

# **Estudo Bibliométrico sobre Métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) Aplicados na Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD)**

**Rômulo Girardi**  
**romullogirardi@ime.eb.br**  
**IME**

**Marcos dos Santos**  
**marcosdossantos@ime.eb.br**  
**IME**

**Resumo:** Ambientes complexos, critérios conflitantes, incertezas e informações imprecisas são características de muitos problemas de decisão presentes no mundo real. A metodologia de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) contribui para tornar estes processos decisórios mais racionais, eficientes e eficazes. Neste contexto, Forças Armadas de diversos países têm empregado os métodos de AMD na Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD), tendo em vista a complexidade e sensibilidade atreladas aos sistemas de emprego militar. Desta forma, o presente artigo apresenta um estudo de abordagem quantitativa baseado em métricas bibliométricas para avaliar a aplicação de métodos de AMD na GCVSD. Para tal, tendo como referência as bases de dados Scopus e Web of Science, o trabalho buscou identificar os seguintes aspectos relacionados ao campo de pesquisa em análise: distribuição das publicações, fontes mais relevantes, dinâmica de interação entre estas fontes, tópicos de maior destaque em pesquisas recentes (trend topics) e aplicação de métodos de AMD na GCVSD. Com relação ao último aspecto, é importante destacar que o AHP (Analytic Hierarchy Process) foi identificado como o método mais utilizado na GCVSD, tendo em vista que ele foi aplicado, no formato original, adaptado ou híbrido (combinado com outros métodos), em quase um quarto dos trabalhos analisados. Ainda no contexto da GCVSD, foi possível verificar que a aplicação de métodos de AMD se faz presente em todos os estágios do ciclo de vida, com maior destaque para as etapas de

desenvolvimento, utilização e suporte.

**Palavras Chave: Pesquisa Operacional - AMD - Gestão Tecnológica - Ciclo de Vida - Sistemas Militares**

## 1. INTRODUÇÃO

Ambientes complexos, critérios conflitantes, incertezas e informações imprecisas são características de muitos problemas de decisão presentes no mundo real. A metodologia de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) contribui para tornar estes processos decisórios mais racionais, eficientes e eficazes (Hatami-Marbini & Tavana, 2011; Pereira et al., 2017).

O AMD é uma das áreas da Pesquisa Operacional (PO) que mais cresceu nas últimas duas décadas, além de se caracterizar como uma das metodologias de apoio à decisão que mais tem sido empregada na esfera gerencial para apoiar a qualidade do processo decisório (Aires & Ferreira, 2018).

Em consonância com esta tendência, os métodos de AMD têm sido amplamente utilizados na esfera militar, tendo em vista a complexidade e sensibilidade atreladas à área de defesa (Hamurcu & Eren, 2020). Quanto à complexidade, deve-se destacar que sistemas militares costumam demandar um grande número de componentes customizados e poucas unidades produzidas. Estas características são típicas de Sistemas de Produtos Complexos (CoPS, do termo em inglês *Complex Product Systems*) (Hobday, 1998). E este fator complexidade tem se tornado cada vez mais evidente, haja vista a crescente relação de dependência entre capacidades militares e ciência, tecnologia e inovação, fenômeno que exige a otimização dos processos de obtenção de sistemas e materiais de emprego militar (Galdino & Schons, 2022).

Tal percepção justifica os esforços de diversas Forças Armadas no estabelecimento de um modelo de ciclo de vida para a gestão de seus produtos de defesa (Faulconbridge & Ryan, 2015). Como estes modelos de ciclo de vida especificam uma estrutura bem-definida de estágios associada a marcos decisórios e critérios de transição (Walden et al., 2015), o AMD se apresenta, neste contexto, como uma ferramenta de grande relevância no apoio à tomada de decisão (Sánchez-Lozano & Rodríguez, 2020). O emprego sistemático de métodos de AMD na gestão de sistemas militares exerce papel fundamental na redução de custos e aumento das capacidades de defesa (Van Hoan & Ha, 2020).

Embora diversas aplicações de AMD na gestão de sistemas militares estejam disponibilizadas em bases de artigos científicos, até o momento não se tem conhecimento de estudos que realizem uma análise bibliométrica destas aplicações. Portanto, de forma a preencher esta lacuna da literatura especializada, este artigo tem o objetivo de apresentar um estudo bibliométrico acerca de métodos multicritério de apoio à decisão aplicados na Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD). Neste sentido, o trabalho busca responder às seguintes questões de pesquisa:

- Como as publicações estão distribuídas (ao longo do tempo e por tipo de publicação)?
- Quais são as fontes mais relevantes (veículos de publicação, obras, referências, autores, instituições e países)?
- Qual é a dinâmica de interação entre estas fontes?
- Quais são os tópicos de maior destaque em pesquisas recentes (*trend topics*)?
- Qual é o método de AMD mais aplicado na GCVSD?
- Em que estágio do ciclo de vida os métodos de AMD são mais empregados?

Balizado pelas questões de pesquisa propostas, o artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 formaliza aspectos teóricos relacionados aos métodos de AMD e à GCVSD; a Seção 3 detalha a metodologia empregada; a Seção 4 apresenta e analisa os resultados obtidos no estudo bibliométrico; e a Seção 5 conclui com as considerações finais do artigo.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

A tomada de decisão está integrada à atividade humana desde os princípios das civilizações, caracterizando-se como um processo pelo qual um conjunto de ações é analisado em busca de uma solução favorável para a resolução de um problema (Munier et al., 2019).

Inserida neste contexto, a PO é a área de conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados para auxiliar na tomada de melhores decisões nas mais diversas áreas de atuação humana. O termo “operacional” remete às origens da área, cujo interesse primário era a gestão eficiente de operações (tipicamente de logística militar). Com o avanço metodológico e computacional, aliado a constantes demandas de outras áreas, a PO se modernizou e ampliou seu campo de atuação (SOBRAPO, 2022).

