

**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL GENERAL**

2021/2022



TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO INDIVIDUAL

**A APLICAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS NO
CONTEXTO DAS OPERAÇÕES MILITARES**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO
SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS
FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL
REPUBLICANA.**

**Paulo Américo Oliveira da Costa
CORONEL PILOTO AVIADOR**



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

A APLICAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS
ADAPTATIVOS NO CONTEXTO DAS OPERAÇÕES
MILITARES

Coronel Piloto Aviador Paulo Américo Oliveira da Costa

Trabalho de Investigação Individual do CPOG 2021/2022

Pedrouços 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

A APLICAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS
ADAPTATIVOS NO CONTEXTO DAS OPERAÇÕES
MILITARES

Coronel Piloto Aviador Paulo Américo Oliveira da Costa

Trabalho de Investigação Individual do CPOG 2021/2022

Orientador: Coronel Tirocinado de Engenharia, Leonel José Mendes Martins

Pedrouços 2022



Declaração de compromisso Antiplágio

Eu, Paulo Américo Oliveira da Costa, declaro por minha honra que o documento intitulado “**A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares**” corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida enquanto auditor do **CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL GENERAL** no Instituto Universitário Militar e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, 06 de maio de 2022

Paulo Américo Oliveira da Costa
Coronel Piloto Aviador



Agradecimentos

Começo por agradecer a todos os autores citados, e a muitos outros que consultei, a quem “pedi emprestado” o conhecimento que usei na elaboração deste trabalho. Todo o conhecimento que aqui está pertence-lhes. A existir algum mérito meu será apenas na organização da narrativa. A todos agradeço terem-me aberto a porta para a complexidade que é algo que há muitos anos me fascina e que me continua a desconcertar.

Um agradecimento muito especial ao meu Orientador, Coronel Tirocinado de Engenharia Leonel Martins, pelo seu apoio incondicional e pelas inúmeras revisões que fez deste trabalho. Sei que o caminho que escolhi não é aquele que ele escolheria para mim. Decidi seguir o caminho que, à luz da complexidade, me faz sentido e que só a mim me responsabiliza. A ele lhe digo que a opção que segui não ocorre por facilitismo e, muito menos, por falta de humildade. Tão só, porque o mundo e a vida não se revelam aos pedaços nem se desvendam por uma qualquer metodologia. Muito obrigado.

Agradeço a um conjunto alargado de Oficiais que fizeram a revisão deste trabalho e cujas opiniões me ajudaram a melhorar o seu conteúdo. Destaco, em particular, a Capitão-Tenente Saldanha Junceiro pela sua orientação metodológica que se revelou fundamental para a elaboração deste trabalho, em particular, nos momentos de maior dificuldade.

Agradeço também aos meus camaradas auditores do Curso de Promoção a Oficial General 2021/2022, pelo companheirismo, entajuda, espírito de corpo, partilha de conhecimento, espírito crítico e os inesquecíveis momentos de boa disposição. Obrigado por fazerem parte desta viagem e por tudo aquilo que me ensinaram.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha família, pela disponibilidade, encorajamento, paciência e apoio permanente. Aos meus pais, pelas referências que me fizeram homem, e à minha esposa Rita e aos meus filhos Margarida, Afonso, Mafalda e Gonçalo, por serem a minha vida.



Índice

1. Introdução	1
2. Enquadramento teórico e conceptual	5
2.1. A aplicação da teoria dos SCA no âmbito militar	5
2.2. Enquadramento conceptual	7
2.2.1. Sistema Complexo Adaptativo	7
2.2.2. Operações Militares	10
2.3. Modelo de análise	10
3. Metodologia e método	11
3.1. Metodologia	11
3.2. Método	12
3.2.1. Participantes e procedimento	12
3.2.2. Instrumento de recolha de dados	12
3.2.3. Técnica de tratamento de dados	12
4. Aplicação dos SCA no contexto das OM	13
4.1. Relevância dos SCA no contexto das OM (dimensão conceptual)	13
4.1.1. Uma nova linguagem	13
4.1.2. A captura da realidade	15
4.1.3. O conflito e as forças militares como SCA	17
4.1.4. Síntese conclusiva e resposta à QD1	19
4.2. Implicações dos SCA no planeamento e condução das OM	19
4.2.1. O processo de tomada de decisão	19
4.2.2. Comando e Controlo	23
4.2.3. Planeamento	26
4.2.4. A complexidade como arma	27
4.2.5. Síntese conclusiva e resposta à QD2	30
4.3. Formulação de uma metodologia de análise	30
5. Conclusões	33
Referências bibliográficas	37



Índice de Apêndices

Apêndice A – Corpo de conceitos	Apd A-1
Apêndice B – Quadrantes de Perrow.....	Apd B-1
Apêndice C – A complexidade como arma	Apd C-1
Apêndice D – Variáveis que determinam a complexidade.....	Apd D-1
Apêndice E – Guião e questionário de validação	Apd E-1
Apêndice F – Validação de resultados	Apd F-1

Índice de Figuras

Figura 1 – <i>How two weather patterns diverge.</i>	2
Figura 2 – Sistema Complexo Adaptativo.....	7
Figura 3 – Elementos, Comportamentos e Efeitos dos SCA.....	9
Figura 4 – Esquema de Investigação	11
Figura 5 – <i>Large and small scales views</i>	16
Figura 6 – <i>Complexity and scale</i>	17
Figura 7 – <i>OODA Loop</i>	20
Figura 8 – <i>Interacting OODA Loops</i>	21
Figura 9 – <i>The Adaptation Cycle</i>	22
Figura 10 – <i>Reciprocal nature of control</i>	23
Figura 11 – <i>Range of Command</i>	24
Figura 12 – <i>Concepts of Command and Control</i>	24
Figura 13 – <i>A Perrow Interaction/Coupling Chart</i>	25
Figura 14 – <i>Comparison of the Cognitive Processes in Designing and Engineering</i>	27
Figura 15 – Opções para conduzir um SCA à disrupção.....	28
Figura 16 – <i>Avenues for complexity imposition</i>	29
Figura 17 – <i>Variation of a Perrow Interaction Coupling Chart with possible Military Operations, Effect Predictability, and Risk</i>	31
Figura 18 – Quadrantes de Perrow	Apd B-1
Figura 19 – <i>Coupling and Effects Predictability</i>	Apd B-2
Figura 20 – <i>A Perrow Interaction/Coupling Chart</i>	Apd B-2
Figura 21 – <i>Avenues for complexity imposition</i>	Apd C-1
Figura 22 – <i>Avenues for complexity exploitation</i>	Apd C-4
Figura 23 – <i>Complexity and scale</i>	Apd E-3



Figura 24 – <i>Variation of a Perrow Interaction Coupling Chart with possible Military Operations, Effect Predictability, and Risk</i>	Apd E-4
Figura 25 – <i>A Perrow Interaction/Coupling Chart</i>	Apd E-4
Figura 26 – <i>Concepts of Command and Control</i>	Apd E-5
Figura 27 – <i>Comparison of the Cognitive Processes in Designing and Engineering</i>	Apd E-5
Figura 28 – <i>Avenues for complexity exploitation</i>	Apd E-6

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Variáveis do Contexto	Apd D-1
Tabela 2 – Variáveis da Missão.....	Apd D-1
Tabela 3 – Variáveis do Contexto	Apd E-2
Tabela 4 – Variáveis da Missão.....	Apd E-3

Índice de Quadros

Quadro 1 – Modelo de análise.....	10
Quadro 2 – Validação de resultados	12
Quadro 3 – Metáforas	14
Quadro 4 – O simples, o complicado, o complexo e o complexo adaptativo	15
Quadro 5 – Perspetiva Newtoniana versus Perspetiva da Complexidade	18
Quadro 6 – Relevância dos SCA para as OM	18
Quadro 7 – Metáforas	Apd E-1
Quadro 8 – Validação de resultados	Apd F-1
Quadro 9 – Análise dos resultados	Apd F-1



Resumo

O estudo do comportamento dos Sistemas Complexos Adaptativos veio revolucionar a perspetiva como observamos o mundo e a forma como interagimos com ele. Os sistemas complexos predominam na natureza e na sociedade e partilham entre si, de forma transversal e em múltiplas escalas, o mesmo conjunto base de propriedades e comportamentos.

A partilha dessa base comum tem suscitado o interesse de múltiplas disciplinas científicas que procuram incorporar o conhecimento adquirido com a complexidade em cada uma delas. Também no domínio militar se procura assimilar o conhecimento existente sobre os Sistemas Complexos Adaptativos e determinar a sua aplicabilidade no contexto das operações militares, sendo esse o objetivo do presente trabalho de investigação.

Suportado numa extensiva revisão de literatura, aplicou-se um raciocínio dedutivo, transpondo o conhecimento disponibilizado pela complexidade para o contexto das operações militares, identificando-se nesse processo cinco dimensões com interesse aplicacional.

Decorrente desse processo, inferiram-se constantes que permitiram a formulação de uma metodologia de análise com o propósito de apoiar o Comandante na determinação da complexidade associada à missão que lhe é confiada e, em função dessa complexidade, oferece-lhe um conjunto de opções e ferramentas que o auxiliam no processo de planeamento e condução das operações militares.

Palavras-chave:

Sistemas Complexos Adaptativos; Complexidade; Não-linearidade; Operações Militares; Comando e Controlo; Processo de Tomada de Decisão.



Abstract

The research on the behaviour of Complex Adaptive Systems has revolutionized the perspective on how we observe the world and the way we interact with it. The complex systems are predominant in nature and society and share among them, transversally and at multiple scales, the same set of properties and behaviours.

The sharing of this common basis aroused the attention of multiple scientific disciplines that are trying to incorporate the complexity knowledge in each of them. As well, in the military domain we are seeking to integrate the existing Complex Adaptive Systems knowledge and determine their applicability in the context of military operations, which is the objective of this research work.

Supported by an extensive literature review, a deductive reasoning was applied, transposing the existing knowledge on complexity to military operations. In this process were identified five dimensions of possible applicational interest.

As a result, it was possible to identify constants that sustain the formulation of an analysis methodology to support the Commander determining the complex characteristics of the adversary and, depending on those characteristics, offers a set of options and tools to assist him in the process of planning and conducting Military Operations.

Keywords:

Complex Adaptive Systems; Complexity; Non-Linearity; Military Operations; Command and Control; Decision Making Process.



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

C

C2	Comando e Controlo
CAS	<i>Complex Adaptive System</i>
CPOG	Curso de Promoção a Oficial General

I

ISR	<i>International Safety Research</i>
IUM	Instituto Universitário Militar

O

OE	Objetivos Específicos
OG	Objetivo Geral
OM	Operações Militares
OODA	<i>Observe-Orient-Decide-Act</i>

Q

QC	Questão central
QD	Questão derivada

S

SCA	Sistema Complexo Adaptativo
-----	-----------------------------

T

TII	Trabalho de Investigação Individual
-----	-------------------------------------

U

USMC	<i>United States Marine Corps</i>
------	-----------------------------------



1. Introdução

“I am convinced that the nations and people who master the new sciences of complexity will become the economic, cultural, and political superpowers of the next century.”

Heinz Pagels (cit. por Czerwinski, 1998, Abertura)

A partir dos anos 60 do século passado, graças ao poder de processamento que os computadores vieram permitir, os cientistas foram surpreendidos com o comportamento matemático de alguns sistemas, designadamente, aqueles que se relacionavam com a previsibilidade dos fenómenos meteorológicos a longo prazo. Até esse momento, como referem Formosinho e Branco (1999, p. 115) “A ciência newtoniana, determinista, criou no homem a ideia de uma “natureza autómata”, regulada por leis em que prever o futuro ou descrever comportamentos passados reduz-se ao mesmo problema matemático.” Nessa perspectiva, acrescentam Formosinho e Branco,

[...] a previsão meteorológica deveria ser tão segura como a de um eclipse do Sol ou da Lua, e se assim não sucedia, era porque havia ainda dificuldades nos cálculos e na recolha de dados experimentais adequados ou os meteorologistas não eram competentes. (Formosinho e Branco, 1999, p. 115)

No entanto, e contrariando esta expectativa, o meteorologista Edward Lorenz constatou que a ciência “clássica”, tinha os seus próprios limites (Formosinho & Branco, 1999, p. 115). Enquanto Lorenz procedia à modelação matemática de um sistema meteorológico, verificou que o arredondamento de um número de uma parte em mil (usando 0,506 em vez de 0,506127), alterava completamente a sua previsibilidade a longo prazo. Foi com surpresa que verificou que na atmosfera, ínfimas perturbações (*inputs*) podem desenvolver, a prazo, fenómenos de grande magnitude (*output*) (Gleick, 1994, p. 46). Lorenz usou a metáfora do *Butterfly Effect* (efeito borboleta) para ilustrar a dependência sensível dos sistemas complexos às condições iniciais – o bater de asas de uma borboleta pode influenciar o curso natural das coisas e, eventualmente, provocar uma tempestade do outro lado do mundo (Marti, 2018, p. 4).

A Figura 1 ilustra o trabalho desenvolvido por Lorenz, demonstrando a dependência sensível da atmosfera às condições iniciais. Partindo de variáveis meteorológicas praticamente idênticas, observa-se no gráfico que essa ínfima diferença inicial obriga o comportamento meteorológico ao final de algumas iterações (tempo), a assumir um padrão atmosférico divergente.

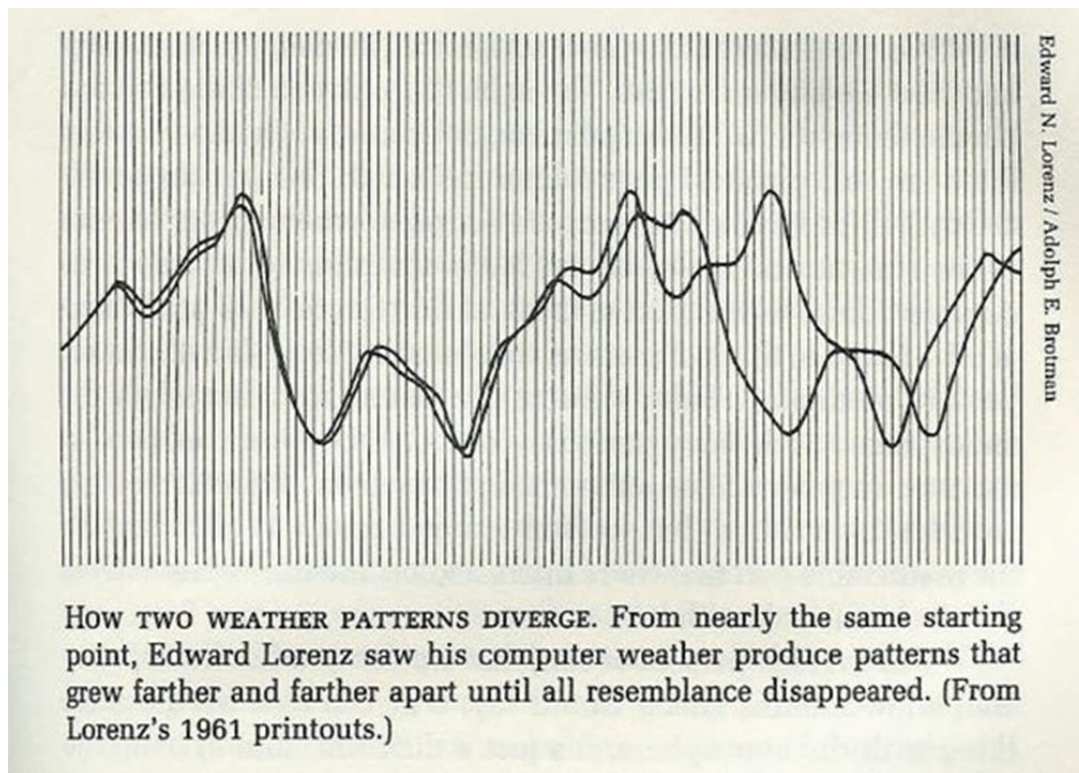


Figura 1 – How two weather patterns diverge.

Fonte: Gleick (1994).

Esta descoberta, segundo Formosinho e Branco (1999, p. 116), “modifica a noção científica de causa, porque as mesmas acções, nas mesmas condições, não produzem necessariamente os mesmos efeitos” e abre caminho à “revolução da ilinearidade, que modifica a noção científica de tempo – um tempo invariante que flui uniformemente acima do mundo -, aproximando-o do “tempo da transformação” e da vida, com evoluções múltiplas e divergentes.”

Enquanto a ciência clássica se tinha dedicado ao estudo dos sistemas lineares cuja ênfase incide na estabilidade, regularidade, permanência e predictibilidade, a realidade é que a grande maioria dos sistemas naturais são fortemente não-lineares e instáveis (Formosinho & Branco, 1999, p. 116).

Estavam assim criadas as condições para colocar em causa o paradigma científico vigente, determinista e reducionista (newtoniano e cartesiano) (Murphy, 2014, p. 6), abrindo-se a porta ao aprofundamento da investigação dos sistemas complexos, em particular os Sistemas Complexos Adaptativos (SCA), pois esses sistemas predominam na natureza e na sociedade e partilham entre si, de forma transversal e em múltiplas escalas, o mesmo conjunto base de propriedades (Barbosa & Crispim, s.d., 3.^a parte, 2.^o parágrafo).



Por essa razão, múltiplas áreas do conhecimento, desde as ciências naturais (física, química, biologia, etc.), até às ciências sociais (economia, sociologia, etc.), têm aprofundado a investigação fundamental e/ou aplicada nos SCA, procurando incorporar em cada uma dessas disciplinas o conhecimento entretanto adquirido nesse tipo de sistemas (Barbosa & Crispim, s.d., 3.^a parte).

A partir da década de 90, particularmente nos países anglo-saxónicos, também as relações internacionais e as ciências militares começaram a demonstrar crescente interesse nas ciências da complexidade, como dá nota o Tenente-General Ervin J. Rokke, Presidente da *National Defense University*, na abertura da compilação de *papers* do simpósio *Complexity, Global Politics and National Security*:

We have given less attention to what our colleagues in the arenas of physics, biology and other New Sciences have to say. They suggest that neither technology nor the Newtonian principles of linearity are sufficient to deal with the increasingly complex world in which we find ourselves. Complexity theory contends that there are underlying simplicities, or patterns, if we but look for them. (Alberts & Czerwinski (Ed), 1996, Forward)

Assim, e porque esta temática não tem sido desenvolvida no âmbito militar em Portugal, não existindo significativa bibliografia nacional que trate do tema, o objeto da presente investigação é a aplicabilidade dos SCA no contexto das Operações Militares (OM).

A presente investigação será delimitada tendo por base três domínios: tempo, espaço e conteúdo (Santos & Lima, 2019, p. 42). O domínio temporal compreende a análise de conceitos e doutrina conforme estavam definidos ou aplicados à data da investigação (dezembro de 2021). Relativamente ao domínio espaço, a sua aplicabilidade foca-se em Portugal e nas suas Forças Armadas. Em termos de conteúdo, o trabalho limitar-se-á à aplicabilidade dos SCA no contexto das OM.

Foi definido como Objetivo Geral (OG) da investigação: **Formular uma metodologia de análise para aplicação dos SCA no contexto das OM**, para o qual concorrem dois Objetivos Específicos (OE) intermédios, que no seu conjunto são operacionalizados pela resposta à Questão Central (QC): **Como aplicar o conhecimento existente sobre os SCA no contexto das OM?**

- OE1: Analisar a relevância das características do comportamento dos SCA para as OM;
- OE2: Analisar as implicações dos SCA no planeamento e condução das OM.



