação de onde e quanto risco é aceitável durante a operação.”

Alberts[10] critica essa definição por entender que ela enxerga como opcional a articulação da natureza do risco que é aceitável. O Caderno de Instrução C32/2 apresenta uma abordagem mais objetiva do que vem a ser um risco aceitável. Há que se evidenciar, no entanto, a observação de Kahneman[14] de que a maneira como o risco é modelado pode induzir uma tendência na tomada de decisão. Ou seja, modelagens com parâmetros extremamente conservadores podem inibir iniciativas inovadoras e criativas que contribuem inclusive para a evolução doutrinária. Por outro lado, propostas lenientes sobre os efeitos do risco podem produzir prejuízos muito caros à instituição. Nesse sentido a simples atribuição de modelos de risco é algo que deve ser amplamente debatido para que a tendência que a modelagem produzirá seja aquela que atenda os anseios da Força, para evitar que essa tendência não interfira negativamente sobre a tomada de decisão, podendo tornar o processo decisório por vezes ineficiente ou ineficaz.

A segunda crítica de Alberts indica que pelo fato de a intenção do comandante ter de incluir uma posição clara sobre o risco para que este tenha significado, o risco só pode ser implícito se a educação, o treinamento e a doutrina provierem suficiente compreensão anterior à intenção e se a situação for suficientemente conhecida e controlada. Em outras palavras, o risco geralmente não pode ser negligenciado simplesmente porque não existe situação suficientemente controlada.

A perspectiva sobre Comando e Controle que foi feita até agora sugere somente a percepção futura do risco. No entanto, o risco se faz presente em todos os momentos de tomada de decisão devido à insegurança sobre as informações operacionais disponíveis.

As informações operacionais contribuem para a construção da consciência situacional, definida no Glossário das Forças Armadas (MD35-G-01)[6] como:

“Percepção precisa dos fatores e condições que afetam a execução da tarefa durante um período determinado de tempo, permitindo ou proporcionando ao seu decisor, estar ciente do que se passa ao seu redor e assim ter

condições de focar o pensamento à frente do objetivo. É a perfeita sintonia entre a situação percebida e a situação real.”

Em ambientes operacionais, a consciência situacional sofre com o atraso no recebimento, com o não recebimento, com a distorção, com a fragmentação e com as limitações cognitivas para o processamento de informações.

O atraso no recebimento de informações operacionais pode, por exemplo, fazer com que a tomada de decisão tenha por base a alocação de um recurso que parece disponível, mas que acaba de sofrer um revés ainda desconhecido que o torna indisponível.

O não recebimento de uma informação operacional tem o mesmo efeito que o atraso no recebimento no momento da decisão. Contudo, o não recebimento não permite o uso posterior dessa informação operacional.

A distorção de informações, que pode ser provocada por fatores internos ou externos, tem efeito semelhante ao atraso no recebimento de informações. Entre os fatores internos podemos destacar os erros de interpretação. Entre os fatores externos, destacamos as falhas de comunicação e a sabotagem, entendida como a manipulação de informações por interesses contrários ao do comando operacional.

A fragmentação das informações é o conhecimento parcial das informações do ambiente operacional. O ambiente operacional possui muitas informações, parte dessas informações pode nos interessar, parte delas podem estar disponíveis. No entanto, saber quais informações ausentes são realmente importantes e modelá-las pode ser um fator de superioridade de informações, o que pode se reverter em vantagem relativa de combate. Podemos não ter as informações de autonomia de todos os carros de combate do teatro de operações, por exemplo, mas se tivermos uma modelagem que nos garanta parâmetros mínimos de autonomia, podemos calcular até que ponto uma ultrapassagem pode chegar.

As limitações cognitivas para o processamento de informações são o resultado da capacidade instalada de ferramentas de processamento automatizado e das próprias limitações da cognição humana.

A capacidade instalada de cada ferramenta de processamento automatizado define qual o seu escopo de informações bem como seus limites. Isso inclui as representações semânticas que cada ferramenta é capaz de administrar. Significa, portanto, que as próprias ferramentas de processamento atuam como filtros para informações de que são capazes de administrar. A capacidade de cada ferramenta depende de suas especificações e suas implementações.