Dentro da PO, o AMD é o ramo que permite a estruturação e compreensão de problemas em ambientes complexos, que exigem a avaliação de múltiplas variáveis. Desta forma, os métodos multicritério de apoio à decisão são técnicas de assessoramento ao agente decisor para a tomada de decisões sobre problemas não triviais, avaliando, ordenando ou selecionando alternativas dentro de critérios pré-definidos (Silva et al., 2018). Deve-se destacar que a tomada de decisão se torna mais difícil quando é realizada de forma conjunta por múltiplos decisores (grupo de indivíduos, comitê de especialistas ou lideranças), exigindo o alinhamento de diferentes pontos de vista, preferências e aspirações (de Almeida & Wachowicz, 2017).

De acordo com De Souza et al. (2018), os seguintes aspectos devem ser contemplados em tomadas de decisão multicritério:

- A percepção do decisor quanto à necessidade e adequação da decisão, considerando variáveis operacionais, tecnológicas, estratégicas, financeiras etc.;
- A adoção de uma metodologia ou combinação de metodologias, possibilitando a identificação das variáveis envolvidas e a análise racional das informações; e
- A avaliação da necessidade e viabilidade de compartilhamento do processo decisório para garantir o envolvimento necessário de uma organização na implantação de uma alternativa escolhida (De Souza et al., 2018).

Entre as abordagens das metodologias multicritério de apoio à decisão, segundo Belton & Stewart (2002), as três problemáticas a seguir são as mais frequentes:

- **Seleção (Problema  $P\alpha$ ):** visa esclarecer a decisão escolhendo a alternativa mais satisfatória de acordo com as preferências dos decisores dentro dos critérios;
- **Classificação (Problema  $P\beta$ ):** visa esclarecer a decisão por meio de uma triagem resultante da alocação de cada alternativa em uma categoria (ou classe); e
- **Ordenação (Problema  $P\gamma$ ):** visa esclarecer a decisão através de um arranjo obtido pelo reagrupamento da totalidade ou parte (a mais satisfatória) das alternativas de acordo com as preferências dos decisores dentro dos critérios (Belton & Stewart, 2002).

### 2.2. GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE DEFESA

Todo sistema feito pelo homem tem um ciclo de vida, mesmo que não esteja formalmente especificado. O ciclo de vida de um sistema pode ser definido como a série de estágios pelos quais ele passa. O principal objetivo ao se especificar estas etapas é estabelecer uma estrutura para atender às necessidades das partes interessadas de maneira ordenada e eficiente ao longo do ciclo de vida. A existência desta estrutura bem-definida permite a

definição de marcos decisórios e critérios de transição entre as fases. Pular etapas e negligenciar pontos importantes de decisão pode aumentar riscos gerenciais (custo, cronograma e escopo), bem como afetar negativamente desenvolvimentos técnicos (Walden et al., 2015).

A norma ISO/IEC/IEEE 15288 (2015), conforme ilustrado na Figura 1, estabelece que um sistema deve evoluir através de um conjunto comum de estágios do ciclo de vida, onde ele é concebido, desenvolvido, produzido, utilizado, suportado e descartado (ISO, 2015).

<b>CONCEPÇÃO</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>PRODUÇÃO</b>	<b>UTILIZAÇÃO</b>	<b>DESCARTE</b>
			<b>SUPORTE</b>	

**Figura 1:** Estágios do ciclo de vida de um sistema.  
 Fonte: ISO (2015)

O modelo de ciclo de vida de sistemas da norma ISO/IEC/IEEE 15288 (2015) pode ser complementado pela especificação proposta por Blanchard & Fabrycky (2011). Os autores estabelecem um passo anterior à fase de concepção de um sistema, o estágio de pré-obtenção. Nesta etapa, há o levantamento e priorização de necessidades de alto nível de uma organização, bem como a análise de viabilidade técnica e econômica destas necessidades (Blanchard & Fabrycky, 2011). No contexto militar, a fase de pré-obtenção costuma ser amparada pelo Planejamento Baseado em Capacidades (PBC). Este modelo é utilizado por diversas Forças Armadas, como, por exemplo, EUA (DoD, 2018), China (Barton, 2021), Reino Unido (MoD, 2019) e Brasil (BRASIL, 2019). A abordagem em termos de capacidade trata um sistema como a combinação de aspectos materiais, humanos, doutrinários, organizacionais e outros recursos de apoio na entrega de uma capacidade de defesa. Neste sentido, o PBC se baseia na identificação, análise e priorização de lacunas de capacidade que irão nortear o planejamento estratégico de uma Força Armada, estando incluído neste escopo a previsão de desenvolvimento e/ou aquisição de novos sistemas (Thaba, 2020).

Os modelos de gestão de ciclo de vida de sistemas estão intrinsicamente alinhados com a tomada de decisões (Adcock et al., 2021), tendo em vista que transições entre estágios devem ser amparadas por análises formais de alternativas e marcos decisórios explícitos ao longo do processo de obtenção (DoD, 2020). Dentro desta perspectiva, a Tabela 1 apresenta os principais objetivos e decisões relacionados a cada um dos estágios do ciclo de vida de um sistema de defesa, considerando a agregação dos modelos de Blanchard & Fabrycky (2011) e da norma ISO/IEC/IEEE 15288 (2015), complementados por informações da norma ISO/IEC TR 24748-1 (2010) e pelo conceito de PBC (Thaba, 2020).