O presente trabalho está organizado em cinco capítulos e é apresentado em formato de artigo científico. O presente capítulo abrange a introdução e o enquadramento do tema; o segundo capítulo trata do enquadramento teórico e conceptual da investigação; o terceiro capítulo detalha a metodologia e o método utilizado; o quarto capítulo trata a temática da aplicabilidade dos SCA no contexto das OM e formula-se a metodologia de análise para a sua aplicação nas OM; o último capítulo destina-se às conclusões, e com base nos resultados obtidos, identificam-se os contributos para o conhecimento, limitações, propostas para estudos futuros e recomendações de ordem prática.



2. Enquadramento teórico e conceptual

“The essence of science lies not in discovering new facts but in discovering new ways of thinking about them.”

William Bragg (cit. por Formosinho & Branco, 1998, p. 11)

Neste capítulo apresenta-se o estado da arte e o método de análise, estabelecendo-se os conceitos estruturantes da investigação.

2.1. A aplicação da teoria dos SCA no âmbito militar

Na sequência da descoberta de Edward Lorenz, foi fundado, em 1984, nos Estados Unidos da América, o *Santa Fe Institute*, dedicado à investigação e ensino dos SCA em múltiplas disciplinas científicas (física, biologia, ciências sociais, etc.), sendo pioneiro na investigação das ciências da complexidade (Chan, 2001, p. 2).

Fruto da investigação que desenvolveu, constatou-se que diferentes sistemas complexos partilhavam o mesmo conjunto de propriedades e comportamentos:

Many natural systems (e.g., brains, immune systems, ecologies, societies) and increasingly, many artificial systems (parallel and distributed computing systems, artificial intelligence systems, artificial neural networks, evolutionary programs) are characterized by apparently complex behaviors that emerge as a result of often nonlinear spatio-temporal interactions among a large number of component systems at different levels of organization. (Chan, 2001, p. 1)

Com base nesta constatação iniciou-se a reflexão académica relativamente à aplicabilidade dos SCA no contexto militar. Nesta procura, foram surgindo um número crescente de artigos e livros que exploraram a temática da complexidade no contexto militar e nas relações internacionais, destacando-se a já referida compilação de *papers* do simpósio “*Complexity, Global Politics and National Security*”, organizado pela *National Defense University* e pela *RAND Corporation*, em novembro de 1996, e a obra de Thomas Czerwinski (1998), *Coping with the bounds: Speculations on Nonlinearity in Military Affairs*. Estas obras surgem numa fase muito inicial do estudo da complexidade, mas já indicavam uma clara aplicabilidade da complexidade no domínio militar e nas relações internacionais, concluindo, como refere o *Lieutenant General Richard Chilcoat*, Presidente da *National Defense University* que:

[...] conventional, or linear, analysis alone is not sufficient to cope with today’s and tomorrow’s problems, just as it was not capable of solving yesterday’s. Its aim is to convince us to augment our efforts with nonlinear insights, and its hope



is to provide a basic understanding of what that involves. [...] I am convinced that the ability to thrive in nonlinear environments will have to be among the core competencies of the warrior and statesman of the 21st century. (Czerwinski, 1998, pp. iii-iv)

Neste contexto surgiram iniciativas concretas que visaram assimilar a complexidade na forma como se planeia e conduz a guerra, referindo-se a título de exemplo:

- Nos Estados Unidos da América, o Corpo de Fuzileiros norte-americano incorporou elementos da complexidade na sua doutrina:

A major breakthrough came in 1994, when the U.S. Marine Corps adopted nonlinear *dynamics*, and the ideas of Complexity theory, realizing that they provided an underlying basis for the Marine doctrine of maneuver warfare embodied in the capstone manual *Warfighting*. (Alberts & Czerwinski (Ed), 1996, Preface)

- No Canadá, o *International Safety Research [ISR] Report - Adaptive Fleet Literature Review* refere:

The Royal Canadian Navy can be considered as a CAS [Complex Adaptive Systems] insofar as it has a large number of components, which interact, adapt and learn in order to overcome an adversary. [...] Through application of the CAS approach to the design of a future naval force structure, it is expected that a fleet structure that is better able to handle the variety of future mission demands will be developed. (ISR, 2017, p. 6)

- Na Austrália, é publicado o *Adaptive Campaigning - Army's Future Land Operating Concept*. Esta iniciativa é suportada pela ideia de que:

The future operating environment will be affected by the interplay of state and non-state actors, be shaped by a number of strategic drivers, and will exhibit the characteristics of a Complex Adaptive System. Such a system involves the interplay of multiple, diverse actors all competing to influence the allegiances and behaviours of individuals, groups and societies. At each level there is learning and adaptation. Consequently, the inter-connected character of future war is known as Complex War. (*Australian Army*, 2009, iii)

Assim, parte-se para o desenvolvimento deste trabalho reconhecendo que o ambiente operacional atual e futuro exhibe as características de um SCA (*Australian Army*, 2009; Wyszynski, 2018) e que as forças militares são um SCA (ISR, 2017).

2.2. Enquadramento conceptual

“Unfortunately, the world does not tend to operate in a linear fashion. CAS theory embraces this nonlinearity by teaching decision-makers that linear extrapolation of current conditions can lead to serious errors.”

Say & Pronk (2012, p. 125)

O estudo da complexidade é um campo de investigação relativamente recente e, por vezes, não existe uma definição absolutamente consensual sobre todos os conceitos ou os mesmos fenómenos são descritos com diferentes semânticas (Carmichael & Hadzikadic, 2019, p. 1). O Apêndice A apresenta as definições de sistema e de linearidade, essenciais para a compreensão dos conceitos aqui apresentados.

2.2.1. Sistema Complexo Adaptativo

A definição de SCA adotada neste trabalho é proposta pelo Exército australiano:

A complex *adaptive* system is an open system in constant interaction with its environment. Its capacity to adapt to environmental change emerges from the collective behaviour of all the parts in the system interacting locally in response to local conditions and incomplete information. Complex adaptive systems are proactive, innovative and learning systems that exhibit agility, flexibility and resilience (Developing definition). (Australian Army, 2009, ix)

A Figura 2 ilustra os SCA e as suas principais características.

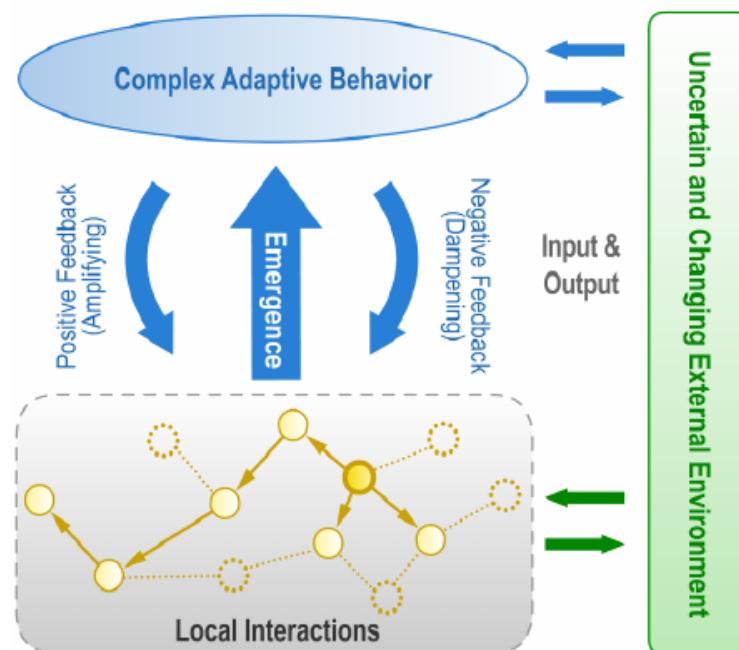


Figura 2 – Sistema Complexo Adaptativo

Fonte: Monostori (2008).



Ao nível das interações locais, “*the parts*”, designados no âmbito deste trabalho por “agentes”, podem ser células, trabalhadores, soldados ou atores internacionais, dependendo se nos referimos, respetivamente, a um tecido humano, a uma empresa, a um exército ou ao sistema político internacional. Os “agentes” interagem entre si e com o ambiente, e essas interações podem assumir a forma de processamento e troca de informação, efeitos físicos sobre o ambiente ou a produção e fornecimento de recursos (Marti, 2018, p. 2). As interações entre “agentes”, e destes com o ambiente, podem ser lineares ou não-lineares, no entanto, a qualidade não-linear das interações é dominante, sendo este aspeto determinante na formação do comportamento global do SCA (Marti, 2018, p. 4).

Os “agentes” decidem e atuam de forma independente e assíncrona, podendo, no entanto, coordenar entre si as suas ações. Embora organizados numa estrutura nodal hierarquizada, não existe uma entidade central (oráculo) que governe ou determine a ação individualizada de cada agente. O seu comportamento resulta do processamento cognitivo de informação imperfeita (incompleta, desatualizada, descontextualizada ou errada) que recolhem do ambiente e de um conjunto de regras que determinam, a cada momento, as suas decisões. Essas regras resultam da memória que guardam de experiências sistémicas anteriores (Marti, 2018, p. 2). O impulso para a ação resulta do “*the will to survive, the will to power, and the will to truth*” (Czerwinski, 1998, p. 262).

Por estas três razões (informação imperfeita, regras e impulso) o conjunto de ações desenvolvido pelos “agentes” é diversificado, pois cada agente desenvolve o seu próprio processo cognitivo, e conseqüentemente, desenvolve-se um processo criativo que busca a efetividade (resolver o problema) e não a otimização (Marti, 2018, p. 2).

Do “trabalho” individual de todos os “agentes” emerge (*emergence*) o comportamento complexo do sistema entendido como um todo. Dado o caráter não-linear das interações, o comportamento emergente do sistema não pode ser compreendido através da interação individual das partes. Por exemplo, a consciência que formamos sobre nós próprios ou sobre um problema emerge do funcionamento do nosso sistema nervoso central como um todo e não pode ser conhecida através da interação individualizada dos neurónios.

Em função do sucesso das interações, relativamente ao ambiente, desenvolve-se um mecanismo de *feedback* que transmite aos “agentes” o ajustamento (*fitness*) das regras utilizadas: as que geraram um melhor desempenho irão ser difundidas e tornam-se dominantes (*positive feedback*); as regras que gerarem desempenhos medíocres serão descartadas (*negative feedback*). Dito de outra forma, o *positive feedback* é uma “força” no



sentido da evolução do sistema, o *negative feedback* é uma “força” oposta, tendente à “rigidificação” do sistema (Ryan, 2009, pp. 70-71). A capacidade de reconhecer e assimilar novas regras representa a capacidade de aprendizagem dos “agentes”, que determina a capacidade de adaptação do sistema a um ambiente em constante mutação. Esta capacidade adaptativa é determinante para a sobrevivência do sistema.

Na perspectiva emergente do sistema, relevam-se ainda as seguintes propriedades: dependência sensível às condições iniciais, coevolução e criticalidade auto-organizada. Devido ao caráter não-linear das interações, os SCA exibem uma forte dependência e sensibilidade às condições iniciais do sistema. Ínfimas alterações no input podem corresponder, a prazo, a profundos e inesperados comportamentos do sistema (o efeito borboleta). O contrário também se aplica: gigantescos *inputs* podem, a prazo, não resultar em significativas alterações do sistema. Esta propriedade determina que os SCA não são previsíveis. A coevolução é a capacidade de adaptação do sistema ao ambiente externo, na medida em que os seus “agentes” se adaptam a esse ambiente, evoluindo, diversificando-se, competindo ou cooperando, desenvolvendo novas competências para se adaptarem a um ambiente em mutação. A criticalidade auto-organizada define o espaço-tempo em que um sistema permanece em equilíbrio crítico no ponto de transição entre a ordem e o caos, referido como a fronteira do caos (*edge of chaos*). É neste ponto, entre a estabilidade e a instabilidade, entre a competição e a cooperação, entre a ordem e a desordem, que os SCA maximizam a sua disponibilidade interna de aprendizagem e de adaptação ao ambiente externo, maximizando a sua capacidade de emergência (Chan, 2001, pp. 3-6).

A Figura 3 ilustra a relação entre os conceitos anteriormente desenvolvidos.

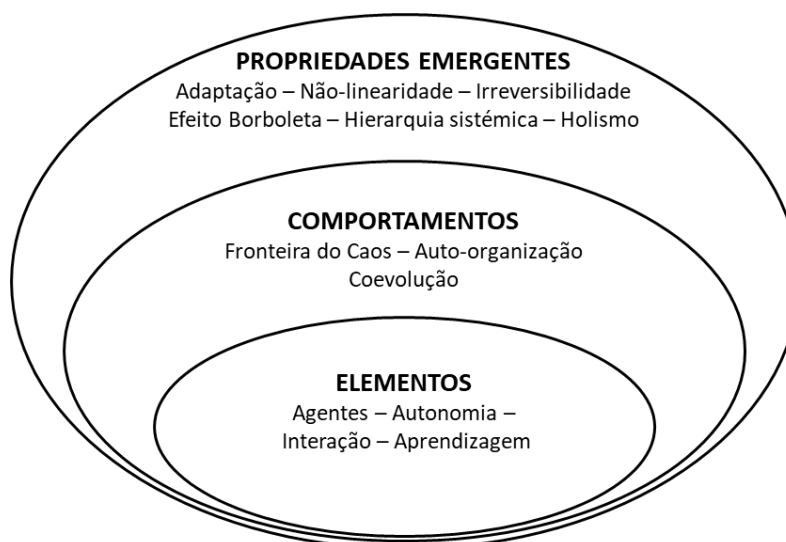


Figura 3 – Elementos, Comportamentos e Efeitos dos SCA

Fonte: Adaptado a partir de Marchi, Erdmann e Rodriguez (2014).



2.2.2. Operações Militares

As OM são uma área nuclear das Ciências Militares que se dedica ao estudo do planeamento e gestão do emprego de capacidades militares, nas suas várias dimensões, em situações limite de incerteza e risco acrescido, típicas do espectro das crises e da conflitualidade armada (Andrade, Lobo, Morgado, Santos & Silva, 2017, s. p.). Segundo os mesmos autores, “as operações militares envolvem também o conceito OTAN [Organização do Tratado do Atlântico Norte] de “*operational environment*” que designa o conjunto de condições, circunstâncias e influências que afetam o emprego de capacidades militares e têm impacto nas decisões de um comandante” (Andrade et al., 2017, s. p.).

As palavras sublinhadas indicam as dimensões sobre as quais irá incidir o estudo da aplicabilidade dos SCA no contexto das OM, sendo que a gestão do emprego compreende o Comando e Controlo (C2) e o uso da complexidade como arma.

2.3. Modelo de análise

Esta investigação orientou-se pelo modelo de análise refletido no Quadro 1.

Quadro 1 – Modelo de análise

OG: Formular uma metodologia de análise para aplicação dos SCA no contexto das OM.				
QC: Como aplicar o conhecimento existente sobre os SCA no contexto das OM?				
Objetivos Específicos	Questões Derivadas	Conceitos Estruturante	Dimensões	Técnicas de recolha de dados
OE1: Analisar a relevância das características do comportamento dos SCA para as OM.	QD1: Qual a relevância das características do comportamento dos SCA para as OM?	SCA OM	Cognitiva	Análise documental e questionário
OE2: Analisar as implicações dos SCA no planeamento e condução das OM.	QD2: Que implicações têm os SCA no planeamento e condução das OM?		Processo de tomada de decisão Planeamento C2 Complexidade como arma	

Fonte: Adaptado a partir de Santos e Lima (2019).



3. Metodologia e método

Neste capítulo apresenta-se a metodologia e o método utilizado neste estudo.

3.1. Metodologia

Na presente investigação foi adotado um raciocínio do tipo dedutivo. Partindo da caracterização dos SCA perspetivou-se de que forma o domínio militar pode usufruir dos conhecimentos que a complexidade disponibiliza, procurando-se nesse processo inferir constantes que substanciem a formulação de uma metodologia de análise que permita a sua aplicação no contexto das OM.

A estratégia de investigação alicerçou-se numa análise qualitativa, considerando que o seu objetivo “é alcançar um entendimento mais profundo e subjetivo do objeto de estudo, sem se preocupar com medições e análises estatísticas” (Santos & Lima, 2019, p. 27).

Desenvolveu-se um processo de análise crítica (Torraco, 2005; Snyder, 2019) explorando a aplicabilidade dos SCA ao contexto militar. Deste processo, extraíram-se ensinamentos e constantes que habilitaram à formulação de uma metodologia de análise com o propósito de aplicar o conhecimento adquirido com o estudo dos SCA no planeamento e condução das OM.

A Figura 4 apresenta o Esquema de Investigação seguido neste trabalho.

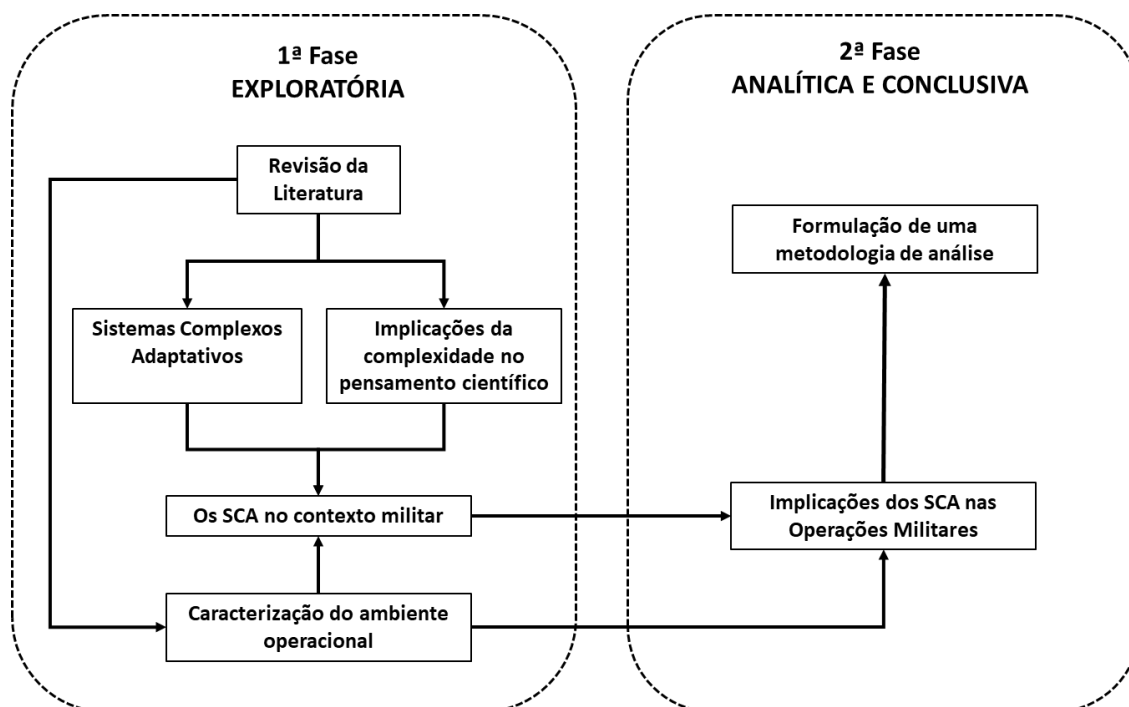


Figura 4 – Esquema de Investigação



3.2. Método

3.2.1. Participantes e procedimento

Foi elaborado um questionário com o propósito de validar a metodologia de análise formulada. O questionário foi dirigido aos 20¹ auditores do Curso de Promoção a Oficial General (CPOG) 2021/2022 das classes/armas/especialidades combatentes. O questionário compreendia oito questões e foi respondido *online*.

3.2.2. Instrumento de recolha de dados

A recolha de dados incidiu na análise documental de publicações doutrinárias, livros e artigos, predominantemente com origem anglo-saxónica, e maioritariamente associados a Institutos ou Universidades Militares ou organismos na esfera da Defesa. O questionário referido anteriormente encontra-se no Apêndice E.