As limitações cognitivas humanas produzem limitações de escopo e de velocidade de processamento. Essas restrições cognitivas têm efeito semelhante ao da fragmentação da informação no tempo de processamento cognitivo.

A arquitetura da cognição humana possui gargalos importantes que contribuem para estabelecer limites de

velocidade e de processamento paralelo. Dentre esses gargalos destacamos: o tempo de identificação consciente e de consolidação de um estímulo visual na memória visual de curto prazo, o número restrito de estímulos que podem permanecer na memória visual de curto prazo e o efeito da seleção de resposta para cada estímulo, que atrasa subsequentes seleções[15].

Outro comportamento da arquitetura de cognição humana sugere que nem sempre maior quantidade de informações resulta em processamento mais eficiente. É possível piorar a cognição através do exagero de informações disponíveis[16].

Do ponto de vista do comando, segundo a definição de [13], importante é a resposta criativa do comando no estabelecimento de sua vontade. Como o comandante está sujeito a limitações cognitivas e o ambiente operacional está cada vez mais complexo, a superioridade de informações deve ser obtida por meio do emprego de ferramentas de apoio à decisão, para prover o escopo correto de informações operacionais relevantes através do processamento automático de determinadas informações disponíveis e da criteriosa seleção aplicada ao conjunto de informações disponíveis.

Alberts[10] estabelece que a consciência situacional é sempre informada por conhecimento anterior e informação contemporânea, mas, conforme a situação progride, a consciência situacional depende cada vez mais informações do que de conhecimento anterior.

É importante salientar que a consciência situacional provê um espaço de inferências para a busca de oportunidades e de riscos. E entre os riscos está a correta identificação das incertezas residuais, as coisas importantes que não são sabidas[10], o que requer experiência e conhecimento específicos. Isso significa uma necessidade acelerada de atualização de informações operacionais sobre as capacidades e propriedades dos elementos de manobra bem como dos padrões entre eles estabelecidos.

Segundo a classificação de [10,11,12], a diferença crucial entre o planejamento operacional da era industrial e o da era da informação reside na dicotomia entre a capacidade instalada e a capacidade de colaboração. O planejamento anteriormente privilegiava o acúmulo de força (princípio da massa) para a consecução de um objetivo. Planejamentos mais modernos privilegiam os padrões de relacionamento entre os elementos de manobra para a realização dos objetivos de maneira mais eficiente do ponto de vista da alocação de recursos. Ou seja, a colaboração entre os elementos de manobra tem sido proposta, inclusive por diversos experimentos[17,18], como o novo paradigma para o planejamento de operações complexas.

A complexidade, contudo, não pode, conforme observado em [10], ser entendida simplesmente como complicação. A complicação pode advir de um número grande de elementos ou de relações, mas com cada parte apresentando comportamentos lineares e independentes das demais partes. A complexidade significa entrelaçamento entre todos os constituintes de um

ambiente de relacionamentos. O que implica em não podermos mais decompor a realidade em instâncias isoladas de comportamento controlado.

É nesse contexto que a capacidade de acelerar os processos de decisão se torna um poder relativo de combate. A conclusão dos mesmos experimentos indica o que pode parecer óbvio: os direitos de decisão devem ser descentralizados para aqueles que possuem proximidade com as informações que produziram a consciência situacional para o comando. Eles podem colaborar efetivamente para a realização das intenções do comando através do processamento local das informações.

As condições de contorno para o estabelecimento da relação entre a intenção do comando (vontade) e as ações a serem executadas definem o escopo da decisão.

Nesse sentido, o escopo da decisão delimita a capacidade de um determinado decisor atuar em um contexto. O escopo da decisão é determinado pela disponibilidade dos recursos no contexto da decisão. Dessa maneira, o ordenamento jurídico, a doutrina, as regras de engajamento para Operações de Garantia da Lei e da Ordem (Operações GLO), o acesso aos recursos, a operacionalidade dos recursos e os fatores de decisão definidos em [2] contribuem para o escopo da decisão de um determinado decisor.