**Tabela 1:** Principais objetivos e decisões relacionados aos estágios do ciclo de vida de um sistema de defesa.

<b>Estágio do ciclo de vida</b>	<b>Objetivo(s)</b>	<b>Decisões</b>
Pré-obtenção	Identificação, análise e priorização de lacunas de capacidade	- O objetivo do estágio corrente foi atingido? - A avaliação de alternativas foi realizada de forma estruturada? - O nível de prontidão desejado foi atingido? - O risco de seguir para o próximo estágio é aceitável?
Concepção	Domínio do problema: - Definição lógica do sistema - Necessidades e requisitos de negócio, das partes interessadas e do sistema (“o que deve fazer”)	
Desenvolvimento	- Domínio da solução: > Definição física do sistema > Definição de subsistemas, conjuntos e componentes do sistema (“como deve fazer”) - Implementação da solução - Integração, verificação e validação	



Produção	- Produção do sistema - Inspeção, verificação e validação	
Utilização	Operação do sistema	
Suporte	Provisão de suporte ao sistema, com foco na confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade	
Descarte	Conclui o ciclo de vida do sistema	

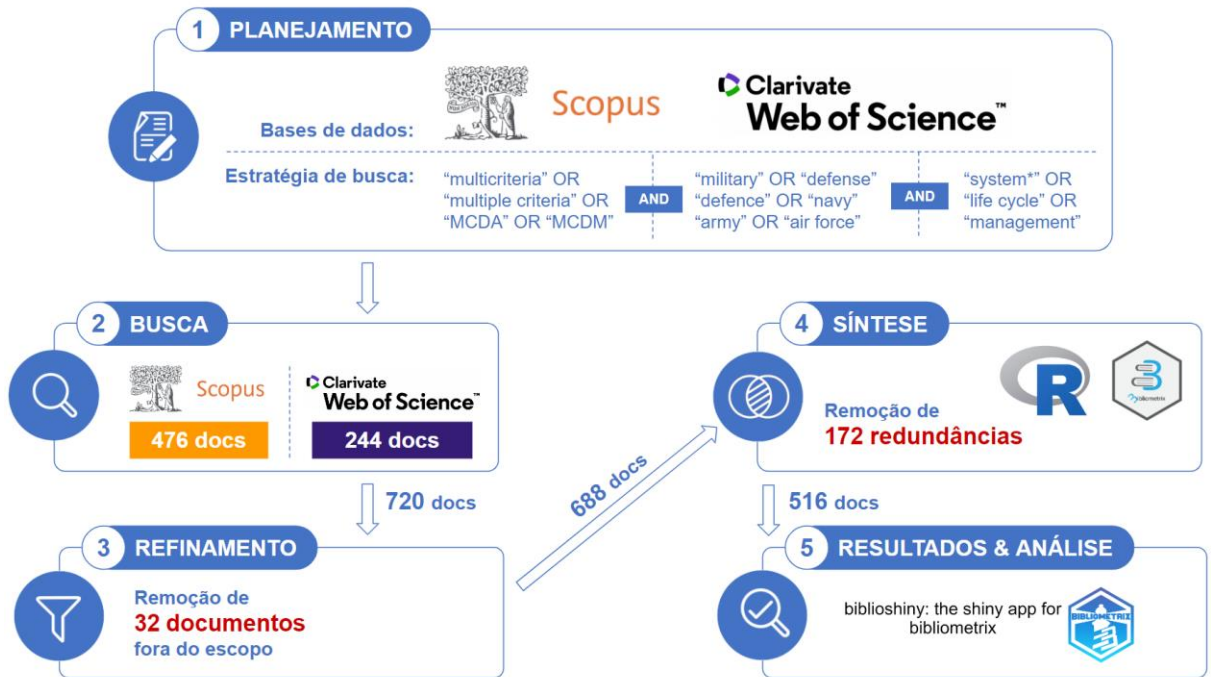
Fonte: Adaptado de Blanchard & Fabrycky (2011), ISO (2010), ISO (2015) e Thaba (2020)

### 3. METODOLOGIA

Seguindo abordagem similar à proposta por Thomé et al. (2016) (Thomé et al., 2016) e buscando responder às questões de pesquisa propostas na Introdução, o trabalho constitui-se em um estudo de abordagem quantitativa (Cauchick-Miguel et al., 2018) baseado em métricas bibliométricas para avaliar a aplicação de métodos de AMD na GCVSD. Para tal, o esforço foi estruturado nas seguintes cinco fases:

1. **Planejamento:** concepção do escopo da pesquisa bibliométrica a partir da definição da seguinte estratégia de busca:
  - a. **Bases de dados:** Scopus e Web of Science (WoS), conforme sugerido por Mongeon & Paul-Hus (2016) (Mongeon & Paul-Hus, 2016).
  - b. **Parâmetros de busca na base Scopus:** *TITLE-ABS-KEY(("multicriteria" OR "multi-criteria" OR "multiple criteria" OR "multiple-criteria" OR "MCDA" OR "MCDM") AND ("military" OR "defense" OR "defence" OR "navy" OR "army" OR "air force") AND ("system\*" OR "life cycle" OR "life-cycle" OR "lifecycle" OR "management"))*.
  - c. **Parâmetros de busca na base WoS:** *TS = (("multicriteria" OR "multi-criteria" OR "multiple criteria" OR "multiple-criteria" OR "MCDA" OR "MCDM") AND ("military" OR "defense" OR "defence" OR "navy" OR "army" OR "air force") AND ("system\*" OR "life cycle" OR "life-cycle" OR "lifecycle" OR "management"))*.
2. **Busca:** após a definição da estratégia, a realização da busca retornou 476 documentos da base Scopus e 244 da base WoS, totalizando 720 documentos.
3. **Refinamento:** o resultado inicial da busca foi filtrado com o intuito de excluir documentos que não estivessem diretamente relacionados à aplicação de métodos de AMD na GCVSD. Neste contexto, 32 itens da busca inicial foram removidos do escopo do estudo, permanecendo 688 documentos.
4. **Síntese:** após o refinamento, os dados dos 688 documentos obtidos nas bases Scopus e WoS foram fundidos através da utilização do *software* bibliometrix, ferramenta desenvolvida com a linguagem R para a realização de análises bibliométricas e mapeamentos científicos (Aria & Cuccurullo, 2017). A fusão dos dados removeu 172 redundâncias, restando 516 documentos.
5. **Resultados e análise:** após a síntese dos dados das bases Scopus e WoS, a geração dos resultados foi realizada com o apoio do *software* biblioshiny (Bibliometrix.org, 2022). O detalhamento e a análise dos resultados são feitos na Seção 4.

Os cinco passos da metodologia seguem representados de forma resumida na Figura 2.