3.2.3. Técnica de tratamento de dados

No que concerne às técnicas de tratamento e análise de dados recorreu-se à análise de conteúdo proposta por Guerra (2006, cit. por Santos & Lima, 2019) designadamente através da transcrição (quando aplicável), leitura, construção de sinopses, análise descritiva e análise interpretativa.

A validação dos resultados ocorre conforme é proposto por Sarmento (2013), e indicado no Quadro 2, e se desenvolve no Apêndice F.

Quadro 2 – Validação de resultados

Validação de resultados %	Validação
100	Totalmente validado
80 a 99	Validado
50 a 79	Parcialmente validado
1 a 49	Não validado
0	Totalmente não validado

Fonte: Sarmento (2013).

¹ Segundo Vilelas (2009, cit. por Santos & Lima, 2019) nos estudos qualitativos de grupos relativamente homogêneos o ponto de saturação é alcançado ao fim de 15 a 20 entrevistas.



4. Aplicação dos SCA no contexto das OM

O presente capítulo apresenta, através de um processo dedutivo, a transposição do conhecimento adquirido com o estudo dos SCA para o contexto militar, explorando as cinco dimensões identificadas no modelo de análise, respondendo sucessivamente às QD. Termina-se o capítulo formulando uma metodologia de análise que apoie o Comandante a aplicar os SCA no contexto das OM, respondendo à QC.

4.1. Relevância dos SCA no contexto das OM (dimensão cognitiva)

A primeira dimensão em análise, cognitiva, tem o propósito de responder à QD1. Centra-se nos mecanismos cognitivos e adaptativos associados ao funcionamento dos SCA no contexto das OM, sendo desenvolvida em três aspectos: uma nova linguagem; a captura da realidade; e, o conflito e as forças militares como um SCA.

4.1.1. Uma nova linguagem

"If I can't picture it, I can't understand it."

Albert Einstein (cit. por Ilachinski, 1996b, p. 43)

A compreensão de um determinado fenômeno, como remete a epígrafe acima, beneficia da possibilidade de se construir uma representação simbólica que ilustre o fenômeno que se deseja compreender. Essa representação simbólica pode assumir uma forma gráfica ou recorrer a expressões linguísticas que transportem um determinado sentido figurado para a realidade que se deseja conhecer. Essas expressões linguísticas designam-se por metáforas (Czerwinski, 1998, p. 64).

Ainda que seja possível encontrar no pensamento de Sun Tzu ou Clauswitz muitos elementos de não-linearidade (Ilachinski, 1996b, pp. 46-47), a verdade é que o atual léxico militar continua a recorrer a metáforas que nos remetem para a linearidade e para a força ilustrativa da física e da mecânica: “massa”, “choque”, “fricção”, “centro de gravidade”, “efeito”, “cinética” são disso alguns exemplos. Como forma de nos aproximarmos da verdadeira natureza subjacente à competição e ao conflito, importa abandonar essa perspectiva mecânica (newtoniana) que percebe esses fenômenos como a “colisão de dois objetos” e adotar uma nova perspectiva que os compreende como a interação entre dois SCA. Nas palavras de Ilachinski:

[...] away from the old "Newtonian" word-view - that emphasizes equilibrium and sees the battlefield as an arena of colliding objects obeying simple, linear laws and possessing little or no internal structure - to a new (but, ironically,



older) "Heraclitian"[²] worldview, that emphasizes process and sees the battlefield as a conflict between two self-organizing living-fluid-like organisms consisting of many mutually interacting and co-evolving parts. (Ilachinski, 1996b, p. 48)

Nesta perspectiva, o Quadro 3 propõe a adoção de um novo conjunto de metáforas que refletem a transição da velha perspectiva “newtoniana” para um novo paradigma assente nas ciências da complexidade.

Quadro 3 - Metáforas

Antiga Metáfora “Newtoniana”	Nova Metáfora “Heraclitiana”
O combate é entendido como a colisão de “bolas de bilhar”	O combate é entendido como um processo adaptativo entre organismos vivos
Linear	Não-linear
Previsível	Imprevisível
Reducionista	Holístico
Causalidade Linear	Causalidade Circular / ciclos de feedback
Quantitativo	Qualitativo
Os elementos básicos são “Quantidades”	Os elementos básicos são “Padrões”
Análise	Síntese
O comportamento é expectável e deduzível	O comportamento é emergente e muitas vezes inesperado
Estabilidade	Fronteira do caos
Sistema fechado	Sistema aberto
Pré-determinado	Emergente
Dinâmica mecanicista	Dinâmica evolutiva
Equilíbrio	Longe do equilíbrio / “novidade contínua”
Individualista	Coletivista
Solução	Processo e adaptação
Ser	Tornar-se
Precisão mecânica	Descoberta permanente
“Operação” militar	“Evolução” militar
Ordem	Inerente desordem
<i>Top-Down</i>	<i>Bottom-Up e Top-Down</i>

Fonte: Adaptado a partir de Ilachinski (1996b).

Esta proposta de adoção de um novo referencial de metáforas é muito mais que uma mera alteração de semântica. Pretende-se, através da linguagem, “iluminar” o nosso processo

² O termo “*Heraclitian*” deve-se ao filósofo Heráclito (540 a.C. – 470 a.C.) cujo argumento era de que o mundo estava em constante estado de fluxo. Duas das suas mais famosas citações são: “Nada existe de permanente a não ser a mudança” e “Ninguém se banha duas vezes no mesmo rio, porque tanto a água quanto o homem mudam incessantemente” (Ilachinski, 1996b, p. 48).



cognitivo com expressões linguísticas que nos aproximam da verdadeira essência dos fenômenos observados, evitando linearizações e/ou simplificações que nos afastam da sua verdadeira compreensão.

A título de exemplo, no nosso dia-a-dia usamos alguns termos e expressões de uma forma coloquial e sem uma preocupação com o seu significado científico. Os termos “complicado” ou “complexo” são usados sem essa preocupação e como sinónimos. No entanto, o seu significado é distinto, como se apresenta e ilustra no Quadro 4, que estabelece a comparação entre sistemas: simples, complicados, complexos e complexos adaptativos.

Quadro 4 – O simples, o complicado, o complexo e o adaptativo complexo

Caracterização	Número de “agentes”	Não-Linearidades	Adaptabilidade	Emergência	Exemplos
Sistema simples	Poucos	Não	Não	Não	Revólver
Sistema complicado	Muitos	Sim	Não	Não	Carro ou avião
Sistema complexo	Usualmente muitos (elementos inanimados)	Sim	Não	Sim	Descolagem automática de um <i>drone</i>
Sistema Complexo Adaptativo	Muitos (com exceções)	Sim	Sim	Sim (devido a “agentes” animados ou inteligência artificial)	Pilotagem de um avião, corpo humano, organizações sociais, nações

Fonte: Adaptado a partir de Lingel, Sargent, Gulden, McDonald e Rockstroh (2021b).

4.1.2. A captura da realidade

“We are essentially linear creatures. Whether this is the native mode of humanity or whether it is primarily the result of acculturation is open to question.”

Czerwinski (1998, p. 8)

A percepção que formamos da realidade é condicionada pelo nosso próprio processo cognitivo. Esse processo, como evoca a epígrafe acima, tende a linearizar (ou simplificar) a relação que se estabelece entre causas e efeitos. Perante problemas complexos, tendemos a desprezar/eliminar os fatores que não conseguimos compreender e, simultaneamente, a “forçar” relações causais entre aquilo que julgamos compreender ou controlar. O processo de linearização visa retirar a *friction* que, como ilustra Ryan, “*friction is roughly those factors that differentiate between real war and war on paper*” (Ryan, 2009, p. 75).

Nessa tentativa de abarcar o mundo complexo, construímos uma imagem da realidade diferente daquilo que é a sua verdadeira essência. E essa diferença, por mais ínfima que seja, como nos recorda o efeito borboleta, tende a gerar, a prazo, efeitos imprevisíveis. Essa



imprevisibilidade, gerada por nós, alimenta o contexto de incerteza em que todos participamos, e que por sua vez influenciará novas ações, que gerarão uma vez mais incerteza, num ciclo interminável de incerteza e imprevisibilidade que se alimenta a si próprio.

A questão que Czerwinski coloca na epígrafe acima, quanto à natureza do processo de linearização, se a mesma é o “*native mode of humanity or whether it is primarily the result of acculturation*”, permanecerá em aberto. Mas o que importa reter é que processo cognitivo do observador influencia a construção da imagem do objeto que se observa. Será, por isso, que observando o mesmo jogo de futebol, os adeptos de cada uma das equipas nunca concordarão sobre aquilo que viram no campo.

Por outro lado, existe uma relação entre complexidade e escala. Ou seja, a posição que o observador assume relativamente ao sistema determina o grau de complexidade que o observador enfrenta e a descrição que faz do mesmo, conforme ilustra a Figura 5.

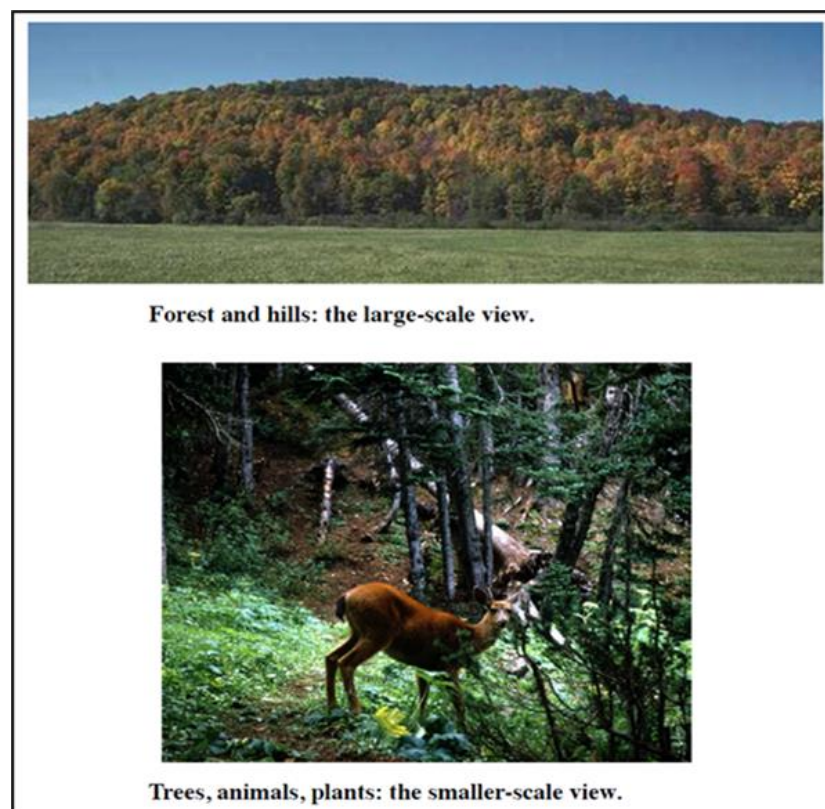


Figura 5 – Large and small scales views

Fonte: Adaptado a partir de Bar-Yam (2004).

A Figura 6 ilustra essa relação entre complexidade e escala. O extremo *small-scale* permite conhecer o sistema no seu máximo detalhe; no extremo *large-scale* apenas se conhece o comportamento emergente do sistema. No extremo *small-scale* é necessário muito



tempo para colher e processar toda a informação do sistema e será necessário um grande esforço para compreender toda a complexidade existente. No extremo *large-scale* apenas se identificará a alteração de comportamento que ocorre em função do ciclo adaptativo do sistema, processo que poderá ser demorado e, face à distância, as causas que forçam a adaptação do sistema poderão ser desconhecidas.

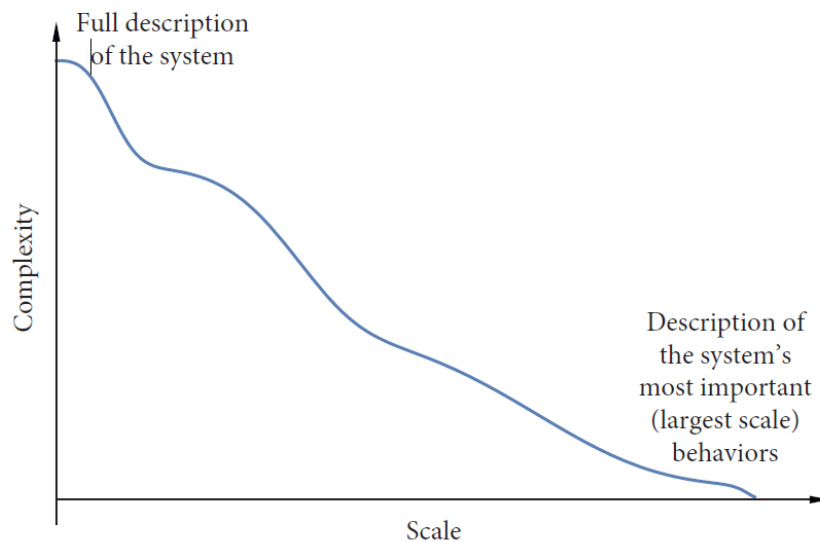


Figura 6 – Complexity and scale

Fonte: Siegenfeld e Bar-Yam (2020).

Por conseguinte, é necessário encontrar um ponto intermédio de observação que, por um lado, permita um nível adequado de conhecimento do sistema e, por outro lado, permita um adequado processamento da informação produzida em função do tempo. Assim, e como referem Siegenfeld & Bar-Yam (2020), o observador deve-se colocar num ponto “intermédio” que permita observar as variáveis que são determinantes para descrever o comportamento emergente do sistema:

The key to analyzing these behaviors [large-scale] is to find the appropriate mathematical (or conceptual) description, i.e., to identify variables that describe the relevant space of possible (large-scale) behaviors, which for complex systems is neither a simple average nor a full account of all the details. (Siegenfeld & Bar-Yam, 2020, p. 10)

4.1.3. O conflito e as forças militares como SCA

Capturando tudo o que foi referido nos subcapítulos anteriores, a perspetiva newtoniana e cartesiana manifesta-se insuficiente para explicar a progressiva complexidade em que vivemos e condiciona a forma como observamos, decidimos e agimos. O Quadro 5



confronta estas duas perspectivas (newtoniana / complexidade) e indica o caminho cognitivo que temos que realizar para concretizar esta indispensável mudança de paradigma.

Quadro 5 – Perspetiva Newtoniana versus Perspetiva da Complexidade

Fenómeno	Perspetiva Newtoniana	Perspetiva da complexidade
Como compreender um sistema?	Um sistema pode ser entendido dividindo-o em partes e analisando os seus componentes mais simples.	Os sistemas só podem ser compreendidos através das interações mútuas entre seus componentes; ver o sistema como um todo.
Previsibilidade	Assumindo que se conhece a equação correta e que as condições iniciais são conhecidas com exatidão, tudo é previsível e controlável.	A previsibilidade de longo prazo pode ser inatingível mesmo em princípio; o comportamento pode ser previsto apenas por curtos períodos de tempo.
Efeito das pequenas perturbações	Pequenas perturbações induzem pequenas mudanças.	Pequenas perturbações podem ter grandes consequências.
Objetivo	O objetivo é desenvolver "equações" para descrever o comportamento, isolando o efeito de uma variável de cada vez.	O objetivo é entender como todo o sistema responde a vários contextos, sem que uma variável domine.
Tipo de soluções	O objetivo é procurar a solução ótima.	Não existe uma solução ótima, pois o conjunto de problemas e condicionantes muda continuamente.
Origem da ordem	A ordem deve ser imposta de fora do sistema.	A ordem pode surgir de forma puramente auto-organizada dentro do sistema.
Natureza da ordem observada	A ordem, uma vez presente, é permanente e aparece local e globalmente.	Um sistema pode parecer localmente desordenado, mas possuir ordem global.
Origem da desordem	A desordem decorre principalmente de forças imprevisíveis fora do sistema.	A desordem pode surgir de forças internas do sistema.
Natureza da causalidade	A causalidade flui de baixo para cima (<i>bottom-up</i>).	A causalidade flui tanto de baixo para cima (<i>bottom-up</i>) como de cima para baixo (<i>top-down</i>).

Fonte: Adaptado a partir de Ilachinski (1996b).

Com base nesta nova perspectiva, e conhecidos os conceitos de SCA e de OM, o Quadro 6 vem, por fim, estabelecer a ligação entre as principais propriedades dos SCA e a sua relevância no contexto das OM.

Quadro 6 – Relevância dos SCA para as OM

Propriedades dos SCA	Relevância para as OM
Interação não-linear	As forças de combate são compostas por um grande número de “agentes” que interagem não-linearmente; as interações incluem <i>loops</i> de <i>feedback</i> , interpretação e adaptação às ações inimigas, processo de tomada de decisão e elementos do acaso.
Emergência	A “capacidade de combate” emergente de uma força de combate não é uma simples função agregada da capacidade de combate individual.
Estrutura hierárquica	As forças de combate estão organizadas numa hierarquia de C2.
Controle descentralizado	Não há um "oráculo" a determinar as ações de cada combatente.



Auto-organização	A ação local, que muitas vezes parece caótica, induz a ordem a longo prazo.
Ordem fora de equilíbrio	Os conflitos militares, pela sua natureza intrínseca, acontecem longe do equilíbrio.
Adaptação	Para sobreviver, as forças de combate têm de se adaptar continuamente a um ambiente em mudança.
Dinâmica coletivista	Há um <i>feedback</i> contínuo entre o comportamento dos combatentes (de baixo nível) e a estrutura de comando (de alto nível).

Fonte: Adaptado a partir de Ilachinski (1996a).

4.1.4. Síntese conclusiva e resposta à QD1.

Assim, e como síntese conclusiva relativamente à dimensão cognitiva, pode-se afirmar que se torna necessário fazer um esforço consciente, através da adoção de uma nova linguagem e da captura da realidade de uma forma distinta, como forma de nos aproximarmos da natureza complexa dos fenómenos que nos rodeiam e com os quais interagimos. Os elementos recolhidos permitem estabelecer uma nova perspetiva de percecionar a realidade, designada complexa, que por sua vez permite estabelecer a relação entre as propriedades dos SCA e a sua relevância para as OM, conforme identificadas no Quadro 6. Desta forma, responde-se à QD1 – *Qual a relevância das características do comportamento dos SCA para as OM?*

4.2. Implicações dos SCA no planeamento e condução das OM

Neste subcapítulo analisam-se as quatro dimensões relacionadas com as implicações dos SCA no planeamento e condução das OM, com o propósito de responder à QD2.

4.2.1. O processo de tomada de decisão

“I engage, and after that I see what to do.”

Napoleon Bonaparte (cit. por USMC (2018b), p. 1-1)

Num contexto de competição ou conflito, a celeridade do processo de tomada de decisão e, conseqüentemente, a iniciativa na ação são determinantes para o sucesso. A aceleração desta dinâmica permite “controlar” a forma como o contexto ambiental se altera e, dessa forma, dificultar ou negar a adaptação do adversário às novas circunstâncias.

O Coronel Jonh Boyd desenvolveu um modelo de tomada de decisão, conhecido como o “*Observe-Orient-Decide-Act (OODA) loop*”, identificando quatro “momentos”, nos quais a “orientação” assume um papel central na construção e coerência da situação “*observada*” e, em conjunto, formam a base para a “*decisão*” e “*ação*” (Kelly & Brennan, 2009, p. 42).