O escopo, embora sirva de limitador da capacidade de atuação, é favorável ao processo decisório, pois diminui o espaço de busca de linhas de ação. Nesse sentido, conhecer bem o escopo da decisão corresponde a possuir boa consciência situacional.

No entanto, o escopo da decisão é, em geral, parcialmente conhecido. Por essa razão, é possível produzir linhas de ação que dependam da disponibilidade de recursos indisponíveis. Como exemplo, podemos citar a imprevisibilidade das condições meteorológicas com muitos dias de antecedência. Nesse caso, há que se levantar duas linhas de ação: uma para o caso de chuva, outra para o caso de seca. Durante a tomada de decisão, não é sabido se a chuva se tornará um recurso disponível e essa disponibilização não está no escopo da decisão.

Importante é ressaltar que medidas de mitigação do risco podem ser tomadas para favorecer o resultado de uma tomada de decisão. No exemplo acima, o conhecimento prévio do terreno e os efeitos da meteorologia (precipitação) sobre este podem contribuir para redução do risco, mesmo com a imprevisibilidade meteorológica.

Dessa maneira, o risco associado à necessidade de algum conhecimento específico pode interferir diretamente no resultado final da decisão. Ou seja, o risco, em alguns casos pode se tornar, o principal fator de decisão, compelindo o decisor a adotar uma postura muitas vezes conservadora, limitando seu escopo de decisão.

Apesar de diminuir o escopo facilitando o ciclo de tomada de decisão, o risco não mitigado pode ocasionar perda de oportunidades no teatro de operações por limitar o espaço de busca por linhas de ação.

O espaço de busca das linhas de ação, por sua vez, é determinado pelas modelos representados pelas

ferramentas de apoio à decisão utilizadas no processo decisório. Se determinado decisor, só pode buscar linhas de ação na doutrina, seu esforço de busca é simplificado pelo modelo representado na doutrina.

As linhas de ação correspondem a transformações não-lineares do próprio escopo da decisão: ao ser aplicado o primeiro passo de uma sequência de ações, o próprio escopo é alterado e, um novo processo decisório pode se fazer necessário.

Para o levantamento das transformações, o decisor pode contar com sua capacidade cognitiva, com a capacidade computacional de seus recursos de apoio à decisão e com o tempo disponível. Esses recursos irão determinar a profundidade da busca por linhas de ação.

A superioridade do processo decisório depende do mapeamento do espaço de busca de linhas de ação, das ferramentas de busca e da profundidade da busca. A doutrina da Força Terrestre, de acordo com as IP 100-1[3], reconhece que:

“...a coordenação e controle de todos os meios envolvidos no ambiente operacional tende a ser uma tarefa crescentemente complexa.”

Nesse ponto, fica nítida a dependência do comando, em todos os níveis (estratégico, operacional e tático), de ferramentas de apoio à decisão que integrem as necessidades de comunicação, processamento e apresentação das informações disponíveis.

A comunicação, em ambientes operacionais, é o veículo da informação para o estabelecimento de conhecimentos comuns entre os comunicantes. Uma falha de comunicação pode deixar os envolvidos na comunicação com conjuntos de informações incompatíveis. Modelar o conhecimento comum será um dos objetivos do próximo capítulo.

A identificação automática de padrões de manobra, o cálculo automático de pontos de injunção no terreno e de ângulos de visada são exemplos de ferramentas que podem liberar o processamento cognitivo de tarefas repetitivas, deixando assim o processo decisório com mais recursos disponíveis. Modelar todas as tarefas repetitivas de comando pode produzir muitos efeitos benéficos para o processamento das informações operacionais.

A apresentação das informações, por sua vez, é a ferramenta que mais se aproxima do processamento cognitivo das informações operacionais. Deve, portanto, responder pela semântica conhecida pelo comando, o que exige a modelagem das ontologias e das linguagens usadas pelo comando.

Entretanto, seja no paradigma da era industrial, seja no novo paradigma, a sincronização dos esforços continua sendo vista como fator multiplicador do poder relativo de combate. Por essa razão optamos por tratar deste problema, para evitar que outras questões doutrinárias desviassem o foco do presente trabalho.