**Figura 2:** Resumo da metodologia empregada na pesquisa.

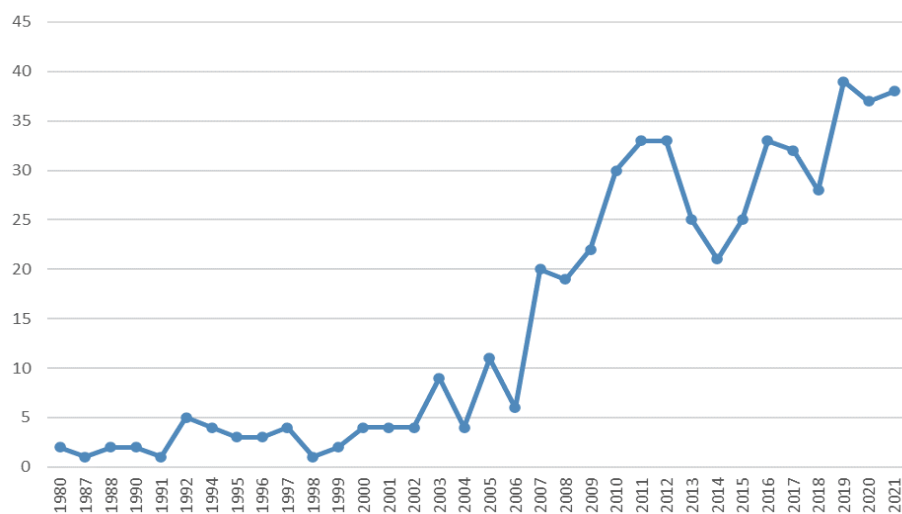
**Fonte:** Elaborado pelos autores

## 4. RESULTADOS E ANÁLISE

Balizado pelas questões de pesquisa, os resultados, e sua respectiva análise, foram segmentados em cinco partes: distribuição das publicações, fontes mais relevantes, dinâmica de interação entre as fontes, tópicos de maior destaque em pesquisas recentes (*trend topics*) e aplicação de métodos de AMD na GCVSD.

### 4.1. DISTRIBUIÇÃO DAS PUBLICAÇÕES

Com relação ao tempo, a pesquisa obteve trabalhos desde o ano de 1980 até os dias atuais. Desconsiderando o ano corrente, a Figura 3 permite identificar um aumento no número de publicações ao longo dos últimos anos, o que mostra uma tendência de crescimento da aplicação de métodos de AMD no contexto da GCVSD.



**Figura 3:** Distribuição das publicações ao longo do tempo.

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com apoio dos softwares bibliometrix e biblioshiny



Quanto ao tipo de publicação, a Tabela 2 mostra a distribuição dos trabalhos obtidos na pesquisa pela tipologia das publicações científicas. É possível perceber um predomínio de artigos publicados em periódicos.

**Tabela 2:** Distribuição dos documentos por tipo de publicação.

Tipo de publicação	Número de documentos	
Artigo de periódico	285	55,23%
Artigo de conferência	187	36,24%
Artigo de revisão	33	6,40%
Capítulo de livro	11	2,13%

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny

#### 4.2. FONTES MAIS RELEVANTES

Para identificar as fontes mais relevantes, faz-se necessária uma análise acerca dos principais veículos de publicação, obras mais influentes, autores, instituições e países de maior impacto na aplicação de métodos de AMD no contexto da GCVSD.

Sobre os veículos de publicação, a Tabela 3 destaca os dez periódicos mais influentes da área de pesquisa, em termos do número total de citações.

**Tabela 3:** Veículos de publicação mais relevantes.

Veículo de publicação	Número de citações
Expert Systems with Applications	1120
European Journal of Operational Research	897
Fuzzy Sets and Systems	686
Management Decision	269
Decision Support Systems	230
Water Resources Research	177
International Journal of Human Computer Studies	136
Computers and Operations Research	133
International Journal of Production Research	124
Systems Engineering	123

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny

No que tange às obras mais relevantes, a Tabela 4 reúne os dez artigos do escopo da pesquisa com o maior número de citações (citações globais).

**Tabela 4:** Obras mais relevantes (citações globais).

Referência	Título	Número de citações
(Dağdeviren et al., 2009)	Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment	523
(Cheng, 1997)	Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function	372
(Wang & Chang, 2007)	Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment	361
(Cheng & Lin, 2002)	Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation	353
(Cheng & Mon, 1994)	Evaluating weapon system by Analytical Hierarchy Process based on fuzzy scales	320
(Sipahi & Timor, 2010)	The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications	269
(Yu & Lai, 2011)	A distance-based group decision-making methodology for multi-person multi-criteria emergency decision support	230
(Mon et al., 1994)	Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight	189
(Cheng, 1999)	Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers	160





(Sennaroglu & Varlik Celebi, 2018)	A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods	121
------------------------------------	---	-----

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny

Ainda com relação às obras, a Tabela 5 apresenta as dez referências mais citadas pelos artigos contidos no escopo da pesquisa (citações locais).

**Tabela 5:** Referências mais relevantes (citações locais).

Referência	Título	Número de citações
(Saaty, 1980)	The analytic hierarchy process	26
(Saaty, 1990)	How to make a decision: the analytic hierarchy process	12
(Hwang & Yoon, 1981)	Methods for multiple attribute decision making	10
(Zadeh, 1997)	Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic	7
(Vaidya & Kumar, 2006)	Analytic hierarchy process: An overview of applications	6
(Belton & Stewart, 2002)	Multiple criteria decision analysis: an integrated approach	6
(Goodwin & Wright, 2001)	Enhancing strategy evaluation in scenario planning: a role for decision analysis	5
(Saaty, 2008)	Decision making with the analytic hierarchy process	5
(Cheng & Mon, 1994)	Evaluating weapon system by analytical hierarchy process based on fuzzy scales	4
(Montibeller et al., 2006)	Combining scenario planning and multi-criteria decision analysis in practice	4

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny

Como autores mais influentes da área, a Tabela 6 lista os dez pesquisadores de maior destaque tendo por base o índice h, métrica bibliométrica que conjuga produtividade (número de artigos) com impacto (número de citações) (Alonso et al., 2009). Como critério de desempate, foi utilizado o número de artigos contabilizados no escopo do estudo.

