

PROPOSTA DE INCLUSÃO NA AMAN DE UMA DISCIPLINA SOBRE PESQUISA OPERACIONAL APLICADA AO PROCESSO DE DECISÃO

PROPOSAL FOR INCLUSION IN AMAN OF A DISCIPLINE ON OPERATIONAL RESEARCH APPLIED TO THE DECISION PROCESS

Guilherme Eduardo da Cunha Barbosa

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (USP)

RESUMO

O principal objetivo deste artigo é apresentar justificativas para o oferecimento de um curso sobre pesquisa operacional fundamentado em teoria da decisão e teoria dos jogos, a ser proposto como disciplina curricular ou eletiva na AMAN. Trata-se de um texto teórico-conceitual que é complementado por uma breve pesquisa bibliográfica na base de dados Scopus, com o objetivo de explorar as publicações desses assuntos no campo militar. Verificou-se uma boa pertinência dos assuntos propostos, com a possibilidade de interdisciplinaridade e aplicações em Ciências Militares.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Teoria da decisão. Teoria dos jogos. Construção curricular.

ABSTRACT

The main objective of this article is to present justifications for offering a course on operational research based on decision theory and game theory, to be proposed as a curricular or elective course at AMAN. It is a theoretical-conceptual text that is complemented by a brief bibliographic search in the Scopus database, with the aim of exploring the publications of these subjects in the military field. There was a good relevance of the proposed subjects, with the possibility of interdisciplinarity and applications in Military Sciences.

Keywords: Operational Research. Decision theory. Game theory. Curriculum construction.

1 INTRODUÇÃO

Como argumenta Courtois (1984, p. 46), a “capacidade de decisão é uma das qualidades específicas do comando”. Neste sentido, este artigo apresenta uma proposta de disciplina que possa desenvolver no futuro Oficial Combatente a competência de construir o processo decisório por meio de técnicas matemáticas e computacionais. Trata-se de um texto teórico-conceitual, que está estruturado de forma a apresentar conceitos e métodos de teorias sobre decisão, além de uma breve pesquisa bibliográfica na base de dados Scopus, com o objetivo de explorar as publicações atinentes ao campo militar.

No intuito de apresentar uma prova da pertinência dessa disciplina para o Curso de Formação e Graduação de Oficiais de Carreira da Linha de Ensino Militar Bélica (CFGOC/LEMB), pode-se recorrer à Portaria 152-EME, de 16 de novembro de 2010, que aprovou a Diretriz para a Implantação da Nova

Sistemática de Formação do Oficial de Carreira do Exército Brasileiro da Linha de Ensino Militar Bélico, apresentando no seu texto como uma das atribuições do DECEX:

Coordenar a elaboração de currículos integrados para os cursos da EsPCEX e da AMAN. Esses currículos deverão possibilitar a preparação do profissional militar para os cenários vislumbrados, a partir de 2017, a fim de inserir o EB na Era do Conhecimento. Para tanto, deverá incluir determinadas disciplinas, obrigatórias ou eletivas, como por exemplo: “[...] **Processo de Tomada de Decisão em Ambiente Incerto**” (grifo nosso) (BRASIL, 2010).

O principal objetivo deste artigo é apresentar justificativas para o oferecimento de um curso sobre pesquisa operacional fundamentado em teoria da decisão e teoria dos jogos, a ser proposto como disciplina curricular ou eletiva na AMAN. São objetivos secundários a apresentação de conceitos básicos e introdutórios sobre tais assuntos e uma breve revisão da literatura sobre a pertinência de tais teorias em aplicações militares.

Desta forma, este texto estrutura-se em cinco seções. Após esta introdução, as seções 2 a 4 abordam os conceitos introdutórios de Pesquisa Operacional, teoria da decisão e de teoria dos jogos, respectivamente. Uma breve revisão da literatura publicada em revistas científicas é apresentada na seção 5. Finalizando, a seção 6 apresenta as considerações finais deste trabalho.

2 PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional (PO) é um ramo interdisciplinar de matemática aplicada que emprega modelos matemáticos, estatísticos e algorítmicos para tomada de decisão. As origens da PO remontam aos esforços para o máximo aproveitamento dos escassos recursos na 2ª Guerra Mundial. Sua denominação está associada ao método científico (pesquisa) aplicada a operações (atividades de uma organização) (HILLIER; LIEBERMAN, 2010). Como área do conhecimento, a Pesquisa Operacional é bastante abrangente, incorporando assuntos relativos à programação linear, otimização em redes, simulação, teoria da decisão e teoria dos jogos. A Tabela 1 relaciona os principais livros textos de PO em português, que podem ser encontrados no mercado nacional, com os

principais assuntos da disciplina, classificados de acordo com os critérios apresentados por Eom e Kim (2006) em seu trabalho de revisão de literatura sobre Sistemas de Apoio à Decisão.

Tabela 1: Análise de livros-texto de Pesquisa Operacional

Técnica/ferramenta		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Métodos determinísticos	Programação linear	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Programação por metas	X	X			X	X		X	X	X
	Problema de transporte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Otimização em redes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Modelos de estoque	X	X							X	
	Programação inteira	X	X	X	X	X	X		X	X	
	Programação não linear	X	X		X		X		X		X
	Programação dinâmica	X	X				X			X	
Métodos estocásticos	Teoria das filas	X	X			X			X	X	X
	Cadeias de Markov	X	X							X	
	Simulação	X	X			X					X
	Teoria de decisão	X	X			X			X		
	Teoria dos jogos	X	X			X	X			X	
Outras técnicas	Métodos de decisão multicritério					X					
	Processo Hierárquico Analítico (AHP)		X			X	X				
	PERT/COM		X			X		X			X
	Análise envoltória de dados (DEA)						X				

(1) Introdução à Pesquisa Operacional (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

(2) Pesquisa Operacional (TAHA, 2008).