III. O PROBLEMA DA SINCRONIZAÇÃO

Segundo as Instruções Provisórias 100-1[3]:

“A guerra transformou-se em tarefa multidimensional, exigindo alto grau de iniciativa, agilidade, sincronização e capacidade de gerenciamento das informações.”

Dessa maneira, a sincronização desempenha papel importante para a modernização da doutrina de emprego da Força Terrestre. A referência [3] elenca a sincronização entre os fatores de êxito e preconiza:

“Busca da iniciativa, da rapidez, da flexibilidade e da sincronização das operações.”

Segundo [2], a sincronização exige:

“O perfeito conhecimento dos efeitos produzidos pelos diversos meios de combate; o conhecimento da relação entre as possibilidades do inimigo e das forças amigas; o domínio perfeito das relações entre o tempo e o espaço; e a clara unidade de propósito.”

Os três primeiros aspectos dizem respeito ao conhecimento prévio e às informações disponíveis no ambiente operacional. O quarto aspecto diz respeito à existência de conhecimento comum necessário à tomada de decisão. Nesse sentido, a intenção do comando, expressa muitas vezes por uma Ordem de Operação, é um compartilhamento de conhecimentos estruturantes dos ciclos de decisão.

No entanto, adotar somente a abordagem de manutenção de conhecimento comum não é suficiente para que se alcance sincronização de todos os elementos de manobra. Em ambientes operacionais, muitas vezes é necessária a criação de conhecimento comum entre dois ou mais elementos de manobra durante a operação.

Como exemplo de tal necessidade, consideremos a seguinte situação simplificada: dois elementos de manobra devem realizar ataque sincronizado a uma posição inimiga para derrotá-la, pois serão derrotados caso ataquem separadamente. Eles estão próximos para realizar o ataque, mas com meios deficitários de comunicações. Ou seja, eles não podem confiar no canal de comunicações. Eles devem coordenar sozinhos o ataque, pois não possuem contato com outros elementos de manobra amigos. Eles possuem relógios sincronizados antes da manobra, mas devem acordar um horário para o ataque.

Considerando os aspectos necessários à sincronização, os dois elementos de manobra possuem pleno conhecimento dos efeitos produzidos pelos meios de combate, pleno conhecimento da relação entre as possibilidades do inimigo e das forças amigas, domínio perfeito das relações entre o tempo e o espaço e, além disso, possuem a clara unidade de propósito de derrotar a posição inimiga. No entanto, falta o conhecimento comum da hora a que se deve realizar o ataque e da decisão mútua de atacar no horário acordado. Faremos a suposição adicional que os comandantes somente podem tomar a decisão com base na certeza das informações operacionais.

Ou seja, não podem tolerar variáveis com risco associado na tomada de decisão.

Na tentativa de se criar este conhecimento comum, os elementos de manobra podem tentar usar o canal de comunicação não confiável. Assim, a decisão de cada comandante de elemento de manobra dependerá então da certeza de que o outro comandante dará a ordem de atacar no mesmo horário que ele. Nesse processo decisório a certeza exclui o risco por completo.

Descreveremos uma possível sequência de eventos:

1) Um dos comandantes, chamemos de Alfa, envia uma mensagem ao outro comandante, chamemos de Bravo, sugerindo o horário de D/1500. Alfa sabe que enviou a mensagem, mas não tem certeza que Bravo recebeu, pois o canal de comunicação não é confiável. Por essa razão, Alfa espera pela confirmação do recebimento de Bravo para ter certeza que ele recebeu a primeira mensagem.

2) Aconteceu de o comandante Bravo receber a primeira mensagem de Alfa. Alfa continua sem saber se Bravo recebeu a primeira mensagem. Bravo tem certeza que Alfa quer atacar em D/1500. Mas Bravo só pode dar a ordem de atacar em D/1500, se Bravo tiver certeza que Alfa dará a ordem de atacar em D/1500. O que só pode acontecer se Alfa tiver certeza que Bravo sabe o horário. Por essa razão, Bravo envia mensagem de confirmação do recebimento da primeira mensagem. Assim, Bravo tem certeza que enviou a confirmação, mas não tem certeza que Alfa recebeu a confirmação.