**Tabela 6:** Autores mais relevantes.

Autor	País	Índice h	Número de artigos
Cheng, C.	China	8	9
Linkov, I.	EUA	6	14
Lambert, J.	EUA	6	10
Gomes, C.	Brasil	5	9
dos Santos, M.	Brasil	5	8
Chen, Y.	China	5	7
Rose-Pehrsson, S.	EUA	4	6
Bastian, N.	EUA	4	5
Gottuk, D.	EUA	4	5
Mon, D.	China	4	4

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny

No que diz respeito às instituições mais relevantes, a Tabela 7 pontua os dez centros de pesquisa mais influentes em termos de artigos publicados na temática em comento.

**Tabela 7:** Instituições mais relevantes.

Instituição	País	Número de artigos
University of Virginia	EUA	15
National University of Defense Technology	China	10
Universidade Federal Fluminense (UFF)	Brasil	9
Engineer Research and Development Center	EUA	8
King Saud University	Arábia Saudita	7
Instituto Militar de Engenharia (IME)	Brasil	7

Air Force Institute of Technology	EUA	6
Defence Science and Technology Group	Austrália	6
Tsinghua University	China	6
Université du Québec à Rimouski	Canadá	6

Fonte: Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny

Quanto aos países mais influentes, a Figura 4 ilustra o papel dos EUA, China, Turquia, Canadá, Brasil, Itália, Reino Unido, Austrália, Irã e Sérvia como as nações mais produtivas na área de pesquisa. O resultado reflete a tendência apontada pela análise de relevância de autores e instituições (Tabelas 6 e 7, respectivamente), onde já era percebido o destaque dos dois primeiros países da lista (EUA e China).

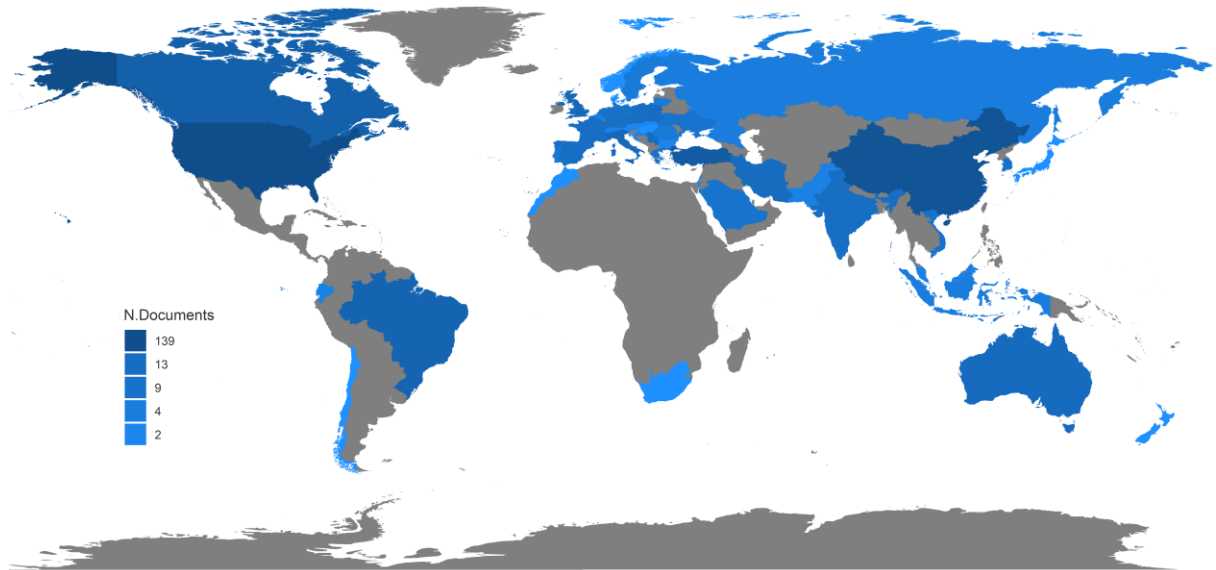


Figura 4: Relevância dos países em termos de publicações.

Fonte: Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny

#### 4.3. DINÂMICA DE INTERAÇÃO ENTRE AS FONTES

Considerando os autores como os agentes primários na dinâmica de interação entre as fontes, a Figura 5 apresenta os principais *clusters* de pesquisa relacionados à aplicação de métodos de AMD no contexto da GCVSD.