(3) Pesquisa operacional para cursos de Administração, Contabilidade e Economia (FÁVERO; BELFIORE, 2012).

(4) Pesquisa operacional na tomada de decisões (LACHTERMACHER, 2009).

(5) Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análises de decisões (ANDRADE, 2018).

(6) Pesquisa operacional: 170 aplicações (COLIN, 2019).

(7) Programação linear e fluxos em redes (GOLDBARG; LUNA; GOLDBARG, 2015).

(8) Modelagem de planilha e análise de decisão (RAGSDALLE, 2014).

(9) Pesquisa operacional para cursos de engenharia (ARENALES et al., 2015).

(10) Pesquisa operacional: métodos de modelagem quantitativa para a tomada de decisões (VIRGILLITO, 2018).

Tradicionalmente, uma disciplina de Pesquisa Operacional é oferecida nos cursos de graduação em Administração de Empresas e abrange principalmente métodos determinísticos lineares, especialmente programação linear e otimização de redes. Estas ferramentas são voltadas à solução de problemas estruturados, havendo bastante utilização de ferramentas computacionais, como o suplemento Solver do Excel® e o programa LINGO

(STACHELSKI; TAGLIALENHA; FERNANDES, 2015). A aplicabilidade de uma disciplina de PO nesse formato já foi testada na AMAN, sendo considerada satisfatória, tendo havido boa aceitação pelos Cadetes quando a disciplina foi ministrada em forma de eletiva em 2016 (SILVA et al., 2017). Pode-se analisar alguns dos outros assuntos/métodos apresentados na Tabela 1 em termos de aplicabilidade no CFGOC/LEMB.

A programação não linear é comumente oferecida em cursos de engenharia, em problemas de considerável especificidade e complexidade, possivelmente inadequados para as pretensões da reestruturação curricular. Modelos de estoque são mais relacionados à área logística e, de certa forma, já fazem parte do conteúdo ministrado para os Cursos de Intendência e de Material Bélico. Os principais problemas de estoque trabalhados em PO referem-se ao lote econômico de compra e aos sistemas de gestão de estoques.

A teoria das filas trata da quantificação do fenômeno da espera em filas, empregando medidas de desempenho como comprimento médio de fila, tempo médio de espera em fila e utilização de instalação (TAHA, 2008). São problemas bastante específicos, muitos voltados para o dimensionamento de estruturas de atendimento.

Cadeias de Markov são modelos probabilísticos específicos, cuja teoria apoia-se em modelos de transição entre estados, com o emprego de matrizes. São aplicadas no estudo de confiabilidade, gestão de estoques e análises de processos, entre outros (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

A teoria de decisão e teoria dos jogos são assuntos voltados a problemas de seleção de alternativas. Elas são apresentadas de forma introdutória em dois capítulos do livro-texto de Hillier e Liebermman (2010). Também se fazem presentes em um capítulo no livro de Taha (2008). Segundo esses autores, são assuntos semelhantes, que compartilham conceitos e ferramentas para solução, o que possibilita desenvolver tais assuntos dentro de uma disciplina a ser oferecida ao CFGOC/LEMB. Assim, este artigo passa a analisar esses assuntos com maior detalhamento.

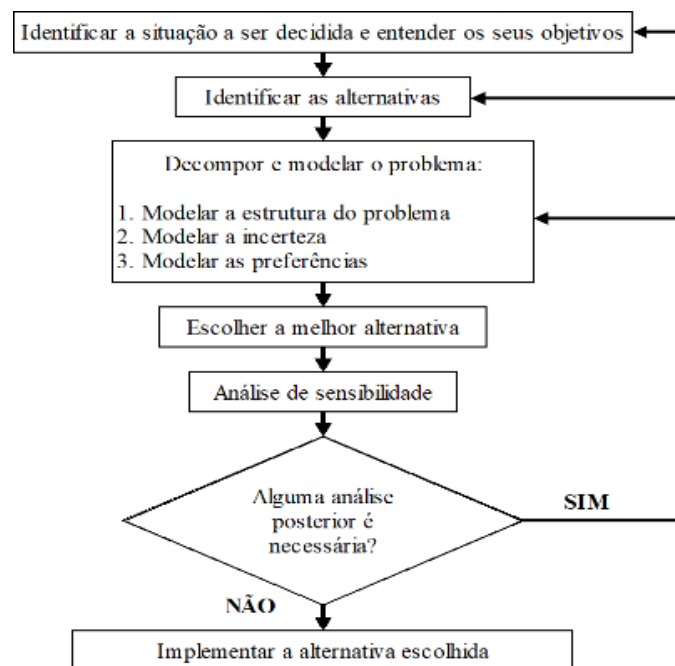
3 TEORIA DA DECISÃO

A ideia de decisão, segundo o senso comum, está intuitivamente associada ao ato de escolher uma entre várias alternativas. O homem, como animal racional, vive tomando decisões no seu dia a dia, sejam elas simples como escolher a roupa para sair ou complexas como a decisão de aquisição de um novo bem. Entretanto, a complexidade dos tempos modernos e o desenvolvimento técnico-científico condicionaram o estabelecimento de uma nova ciência, denominada como análise de decisão, que pode ser definida por:

Uma filosofia, articulada por um conjunto de axiomas lógicos, e uma metodologia e coleção de procedimentos sistemáticos, com base nesses axiomas, para analisar com responsabilidade as complexidades inerentes aos problemas de decisão (KEENEY, 1982) (tradução livre).