3) Alfa recebe a mensagem de confirmação da primeira mensagem enviada. Alfa tem certeza que Bravo recebeu a primeira mensagem, logo Bravo sabe do horário sugerido. Mas Alfa não tem certeza se Bravo vai decidir atacar pois Bravo não tem certeza de que Alfa recebeu a primeira confirmação enviada por Bravo. Bravo continua sem ter certeza para tomar a decisão de atacar, pois precisa de uma confirmação do recebimento da primeira confirmação para ter certeza que Alfa sabe que Bravo vai atacar no horário certo. Alfa precisa enviar uma segunda confirmação para Bravo.

Esta sequência não termina, pois em nenhum momento os dois comandantes terão certeza da decisão futura do outro comandante.

O problema do ataque coordenado foi pela primeira vez apresentado por Gray[19] e provado formalmente como insolúvel por Halpern[9]. Na literatura relativa a sistemas distribuídos, este problema é apresentado de maneira similar à nossa situação simplificada, normalmente com o nome de “generais bizantinos”. Dessa maneira, concluímos que processos decisórios baseados somente em certezas são, em geral, insolúveis.

Na vida real, nenhum canal de comunicação é perfeito. Logo, em ambientes operacionais, podemos incorrer em situações semelhantes ao problema do ataque coordenado. Mas não podemos prolongar o processo decisório pela

um ataque, adicionada do requisito de confirmação de recebimento a ser enviada pelo segundo comandante.

No entanto, o problema de sincronização não se restringe ao problema do ataque coordenado. Por essa razão, examinaremos nesta seção alguns mecanismos para resolver o problema geral do consenso (e, portanto, da sincronização) para sistemas distribuídos em redes assíncronas com a aceitação de risco no processo de tomada de decisão.

Segundo Lynch[22], a impossibilidade de consenso na presença de falhas é um problema extremamente fundamental para a computação distribuída. Após a prova deste resultado teórico, ela sugere duas abordagens para a obtenção de algoritmos que permitam a computação distribuída, apesar da presença de falhas: relaxar os requisitos sobre o resultado ou fortalecer o modelo em que é realizada a computação.

O primeiro algoritmo que ela apresenta é obtido fortalecendo o modelo de redes assíncronas para incluir a possibilidade de decisões aleatórias nas computações individuais dos nós da rede. Este algoritmo é conhecido como o algoritmo de BenOr. Ele funciona em ciclo de dois estágios e depende de duas variáveis em cada nó da rede. O algoritmo para quando todas as mensagens recebidas dos outros nós possui um valor único. Lynch prova que o algoritmo garante o consenso, mas que o término do processamento é um evento probabilístico.

O próximo algoritmo que Lynch apresenta é obtido pelo fortalecimento do modelo de rede com a inclusão de um componente chamado de Detector Perfeito de Falhas. Ele é responsável por coordenar o conhecimento de quais nós da rede apresentam falhas. Com este componente o problema do consenso é resolvido e o término do processamento é garantido. No entanto, a complexidade das comunicações e o tempo necessários para o algoritmo são ilimitados, ou seja, ele é inviável na prática.

O próximo algoritmo é obtido enfraquecendo-se os requisitos do problema. Em vez de realizar o consenso em um único valor, admitimos o consenso em um número máximo (k) de valores distintos. Além disso, admitimos somente um número máximo (f) de falhas. Exigimos ainda que f seja menor que k . Este problema é conhecido como o problema do k -Consenso. Nessas condições, é possível construir um algoritmo a partir da ideia do Detector Perfeito de Falhas para resolver este novo problema de consenso. É questionável quando essas condições são aceitáveis na modelagem do problema. Para este problema existem dificuldades de condições de término do processamento.

O último algoritmo que Lynch apresenta é novamente um enfraquecimento dos requisitos do problema. Este novo problema é obtido como uma variação do k -Consenso em que admitimos valores reais como valores de decisão e que a distância entre os valores decididos pelos nós da rede estão a uma distância máxima fixa. As mesmas dificuldades de término de processamento persistem neste novo problema.

VI. OBSERVAÇÕES FINAIS

O novo paradigma de Comando e Controle impõe novos requisitos sobre a distribuição dos direitos de decisão. Os ganhos operacionais são comprovados por experimentos que mostram o crescente valor dado às informações prestadas pelos sistemas de Comando e Controle.