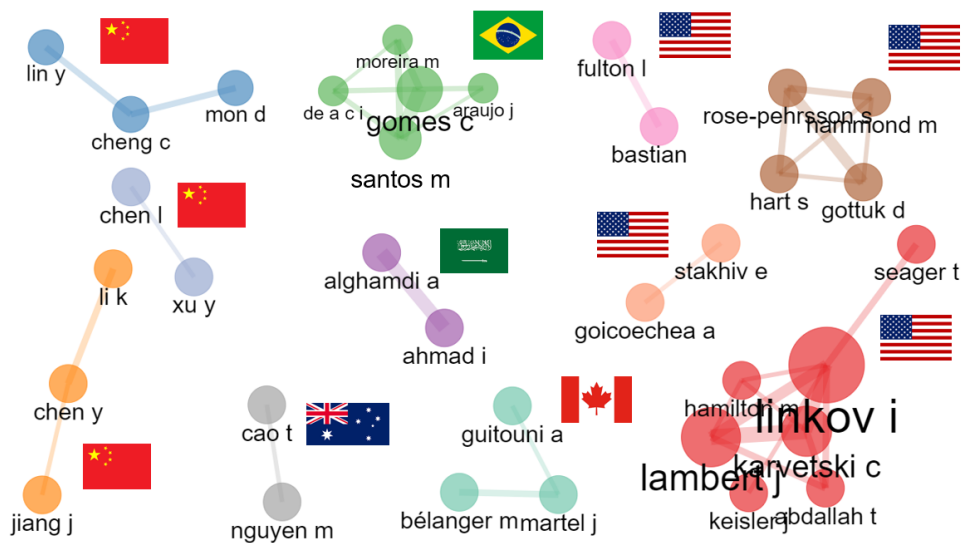
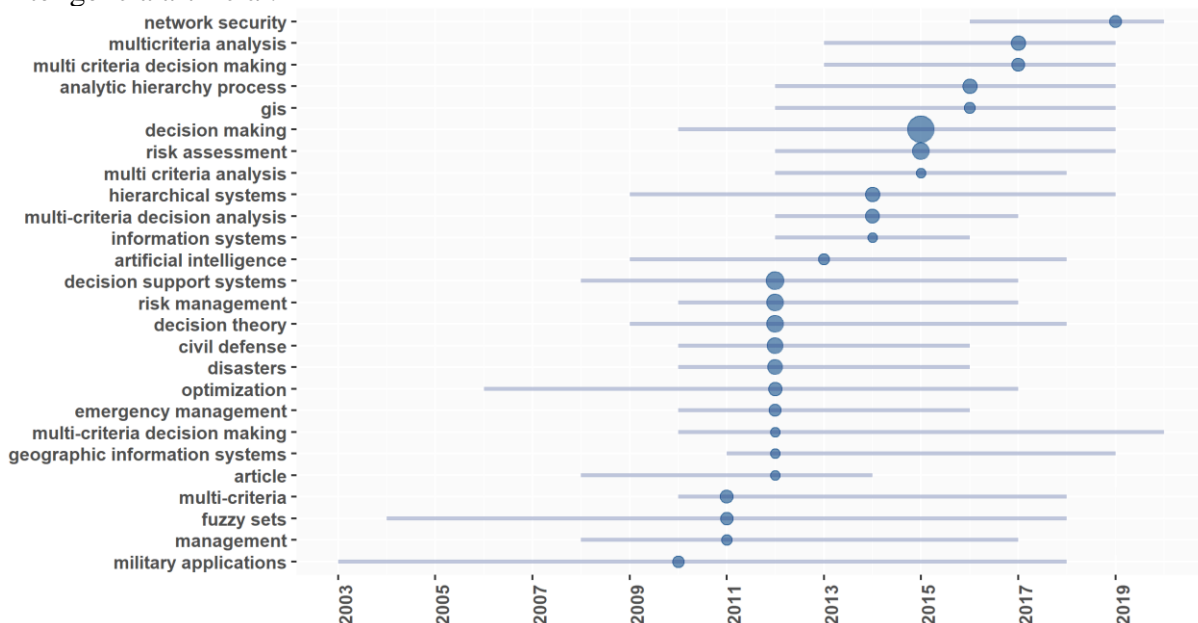


Figura 5: Principais *clusters* de pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos autores, com apoio dos *softwares* bibliometrix e biblioshiny



destaque para pesquisas vinculadas à segurança de redes, sistemas de informação e inteligência artificial.



**Figura 7:** Trend topics.

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com apoio dos softwares bibliometrix e biblioshiny

#### 4.5. APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AMD NA GCVSD

Após a análise dos métodos de AMD aplicados na GCVSD, a Tabela 8 apresenta um ranking com o percentual de incidência dos dez métodos mais presentes nos artigos contidos no escopo da pesquisa. O levantamento permite a identificação do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) como o mais utilizado, tendo em vista que ele foi aplicado, no formato original, adaptado ou híbrido (combinado com outros métodos), em quase um quarto (23,26%) dos trabalhos analisados. O método AHP foi proposto por Thomas Saaty, na década de 70. A metodologia busca estruturar um problema de decisão de forma simples e racional, através de uma hierarquia em três níveis: objetivo, critérios e alternativas. Neste contexto, as alternativas disponíveis (terceiro nível) são analisadas à luz de um conjunto de critérios (segundo nível) para alcançar o objetivo proposto (primeiro nível) (Saaty, 1980).

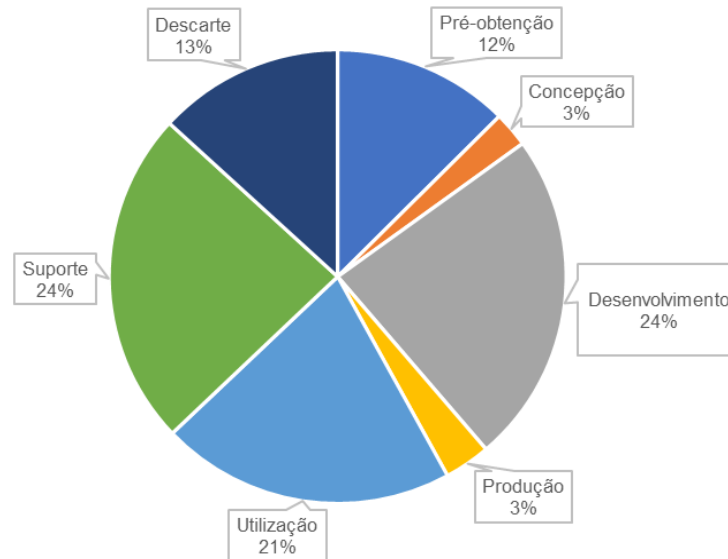
**Tabela 8:** Métodos de AMD mais aplicados na GCVSD.

Método	Número de aplicações	Incidência (%)
AHP	120	23,26
TOPSIS	50	9,69
<i>Fuzzy Sets</i>	42	8,14
ANP	25	4,84
ELECTRE	16	3,10
PROMETHEE	10	1,94
VIKOR	9	1,74
DEMATEL	7	1,36
SAPEVO	4	0,78
THOR	3	0,58

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Ainda no contexto da GCVSD, a Figura 8 apresenta a divisão dos trabalhos do escopo da pesquisa com relação aos estágios do ciclo de vida. É possível verificar que a aplicação de

métodos de AMD se faz presente em todos os estágios, com maior destaque para as etapas de desenvolvimento, utilização e suporte.