Ao sair do senso comum e adentrar no campo da decisão como ciência, depara-se com conceitos e abordagens que representam diferenciais importantes que estruturam essa área do conhecimento. Assim, uma fundamental característica é a estruturação do problema da decisão, com o emprego de modelos e terminologia própria. Clemen e Reilly (2001) apresentam um fluxograma do processo decisório, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma do processo decisório

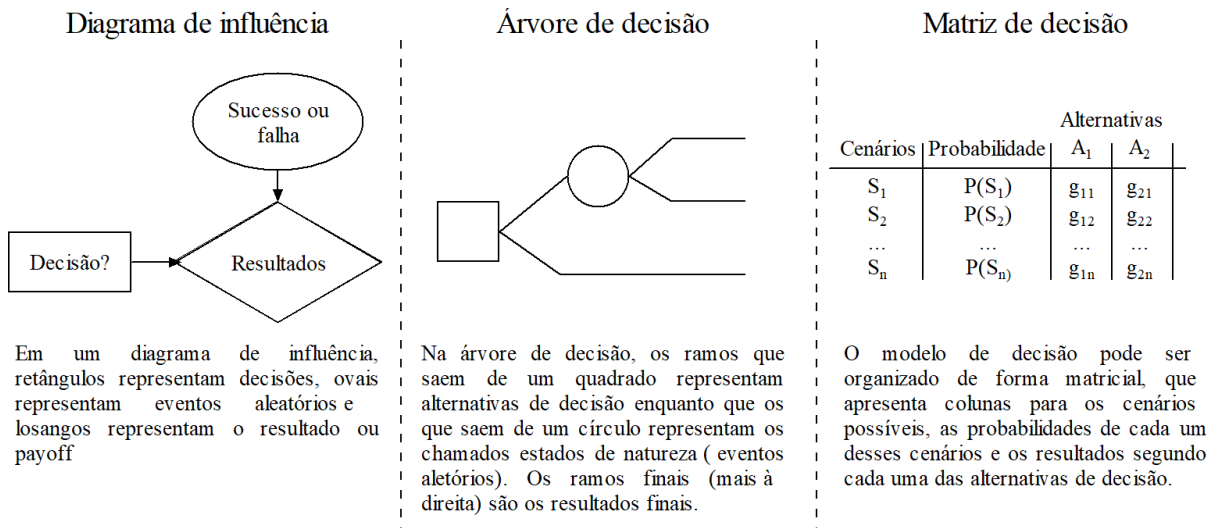


Fonte: Clemen e Reilly (2001)

Uma análise da decisão também se apoia no significado de valores e objetivos. Na tomada de decisão, valores representam tudo o que importa e é considerado. Um objetivo é o que se pretende alcançar. A escolha de um investimento que possua maior retorno é um exemplo de decisão com apenas um único objetivo. A escolha de um novo automóvel pode se tornar uma decisão com múltiplos objetivos se o decisor considerar, além do preço do bem, critérios como motorização, conforto, rede de assistência técnica, entre outros. Assim, pode-se classificar a complexidade de uma decisão em relação à quantidade de objetivos envolvidos.

No coração da estrutura do processo decisório está o ato de modelar, ou seja, representar o problema de decisão de forma a facilitar a sua solução. Pode-se usar representações esquemáticas, como árvores de decisão, matrizes de decisão e diagramas de influência (vide Figura 2). O modelo também pode ser desenvolvido matematicamente, sendo representado por equações e valores lógicos ou numéricos. É a modelagem que permite o emprego de métodos matemáticos e ferramentas computacionais para apoio à decisão.

Figura 2: Representações esquemáticas usadas no processo decisório



Fonte: autor

Outro fator fundamental que está presente nas tomadas de decisão é a incerteza, uma vez que esta acrescenta considerável dificuldade ao processo decisório. A análise de alternativas deve incluir a possibilidade de ocorrência de cenários diferentes no futuro, que influenciarão a alternativa escolhida de modo

a apresentar resultados diferentes. Por exemplo, a escolha de um investimento a longo é influenciada pela possibilidade de se haver uma economia em crescimento ou recessão, e isto é incerto e, na melhor das hipóteses, pode ser estimado com base em probabilidades.

Segundo Hammond; Keeney; Raiffa (2017) , uma forma de simplificar e representar as incertezas é adotar o conceito de fator de risco, recurso que capta a informação essencial sobre a forma como a incerteza influencia uma alternativa, de forma a responder questões fundamentais relacionadas aos seguintes fatores: as principais incertezas, os possíveis resultados, as chances de ocorrência de cada resultado e as suas consequências.

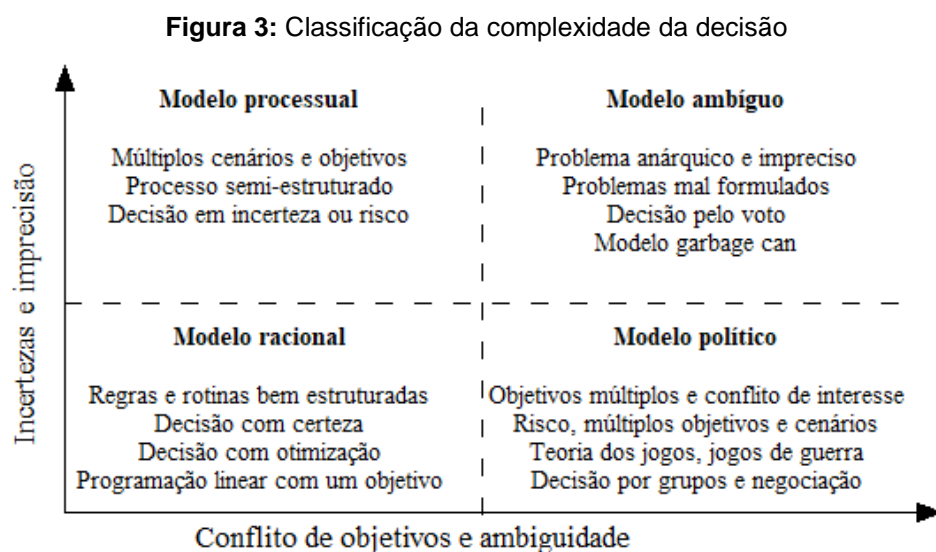
Ainda em relação a incertezas, Hammond; Keeney; Raiffa (2017) apontam a capacidade de suportar riscos como uma característica individual do tomador de decisão. Uma vez que o processo decisório quando existe incerteza resume-se a escolher alternativas de acordo com seus resultados prováveis, estes podem ser bastante indesejados. Assim, cabe ao decisor a incômoda tarefa de assumir riscos. Tal capacidade de suportar riscos é tratada, na teoria de decisão, pelo conceito de utilidade e aversão ao risco.