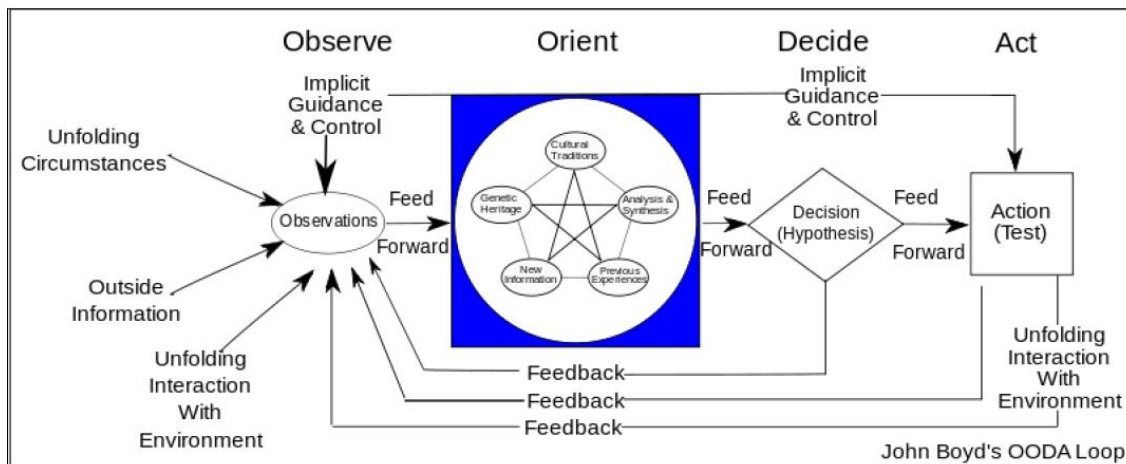


Figura 7 – OODA Loop

Fonte: Colvin (2014).

No subcapítulo 4.1.2. desenvolveu-se a captura da realidade, tendo-se concluído que a percepção da realidade é condicionada pelos próprios processos internos do observador e, como tal, fica afetada de um erro de percepção que inevitavelmente prejudica o processo de decisão. Adicionalmente, este processo de decisão ocorre sobre uma realidade em permanente mutação, alterando-se desde o momento da observação até ao momento em que a ação ocorre. O desfasamento entre a adequabilidade da ação à realidade observada será tanto maior quanto maior for o tempo necessário para que o *OODA loop* se complete. Assim, o tempo e a fidelidade da informação ao longo do processo de decisão assumem um papel determinante na adequação da ação à realidade. Por conseguinte, a redução do tempo e a manutenção da fidelidade privilegiam que o processo de tomada de decisão ocorra localmente (pelo “agente” em contacto com a realidade) (Ryan, 2009, pp. 72-73).

Como refere o USMC (2018a), *“Each must deal with friction, uncertainty, and disorder at its own level, and each may create friction, uncertainty, and disorder for others, friendly as well as enemy”* (USMC, 2018a, p. 1-11).

O nível “local” ocorre em todos os patamares da estrutura hierárquica, pois todos os níveis têm os seus próprios desafios e todos têm que desenvolver os seus próprios processos de decisão. Ou seja, o processo adaptativo é potenciado quando o processo de tomada de decisão é distribuído por todos os níveis hierárquicos e por todos os “agentes”, dentro dos limites de autoridade que estejam estabelecidos (regras de empenhamento). Adicionalmente, a capacidade adaptativa é exponenciada pela partilha em rede (ligação formal ou informal) do conhecimento situacional, promovendo-se, desta forma, o alinhamento cognitivo, a



sincronização das ações e a multiplicação de sinergias (auto-organização) (Ryan, 2009, pp. 72-73).

Um outro aspeto que importa reter é a relevância das condições nas quais o processo de tomada de decisão ocorre e a sua relação com o processo de linearização da realidade. Dois exemplos: quando forçados a decidir num curto espaço de tempo ou com informação limitada, incongruente ou contraditória apenas seleccionamos os elementos de informação que aparentemente estão correlacionados entre si ou factos/eventos próximos daquilo que são as nossas experiências anteriores (memória), ignorando toda a informação relativamente à qual não seja possível identificar relações causais (Holmes, 2012, pp. 94-95); ou, quando confrontados com o dilema entre a decisão de desenvolver uma ação que possa conferir vantagem tática/estratégica ou privilegiar a redução de risco das nossas forças, o nosso processo cognitivo tende a dar prioridade à redução de risco (Lingel et al., 2021a, p. 1).

Numa outra dimensão, importa reter que o “*OODA loop*” tem as suas limitações, que resultam do facto de ser um processo reativo, dependente da observação do adversário e não ser explícito quanto ao papel da aprendizagem e da adaptação (Australian Army, 2009, p. 31). Concretizando, só quando se estimula o adversário é que ele expõe verdadeiramente os seus comportamentos e exhibe os seus padrões de funcionamento e de adaptação. Naturalmente, que a observação de um adversário inativo tem o seu valor para o planeamento, mas só quando é estimulado é que expõe verdadeiramente o seu carácter (Ryan, 2009, p. 86).

Voltando à perspectiva de que o combate ocorre entre “*two self-organizing living-fluid-like organisms*” deve-se ter presente que os dois “*OODA loops*” em conflito estão intrinsecamente ligados, conforme é indicado na Figura 7, assumindo a “ação/interação” um papel central que determina o comportamento de ambos os *loops*.

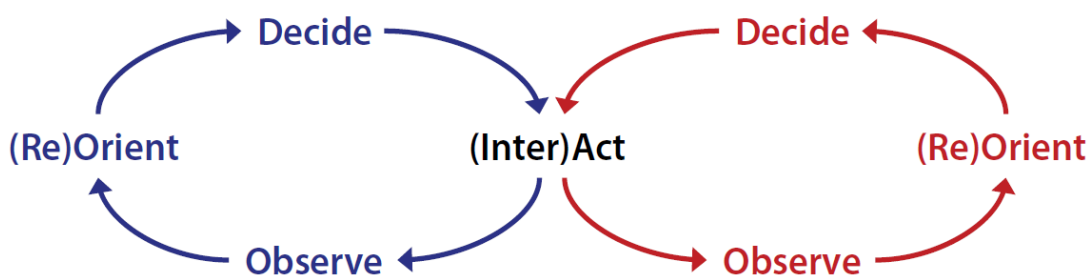


Figura 8 – *Interacting OODA Loops*

Fonte: Murphy (2014).



Tentando captar esta perspetiva, o Exército australiano desenvolveu, complementarmente ao “*OODA Loop*”, o *Adaptation Cycle* cujo ênfase está colocado no “*understanding a problem through experience, knowledge and planning, enhancing that understanding through interaction and explicitly drawing out the requirements to learn and adapt, individually and organizationally*” (Australian Army, 2009, p. 31). O *Adaptation Cycle*, representado na Figura 9, tem como objetivo promover a adaptação através de um processo de aprendizagem que resulta da experiência adquirida pela ação e pelo conhecimento gerado por esse processo (Australian Army, 2009, p. 31).



Figura 9 – The Adaptation Cycle

Fonte: Australian Army (2009).

O *Ciclo Adaptativo* tem por base uma tipologia de C2, designada por *Mission Command* (Missão Comando), que se caracteriza por conferir uma enorme autonomia de ação aos subordinados (atuação ao nível local), através da assimilação da Intenção do Comandante, e sustentada por um entendimento partilhado da situação. O *Ciclo Adaptativo* permite obter uma maior compreensão de situações complexas e uma crescente capacidade de lidar com elas, possibilitando a aprendizagem a todos os níveis e uma compreensão de quando a adaptação se torna necessária (Australian Army, 2009, p. 31).



4.2.2. Comando e Controlo

“Never tell people how to do things. Tell them what to do and they will surprise you with their ingenuity.”

General Patton (cit. por *Department of the Army*, 2019, p. 1-3)

No presente subcapítulo pretende-se estabelecer uma relação entre complexidade e C2, com o propósito de identificar qual a metodologia de C2 que melhor se ajusta a situações complexas, não ignorando a amplitude do espectro da competição e conflito e a diversidade do contexto ambiental multidimensional em que as OM podem ocorrer.

Recorrendo à NATO (2021, p. 29), define-se “*command and control - The authority, responsibilities and activities of military commanders in the direction and coordination of military forces as well as the implementation of orders related to the execution of operations.*” A Figura 10 capta de forma gráfica a referida definição.

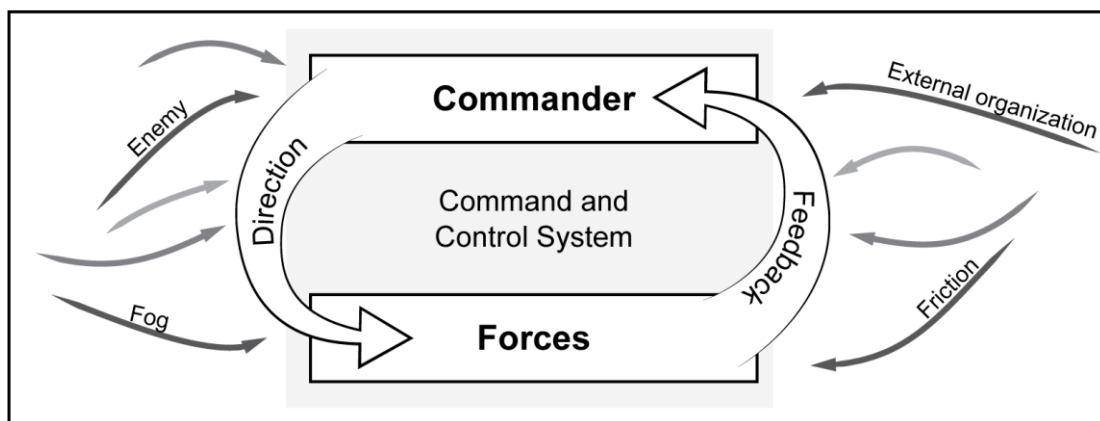


Figura 10 – *Reciprocal nature of control*

Fonte: *Department of the Army* (2019).

Num contexto competitivo ou conflitual, o sucesso de um SCA está dependente da celeridade e adequabilidade do seu processo adaptativo ao meio ambiente. Verificamos, também, que a adaptação resulta do processo de *feedback* que dá conta do ajustamento (*fitness*) das interações no sucesso do comportamento emergente do SCA. Nesta perspetiva, e recuperando a definição anterior, a forma como o Comandante exerce a direção e a coordenação das forças deve ter como propósito exponenciar a capacidade adaptativa das forças em função de cada circunstância operacional.

Assim, importa determinar que tipologia de C2 é a mais adequada a cada situação operacional, sendo possível, como ilustra a Figura 11, conceber um espectro de C2 em que



num extremo temos o comando totalmente centralizado e, no outro extremo, o comando totalmente descentralizado.

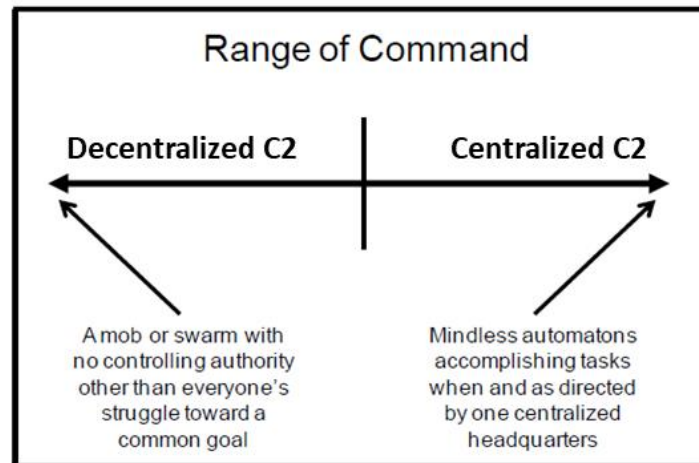


Figura 11 – Range of Command

Fonte: Adaptado a partir de Department of the Army (2019).

Ilustrando de outra forma, e recorrendo à Figura 12, é possível identificar um conjunto de atributos inerentes a cada extremo de C2, podendo-se inferir a ligação existente entre a complexidade e o C2 descentralizado.

Decentralized C2		Centralized C2	
<ul style="list-style-type: none"> • Probabilistic • Unpredictable 	Assumes war is	<ul style="list-style-type: none"> • Deterministic • Predictable 	
<ul style="list-style-type: none"> • Disorder • Uncertainty 	Accepts	<ul style="list-style-type: none"> • Order • Certainty 	
<ul style="list-style-type: none"> • Decentralization • Spontaneity • Informality • Loose rein • Self-discipline • Initiative • Cooperation • Acceptable decisions faster • Ability all echelons • Higher tempo 	Tends to lead to	<ul style="list-style-type: none"> • Centralization • Coercion • Formality • Tight rein • Imposed discipline • Obedience • Compliance • Optimal decisions, but later • Ability focused at the Top 	
<ul style="list-style-type: none"> • Implicit • Vertical and horizontal • Interactive 	Communication types used	<ul style="list-style-type: none"> • Explicit • Vertical • Linear 	
<ul style="list-style-type: none"> • Organic • Ad hoc 	Organization types fostered	<ul style="list-style-type: none"> • Hierarchic • Bureaucratic 	
<ul style="list-style-type: none"> • Delegating • Transformational 	Leadership styles Encouraged	<ul style="list-style-type: none"> • Directing • Transactional 	
<ul style="list-style-type: none"> • Art of war • Conduct of operations 	Appropriate to	<ul style="list-style-type: none"> • Science of war • Technical/procedural tasks 	

Figura 12 – Concepts of Command and Control

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).



No entanto, é possível determinar de uma forma ainda mais objetiva o tipo de C2 a empregar em cada OM. Para tal, recorre-se à metodologia dos Quadrantes de Perrow. O suporte teórico dos quadrantes de Perrow é apresentado no Apêndice B. Os quadrantes de Perrow permitem mapear os sistemas através da forma como as suas partes constituintes interagem (linear/não-linear) e da forma como estão acopladas (*coupled*).

De acordo com Shoultz (2013), que adaptou o trabalho de Perrow ao contexto militar, cada quadrante tem características distintas que, por sua vez, determinam diferentes arranjos de C2, conforme se apresenta na Figura 13.

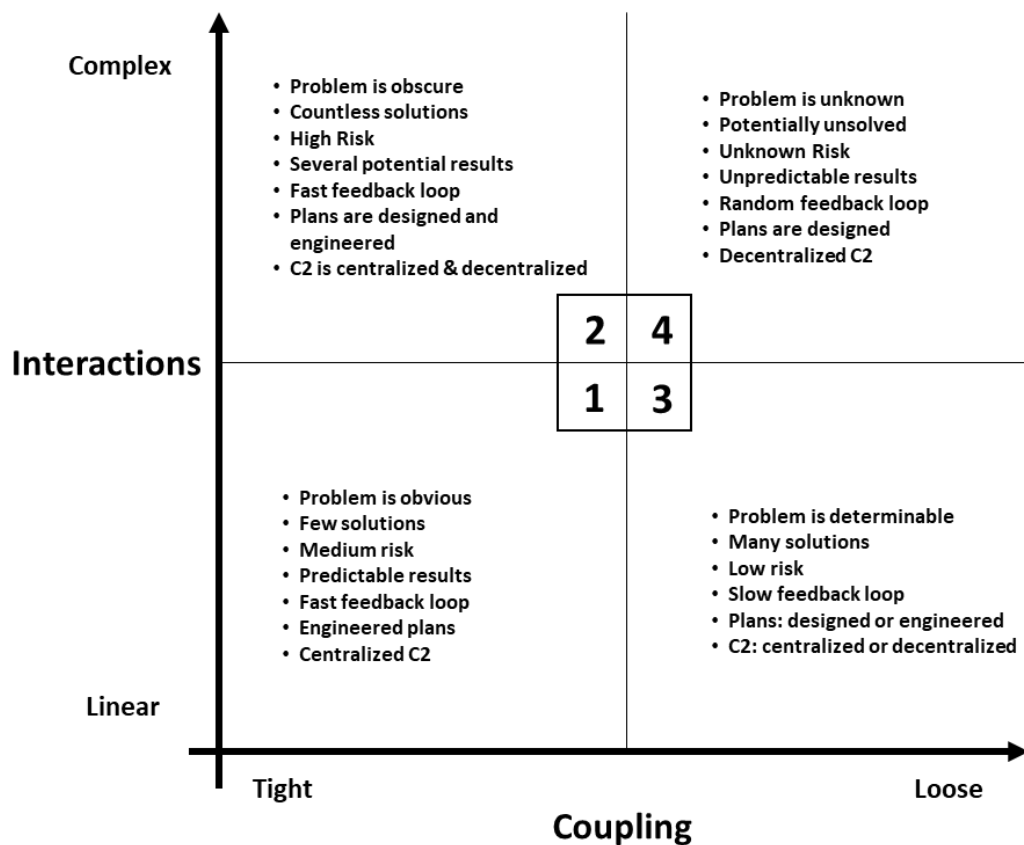


Figura 13 – A Perrow Interaction/Coupling Chart

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).

A análise segundo os Quadrantes de Perrow permite afirmar que no domínio das interações complexas (quadrantes 2 e 4), onde se situa uma parte considerável da competição e conflito, o C2 deve ser descentralizado, permitindo aos subordinados um determinado grau de liberdade para criar as suas próprias soluções em função do ambiente que os rodeia. Destaca-se, particularmente, o Quadrante 2, pela necessidade de promover um alinhamento



cognitivo do pessoal (*like-minded*), obtido através da educação e treino, como uma forma de criar uma padronização procedimental e uma sincronização na ação.

4.2.3. Planeamento

“... no plan of operations extends with any degree of certainty beyond the first encounter with the main enemy force.”

General Von Moltke (cit. por *Department of the Army*, 2019, p. 1-4)

O Glossário de Termos Militares do Instituto Universitário Militar (IUM) define planeamento como o “processo pelo qual o comandante visualiza o resultado desejado, expressa as modalidades mais eficazes para o atingir, e comunica aos seus subordinados a sua visão, intenção, e decisão, para atingir o resultado esperado” (IUM & ACL, 2020, p. 229).

Esta definição contrasta gravemente com a natureza dos SCA, onde a incerteza e a imprevisibilidade são reinantes e nos quais os processos de aprendizagem e de adaptação são determinantes para a sobrevivência e evolução. Um adversário não é um ser inanimado, sem vontade ou desígnios. Ele reagirá às nossas ações e atuará provocando as nossas reações num processo contínuo de interferência mútua (Shoulds, 2013, pp. 4-5). Um plano, na forma como a definição nos oferece, é algo que se produz à *anteriori* e estabelece um “caminho” entre a situação atual e o resultado final desejado. Ainda que seja possível visualizar o resultado final desejado, a definição das modalidades mais eficazes de o atingir pressupõe que controlamos com precisão todas as ações e reações do adversário, ou seja, que somos capazes de eliminar toda a incerteza que o ambiente encerra e que o adversário produz. Pressupõe que dominamos linearmente todas as ações e antecipamos as reações do adversário (Shoulds, 2013, pp. 4-5).

Esta forma de entender o planeamento é profundamente errada no contexto complexo em que vivemos. Como Moltke refere “*as war progressed, its uncertainties diminished the value of any detailed planning that might have been done beforehand*” (*Department of the Army*, 2019, p. 1-4).

Shoulds (2013, p. 5) oferece uma visão distinta de conceber o planeamento, diferenciando-o entre *engineering planning*, adequado a modelos lineares, e *designing planning* associados a problemas complexos, de acordo com os atributos identificados na Figura 14.



Designing	Engineering
<ul style="list-style-type: none">• Problem framing• Start with a blank sheet• Questions the limits of existing knowledge• Questions assumptions and method• Conceptual• Develops understanding• Paradigm setting• Complements planning, preparation, and assessment• Output: a broad approach to problem solving (a design)	<ul style="list-style-type: none">• Problem solving• Start with a coherent design or plan• Functions within the existing paradigm• Follows established procedure• Physical and detailed• Develops products• Paradigm accepting• Patterns and templates activity• Output: detailed plan for action (blueprints)

Figura 14 – Comparison of the Cognitive Processes in Designing and Engineering

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).