**Figura 8:** Aplicação de métodos de AMD ao longo dos estágios do ciclo de vida de sistemas de defesa.

**Fonte:** Elaborado pelos autores

O estágio de desenvolvimento é um período crítico e repleto de decisões complexas, como, por exemplo, a especificação física do sistema (subsistemas, conjuntos e componentes), a definição de estratégias para a implementação da solução e a discussão de abordagens para a maturação de tecnologias (Blanchard & Fabrycky, 2011; ISO, 2010, 2015). Tal percepção justifica a alta incidência (24%) de aplicação de métodos de AMD na etapa de desenvolvimento do ciclo de vida de sistemas de defesa.

Também é possível identificar aspectos que justifiquem a grande utilização dos métodos de AMD nos estágios de utilização e suporte (21% e 24%, respectivamente). Estas duas etapas ocorrem em paralelo ao longo do ciclo de vida de um sistema de defesa (ISO, 2015) e também envolvem decisões críticas, como, por exemplo, avaliar a melhor forma de empregar o sistema ou de combiná-lo com outros sistemas, e analisar meios de suporte para garantir confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade a uma capacidade sistêmica (Walden et al., 2015). Além disso, deve-se destacar que as fases de utilização e suporte são as que cobrem a maior fatia de tempo e de recursos ao longo do ciclo de vida de um sistema (Adcock et al., 2021).

Por fim, faz-se necessário ressaltar que o quarto lugar atribuído ao estágio de descarte (13%) mostra a relevância de aspectos ligados ao meio ambiente no tocante à tomada de decisão. De acordo com o aumento das normatizações e da conscientização sobre questões ambientais, o ciclo de vida de qualquer sistema deve dedicar especial atenção à fase de descarte, avaliando como a aposentadoria do sistema vai acontecer (Walden et al., 2015).

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou um estudo de abordagem quantitativa (Cauchick-Miguel et al., 2018) baseado em métricas bibliométricas para avaliar a aplicação de métodos de AMD na GCVSD. Para tal, tendo como referência as bases de dados Scopus e Web of Science (Mongeon & Paul-Hus, 2016) e seguindo abordagem similar à proposta por Thomé et al. (2016) (Thomé et al., 2016), o estudo foi estruturado em cinco fases – planejamento, busca, refinamento, síntese e resultados/análise – com o intuito de responder às questões de pesquisa,

propostas na Introdução, relacionadas aos seguintes aspectos: distribuição das publicações, fontes mais relevantes, dinâmica de interação entre as fontes, tópicos de maior destaque em pesquisas recentes (*trend topics*) e aplicação de métodos de AMD na GCVSD.

Quanto à distribuição das publicações, foi possível identificar um aumento no número de publicações ao longo dos últimos anos, o que mostra uma tendência de crescimento da aplicação de métodos de AMD no contexto da GCVSD.

No que diz respeito às fontes mais relevantes, o estudo fez o levantamento dos principais veículos de publicação, das obras mais influentes, e dos autores, instituições e países de maior impacto na aplicação de métodos de AMD no contexto da GCVSD. Em termos de autores, instituições e países, foi perceptível o destaque dos EUA e da China neste campo de pesquisa.

Sobre a dinâmica de interação entre as fontes, a análise destacou onze *clusters* de pesquisa, sendo quatro nos EUA, três na China, um no Brasil, um no Canadá e um na Arábia Saudita.

No que tange aos tópicos de maior destaque em pesquisas recentes (*trend topics*), foi verificada a tendência de crescimento relacionada a tópicos ligados à gestão de riscos e à área de computação, com destaque para pesquisas vinculadas à segurança de redes, sistemas de informação e inteligência artificial.

Após a avaliação da aplicação dos métodos de AMD na GCVSD, o levantamento permitiu a identificação do método AHP como o mais utilizado, tendo em vista que ele foi aplicado, no formato original, adaptado ou híbrido (combinado com outros métodos), em quase um quarto dos trabalhos analisados.

Ainda no contexto da GCVSD, foi possível verificar que a aplicação de métodos de AMD se faz presente em todos os estágios do ciclo de vida, com maior destaque para as etapas de desenvolvimento, utilização e suporte. O estágio de desenvolvimento é um período crítico e repleto de decisões complexas relacionadas à especificação física do sistema e à definição de estratégias para a implementação da solução (Blanchard & Fabrycky, 2011; ISO, 2010, 2015). Também foi possível identificar justificativas para a grande utilização de métodos de AMD nos estágios de utilização e suporte. Estas duas etapas ocorrem em paralelo (ISO, 2015), envolvem decisões críticas (Walden et al., 2015) e cobrem a maior fatia de tempo e de recursos ao longo do ciclo de vida de um sistema (Adcock et al., 2021). Destacou-se, ainda, o quarto lugar atribuído ao estágio de descarte, mostrando a relevância de aspectos ligados ao meio ambiente devido ao aumento das normatizações e da conscientização sobre questões ambientais.

Diante do exposto, como ponto forte do trabalho, pode-se dizer que o estudo bibliométrico foi capaz de responder de maneira satisfatória às questões de pesquisa propostas.

Como limitação, pode-se apontar que o estudo ficou restrito à literatura acadêmica, especificamente às bases de dados Scopus e Web of Science. Não foram contempladas outras bases acadêmicas nem a literatura patentária.

Por fim, traz-se à luz duas sugestões para trabalhos futuros:

- Realização de um estudo mais amplo, contemplando outras bases acadêmicas e/ou a literatura patentária; e



- Como o AHP se destacou no escopo da pesquisa, sugere-se um estudo bibliométrico focado no método para identificar suas aplicações, adaptações e combinações com outros métodos no contexto da GCVSD.