As incertezas no problema decisório também tornam necessária a realização de análises de sensibilidades. Essa análise é realizada examinando os efeitos de possíveis variações nos valores das variáveis desenvolvidas no modelo. A análise de sensibilidade responde à pergunta sobre o que realmente faz a diferença dentro do modelo de decisão (CLEMEN; REILLY, 2001).

3.1 COMPLEXIDADE NO PROBLEMA DECISÓRIO

Há problemas de decisão de vários tipos, desde os mais simplórios até os demasiadamente complexos. Segundo Shimizu (2006), a complexidade de um problema de decisão aumenta com o número de variáveis e com a ocorrência de risco e incerteza. Alguns problemas ainda possuem características que poderão influenciar significativamente decisões futuras. Esses problemas representam decisões interligadas (HAMMOND; KEENEY; RAIFFA, 2017). Existem problemas onde há conflitos de interesse, podendo haver a atuação de partes interessadas, sendo que o caso extremo, em que oponentes tomam decisões interligadas, é estudado pela teoria dos jogos.

Shimizu (2006) apresenta uma classificação dos diversos problemas de decisão de acordo com o nível de incerteza e o nível de conflito de objetivos. As incertezas envolvem a possibilidade do risco e/ou uma descrição imprecisa ou difusa do próprio problema de decisão. Os níveis de conflito, por sua vez, estão relacionados a questões de complexidade e estruturação. A Figura 3 apresenta a classificação proposta por Shimizu. Segundo o autor, não existe fronteira bem delimitada entre os modelos, podendo haver problemas com características de mais de um modelo.



Fonte: Shimizu (2006)

3.2 APLICABILIDADE DA TEORIA DA DECISÃO

A análise probabilística da decisão teve um progresso substancial como um subcampo de Pesquisa Operacional, havendo considerável avanço em três frentes: nas aplicações práticas do ofício de modelagem; na compreensão psicológica do processo de construção de crenças e avaliações; e no desenvolvimento de uma teoria para construção de modelos computacionais mais eficientes (MORTON; PHILLIPS, 2009).

É bem-vinda a ideia de maior integração entre a Pesquisa Operacional e outras disciplinas para o tratamento de questões éticas envolvidas em tomadas de decisão, uma vez que estas são baseadas nesse tipo de questão (ORMEROD; ULRICH, 2013). Pode-se esperar uma integração com disciplinas do CFGOC/LEMB que possuem tal escopo, como Filosofia e Ética Profissional

Militar. Ao comparar linhas de ação, os tomadores de decisão militares modernos frequentemente devem considerar tanto a eficácia militar quanto as consequências éticas das alternativas disponíveis (REED et al., 2016).

Um promissor campo de pesquisa envolve a proposição de um conjunto de recursos detalhados para descrever especificamente métodos de decisão de grupo, que envolvem várias partes interessadas, potencialmente representando diversos grupos de interesse (CINELLI et al., 2020). Decisões em grupo podem ser um interessante elemento integrador ao aproximar especialistas de diferentes áreas, o que é facilmente encontrado em situações como planejamento, operações interagências etc.

Burk e Parnell (2011) comparam o processo decisório militar com os de empresas em geral, apontando as seguintes diferenças fundamentais presentes nas decisões militares: oponentes hostis e com grande capacidade de adaptação, alta complexidade de sistemas (sistemas muitas vezes conectados e componentes de supersistemas) e um processo que não é (somente) guiado pelo aspecto financeiro, mas por um conjunto de objetivos, podendo ser conflitantes entre si.

4 TEORIA DOS JOGOS

Jogos estão comumente associados a atividades lúdicas ou esportivas, de tal forma que o termo “teoria dos jogos” pode não representar para o leigo a verdadeira importância que essa ciência possui, sobretudo em áreas como Relações Internacionais, Economia, Administração e Ciências Militares. Segundo Fiani (2015), um jogo é uma representação formal para analisar as situações nas quais agentes racionais interagem entre si. Esse conceito abrange situações diversas como a concorrência entre empresas, campanhas políticas e, por que não, o combate entre duas forças oponentes.

Modernamente, a teoria dos jogos, como ciência, teve sua origem no século passado, por meio das obras de John von Neumann, notavelmente pelo clássico “*The theory of games and economic behavior*”, publicado em 1944, em co-autoria com Oskar Morgenstern. O desenvolvimento da teoria dos jogos coincidiu com a Guerra Fria, havendo notáveis trabalhos publicados durante essa fase da geopolítica mundial, que, nada mais era do que um grande jogo

travado pelas duas potências da época, os Estados Unidos e a extinta União Soviética.

Figura 4: Forma estratégica ou normal do Dilema do Prisioneiro

Prisioneiro 1	Prisioneiro 2	
	Confessa	Não confessa
Confessa	(-5,-5)	(0,-10)
Não confessa	(-10,0)	(-1,-1)

Fonte: autor

Uma das formas mais simples e clássicas de representação de um jogo é por meio da forma estratégica ou normal (FIANI, 2015). A Figura 4 representa o famoso “dilema do prisioneiro”. Neste jogo, dois criminosos foram presos e colocados em celas separadas, sem haver comunicação entre eles. O delegado de polícia fez a seguinte oferta para cada um: se os dois confessarem o crime, serão condenados por 5 anos. Caso os dois neguem o crime, responderão por um crime menor e ficarão presos por apenas um ano. Se um criminoso confessar e o outro não, o que confessou será beneficiado (delação premiada) e será solto, enquanto o que negou será condenado a 10 anos.