Estas duas formas distintas de conceber o planeamento são diametralmente opostas: a *designing* gera entendimento, a *engineering* determina ações. A primeira amplifica a aprendizagem e a adaptação, a segunda determina a ação dos subordinados (Shoulds, 2013, pp. 6-8). Não se pretende com esta abordagem diminuir o papel do planeamento nas OM. Antes pelo contrário. O que se deseja enfatizar é que o mais importante do planeamento não é o produto em si (o plano) mas sim o conhecimento partilhado que se gera sobre o problema, sobre o estado final desejado e as intenções do Comandante. Neste sentido, o planeamento não deve ser entendido como um *deliverable*, mas sim um processo participativo que deve envolver, na máxima extensão possível, todos os escalões, incluindo aqueles que participam diretamente nas ações, gerando conhecimento sobre o adversário, o ambiente e sobre nós próprios.

Concluindo, com o recurso aos quadrantes de Perrow (ver Figura 13) é possível determinar o tipo de planeamento a utilizar em cada OM, relevando-se que em ambientes complexos (quadrantes 2 e 4) o planeamento deverá ser do tipo *designing*.

4.2.4. A complexidade como arma

“Many intelligence reports in war are contradictory; even more are false; and most are uncertain... reports turn out to be lies, exaggerations, errors, and so on.”

Carl von Clausewitz (cit. por *Department of the Army*, 2019, p. 3-5)

Nos subcapítulos anteriores exploramos dois aspetos que condicionam a capacidade adaptativa dos SCA em diferentes dimensões das OM. Importa, finalmente, explorar de que forma o conhecimento adquirido sobre os SCA pode ser utilizado para conduzir um SCA à disrupção.



De acordo com Pentland (1994), é possível causar a disrupção de um sistema dinâmico de quatro formas distintas:

1. Closing the system off from its environment and propelling it to equilibrium;
2. Eliminating feedback within the system;
3. Driving any one of the dimensional dynamics to singularity by overloading and destroying it, or;
4. Applying quantum amounts of broad external energy to the entire system.

Pentland (1994, cit. por Czerwinski, 1998, p. 261)

Das quatro possibilidades referidas, a quarta opção corresponde à aniquilação física do sistema através da aplicação massiva de energia, correspondendo, por exemplo, a um bombardeamento nuclear.

As restantes três opções oferecem a possibilidade de conduzir o sistema à disrupção explorando o conhecimento adquirido com os SCA, agindo, para tal, sobre os “mecanismos” que estruturam o sistema e usando *soft power*. Graficamente, pode-se representar essas três opções de acordo com a Figura 15.

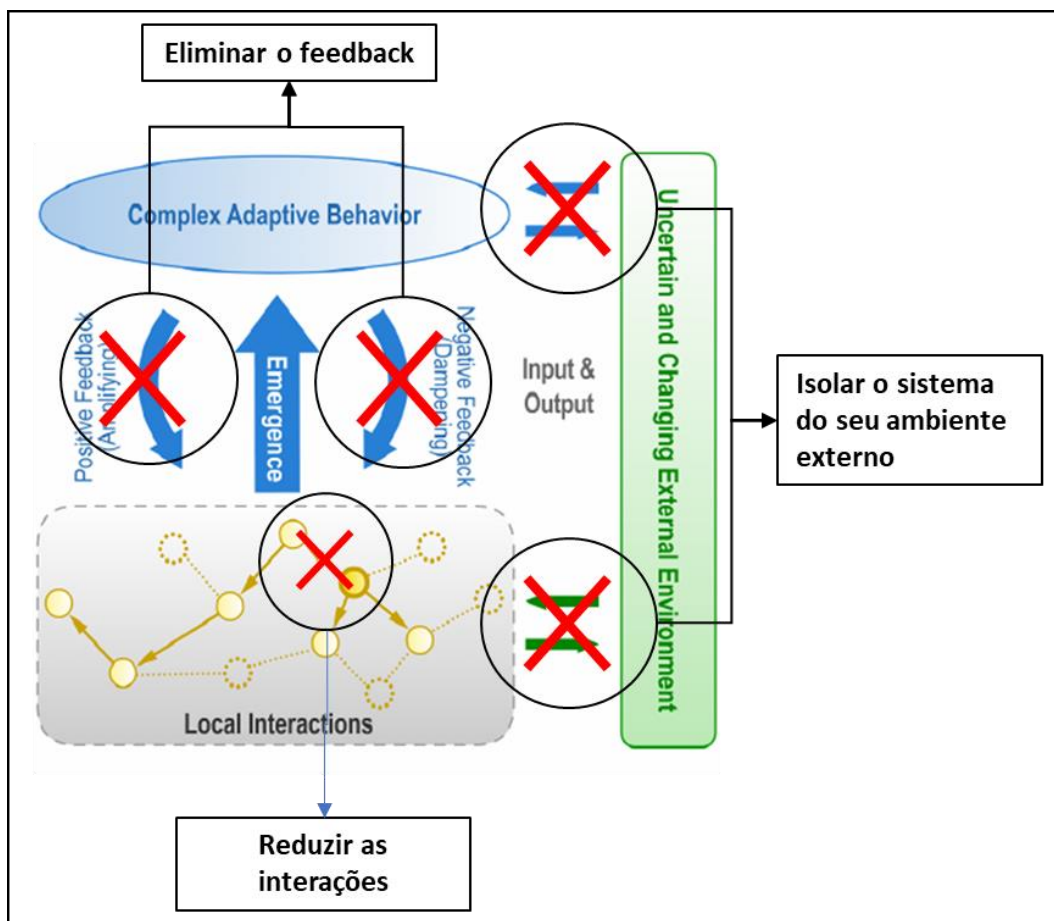


Figura 15 – Opções para conduzir um SCA à disrupção

Fonte: Adaptado a partir de Monostori (2008).



Relativamente à aplicação da primeira opção, isolar o SCA do seu ambiente externo, corresponde à interrupção dos canais de fornecimento de energia, recursos ou informação. Um SCA é uma estrutura dissipativa que necessita de gerar, trocar ou receber recursos de/com o exterior. A interrupção de canais com o exterior conduzirá o SCA à exaustão de recursos e, conseqüentemente, à paralisia.

A segunda opção consiste em eliminar os mecanismos de *feedback*, que provocará a incapacidade dos SCA determinarem o ajustamento das suas ações ao ambiente envolvente, provocando uma “cegueira” adaptativa e conseqüentemente limitando a sua capacidade de aprendizagem e adaptação.

A terceira opção explora a redução/eliminação das dinâmicas internas, em duas dimensões distintas: influenciar negativamente o processo de tomada de decisão; e desestruturar o processo de C2.

Explorando as três possibilidades anteriores, e numa perspetiva mais prática, Lingel et al. (2021a, 2021b), oferecem uma proposta para explorar a complexidade como uma arma, definindo “*complexity attack*” como uma ação que visa explorar de forma deliberada as características dos SCA, de forma a induzir um efeito negativo no adversário (Lingel et al., 2021, p. 2). Tal, consegue-se exacerbando o “nevoeiro” do campo de batalha, negando informação, criando incerteza quanto às forças e suas capacidades e suscitando diferentes perceções da realidade. O objetivo é aumentar de forma deliberada a complexidade do ambiente de forma a criar-lhe dilemas e impasses no processo de tomada de decisão (Lingel et al., 2021a, p. 1).

A Figura 16 identifica as diferentes opções que Lingel et al. (2021a, 2021b) propõem para explorar a complexidade como arma. No Apêndice C desenvolve-se cada uma dessas opções.

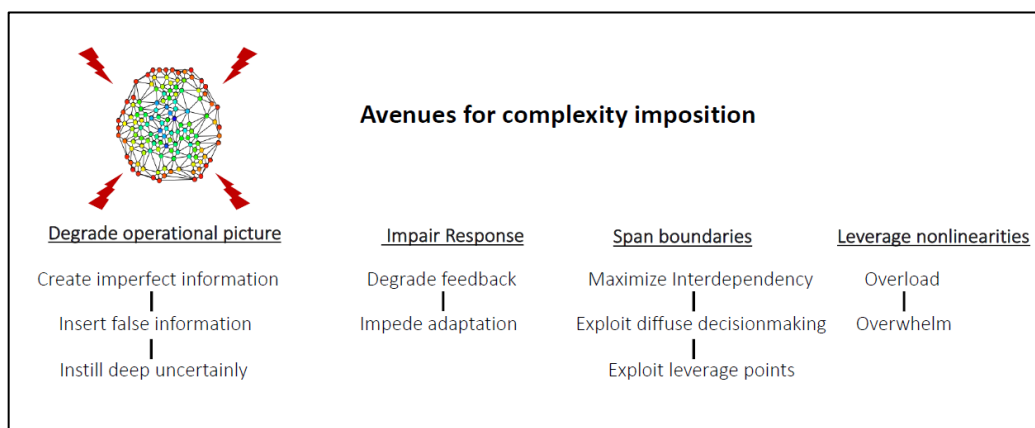


Figura 16 – Avenues for complexity imposition

Fonte: Lingel et al. (2021a).



4.2.5. Síntese conclusiva e resposta à QD2

Como síntese dos quatro subcapítulos anteriores, nas quatro dimensões em análise, extraem-se as seguintes implicações para as OM que ocorrem em ambientes complexos: o processo de tomada de decisão deve ser distribuído por toda a estrutura hierárquica, privilegiando a decisão ao nível local; o C2 deverá ser descentralizado, privilegiando-se a adoção do “*Mission Command*”; deve-se adotar um planeamento do tipo *designed*; e que existem múltiplas possibilidades de explorar a complexidade como uma arma. Desta forma, encontra-se resposta para a QD2 – *Que implicações têm os SCA no planeamento e condução das OM?*

4.3. Formulação de uma metodologia de análise

“There is always a well-known solution to every human problem—neat, plausible, and wrong.”

Henry Mencken (cit. por Say & Pronk, 2012, p. 119)

Considerando as cinco dimensões anteriormente descritas, o presente subcapítulo destina-se à formulação de uma metodologia de análise que auxilie o Comandante a lidar com a complexidade. Estrutura-se num guia composto por oito passos/questões que sugerem o “caminho” que o Comandante deve efetuar para liderar a OM que tem em mãos, e conhecer o seu adversário e a si mesmo.

1 – Abandonar a linearidade.

Nós somos seres essencialmente lineares. Só reconhecendo esta condição poderemos desenvolver um esforço consciente de que a não-linearidade prevalece na natureza e na sociedade e determina a maioria dos fenómenos que governam as nossas vidas. Entender a competição e o conflito como a interação de “two self-organizing living-fluid-like organisms” abre uma porta para a compreensão dos mecanismos, propriedades e comportamentos dos SCA, permitindo, desta forma, identificar as fragilidades e explorar as oportunidades que a complexidade oferece.

2 – Identificar as variáveis que determinam a complexidade da OM.

O Apêndice D identifica um conjunto de variáveis relacionadas com o contexto operacional no qual a OM se desenrolará e um segundo conjunto de variáveis relacionadas com a natureza intrínseca da missão. O Comandante pode utilizar estas listas, como referência, e sem se limitar apenas a elas, para identificar as variáveis que determinam a complexidade da OM.



3 – Observar as variáveis que afetam as OM à “distância” correta.

Identificadas as variáveis que afetam a OM, o observador deve colocar-se à “distância” correta de forma a detetar a formação de padrões exibidos por essas variáveis. Este passo é determinante para orientar o esforço das Informações e deve incidir ao nível das interações associadas a essas variáveis e aos “agentes” que as desenvolvem.

4 – “Medir” a complexidade das OM.

Para se determinar a complexidade das OM deve-se recorrer aos quadrantes de Perrow, conforme se apresenta na Figura 17. A identificação do quadrante em que a OM se encontra permite identificar os atributos que lhe são inerentes, conforme identificados na Figura 13.

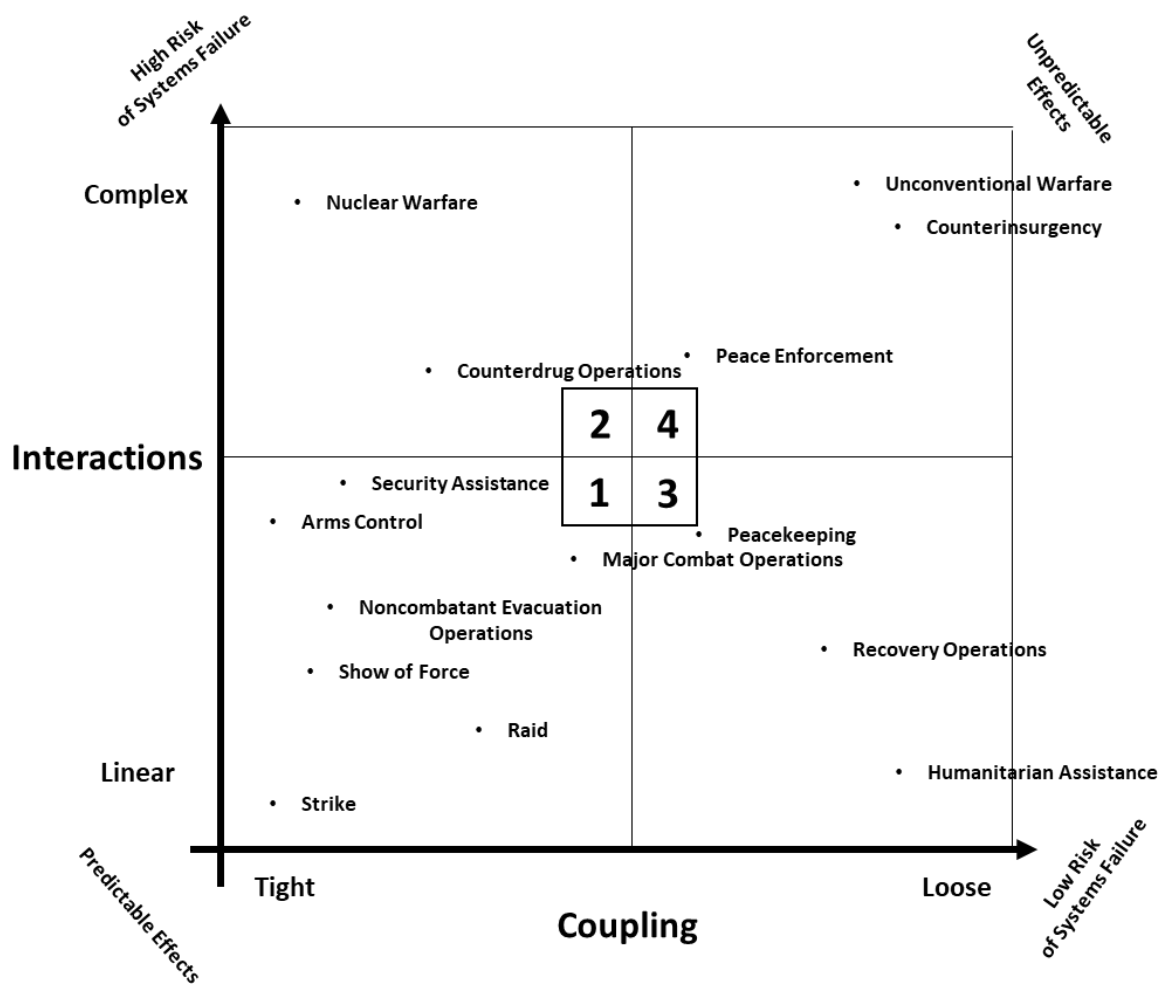


Figura 17 – Variation of a Perrow Interaction Coupling Chart with possible Military Operations, Effect Predictability, and Risk

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).

5 – Ajustar o C2 em função da complexidade.

Em função do quadrante em que se posiciona a OM (Figura 17), deve-se selecionar a tipologia de C2 mais adequado à OM. Ver os correspondentes atributos de C2 na Figura 12.



6 – Efetuar o planeamento em função da complexidade.

Em função do quadrante em que se situa a OM (Figura 17), deve-se selecionar a metodologia de planeamento a adotar para a OM. Ver os correspondentes atributos de planeamento na Figura 14.

7 – Explorar a complexidade como arma.

A compreensão dos “mecanismos” que estruturam os SCA permite explorar diferentes opções para a sua disrupção. Recorrer ao subcapítulo 4.5. e ao Apêndice C para definir diferentes opções de “complexity attacks”.

8 – Desenvolver a capacidade adaptativa das nossas forças.

O desenvolvimento da capacidade adaptativa obtém-se através da educação e treino. Ao nível da educação deve-se desenvolver a capacidade de liderança e de pensamento crítico, desde cedo, e transversalmente a toda a organização. Todas as opiniões e ideias são relevantes e alimentam a necessária diversidade que conduz à criatividade. O treino em ambiente complexo é essencial para desenvolver a capacidade cognitiva das forças e desenvolver padrões de reconhecimento situacional que permitam desenvolver a sincronização de ações (auto-organização).

Com base no suporte teórico que as respostas às QD permitiram alavancar, formulou-se a metodologia de análise que se desejava elaborar, constituída por oito passos, que no seu conjunto, respondem à QC – *Como aplicar o conhecimento existente sobre os SCA no contexto das OM?* –, concretizando o OG deste trabalho de investigação – *Formular uma metodologia de análise para aplicação dos SCA no contexto das OM.*

O questionário efetuado aos auditores do CPOG 2021/2022 **validou com 90% a utilidade da metodologia de análise formulada**, e a totalidade dos inquiridos considerou que a metodologia deveria ser testada ao nível do IUM, visando o seu aperfeiçoamento e validação com vista a uma eventual implementação operacional.



5. Conclusões

O efeito borboleta é, porventura, a metáfora que melhor ilustra a complexidade – o bater de asas de uma borboleta pode influenciar o curso natural das coisas e, eventualmente, provocar uma tempestade do outro lado do mundo. Ínfimas ações podem, a prazo, gerar enormes efeitos. Esta desproporcionalidade entre causas e efeitos, designada de não-linearidade, determina a complexidade dos SCA e a sua inerente imprevisibilidade.

A constatação de que os sistemas complexos predominam na natureza e na sociedade e partilham entre si, de forma transversal e em múltiplas escalas, o mesmo conjunto base de propriedades, veio colocar em causa o paradigma científico vigente – determinista e reducionista (newtoniano e cartesiano), abrindo a porta para a “revolução da não-linearidade” que altera a perspectiva como observamos e interagimos com o mundo que nos rodeia.

Assim, e como em muitas outras áreas do conhecimento, desde as ciências naturais (física, química, biologia, etc.), até às ciências sociais (economia, sociologia, etc.), também o pensamento militar procurou incorporar o conhecimento adquirido com o estudo dos SCA na forma como compreende e conduz a guerra.

Nesta perspectiva, e na tentativa de nos aproximar da verdadeira natureza subjacente à competição e ao conflito, importa abandonar a perspectiva newtoniana que percebe esses fenómenos como a “colisão de dois objetos”, e adotar uma nova perspectiva que os compreende como a interação entre *“two self-organizing living-fluid-like organisms consisting of many mutually interacting and co-evolving parts.”*

A metodologia utilizada na elaboração deste trabalho consistiu numa análise crítica, suportada numa estratégia qualitativa com aplicação de um raciocínio do tipo dedutivo. Na fase exploratória do trabalho, efetuou-se uma exaustiva revisão da literatura privilegiando o estudo em dois vetores distintos: um primeiro, associado à caracterização dos SCA; e um segundo, conceptual, relacionado com as implicações da complexidade na forma como observamos e interagimos com a realidade.

Partindo-se desta análise, passou-se à segunda fase de investigação, identificando-se a forma como o domínio militar pode beneficiar dos ensinamentos que a complexidade disponibiliza, procurando-se nesse processo inferir constantes que substanciem a formulação de uma metodologia de análise que permita a aplicação do conhecimento adquirido com os SCA no contexto das OM.