Apesar do novo paradigma de Comando e Controle, o processo de tomada de decisão continua sujeito a problemas teóricos que podem comprometer sua eficiência e sua eficácia, em especial o problema do consenso em sistemas distribuídos.

O problema de coordenação de ataque, ou sincronização, exige soluções probabilísticas, o que impõe ao comando operacional a administração de riscos.

Concluimos que o risco não pode ser desconsiderado como fator de decisão. Sugerimos, portanto, que sejam conduzidos estudos mais aprofundados no intuito de estabelecer modelos e processos apropriados para o risco como fator de decisão.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Comando de Operações Terrestres. "Caderno de Instrução 32/2: Gerenciamento de risco aplicado às atividades militares". 1a. ed. Brasília, 2005.
- [2] BRASIL. Estado-Maior do Exército. "Manual de Campanha C 100-5: Operações". 3a. ed. Brasília: EGGCF, 1997.
- [3] BRASIL. Estado-Maior do Exército. "Instruções Provisórias 100-1: Bases para a modernização da doutrina de emprego da força terrestre (Doutrina Delta)". 1a. ed. Brasília: EGGCF, 1996.
- [4] BRASIL. Ministério da Defesa. "Doutrina de Operações Conjuntas MD30-M-01". Volume I, 1a. ed. Brasília, 2011.
- [5] ALBERTS, D. S.; "THE AGILITY ADVANTAGE". DoD COMMAND AND CONTROL RESEARCH PROGRAM. CCRP PUBLICATION SERIES, 2011.
- [6] BRASIL. Ministério da Defesa. "Glossário das Forças Armadas MD35-G-01". 4a. ed. Brasília, 2007.
- [7] BRASIL. Estado-Maior do Exército - CDoutEx "Nota de Coordenação Doutrinária Nº 02 / 2013", 2013.
- [8] Defence Technical Information Center. "DoD Dictionary of Military and Associated Terms". http://www.dtic.mil/doctrine/dod_dictionary/.
- [9] HALPERN, J.; MOSES, Y. "Knowledge and Common Knowledge in a Distributed Environment". Journal of ACM, volume 37, issue 3, 1990.
- [10] ALBERTS, D. S.; HAYES, R. E. "Understanding Command and Control". DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, 2006.
- [11] ALBERTS, D. S.; HAYES, R. E. "Power to the Edge". DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, 2003.
- [12] ALBERTS, D. S.; GARSTKA, J. J.; STEIN, F. P. "Network Centric Warfare". DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, 1999.
- [13] PIGEAU, R.; MCCANN, C. "Reconceptualizing Command and Control". Canadian Military Journal, volume 3, número 1, Primavera de 2002.
- [14] KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk". Econometrica, volume 47, número 2, páginas 263-292, 1979.
- [15] Marois, R.; Ivanoff, J. "Capacity limits of information processing in the brain". TRENDS in Cognitive Sciences, volume 9, número 6, Elsevier, 2005.
- [16] Gaismaier, W.; Schooler, L. J.; Mata, R. "An ecological perspective to cognitive limits: Modeling environment-mind interactions with ACT-R". Judgment and Adecision making, volume 3, 2008.

- [17] KASS, R. “*The logic of warfighting experiments*”. DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, 2006.
- [18] LEE, T.; GHOSH, S. “*A novel approach to asynchronous, decentralized decision-making in military command and control*”. Second International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS’95). 1995.
- [19] GRAY, J. “*Notes on Data Base Operating Systems*”, no livro *Operating Systems, An Advanced Course*. Springer-Verlag, 1978.
- [20] GRIJN, F. “*(Im)possibility of a Coordinated Attack*”. Nota técnica da Universidade de Amsterdã, 2004.
- [21] DONOGHUE, K.; GLASS, M.; PLUNKETT, T. “*Next steps in network time synchronization for navy shipboard applications*”. 40th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Meeting, 2008.
- [22] LYNCH, N. A. “*Distributed Algorithms*”. Morgan Kaufmann Publishers, Califórnia 1997.