A forma estratégica da Figura 4 apresenta as estratégias (alternativas) de cada prisioneiro (confessa, não confessa) e um quadro com os resultados das combinações dessas estratégias. O primeiro número dentro dos parênteses corresponde ao resultado do primeiro prisioneiro – o número negativo significa um resultado ruim (anos de cadeia).

Por mais que pareça tentador não confessar, ao analisar as estratégias do comparsa, cada prisioneiro racionalmente tenderá a escolher a confissão. Veja-se pela ótica do primeiro prisioneiro. Supondo que o prisioneiro 2 confesse, a estratégia do prisioneiro 1 que possui melhor resultado é confessar também (5 anos de cadeia contra 10, se negar). Se o prisioneiro 2 não confessar, novamente confessar será a melhor alternativa para o prisioneiro 1, pois poderá até mesmo ser libertado. É preciso lembrar que os dois prisioneiros jogam (escolhem confessar ou não) sem saber da escolha do outro.

O dilema do prisioneiro foi primeiramente proposto por Albert Trucker em 1950, sendo amplamente estudado em diversas áreas do conhecimento, como

Economia, Ciência Política, Psicologia e Biologia Evolucionária (FIDELIS; FALEIROS, 2018). Uma das situações corriqueiras mais associadas ao dilema é a “guerra de preços” entre concorrentes, que acaba forçando os preços a um valor mais reduzido – isso ocorre quando as empresas se comportam como “prisioneiros incomunicáveis” e praticam descontos com receio de perder vendas pelo preço elevado.

Além do dilema do prisioneiro, existem outros modelos bastante utilizados no estudo de situações em que haja oponentes atuando de forma estratégica. Como exemplos dessa diversidade, pode-se variar a quantidade de jogadores e de estratégias adotadas por cada jogador. Um jogo também pode ser de “informação completa” ou de “informação incompleta” - um jogo será de informação completa se todos os jogadores conhecerem as mesmas regras do jogo e todos os resultados possíveis. Outra classificação é sobre a soma dos resultados dos jogadores. Um jogo de soma zero é aquele no qual o valor que um jogador ganha é o mesmo que o outro perde (FIANI, 2015).

Como mencionado, a teoria dos jogos representa uma interessante área com aplicação em disciplinas como Economia, Direito e Administração.

5 ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE DECISÃO APLICADA A ASSUNTOS MILITARES

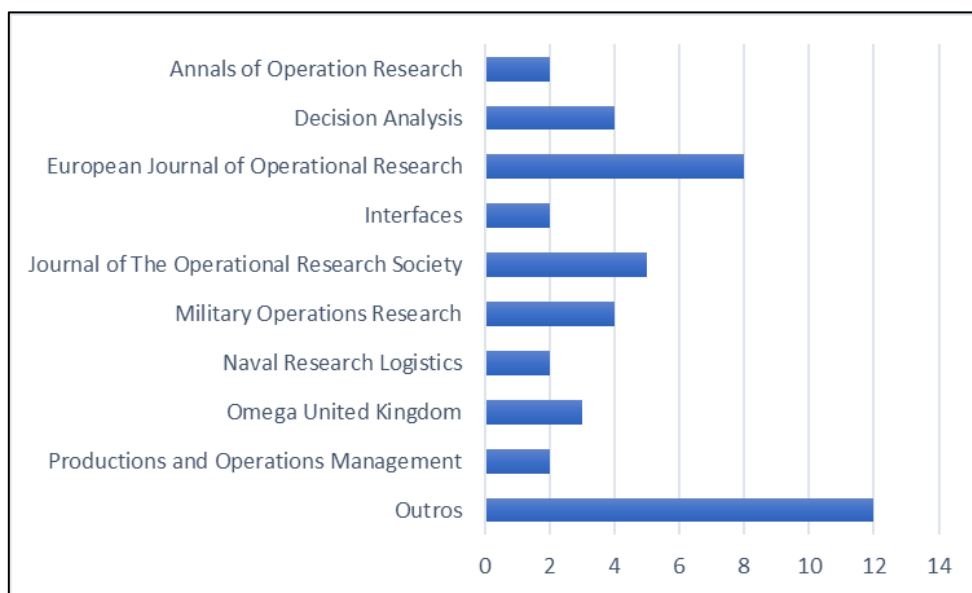
Uma pesquisa bibliométrica foi realizada empregando a base de dados Scopus. Trata-se do maior banco de dados de resumos e citações da literatura científica que é revisada por pares, abrangendo revistas científicas, livros, publicações de congressos entre outros. O acesso à base de dados Scopus foi realizada nos dias 11 e 12 de agosto de 2020. A pesquisa bibliométrica foi restrita a publicações em revistas científicas (*journals*), por se entender que tais publicações são meios mais rigorosos de divulgação científica. Com essa limitação, é esperado menor número de resultados.

A análise bibliométrica foi executada em várias fases. A primeira fase tratou da busca em todas as publicações de revistas que continham as seguintes palavras no título, resumo ou palavras-chaves: “*decision analysis*” (análise da decisão), “*multicriteria*” (multicritério), “*game theory*” (teoria dos jogos), “*decision*

under risk” (decisão sob risco), “*decision under uncertainty*” (decisão sob incerteza). Esta busca inicial retornou 64.533 resultados.

Analisando a busca inicial, observou-se a ocorrência de publicações em diversas áreas, como medicina, ciências agrárias, entre outras. É preciso esclarecer que as publicações contidas apenas em tais áreas poderiam empregar a decisão somente como ferramenta aplicada, sem maiores desenvolvimentos metodológicos. Assim, visando limitar os resultados dentro de uma disciplina voltada à decisão, a segunda busca limitou os resultados no assunto “*decision science*” (ciência da decisão). A segunda fase da busca limitou os resultados em 8.993.

Figura 5: Quantidade de publicações por periódicos.



Fonte: autor.