Do estudo do primeiro vetor, relativo à caracterização dos SCA, releva-se a importância do processo de aprendizagem que os “agentes” realizam em função da adequabilidade (*fitness*) das suas ações relativamente às circunstâncias ambientais onde estão inseridos, processo esse que determina a capacidade adaptativa do sistema em função da volatilidade do contexto ambiental. Como se referiu, a capacidade adaptativa dos sistemas é determinante para a sua sobrevivência e sucesso.

Relativamente ao segundo vetor, destaca-se o facto dos SCA serem, por princípio, imprevisíveis a longo prazo, podendo, no entanto, exibir estreitas janelas de previsibilidade no curto prazo. Logo, é absolutamente inútil e perigoso fazer a correlação prospetiva de efeitos a longo prazo, pois os mesmos não consideram os efeitos de aprendizagem e de adaptação que ocorrem ao longo do tempo. Em oposição, o que é manifestamente relevante é determinar as variáveis que influenciam o sistema, e em função dessas identificar os padrões de comportamento demonstrados pelas interações que os “agentes” realizam. Por exemplo, através da observação repetitiva de uma força a realizar uma determinada ação militar, será possível identificar formas de atuação repetitiva (sinalética, posicionamento, movimentação, etc.) que evidenciam as Táticas, Técnicas e Procedimentos com que operam, e com os quais foram treinados. Estes padrões evidenciam as regras que os SCA utilizam para estabelecer os seus processos de decisão e as suas consequentes ações e, como referido no texto, resultam da memória que guardam de experiências sistémicas anteriores. Determinar os padrões de comportamento (as regras) é a “chave” para abrir e manipular os sistemas.

Na fase analítica do trabalho, através de um processo dedutivo, transpôs-se o conhecimento adquirido com o estudo dos SCA para o contexto das OM, sendo exploradas as cinco dimensões identificadas no modelo de análise.

A primeira dimensão, designada cognitiva, foi desenvolvida em três aspetos distintos; uma nova linguagem; a captura da realidade; e, o conflito e as forças militares como um SCA. Concluiu-se que a forma como capturamos a realidade é desvirtuada e, conseqüentemente, induz distorções no processo de tomada de decisão. Por essa razão, e por ser necessário fazer um esforço consciente para transitar para um novo paradigma, em que o conflito é perspectivado como a interação entre “*two self-organizing living-fluid-like organisms*”, estabeleceu-se uma conexão entre as propriedades dos SCA e o conflito e as forças militares, atingindo-se o OE1, *Analisar a relevância das características do*



comportamento dos SCA para as OM, através da resposta à QD1, Qual a relevância das características do comportamento dos SCA para as OM?

Das restantes quatro dimensões em análise - o processo de tomada de decisão; C2; planeamento; e, a complexidade como arma - extraíram-se as implicações que decorrem do conhecimento adquirido com os SCA para as OM. Concluiu-se que as OM que ocorrem em ambientes complexos requerem: um processo de tomada de decisão que ocorra localmente e distribuído por toda a estrutura hierárquica; um C2 descentralizado (tipo *mission command*); um planeamento do tipo *designed*; e que a compreensão dos “mecanismos” dos SCA oferece a possibilidade de se usar a complexidade como uma arma. Atingiu-se, dessa forma, o OE2, *Analisar as implicações dos SCA no planeamento e condução das OM*, através da resposta à QD2, *Que implicações têm os SCA no planeamento e condução das OM?*

A fase analítica terminou com o desenvolvimento de uma metodologia de análise para apoiar o Comandante na aplicação dos conhecimentos adquiridos com os SCA no contexto das OM. Essa metodologia de análise compreende oito passos:

- 1 – Abandonar a linearidade.
- 2 – Identificar as variáveis que determinam a complexidade das OM.
- 3 – Observar as variáveis que afetam as OM à “distância” correta.
- 4 – “Medir” a complexidade das OM.
- 5 – Ajustar o C2 em função da complexidade.
- 6 – Efetuar o planeamento em função da complexidade.
- 7 – Explorar a complexidade como arma.
- 8 – Desenvolver a capacidade adaptativa das nossas forças.

No seu conjunto, esta metodologia permite determinar as características complexas do adversário e, em função das mesmas, oferece ao Comandante um conjunto de opções e ferramentas que o apoiam no processo de planeamento e condução das OM. Concluiu-se, desta forma a fase analítica atingindo o OG, *Formular uma metodologia de análise para aplicação dos SCA no contexto das OM*, através da resposta à QC, *Como aplicar o conhecimento existente sobre os SCA no contexto das OM?*

O questionário efetuado aos auditores do CPOG 2021/2022, conforme os resultados apresentados no Apêndice F, **validou a utilidade da metodologia de análise formulada e a totalidade dos inquiridos considerou que a metodologia deveria ser testada ao nível**



do IUM, visando o seu aperfeiçoamento e validação com vista a uma eventual implementação operacional.

Assim, o principal contributo deste TII para o conhecimento é disponibilizar à comunidade académica militar nacional uma metodologia de análise que permite aplicar o conhecimento adquirido com os SCA no contexto das OM.

Relativamente a limitações, esta investigação confrontou-se com o facto do estudo dos SCA em geral e, em particular, a sua aplicação científica no domínio militar serem áreas de investigação recentes e que permanecem em investigação. Por essa razão, não existe, ainda, por um lado, uma definição absolutamente consensual sobre todos os conceitos, e por outro lado, existem alguns fenómenos que são descritos com semânticas diferentes.

No que concerne a estudos futuros, considera-se pertinente acompanhar a investigação internacional que se está a realizar neste campo e, simultaneamente, aprofundar cada uma das cinco dimensões identificadas no capítulo quatro.

Decorrente deste trabalho de investigação, recomenda-se que a metodologia de análise formulada seja utilizada em jogos de guerra a serem realizados no IUM com o propósito de testar, validar e aperfeiçoar a sua aplicabilidade no contexto das OM, com vista a uma eventual implementação operacional.



Referências bibliográficas

- Alberts, D. S. & Czerwinski, T. J. (Eds.) (1996, novembro). Simpósio *Complexity, Global Politics and National Security*. Washington: National Defense University. Retirado de http://www.dodccrp.org/files/Alberts_Complexity_Global.pdf
- Allen, C.D., Cunningham, G. K. e Klinger, J. (2009). *Systems Thinking for Strategic Leaders* [versão PDF]. U.S. Army War College. Retirado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA592793.pdf>
- Andrade, J. F., Lobo, V. J., Morgado, J. A., Santos, L. A. & Silva, N. M. (2017, abril). O reconhecimento formal da área científica das ciências militares: um imperativo e uma inevitabilidade? *Revista Militar*, 2583, pp. 285-300. Retirado de <https://www.revistamilitar.pt/artigo/1231>
- Department of the Army. (2019). *Army Doctrine Publication 6-0 [ADP 6-0] Mission Command: Command and Control of Army Forces* [versão PDF]. Washington DC: Department of the Army Headquarters. Retirado de https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/ARN18314-ADP_6-0-000-WEB-3.pdf
- Australian Army. (2009). *Adaptive Campaigning - Future Land Operating Concept* [versão PDF]. Canberra: Army Headquarters - Directorate of Army Research and Analysis. Retirado de https://researchcentre.army.gov.au/sites/default/files/acfloc_2012_main.pdf
- Barbosa, W & Crispim, S. F. (s.d.). *As Teorias do Caos e da Complexidade na Gestão Estratégica* [versão PDF]. Retirado de https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/834_Caos%20e%20Complexidade%20Seget.pdf
- Bar-Yam, Y. (2004). *Making Things Work – Solving Complex Problems in a complex World* [versão PDF]. NECSI-Knowledge Press. Retirado de <https://static1.squarespace.com/static/5b68a4e4a2772c2a206180a1/t/5e7dfa63e21b4e0e6299a7d0/1585314411701/mtw3.pdf>
- Carmichael, T. & Hadzikadic, M. (2019, junho). *The Fundamentals of Complex Adaptive Systems* [versão PDF]. Retirado de



<https://www.researchgate.net/publication/333780588>. DOI: 10.1007/978-3-030-20309-2_1

Chan, S. (2001). *Complex Adaptive Systems* [versão PDF]. Retirado de <https://web.mit.edu/esd.83/www/notebook/Complex%20Adaptive%20Systems.pdf>

Colvin, N.M. (2014). *A Complex Adaptive Systems Approach to the Future Operational Environment* [versão PDF]. Retirado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA611766.pdf>

Czerwinski, T. J. (1998). *Coping with the Bounds Speculations on Nonlinearity in Military Affairs* [versão PDF]. Washington: DoD Command and Control Research Program. Retirado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA457916.pdf>

Formosinho, S. J. & Branco, J. O. (1997). *O Brotar da Criação – Um olhar dinâmico pela ciência, a filosofia e a teologia*. Lisboa: Universidade Católica Editora.

Gleick, J. (1994). *Caos: a Construção de uma Nova Ciência* (2.^a Ed.). Lisboa: Gradiva.

Holmes, S. (2012). Decision-Making at the Tactical Level. *Australian Army Journal*, IX(3), pp. 89-106. Retirado de https://researchcentre.army.gov.au/sites/default/files/aaaj_2012_3.pdf

Ilichinski, A. (1996a). *Land Warfare and Complexity, Part I: Mathematical Background and Technical Sourcebook* [versão PDF]. Retirado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA362620.pdf>

Ilichinski, A. (1996b). *Land Warfare and Complexity, Part II: An Assessment of the Applicability of Nonlinear Dynamic and Complex Systems Theory to the Study of Land Warfare* [versão PDF]. Retirado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA362621.pdf>

Instituto Universitário Militar [IUM] e Academia das Ciências de Lisboa [ACL]. (2020). *Glossário de Termos Militares*. Lisboa: Autor. Retirado de <https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/Versao-Online.pdf>

International Safety Research [ISR]. (2017). *Report 6070-01-01 Version 3 - Adaptive Fleet Literature Review*. Relatório preparado pela International Safety Research para o Defense Research and Development Canada – Centre for Operational Research and Analysis. Retirado de https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc261/p805063_A1b.pdf



- Kelly, J. & Brennan, M. (2009). OODA Versus ASDA - Metaphors at War. *Australian Army Journal*, VI(3), pp. 39-51. Retirado de https://researchcentre.army.gov.au/sites/default/files/aaj_2009_3.pdf
- Kelly, J. & Kilcullen, D. (2004). Chaos Versus Predictability - a critique of Effects-Based Operations, *Australian Army Journal*, II(1), pp. 87-98. Retirado de <https://search.informit.org/doi/10.3316/ielapa.200410353>
- Lingel, S., Sargent, M., Gulden, T. R., McDonald, T. & Rockstroh, P. (2021a). *Leveraging Complexity in Great-Power Competition. Volume I, An Initial Exploration of How Complex Adaptive Systems Thinking Can Frame Opportunities and Challenges* [versão PDF]. Santa Monica: RAND Corporation. Retirado de https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RRA500/RRA589-1/RAND_RRA589-1.pdf
- Lingel, S., Sargent, M., Gulden, T. R., McDonald, T. & Rockstroh, P. (2021b). *Leveraging Complexity in Great-Power Competition. Volume II, Technical Details for a Complex Adaptive Systems Lens* [versão PDF]. Santa Monica: RAND Corporation. Retirado de https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RRA500/RRA589-2/RAND_RRA589-2.pdf
- Marchi, J. J., Erdmann, R. H. & Rodriguez, C. T. (2014). *Understanding Supply Networks from Complex Adaptive Systems* [versão PDF]. Retirado de <https://www.scielo.br/j/bar/a/nyPQxzqkGYRbtbDK3QpxGwB/?format=pdf&lang=en>
- Marti, C. (2018). *Armies as complex adaptive systems* [versão PDF]. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/323934329_Armies_as_complex_adaptive_systems
- United States Marine Corps [USMC]. (2018a). *Marine Corps Doctrinal Publication – 1 Warfighting*. Washington: DEPARTMENT OF THE NAVY - Headquarters United States Marine Corps. Retirado de <https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCDP%201%20Warfighting.pdf>
- United States Marine Corps [USMC]. (2018a). *Marine Corps Doctrinal Publication – 5 Planning*. Washington: DEPARTMENT OF THE NAVY - Headquarters United States Marine Corps. Retirado de



<https://www.marines.mil/portals/1/Publications/MCDP%205.pdf?ver=2018-10-04-151514-513>

Monostori, L. (2008). *Complex Adaptive Systems (CAS) Approach to Production Systems and Organisations* [versão PDF]. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/225263914_Complex_Adaptive_Systems_CAS_Approach_to_Production_Systems_and_Organisations/link/5575fcca08aeb6d8c01ae918/download

Murphy, E. M. (2014). *Complex Adaptive Systems and the Development of Force Structures for the United States Air Force* [versão PDF]. Retirado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA616419.pdf>

North Atlantic Treaty Organization [NATO]. (2021). *AAP-6 NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS (ENGLISH AND FRENCH)*. Brussels: NATO Standardization Office.

Ryan, A. (2009). The Foundation for an Adaptive Approach - Insights from the Science of Complex Systems. *Australian Army Journal*, VI(3), pp. 69-90. Retirado de <https://search.informit.org/doi/pdf/10.3316/ielapa.201001497>

Santos, L. & Lima, J. (2019). *ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS PARA A ELABORAÇÃO DE TRABALHOS DE INVESTIGAÇÃO* (2ª ed.). Lisboa: CIDIUM.

Sarmiento, M. (2013). *Metodologia científica para a elaboração, escrita e apresentação de teses*. Lisboa: Universidade Lusíada Editora

Say, M. & Pronk, B (2012). Individual Decision-Making in Complex Environments. *Australian Army Journal*, IX(3), pp. 119-140. Retirado de https://researchcentre.army.gov.au/sites/default/files/aaj_2012_3.pdf

Siegenfeld, A. F. & Bar-Yam, Y. (2020). *An Introduction to Complex Systems Science and Its Applications* [versão PDF]. Retirado de <https://downloads.hindawi.com/journals/complexity/2020/6105872.pdf>

Shoults, H. D. (2013). *Organizational Systems Theory and Command and Control Concepts* [versão PDF]. Carlisle: United States Army War College. Retirado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA589438.pdf>



- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, pp. 333-339. Retirado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296319304564?via%3Dihub>
- Torraco, R. J. (2005, setembro). Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), pp. 356-367. DOI: 10.1177/1534484305278283. Retirado de <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1534484305278283>
- Wyszynski, L. J. (2018). *Mission Command in Complexity: Opportunity on the “Edge of Chaos”* [versão PDF]. Carlisle: United States Army War College. Retirado de <https://publications.armywarcollege.edu/pubs/3561.pdf>



Apêndice A — Corpo de conceitos

Sistema

Sistema define-se como um conjunto de elementos interligados que interagem entre si formando um todo coerente. Os sistemas podem ser fechados ou abertos. Designam-se fechados quando o seu ambiente é estanque, não admitindo a troca de energia, recursos ou informação com o exterior. Designam-se abertos, quando não existe uma fronteira que separe o sistema da sua envolvência exterior, sendo possível a troca bidirecional de energia, recursos ou informação (Allen, Cunningham & Klinger, 2009, pp. 3-4).

Linearidade e não-linearidade

A relação causa-efeito das interações que os elementos estabelecem entre si e com o ambiente determina o comportamento global de um sistema (Allen et al., 2009, pp. 3-4).

A linearidade pressupõe a existência de uma relação direta e proporcional entre causa e efeito. Nos sistemas lineares, ao mesmo input corresponderá sempre o mesmo output e a mesma força terá sempre a mesma consequência. Os sistemas lineares têm as seguintes características: proporcionalidade, aditividade, replicação e demonstrabilidade (Czerwinski, 1998, p. 8).

Por proporcionalidade entende-se que existe uma relação direta entre causa e efeito e, portanto, quanto maior for a causa, proporcionalmente maior será o efeito. Por aditividade, entende-se que o todo corresponde ao somatório das partes. Ou seja, o comportamento global de um sistema linear pode ser reduzido à compreensão de cada uma das suas partes. Por replicação, entende-se que a mesma ação, se executada nas mesmas condições, terá sempre o mesmo resultado. Por demonstrabilidade, entende-se que conhecida a reação é possível conhecer retrospectivamente a ação que o determinou (Czerwinski, 1998, p. 8).

Os sistemas lineares são estáveis e previsíveis, pois os resultados repetem-se, no passado, no presente e no futuro (Czerwinski, 1998, p. 8), e, desta forma, é possível controlar o futuro ajustando a “intensidade” da causa para se obter o efeito desejado.

A não-linearidade define-se por oposição à linearidade. Não existe proporcionalidade entre causas e efeitos. Pequenas causas podem ter consequências avassaladoras (efeito borboleta), ou o seu contrário, um enorme esforço pode gerar um efeito ínfimo. A réplica não se verifica. Cada caso é um caso. Não são possíveis abordagens reducionistas, pois o todo não corresponde ao somatório das partes. Não é possível prever, a longo prazo, o comportamento dos sistemas não-lineares (Czerwinski, 1998, pp. 9-10). Como referem Formosinho e Branco (1997, p. 116), a revolução da não-linearidade “modifica a noção



A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares

científica de causa, porque as mesmas acções, nas mesmas condições, não produzem necessariamente os mesmos efeitos”.

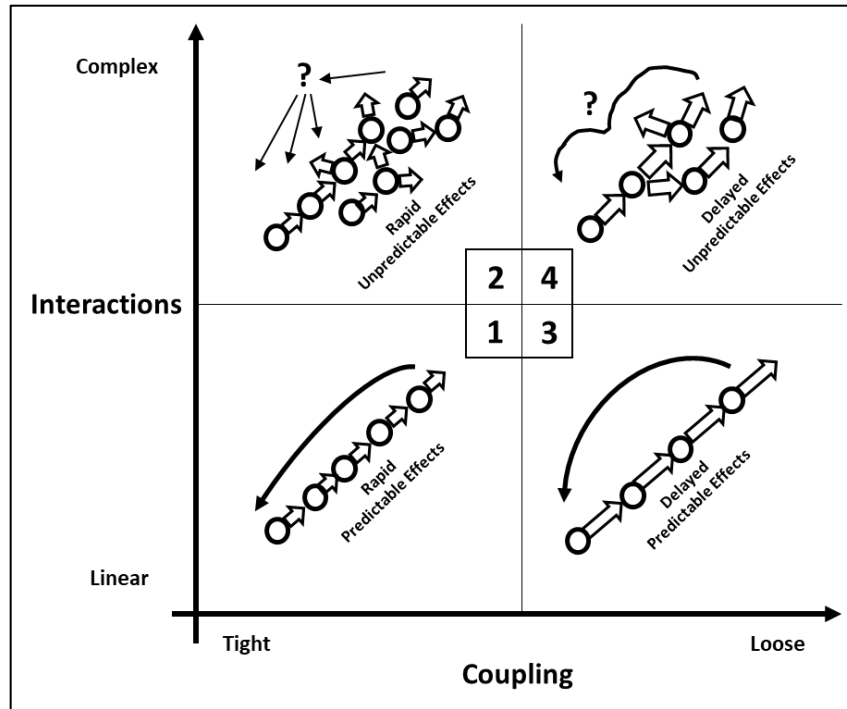


Figura 19 – Coupling and Effects Predictability

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).

De acordo com Shoultz (2013, p. 10) cada quadrante tem características e atributos distintos, conforme se apresenta na Figura 20, e se desenvolve de seguida.