Tabela 2: Resultado da pesquisa bibliométrica

Tema	Trabalhos publicados	Total
Teoria dos jogos	Li; Zhao; Pu (2020); Bastian et al. (2020); Harju; Liesiö; Virtanen (2019); Garrec (2019); Nicholas; Alderson (2018); Goethals; Scala (2018); Lidbetter (2017); Taylor; Chan; Rasool (2017); Mille et al. (2017); Hausken (2017); Keller; Katsikopoulos (2016); Amor; Martel; Guitouni (2016); Hohzaki; Higashio (2016); Listner et al. (2016); Parnell et al. (2015); Kangaspunta; Salo (2014); Weir; Hendrix; Gutman (2014); Dimitrov; Sutton (2013); Dodd; Smith (2013); Alpern; Morton; Papadaki (2011); Beck (2011); Geis li Et Al. (2011)	22

Decisão multicritério	Roponen; Ríos Insua; Salo (2020); Collins; Huzurbazar (2019); Chen et al. (2019); Wade et al. (2019); Baron; Berman; Gavius (2018); Boardman; Lunday; Robbins (2017); Van Antwerpen; Curtis (2016); Hohzaki; Chiba (2015)	8
Decisão baseada em risco	Han; Lunday; Robbins (2016); Dees; Nestler; Kewley (2013);	2
Modelagem do processo de decisão	Koban; Macdonald Gibson (2017); Hohzaki (2016); Shan; Zhuang (2014); Hausken (2014); Hohzaki; Masuda (2012); Haphuriwat; Bier; Willis (2011)	6
Outros métodos de PO	Robbins et al. (2020); Pala; Zhuang (2018); Atkinson; Kress; Szechtman (2017); Xu; Zhuang; Liu (2016); Ergun et al. (2014); Kangaspunta; Liesiö; Salo (2012)	6

Fonte: autor

Sobre os periódicos que publicaram artigos dentro do critério de seleção, pode-se observar uma boa diversidade, como apresentado na Figura 5. Foram identificados 21 títulos diferentes, sendo apenas dois específicos das Ciências Militares (*Military Operations Research* e *Naval Research Logistics*). A Tabela 2, por sua vez apresenta a distribuição dos trabalhos de acordo com os temas principais. Nota-se uma boa quantidade de trabalhos que tratam de teoria dos jogos (22 selecionados). É preciso lembrar que os trabalhos sobre teoria da decisão estão divididos em quatro subáreas: decisão multicritério, decisão baseada em risco, modelagem do processo decisório e decisão apoiada em outros métodos de PO.

A terceira fase da busca restringiu os resultados para apenas os que possuíam pelo menos um dos seguintes termos no título, resumo ou palavras-chave: “*military*” (militar), “*army*” (exército), “*navy*” (marinha) ou “*air force*” (força aérea). Espera-se assim delimitar o universo de publicações que tratam de assuntos militares. Obteve-se 120 resultados. Por fim, a última fase limitou os resultados em relação ao ano de publicação. Foi empregado um recorte de dez anos (2011 a 2020). Dos 49 resultados obtidos, 5 foram excluídos, pois se tratava de editoriais ou apenas citavam os termos militares sem desenvolver assunto pertinente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, que possui caráter teórico-conceitual, apresentou uma análise de conceitos e aplicabilidade de Pesquisa Operacional, especialmente na proposta de assuntos para compor uma segunda disciplina dessa área. Neste sentido, procurou-se inicialmente trabalhar no material didático disponível no mercado nacional. Concentrando-se nos assuntos de teoria da decisão e de teoria dos jogos, este artigo apresentou alguns dos principais conceitos de forma introdutória. Por fim, uma breve pesquisa bibliométrica foi realizada em relação aos dois assuntos em tela nas principais publicações científicas na base de dados Scopus.

O artigo foi limitado ao estudo conceitual com a finalidade específica de apresentar justificativas para a inclusão dos assuntos dentro de uma disciplina. Trata-se de uma pesquisa exploratória simples, sem maiores pretensões para o desenvolvimento dos assuntos apresentados. Entretanto, a pesquisa conseguiu apresentar um quadro de fácil compreensão sobre os assuntos e de sua importância e aplicabilidade para o CFGOC/LEMB.

A teoria da decisão possui aplicabilidade natural no CFGOC/LEMB, uma vez que este é voltado para a formação do futuro líder militar, ou seja, o comandante e tomador de decisões. Pretende-se que essa disciplina desenvolva competências ligadas ao raciocínio lógico e à construção e compreensão de modelos para a tomada de decisão. Como verificado no desenvolvimento teórico que foi apresentado neste artigo, os modelos decisórios são desenvolvidos para lidar com risco e complexidade, dois fatores bastante comuns em decisões militares. Assim, espera-se atingir satisfatoriamente o objetivo da proposta da Portaria 152-EME de uma disciplina sobre “Processo de Tomada de Decisão em Ambiente Incerto”.

Sobre a teoria dos jogos, observa-se que o assunto é adequado à situação militar, quando há presença de forças oponentes. Isso pôde ser verificado dentro da pesquisa bibliométrica pela variedade de temas sobre jogos de patrulhamento e de enfrentamento do terrorismo. Como verificado na apresentação conceitual, o assunto apresenta notável semelhança com a teoria da decisão, podendo ser oferecido como continuação do assunto. A interdisciplinaridade da disciplina

proposta pode ser desenvolvida em questões relacionadas a ética, conflito de interesses, competição e incerteza.

REFERÊNCIAS

- ALPERN, S.; MORTON, A.; PAPADAKI, K. Patrolling games. **Operations Research**, v. 59, n. 5, p. 1246–1257, 2011.
- AMOR, S. B.; MARTEL, J.-M.; GUITOUNI, A. A multicriteria risk measure in a military context: Application to the Commander’s Advisory System for Airspace Protection case. **International Journal of Risk Assessment and Management**, v. 19, n. 3, p. 194–213, 2016.
- ANDRADE, E. L. DE. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- ARENALES, M. et al. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- ATKINSON, M. P.; KRESS, M.; SZECHTMAN, R. To catch an intruder: Part A—uncluttered scenario. **Naval Research Logistics**, v. 64, n. 1, p. 29–40, 2017.
- BARON, O.; BERMAN, O.; GAVIOUS, A. A Game Between a Terrorist and a Passive Defender. **Production and Operations Management**, v. 27, n. 3, p. 433–457, 2018.
- BASTIAN, N. D. et al. Models and methods for workforce planning under uncertainty: Optimizing U.S. Army cyber branch readiness and manning. **Omega (United Kingdom)**, v. 92, 2020.
- BECK, J. Game theory implementation of capability investment problem. **Military Operations Research**, v. 16, n. 1, p. 41–55, 2011.
- BOARDMAN, N. T.; LUNDAY, B. J.; ROBBINS, M. J. Heterogeneous surface-to-air missile defense battery location: a game theoretic approach. **Journal of Heuristics**, v. 23, n. 6, p. 417–447, 2017.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. EXÉRCITO BRASILEIRO. **Portaria 152-EME, de 16 de novembro de 2010**. Aprova a Diretriz para a Implantação da Nova Sistemática de Formação do Oficial de Carreira do Exército Brasileiro da Linha de Ensino Militar Bélico e dá outras providências. Brasília, DF. 2010.
- BURK, R. C.; PARNELL, G. S. Portfolio Decision Analysis: Lessons from Military Applications. In: **Portfolio Decision Analysis**. New York: Springer, 2011. p. 29–51.
- CHEN, B. et al. When Edge Computing Meets Aerial Vehicles: An Energy-Efficient Edge Cloud Architecture for Intelligent Multi-UAV. **IEEE Transactions on Services Computing**, 2019.
- CINELLI, M. et al. How to support the application of multiple criteria decision analysis?

Let us start with a comprehensive taxonomy. **Omega (United Kingdom)**, v. 96, 2020.

CLEMEN, R. T.; REILLY, T. **Making hard decisions with DecisionTools**. Pacific Grove: Duxbury, 2001.

COLIN, E. C. **Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

COLLINS, D. H.; HUZURBAZAR, A. V. Petri net models of adversarial scenarios in safety and security. **Military Operations Research**, v. 24, n. 3, p. 27–47, 2019.

COURTOIS, G. **A arte de ser chefe**. Rio de Janeiro: Bibliex, 1984.

DEES, R. A.; NESTLER, S. T.; KEWLEY, R. Wholesoldier performance appraisal to support mentoring and personnel decisions. **Decision Analysis**, v. 10, n. 1, p. 82–97, 2013.

DIMITROV, S.; SUTTON, W. Generalized symmetric weight assignment technique: Incorporating managerial preferences in data envelopment analysis using a penalty function. **Omega (United Kingdom)**, v. 41, n. 1, p. 48–54, 2013.

DODD, L.; SMITH, J. Q. Devolving command decisions in complex operations. **Journal of the Operational Research Society**, v. 64, n. 1, p. 17–33, 21 jan. 2013.

EOM, S.; KIM, E. **A survey of decision support system applications (1995-2001)****Journal of the Operational Research Society**Palgrave Macmillan Ltd., , 30 nov. 2006.

ERGUN, O. et al. Improving humanitarian operations through technology-enabled collaboration. **Production and Operations Management**, v. 23, n. 6, p. 1002–1014, 2014.

EXÉRCITO, M. D. D. E. B. C. DO. **Portaria 124-DECEx, de 26 de maio de 2020**, 2020.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Pesquisa operacional para cursos de administração, contabilidade e economia**. Rio de janeiro: Elsevier, 2012.

FIANI, R. **Teoria dos jogos: com aplicações em Economia, Administração e Ciências Sociais**. 4. ed. Rio de janeiro: Elsevier Ltd, 2015.

FIDELIS, D. P.; FALEIROS, P. B. Definição comportamental do jogo dilema do prisioneiro e variáveis investigadas: comportamento social, autocontrole e metacontingências. In: ESCOBAL, G.; FALEIROS, P. B.; FERREIRA, A. L. (Eds.). . **Análise do comportamento & teoria dos jogos**. 2. ed. São Paulo: Edicon, 2018.

GARREC, T. Continuous patrolling and hiding games. **European Journal of Operational Research**, v. 277, n. 1, p. 42–51, 2019.

GEIS II, J. P. et al. Blue horizons study assesses future capabilities and technologies for the United States Air Force. **Interfaces**, v. 41, n. 4, p. 338–353, 2011.

GOETHALS, P. L.; SCALA, N. M. Eliminating the weakest link approach to army unit readiness. **Decision Analysis**, v. 15, n. 2, p. 110–130, 2018.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L.; GOLDBARG, E. F. G. **Programação linear e fluxos em redes**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

HAMMOND, J.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisões inteligentes**. Rio de Janeiro: Alta books, 2017.

HAN, C. Y.; LUNDAY, B. J.; ROBBINS, M. J. A game theoretic model for the optimal location of Integrated Air Defense System missile batteries. **INFORMS Journal on Computing**, v. 28, n. 3, p. 405–416, 2016.

HAPHURIWAT, N.; BIER, V. M.; WILLIS, H. H. Deterring the smuggling of nuclear weapons in container freight through detection and retaliation. **Decision Analysis**, v. 8, n. 2, p. 88–102, 2011.

HARJU, M.; LIESIÖ, J.; VIRTANEN, K. Spatial multi-attribute decision analysis: Axiomatic foundations and incomplete preference information. **European Journal of Operational Research**, v. 275, n. 1, p. 167–181, 2019.

HAUSKEN, K. Individual versus overarching protection and attack of assets. **Central European Journal of Operations Research**, v. 22, n. 1, p. 89–112, 2014.

HAUSKEN, K. Defense and attack for interdependent systems. **European Journal of Operational Research**, v. 256, n. 2, p. 582–591, 2017.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2010.