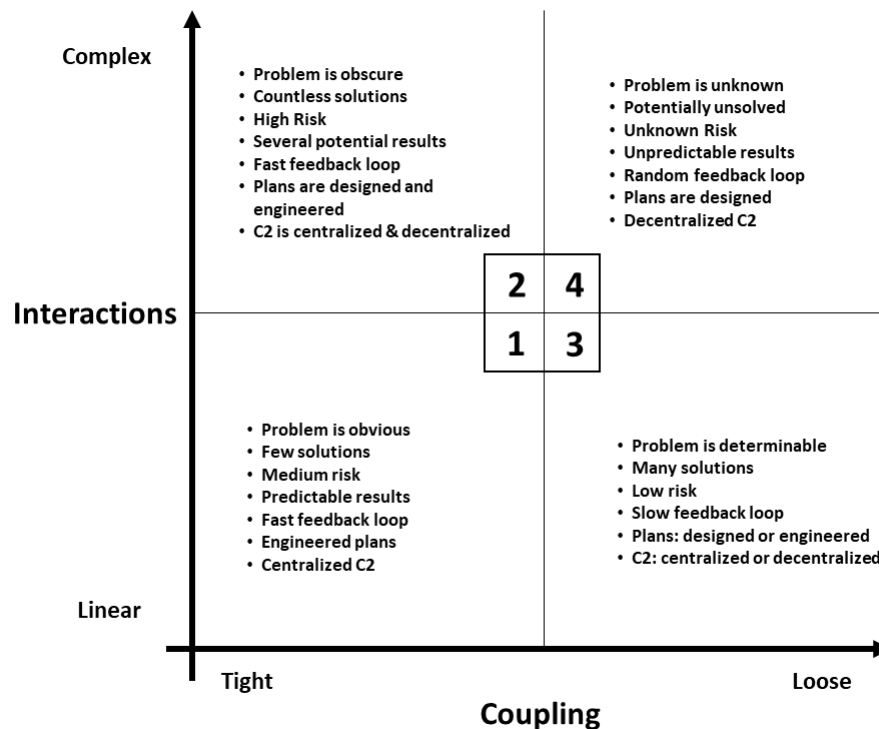


Figura 20 – A Perrow Interaction/Coupling Chart

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).



Quadrante 1

A qualidade linear das interações associada a um acoplamento rígido dos “agentes” permite que os sistemas que se enquadram neste quadrante tenham um comportamento previsível. Tipicamente os sistemas neste quadrante assemelham-se a máquinas ou linhas de montagem. Através de um processo de planeamento detalhado é possível encontrar o modo de operação mais eficiente do sistema e encontrar soluções para os problemas que surgirem. Neste quadrante o C2 deverá ser centralizado e diretivo (Shoultz, 2013, pp. 11-12).

Quadrante 2

Os sistemas com interações complexas e fortemente acopladas são imprevisíveis e apresentam uma alta probabilidade de desequilíbrio. A tremenda complexidade dos sistemas neste quadrante exige uma abordagem de comando simultaneamente centralizada e descentralizada: centralizada para garantir que o pessoal cumpre as regras e procedimentos estabelecidos; e, descentralizada para garantir que os subordinados têm autonomia para tomar as ações mais apropriadas. As organizações que operam bem, mesmo que sofram contratempos nesse domínio, são capazes de mitigar o risco através da educação e treino, maximizando o *feedback* interno e um alto grau de flexibilidade, permitindo que os subordinados tomem medidas, mas garantem que eles coordenem com uma autoridade centralizada para garantir que a ação tomada em um sistema não afete negativamente os sistemas adjacentes (Shoultz, 2013, p. 13).

Quadrante 3

A qualidade linear das interações associada a um acoplamento fraco dos “agentes” permite que os sistemas que se enquadram neste quadrante tenham um comportamento relativamente previsível e ofereçam uma “folga” para recuperar de contratempos e descobrir novas soluções. Neste quadrante é possível optar-se pelo controlo centralizado ou descentralizado. No entanto, o controlo descentralizado poderá oferecer soluções mais criativas e adaptativas (Shoultz, 2013, p. 12)

Quadrante 4

A extrema complexidade e o baixo acoplamento destes sistemas resultam num ambiente extremamente imprevisível, onde é tão difícil de diagnosticar os problemas, como em encontrar as respetivas soluções. Este quadrante exige um controlo descentralizado, conferindo aos subordinados uma grande autonomia para que sejam capazes de reagir às circunstâncias emergentes e se adaptem a elas (Shoultz, 2013, p. 12).



Apêndice C — A complexidade como arma

Neste Apêndice complementa-se a informação constante no subcapítulo 4.2.3. Como referido, Lingel et al. (2021a, 2021b) oferecem uma proposta para explorar a complexidade como uma arma, definindo “*complexity attack*” como uma ação que visa explorar de forma deliberada as características dos SCA de forma a induzir um efeito negativo no adversário (Lingel et al., 2021a, p. 2). O objetivo será exacerbar o “nevoeiro” do campo de batalha, negar informação, criar incerteza quanto às forças e suas capacidades e suscitar diferentes percepções da realidade com a intenção de aumentar, de forma deliberada, a complexidade do ambiente, criando dilemas e impasses no processo de tomada de decisão (Lingel et al., 2021a, p. 1). A Figura 20 suporta quatro opções distintas, ainda que correlacionadas, de impor complexidade ao adversário, desenvolvendo-se, de seguida, cada uma dessas opções.

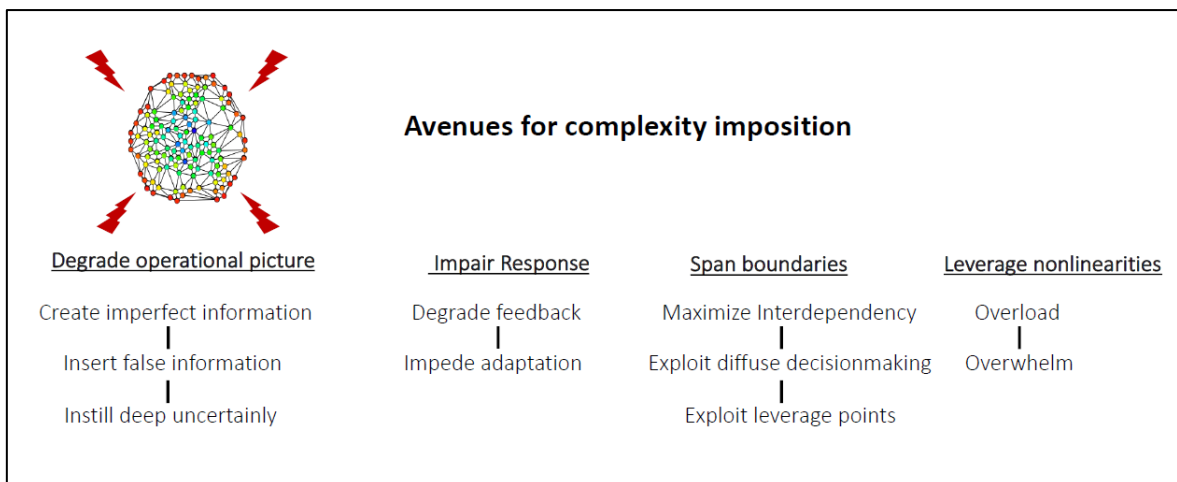


Figura 21 – *Avenues for complexity imposition*

Fonte: Lingel et al. (2021a).

1. *Degrade Operational Picture*

Este caminho de imposição de complexidade está dirigido ao ambiente informacional. Como referido anteriormente, as partes constituintes dos SCA têm uma capacidade finita de processamento cognitivo e a informação que processam padece sempre de algum grau de imperfeição. A degradação da imagem operacional obtém-se pela diminuição da fidelidade da informação (*create imperfect information*) ou distorcendo a realidade (*insert false information*), levando o inimigo a tomar decisões erradas e/ou diminuindo o seu ritmo de tomada de decisão face a eventuais incongruências da informação que colhe do ambiente e do seu adversário. Estas ações são tão antigas quanto a guerra e designam-se por decepção militar.



Uma terceira forma de decepção consiste em criar incerteza profunda (*instill deep uncertainty*) no inimigo, levando-o a concentrar os seus esforços em atividades inúteis ou a desenvolver ações inconsequentes ou desalinhadas dos objetivos. Em concreto, pretende-se distorcer a realidade de tal forma que leve o adversário a considerar uma realidade ilusória e a agir em função dessa.

2. *Impair Response*

Conforme enfatizado ao longo deste trabalho, a capacidade de um SCA se adaptar a um ambiente em permanente mutação determina a sua capacidade de sucesso. O mecanismo de *feedback* tem um papel decisivo no processo de adaptação, pois informa os “agentes” do ajustamento (*fitness*) das ações passadas, processo que suscita novas aprendizagens conducentes a adaptação do SCA.

A exploração desta opção visa, por um lado, degradar o processo de feedback (*degrade feedback*) e, por outro lado, atrasar ou impedir o processo adaptativo do adversário (*impede adaptation*). Ambas as possibilidades criam uma vantagem competitiva sobre o adversário, que resulta da aceleração do ciclo adaptativo. As Informações têm um papel decisivo no processo de *feedback* e, conseqüentemente, determinam a qualidade e celeridade do processo adaptativo.

A este propósito, convém referir que o *negative feedback* pode ser utilizado: organizações mais rígidas, mais centralizadas, de maior dimensão, mais disciplinadas e formatadas doutrinariamente e procedimentalmente têm uma inércia maior no seu processo adaptativo.

3. *Spanning Organization Boundaries*

Como se referiu, existem variáveis críticas que determinam o comportamento emergente do sistema. Essas variáveis estão associadas a interações, processos e “agentes” que têm um valor diferenciado ou apresentam uma criticidade distintiva no comportamento do sistema. De forma mais simples, e numa perspetiva espaço-tempo, existem interações e “agentes” com valores diferenciados. Dessa forma, será possível, a cada momento, explorar *interdependencies*, *diffuse decisionmaking* e *leverage points*.

Explorar as interdependências nodais visa criar oportunidades para explorar efeitos em cascata. Ou seja, identificados os nós críticos no sistema, a sua disrupção/saturação pode ser particularmente remuneradora em virtude de induzir uma perturbação descendente ou centrífuga no sistema. São particularmente remuneradores os nós que se situam ou que podem influenciar vários domínios operacionais. As *multi-domain operations* visam



essencialmente explorar ações que tenham impacto simultâneo em mais de um domínio operacional. Por exemplo, destruir um *Joint C2* terá um impacto superior do que destruir um *Land C2*.

Relativamente ao *diffuse decisionmaking* é tentar impor ações que requeiram uma resposta que tenha de ser coordenada entre dois decisores. O esforço de coordenação entre duas entidades requer o estímulo e alinhamento simultâneo de dois *OODA loops*, sendo necessário que partilhem a mesma imagem operacional, concordem na atribuição de prioridades e meios, coordenem as ações a desenvolver e estabeleçam o espaço-tempo-modo em que as ações vão ocorrer. Este processo é naturalmente mais demorado e exige um alinhamento de prioridades, vontades e um esforço maior de coordenação.

Relativamente aos *leverage points* trata-se de encontrar nós críticos que interliguem diferentes sistemas. Por exemplo, os nós de interligação dos sistemas de C2 com os sistemas de informação e comunicação ou nós logísticos que suportem diferentes sistemas logísticos. Um estudo pormenorizado do adversário, considerando os aspetos organizacionais, funcionais e a sua relação com a sua implementação física, poderá revelar interdependências sistémicas. Identificar esses nós críticos permitirá através de uma disrupção desses nós um enorme efeito disruptivo de ambos os sistemas.

4. *Leveraging Nonlinearities*

A não-linearidade é uma característica dos SCA, na qual ínfimos inputs podem ter consequências desproporcionadas no output. Pretende-se explorar essas não-linearidades através da saturação (*overloading*) da capacidade de processamento cognitivo do adversário ou criando a sensação de que o adversário foi ultrapassado (*overwhelmed*) pelos acontecimentos ou que se encontra em desvantagem relativa.

Relativamente ao *overloading*, pretende-se saturar um nó do sistema na tentativa de diminuir o seu ritmo de processamento ou forçar a que tome decisões erradas e, desta forma, influenciar (*input*) o comportamento global do sistema (*output*).

O desempenho humano aumenta até uma determinada carga de trabalho e a partir de um determinado ponto esse desempenho entra em declínio: as tarefas são desenvolvidas de forma mais lenta e a multiplicam-se os erros de análise e, conseqüentemente, as decisões. No *overloading* procura-se, injetando informação, saturar a capacidade de análise do adversário forçando-o a aumentar o tempo necessário a completar o *OODA loop* e/ou a tomar decisões erradas.



Relativamente ao *overwhelming*, pretende-se criar numa parte do sistema, a ilusão de que ele se encontra ultrapassado pelos acontecimentos ou se encontra numa posição desfavorável, forçando-o a tomar decisões descontextualizadas da realidade, injetando dessa forma pequenos inputs no sistema que se pretende que venha a ser ampliadas no tempo.

5. Ações para impor a complexidade

Partindo das opções identificadas nos parágrafos anteriores, Lingel et al. (2021a, 2021b) propõem um conjunto de ações concretas que visam impor complexidade no adversário. A Figura 21 tem um carácter meramente ilustrativo das possíveis ações que podem ser desenvolvidas para explorar cada uma das opções referidas, conferindo e justificando um carácter prático à abordagem teórica efetuada.

Avenues for complexity exploitation		Military deception	Counter-ISR	Corrupted data	Degraded decision-aid	Kinetic weapon
Degrade operational picture	Create incomplete information	✓	✓	✓		✓
	Insert false information	✓		✓		
	Instill deep uncertainty			✓	✓	
Span boundaries	Exploit leverage points				✓	✓
	Exploit diffuse decision making	✓		✓	✓	
	Maximize interdependencies			✓		✓
Impair response	Degrade feedback		✓			✓
	Impede adaptation			✓		✓
Leverage non-linearities	Overload	✓	✓			
	Overwhelm	✓	✓			

Figura 22 – *Avenues for complexity exploitation*

Fonte: Adaptado a partir de Lingel et al. (2021a).



Apêndice D — Variáveis que determinam a complexidade

As tabelas seguintes destinam-se a identificar as variáveis que determinam o grau de complexidade de uma determinada OM. Essas variáveis dividem-se em dois grupos; um primeiro, identificado na Tabela 1, que está relacionado com o contexto ambiental no qual se desenrolará a operação; e, um segundo, identificado na Tabela 2, relacionado com a natureza intrínseca da operação. Como referência, o Comandante pode utilizar estas tabelas para determinar as variáveis que influenciam a complexidade da operação que lhe foi confiada.

Tabela 1 – Variáveis Operacionais

Político	Descreve a distribuição de responsabilidades e de poder entre os diversos níveis de governação, considerando as autoridades formalmente constituídas, informais ou grupos de pressão.
Militar	Explora as capacidades militares de todos os intervenientes relevantes (inimigos, amigáveis e neutros) num dado ambiente operacional.
Económico	Engloba o comportamento de grupos e indivíduos relacionados com a produção, distribuição e consumo de recursos.
Social	Descreve a composição cultural, religiosa e étnica dentro de um ambiente operacional e as crenças, valores, costumes e comportamentos dos membros da sociedade civil.
Informação (media)	Descreve a natureza, âmbito, características e efeitos de indivíduos, organizações e sistemas de informação que produzem, recolhem, processam ou divulgam a informação.
Infraestrutura	É composto pelas instalações, serviços e equipamentos necessários para o funcionamento de uma comunidade ou sociedade.
Ambiente físico	Inclui a geografia e as grandes infraestruturas, bem como o clima e a meteorologia existentes na área das operações.
Tempo	Descreve a sequência e a duração das atividades, eventos ou condições dentro do ambiente operacional, bem como a forma como essa sequência e duração são percecionados pelos vários atores.

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (2019).

Tabela 2 – Variáveis de Missão

Missão	O Comandante e o seu estado-maior devem identificar o impacto de todas as variáveis no cumprimento da missão. A missão é a tarefa, e o seu propósito, indica claramente a ação a executar e o seu motivo. A missão é sempre a primeira variável que os comandantes devem considerar durante o processo de tomada de decisão. A ordem de missão deve conter o "quem, o quê, quando, onde e porquê" da operação.
Adversário/Inimigo	A segunda variável a considerar é o inimigo (incluindo organização, força, localização e mobilidade tática), doutrina, equipamentos, capacidades, vulnerabilidades e prováveis modalidades de ação.
Terreno e meteorologia	A análise do terreno e da meteorologia são inseparáveis e influenciam diretamente todas as manobras militares. A análise do terreno inclui as características naturais (como rios e montanhas) e características artificiais (como cidades, aeródromos e pontes). Os comandantes analisam o terreno utilizando os cinco aspetos militares do



A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares

	terreno: observação e campos de tiro, vias de comunicação, terreno chave e decisivo, obstáculos, cobertura e ocultação. Os aspetos militares da meteorologia incluem: visibilidade, vento, precipitação, cobertura de nuvens, temperatura e humidade.
Forças e apoio disponível	Esta variável inclui o número, tipo, capacidades e disponibilidade das forças e do apoio. Incluem recursos, serviços e o suporte disponível de todos os participantes na ação, incluindo fornecedores civis de serviços.
Tempo disponível	Os comandantes avaliam o tempo disponível para planear, preparar e executar as tarefas e operações. Isto inclui o tempo necessário para reunir, preparar, projetar e preparar as unidades em relação ao inimigo e às condições.
Considerações civis	As considerações civis são a influência das infraestruturas, das instituições civis e das atitudes e atividades dos líderes civis, populações e organizações presentes na área de operações. As considerações civis compreendem seis características: áreas, estruturas, capacidades, organizações, pessoas e eventos.

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (2019).



Apêndice E — Guião do questionário de validação.

Caro camarada,

O objetivo do meu Trabalho de Investigação Individual (TII), subordinado ao tema “A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares”, é desenvolver uma metodologia de análise para aplicar o conhecimento existente sobre os Sistemas Complexos Adaptativos (SCA) no contexto das Operações Militares (OM). Dito de uma forma mais simples, a metodologia desenvolvida visa auxiliar o Comandante a conhecer a complexidade inerente a um determinado Teatro de Operações, a conhecer o seu adversário e a si próprio, e a agir em função da mesma.

O modelo de análise é constituído por oito passos/questões conforme se apresenta no guião e questionário seguinte. O guião é uma versão simplificada do modelo desenvolvido no TII, e contém a informação considerada suficiente para permitir a resposta ao questionário que se lhe segue.

Grato pela colaboração

Paulo Costa

COR/PILAV

GUIÃO DO QUESTIONÁRIO

1 – Abandonar a linearidade.

Nós somos seres essencialmente lineares. Só reconhecendo esta condição poderemos desenvolver um esforço consciente de que a não-linearidade prevalece na natureza e na sociedade e determina a maioria dos fenómenos que governam as nossas vidas. Entender a competição e o conflito como a interação de “two self-organizing living-fluid-like organisms” abre uma porta para a compreensão dos mecanismos, propriedades e comportamentos dos SCA, permitindo, desta forma, identificar as fragilidades e as explorar as oportunidades que a complexidade oferece.

Devemos compreender o mundo e a vida segundo um novo paradigma, usando, para tal, uma nova linguagem:

Quadro 7 - Metáforas

Antiga Metáfora “Newtoniana”	Nova Metáfora “Heraclitiana”
O combate é entendido como a colisão de “bolas de bilhar”	O combate é entendido como um processo adaptativo entre organismos vivos
Linear	Não-linear



A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares

Previsível	Imprevisível
Reducionista	Holístico
Causalidade Linear	Causalidade Circular / ciclos de feedback
Quantitativo	Qualitativo
Os elementos básicos são “Quantidades”	Os elementos básicos são “Padrões”
Análise	Síntese
O comportamento é expectável e deduzível	O comportamento é emergente e muitas vezes inesperado
Estabilidade	Fronteira do caos
Sistema fechado	Sistema aberto
Pré-determinado	Emergente
Dinâmica mecanicista	Dinâmica evolutiva
Equilíbrio	Longe do equilíbrio / “novidade contínua”
Individualista	Coletivista
Solução	Processo e adaptação
Ser	Tornar-se
Precisão mecânica	Descoberta permanente
"Operação" militar	"Evolução" militar
Ordem	Inerente desordem
<i>Top-Down</i>	<i>Bottom-Up e Top-Down</i>

Fonte: Fonte: Adaptado a partir de Ilachinski (1996b).