HOHZAKI, R. Search games: Literature and survey. **Journal of the Operations Research Society of Japan**, v. 59, n. 1, p. 1–34, 2016.

HOHZAKI, R.; CHIBA, T. An attrition game on an acyclic network. **Journal of the Operational Research Society**, v. 66, n. 6, p. 979–992, 2015.

HOHZAKI, R.; HIGASHIO, T. An attrition game on a network ruled by Lanchester's square law. **Journal of the Operational Research Society**, v. 67, n. 5, p. 691–707, 2016.

HOHZAKI, R.; MASUDA, R. A smuggling game with asymmetrical information of players. **Journal of the Operational Research Society**, v. 63, n. 10, p. 1434–1446, 2012.

KANGASPUNTA, J.; LIESIÖ, J.; SALO, A. Cost-efficiency analysis of weapon system portfolios. **European Journal of Operational Research**, v. 223, n. 1, p. 264–275, 2012.

KANGASPUNTA, J.; SALO, A. Expert judgments in the cost-effectiveness analysis of resource allocations: A case study in military planning. **OR Spectrum**, v. 36, n. 1, p. 161–185, 2014.

KEENEY, R. L. Decision Analysis: an Overview. **Oper Res**, v. V 30, n. N 5, p. 803–838, 1982.

KELLER, N.; KATSIKOPOULOS, K. V. On the role of psychological heuristics in operational research; And a demonstration in military stability operations. **European**

Journal of Operational Research, v. 249, n. 3, p. 1063–1073, 2016.

KOBAN, L. A.; MACDONALD GIBSON, J. Small-unit water purifiers for remote military outposts: A new application of multicriteria decision analysis. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 24, n. 3–4, p. 146–161, 2017.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LI, X.; ZHAO, X.; PU, W. Battle damage-oriented spare parts forecasting method based on wartime influencing factors analysis and ϵ -support vector regression. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 4, p. 1178–1198, 2020.

LIDBETTER, T. On the approximation ratio of the Random Chinese Postman Tour for network search. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 3, p. 782–788, 2017.

LISTNER, C. et al. A strategic model for state compliance verification. **Naval Research Logistics**, v. 63, n. 3, p. 260–271, 2016.

MILLER, M. R. et al. Optimal allocation of students to naval nuclear-power training units. **Interfaces**, v. 47, n. 4, p. 320–335, 2017.

MORTON, A.; PHILLIPS, L. D. Fifty years of probabilistic decision analysis: A view from the UK. **Journal of the Operational Research Society**, v. 60, n. SUPPL. 1, 2009.

NICHOLAS, P. J.; ALDERSON, D. L. Fast design of wireless mesh networks to defend against worst-case jamming. **Military Operations Research**, v. 23, n. 3, p. 5–20, 2018.

ORMEROD, R. J.; ULRICH, W. Operational research and ethics: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 228, n. 2, p. 291–307, 2013.

PALA, A.; ZHUANG, J. Security screening queues with impatient applicants: A new model with a case study. **European Journal of Operational Research**, v. 265, n. 3, p. 919–930, 2018.

PARNELL, G. S. et al. Air force cyberspace investment analysis. **Decision Analysis**, v. 12, n. 2, p. 81–95, 2015.

RAGSDALLE, C. **Modelagem de planilha e análise de decisão**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

REED, G. S. et al. A principles-based model of ethical considerations in military decision making. **Journal of Defense Modeling and Simulation**, v. 13, n. 2, p. 195–211, 2016.

ROBBINS, M. J. et al. Approximate dynamic programming for the aeromedical evacuation dispatching problem: Value function approximation utilizing multiple level aggregation. **Omega (United Kingdom)**, v. 91, 2020.

ROPONEN, J.; RÍOS INSUA, D.; SALO, A. Adversarial risk analysis under partial information. **European Journal of Operational Research**, v. 287, n. 1, p. 306–316, 2020.

SHAN, X.; ZHUANG, J. Subsidizing to disrupt a terrorism supply chain-A four-player game. **Journal of the Operational Research Society**, v. 65, n. 7, p. 1108–1119, 2014.

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SILVA, C. et al. Pesquisa Operacional: uma percepção de disciplina pelos graduandos em Ciências Militares do Exército Brasileiro. **XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Oportunidade em tempos de crise econômica: tecnologias de pontas usando pesquisa operacional**, 2017.

STACHELSKI, W.; TAGLIALENHA, S. L. DE S.; FERNANDES, C. W. N. **A utilização das ferramentas lingo e solver no ensino de pesquisa operacional na engenharia: um estudo de caso na aquisição de softwares**. Xxxv encontro nacional de engenharia de produção. **Anais**. Fortaleza: 2015

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TAYLOR, G. S.; CHAN, Y.; RASOOL, G. A three-dimensional bin-packing model: exact multicriteria solution and computational complexity. **Annals of Operations Research**, v. 251, n. 1–2, p. 397–427, 2017.

VAN ANTWERPEN, C.; CURTIS, N. J. A data collection and presentation methodology for decision support: A case study of hand-held mine detection devices. **European Journal of Operational Research**, v. 251, n. 1, p. 237–251, 2016.

VIRGILLITO, S. B. **Pesquisa operacional: Métodos de modelagem quantitativa para a tomada de decisões**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

WADE, Z. et al. Incorporating resilience in an integrated analysis of alternatives. **Military Operations Research**, v. 24, n. 2, p. 5–16, 2019.

WEIR, J. D.; HENDRIX, J.; GUTMAN, A. J. The triage method: Screening alternatives over time with multiobjective decision analysis. **International Journal of Multicriteria Decision Making**, v. 4, n. 4, p. 311–331, 2014.

XU, J.; ZHUANG, J.; LIU, Z. Modeling and mitigating the effects of supply chain disruption in a defender–attacker game. **Annals of Operations Research**, v. 236, n. 1, p. 255–270, 2016.