2 – Identificar as variáveis que determinam a complexidade.

A Tabela 3 identifica um conjunto de variáveis relacionadas com o contexto no qual a operação se desenrolará e a Tabela 4 identifica um segundo conjunto de variáveis relacionadas com a natureza intrínseca da operação. O Comandante pode utilizar estas listas, como referência, e sem se limitar apenas a elas, para identificar as variáveis críticas que determinam a complexidade da OM.

Tabela 3 – Variáveis Operacionais

Político	Descreve a distribuição de responsabilidades e de poder entre os diversos níveis de governação, considerando as autoridades formalmente constituídas, informais ou grupos de pressão.
Militar	Explora as capacidades militares de todos os intervenientes relevantes (inimigos, amigáveis e neutros) num dado ambiente operacional.
Económico	Engloba o comportamento de grupos e indivíduos relacionados com a produção, distribuição e consumo de recursos.
Social	Descreve a composição cultural, religiosa e étnica dentro de um ambiente operacional e as crenças, valores, costumes e comportamentos dos membros da sociedade civil.
Informação (media)	Descreve a natureza, âmbito, características e efeitos de indivíduos, organizações e sistemas de informação que produzem, recolhem, processam ou divulgam a informação.
Infraestrutura	É composto pelas instalações, serviços e equipamentos necessários para o funcionamento de uma comunidade ou sociedade.
Ambiente físico	Inclui a geografia e as grandes infraestruturas, bem como o clima e a meteorologia existentes na área das operações.



A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares

Tempo	Descreve a sequência e a duração das atividades, eventos ou condições dentro do ambiente operacional, bem como a forma como essa sequência e duração são percebidos pelos vários atores.
-------	--

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (2019).

Tabela 4 – Variáveis de Missão

Missão	O Comandante e o seu estado-maior devem identificar o impacto de todas as variáveis no cumprimento da missão. A missão é a tarefa, e o seu propósito, indica claramente a ação a executar e o seu motivo. A missão é sempre a primeira variável que os comandantes devem considerar durante o processo de tomada de decisão. A ordem de missão deve conter o "quem, o quê, quando, onde e porquê" da operação.
Adversário/Inimigo	A segunda variável a considerar é o inimigo (incluindo organização, força, localização e mobilidade tática), doutrina, equipamentos, capacidades, vulnerabilidades e prováveis modalidades de ação.
Terreno e meteorologia	A análise do terreno e da meteorologia são inseparáveis e influenciam diretamente todas as manobras militares. A análise do terreno inclui as características naturais (como rios e montanhas) e características artificiais (como cidades, aeródromos e pontes). Os comandantes analisam o terreno utilizando os cinco aspetos militares do terreno: observação e campos de tiro, vias de comunicação, terreno chave e decisivo, obstáculos, cobertura e ocultação. Os aspetos militares da meteorologia incluem: visibilidade, vento, precipitação, cobertura de nuvens, temperatura e humidade.
Forças e apoio disponível	Esta variável inclui o número, tipo, capacidades e disponibilidade das forças e do apoio. Incluem recursos, serviços e o suporte disponível de todos os participantes na ação, incluindo fornecedores civis de serviços.
Tempo disponível	Os comandantes avaliam o tempo disponível para planear, preparar e executar as tarefas e operações. Isto inclui o tempo necessário para reunir, preparar, projetar e preparar as unidades em relação ao inimigo e às condições.
Considerações civis	As considerações civis são a influência das infraestruturas, das instituições civis e das atitudes e atividades dos líderes civis, populações e organizações presentes na área de operações. As considerações civis compreendem seis características: áreas, estruturas, capacidades, organizações, pessoas e eventos.

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (2019).

3 – Observar o problema à “distância” correta

Identificadas as variáveis críticas que afetam o problema, o observador deve colocar-se à “distância” correta por forma a identificar os padrões que essas variáveis exibem. Este passo é determinante para orientar o esforço das Informações e deve incidir essencialmente sobre as interações associadas com essas variáveis que os “agentes” que as desenvolvem.

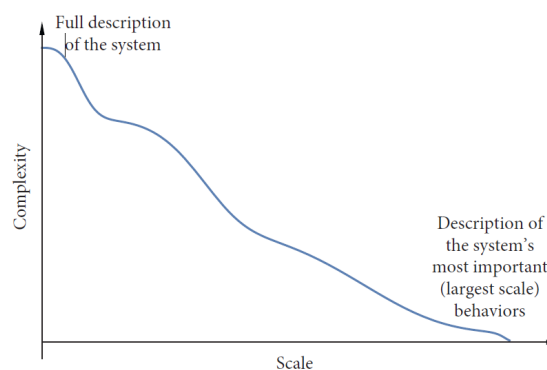


Figura 23 – Complexity and scale

Fonte: Siegenfeld e Bar-Yam (2020).



4 – “Medir” a complexidade dos problemas.

De seguida, deve-se “medir” a complexidade das OM através do mapeamento do espectro de conflito segundo os quadrantes de Perrow, conforme sugerido por Shoultz e apresentado na Figura 24. A identificação do quadrante em que se encontra a operação determina os atributos identificados na Figura 25.

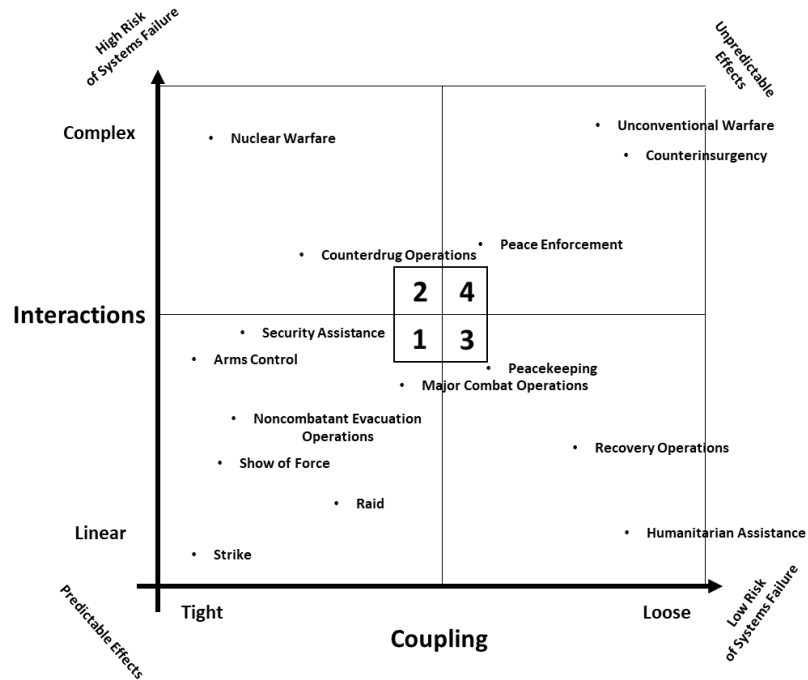


Figura 24 – Variation of a Perrow Interaction Coupling Chart with possible Military Operations, Effect Predictability, and Risk

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).

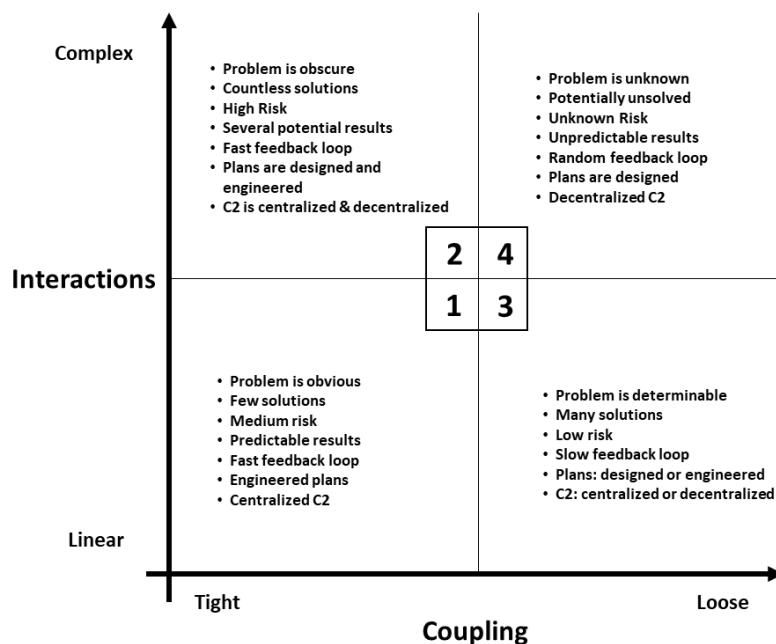


Figura 25 – A Perrow Interaction/Coupling Chart

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).



5 – Ajustar o C2 em função da complexidade.

A tipologia de C2 a seleccionar deverá ser adotada em função do quadrante de Perrow em que a OM se situa (Figura 24). Ver os correspondentes atributos de C2 na Figura 26.

Decentralized C2		Centralized C2	
<ul style="list-style-type: none"> • Probabilistic • Unpredictable 	Assumes war is	<ul style="list-style-type: none"> • Deterministic • Predictable 	
<ul style="list-style-type: none"> • Disorder • Uncertainty 	Accepts	<ul style="list-style-type: none"> • Order • Certainty 	
<ul style="list-style-type: none"> • Decentralization • Spontaneity • Informality • Loose rein • Self-discipline • Initiative • Cooperation • Acceptable decisions faster • Ability all echelons • Higher tempo 	Tends to lead to	<ul style="list-style-type: none"> • Centralization • Coercion • Formality • Tight rein • Imposed discipline • Obedience • Compliance • Optimal decisions, but later • Ability focused at the Top 	
<ul style="list-style-type: none"> • Implicit • Vertical and horizontal • Interactive 	Communication types used	<ul style="list-style-type: none"> • Explicit • Vertical • Linear 	
<ul style="list-style-type: none"> • Organic • Ad hoc 	Organization types fostered	<ul style="list-style-type: none"> • Hierarchic • Bureaucratic 	
<ul style="list-style-type: none"> • Delegating • Transformational 	Leadership styles Encouraged	<ul style="list-style-type: none"> • Directing • Transactional 	
<ul style="list-style-type: none"> • Art of war • Conduct of operations 	Appropriate to	<ul style="list-style-type: none"> • Science of war • Technical/procedural tasks 	

Figura 26 – *Concepts of Command and Control*

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).

6 – Efetuar o planeamento em função da complexidade.

A metodologia de planeamento a seleccionar deverá ser adotada em função do quadrante de Perrow em que a OM se situa (Figura 24). Ver os correspondentes atributos de planeamento na Figura 27.

Designing	Engineering
<ul style="list-style-type: none"> • Problem framing • Start with a blank sheet • Questions the limits of existing knowledge • Questions assumptions and method • Conceptual • Develops understanding • Paradigm setting • Complements planning, preparation, and assessment • Output: a broad approach to problem solving (a design) 	<ul style="list-style-type: none"> • Problem solving • Start with a coherent design or plan • Functions within the existing paradigm • Follows established procedure • Physical and detailed • Develops products • Paradigm accepting • Patterns and templates activity • Output: detailed plan for action (blueprints)

Figura 27 – *Comparison of the Cognitive Processes in Designing and Engineering*

Fonte: Adaptado a partir de Shoultz (2013).



7 – Explorar a complexidade como arma.

A compreensão dos “mecanismos” que estruturam os SCA permite explorar diferentes opções para a sua disrupção. A Figura 28 identifica diferentes opções de “*complexity attacks*”.

Avenues for complexity exploitation		Military deception	Counter-ISR	Corrupted data	Degraded decision-aid	Kinetic weapon
Degrade operational picture	Create incomplete information	✓	✓	✓		✓
	Insert false information	✓		✓		
	Instill deep uncertainty			✓	✓	
Span boundaries	Exploit leverage points				✓	✓
	Exploit diffuse decision making	✓		✓	✓	
	Maximize interdependencies			✓		✓
Impair response	Degrade feedback		✓			✓
	Impede adaptation			✓		✓
Leverage non-linearities	Overload	✓	✓			
	Overwhelm	✓	✓			

Figura 28 – *Avenues for complexity exploitation*

Fonte: Adaptado a partir de Lingel et al. (2021a)

8 – Desenvolver a capacidade adaptativa das nossas forças.

O desenvolvimento da capacidade adaptativa obtém-se através da educação e treino. Ao nível da educação deve-se desenvolver a capacidade de liderança e de pensamento crítico, desde cedo, e transversalmente a toda a organização. Todas as opiniões e ideias são relevantes e alimentam a necessária diversidade que conduz à criatividade. O treino em ambiente complexo é essencial para desenvolver a capacidade cognitiva das forças e desenvolver padrões de reconhecimento situacional que permitam desenvolver a sincronização de ações (auto-organização).



Figura 29 – *The Adaptation Cycle*

Fonte: Australian Army (2009).



QUESTIONÁRIO

A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares

1. Ramo das Forças Armadas

- Marinha
- Exército
- Força Aérea

2. Como classifica a sua experiência no planeamento e/ou comando de operações militares?

- Elevada
- Alguma
- Pouca
- Insignificante
- Nenhuma

3. Identifique a sua experiência no planeamento e/ou participação em operações. (indique várias opções)

- Comando/Estado-Maior Operacional Nacional
- Comando/Estado-Maior Operacional Internacional
- Força Nacional Destacada
- Integrado em Missões Internacionais (ONU, NATO, EU, outra)
- Exercícios Nacionais/Internacionais
- Outra Opção

4. Assumi responsabilidades no aprontamento de forças/meios?

- Sim
- Não

5. Utilizou anteriormente alguma metodologia ou ferramenta de análise para determinar a complexidade inerente à operação que planeou, comandou ou participou?

- Sim
- Não

6. Como avalia a utilidade da metodologia de análise proposta para aplicar a complexidade nas Operações Militares?

- Essencial
- Muito útil
- Útil
- Sem utilidade
- Não consigo precisar

7. Identifica alguma lacuna ou limitação que deseje indicar?

8. Considera que esta metodologia deva ser testada ao nível do IUM?

- Sim
- Não



Apêndice F — Validação de resultados.

O questionário foi dirigido aos 20 auditores do CPOG 2021/2022 das classes/armas/especialidades combatentes³.

Quadro 8 – Validação de resultados

Validação de resultados %	Validação
100	Totalmente validado
80 a 99	Validado
50 a 79	Parcialmente validado
1 a 49	Não validado
0	Totalmente não validado

Fonte: Sarmento (2013).

Quadro 9 – Análise dos resultados

Pergunta	Resultados	Conclusões
1. Ramo das Forças Armadas?	<input type="checkbox"/> Marinha -7 (35 %) <input type="checkbox"/> Exército – 11 (55%) <input type="checkbox"/> Força Aérea – 2 (10%)	A distribuição por Ramos é aquela que resulta da constituição do CPOG 2021/2022.
2. Como classifica a sua experiência no planeamento e/ou comando de operações militares?	<input type="checkbox"/> Elevada – 5 (25%) <input type="checkbox"/> Alguma – 9 (45%) <input type="checkbox"/> Pouca – 6 (30%) <input type="checkbox"/> Insignificante – 0 (0 %) <input type="checkbox"/> Nenhuma – 0 (0 %)	Todo o universo (100%) revela ter algum nível de experiência no planeamento e/ou participação em operações militares.
3. Identifique a sua experiência no planeamento e/ou participação em operações (indique várias opções).	<input type="checkbox"/> Comando/Estado-Maior Operacional Nacional – 12 <input type="checkbox"/> Comando/Estado-Maior Operacional Internacional - 12 <input type="checkbox"/> Força Nacional Destacada - 7 <input type="checkbox"/> Integrado em Missões Internacionais (ONU, NATO, EU, outra) - 11 <input type="checkbox"/> Exercícios Nacionais/Internacionais - 16 <input type="checkbox"/> Outra Opção - 2	A experiência revelada pelo universo consultado revela a homogeneidade do grupo a e sua qualificação para a resposta ao questionário.
4. Assumiu responsabilidades no aprontamento de forças/meios?	<input type="checkbox"/> Sim – 10 (50%) <input type="checkbox"/> Não – 10 (50%)	Metade do grupo (50%) assumiu responsabilidades na preparação de forças

³ Segundo Vilelas (2009, cit. por Santos & Lima, 2019) nos estudos qualitativos de grupos relativamente homogêneos o ponto de saturação é alcançado ao fim de 15 a 20 entrevistas.



A aplicação dos Sistemas Complexos Adaptativos no contexto das Operações Militares

5. Utilizou anteriormente alguma metodologia ou ferramenta de análise para determinar a complexidade inerente à operação que planeou, comandou ou participou?	<input type="checkbox"/> Sim – 3 (15%) <input type="checkbox"/> Não – 17 (85%)	A esmagadora maioria (85%) dos inquiridos revelou não ter usado uma metodologia ou ferramenta para determinar a complexidade da operação que planeou, comandou ou participou.
6. Como avalia a utilidade da metodologia de análise proposta para aplicar a complexidade nas Operações Militares?	<input type="checkbox"/> Essencial – 1 (5%) <input type="checkbox"/> Muito útil – 12 (60%) <input type="checkbox"/> Útil – 5 (25%) <input type="checkbox"/> Sem utilidade – 0 (0%) <input type="checkbox"/> Não consigo precisar – 2 (10%)	Os inquiridos validam com 90% a utilidade da metodologia formulada.
7. Identifica alguma lacuna ou limitação que deseje indicar?	<ul style="list-style-type: none">• Esta abordagem a resolução de um problema complexo visa simplificar e mapear essa mesma resolução. Esta abordagem deverá entroncar/relacionar-se com a abordagem das metodologias de referência estabelecidas para "educar" a mudança.• A metodologia tem de ser ensinada pois não é intuitiva, nem me pareceu possível de assimilar apenas pela leitura do documento• Não. Apenas referir que a experiência é um fator atenuador da complexidade.• Dificuldade em integrar os itens num todo coerente. A tendência humana é para reduzir a complexidade. Temos de lembrar-nos que esta abordagem relembra a EBO... que os Israelitas utilizaram em 2006 com maus resultados... e a sua "proibição" nos EUA.• Dificuldade em integrar os itens num todo coerente. A tendência humana é para reduzir a complexidade. Temos de lembrar-nos que esta abordagem relembra a EBO... que os Israelitas utilizaram em 2006 com maus resultados... e a sua "proibição" nos EUA.• Face às dificuldades sentidas nas Forças Armadas praticamente a todos os níveis - pessoal, material, orçamentos, as novas tecnologias são essenciais para fazer a necessária compensação. No entanto, implicam também elas pessoal mais especializado e investimentos avultados, correndo-se inclusive o risco de elencar devidamente os "projetos" (neste caso, as Operações Militares) e perceber que não vão ser exequíveis precisamente pela falta de pessoal/material/orçamentos verificados na realidade• Considero o passo 2 "variáveis que determinam a complexidade" demasiado simplista e sem destaque em relação aos outros (que considero que devia ter)	Os comentários revelam que a metodologia apresentada não é intuitiva e é necessário formação adequada para que seja devidamente compreendida e aplicada.
8. Considera que esta metodologia deva ser testada ao nível do IUM?	<input type="checkbox"/> Sim – 20 (100%) <input type="checkbox"/> Não – 0 (0%)	A totalidade dos inquiridos (100%) considera que a metodologia deveria ser testada ao nível do IUM.