## 6. REFERÊNCIAS

- Adcock, R., Wells, B., Jackson, S., Singer, J., & Hybertson, D. (2021). *Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), version 2.5* (Issue October).
- Aires, R. F. de F., & Ferreira, L. (2018). The rank reversal problem in multi-criteria decision making: A literature review. *Pesquisa Operacional*, 38(2). <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2018.038.02.0331>
- Alonso, S., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2009). h-Index: A review focused in its variants, computation and standardization for different scientific fields. *Journal of Informetrics*, 3(4). <https://doi.org/10.1016/j.joi.2009.04.001>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4). <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Barton, J. (2021). *China's PLA Modernization through the DOTMLPF-P Lens*. TRADOC Mad Scientist Laboratory. <https://madsciblog.tradoc.army.mil/330-chinas-pla-modernization-through-the-dotmlpf-p-lens/>
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.
- Bibliometrix.org. (2022). *Biblioshiny: the shiny app for bibliometrix*. <https://www.bibliometrix.org/home/index.php/layout/biblioshiny>
- Blanchard, B., & Fabrycky, W. (2011). *Systems Engineering and Analysis* (5th ed.). Prentice Hall.
- BRASIL. (2019). *EB20-MF-10.102 - Manual de Fundamentos da Doutrina Militar Terrestre*. Exército Brasileiro.
- Cauchick-Miguel, P. A., Fleury, A., Mello, C. H. P., Nakano, D. N., Lima, E. P. de, Turrioni, J. B., Ho, L. L., Morabito, R., Costa, S. E. G. da, Martins, R. A., Sousa, R., & Pureza, V. (2018). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações* (3rd ed.). LTC.
- Cheng, C. H. (1997). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European Journal of Operational Research*, 96(2). [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00026-4)
- Cheng, C. H. (1999). Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, 107(1). [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00348-5](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00348-5)
- Cheng, C. H., & Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142(1). [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00280-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00280-6)
- Cheng, C. H., & Mon, D. L. (1994). Evaluating weapon system by Analytical Hierarchy Process based on fuzzy scales. *Fuzzy Sets and Systems*, 63(1). [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90140-6)
- Dağdeviren, M., Yavuz, S., & Kiliç, N. (2009). Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 36(4). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.016>



- de Almeida, A. T., & Wachowicz, T. (2017). Preference Analysis and Decision Support in Negotiations and Group Decisions. *Group Decision and Negotiation*, 26(4).  
<https://doi.org/10.1007/s10726-017-9538-6>
- De Souza, L. P., Gomes, C. F. S., & De Barros, A. P. (2018). Implementation of New Hybrid AHP-TOPSIS-2N Method in Sorting and Prioritizing of an it CAPEX Project Portfolio. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 17(4).  
<https://doi.org/10.1142/S0219622018500207>
- DoD. (2018). *CJCSI 5123.01H - Charter of the Joint Requirements Oversight Council (JROC) and Implementation of the Joint Capabilities Integration And Development System (JCIDS)*. US Department of Defense.
- DoD. (2020). *Defense Acquisition Guidebook*. US Department of Defense.
- Faulconbridge, R., & Ryan, M. (2015). *Introduction to Systems Engineering*. Argos Press.
- Galdino, J. F., & Schons, D. L. (2022). Maquiavel e a importância do poder militar nacional. *Coleção Meira Mattos*, 16(56), 369–384. <https://doi.org/10.52781/cmm.a077>
- Goodwin, P., & Wright, G. (2001). Enhancing strategy evaluation in scenario planning: A role for decision analysis. *Journal of Management Studies*, 38(1).  
<https://doi.org/10.1111/1467-6486.00225>
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2020). Selection of Unmanned Aerial Vehicles by Using Multicriteria Decision-Making for Defence. *Journal of Mathematics*, 2020.  
<https://doi.org/10.1155/2020/4308756>
- Hatami-Marbini, A., & Tavana, M. (2011). An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment. *Omega*, 39(4).  
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.09.001>
- Hobday, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organisation. *Research Policy*, 26(6), 689–710. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00044-9](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00044-9)
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. *Multiple Attribute Decision Making*, 58–191.
- ISO. (2010). *ISO/IEC TR 24748-1 - Systems and software engineering - Life cycle management*.
- ISO. (2015). *ISO/IEC/IEEE 15288 - Systems and software engineering - System life cycle processes*.
- MoD. (2019). *Knowledge in Defence (KiD)*. UK Ministry of Defence.
- Mon, D. L., Cheng, C. H., & Lin, J. C. (1994). Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight. *Fuzzy Sets and Systems*, 62(2).  
[https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90052-3)
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1). <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Montibeller, G., Gummer, H., & Tumidei, D. (2006). Combining scenario planning and multi-criteria decision analysis in practice. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 14(1–3). <https://doi.org/10.1002/mcda.403>
- Munier, N., Hontoria, E., & Jiménez-Sáez, F. (2019). *Strategic Approach in Multi-Criteria Decision Making: A Practical Guide for Complex Scenarios* (1st ed.). Springer.
- Pereira, F. de C., Costa, H. G., & Pereira, V. (2017). Patent filings versus articles published:



- A review of the literature in the context of Multicriteria Decision Aid. In *World Patent Information* (Vol. 50). <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2017.07.003>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1). [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1).
- Sánchez-Lozano, J. M., & Rodríguez, O. N. (2020). Application of Fuzzy Reference Ideal Method (FRIM) to the military advanced training aircraft selection. *Applied Soft Computing Journal*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106061>
- Sennaroglu, B., & Varlik Celebi, G. (2018). A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.022>
- Silva, M. D. C., Gomes, C. F. S., & Da Costa Junior, C. L. (2018). A hybrid multicriteria methodology topsis-macbeth-2n applied in the ordering of technology transfer offices. *Pesquisa Operacional*, 38(3). <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2018.038.03.0413>
- Sipahi, S., & Timor, M. (2010). The analytic hierarchy process and analytic network process: An overview of applications. *Management Decision*, 48(5). <https://doi.org/10.1108/00251741011043920>
- SOBRAPO. (2022). *O que é Pesquisa Operacional?* Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. <https://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional>
- Thaba, J. M. (2020). Technology support for military capability based acquisition. *26th International Association for Management of Technology Conference, IAMOT 2017*.
- Thomé, A. M. T., Scavarda, L. F., & Scavarda, A. J. (2016). Conducting systematic literature review in operations management. In *Production Planning and Control* (Vol. 27, Issue 5). <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1129464>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Van Hoan, P., & Ha, Y. (2020). ARAS-fucom approach for VPAF fighter aircraft selection. *Decision Science Letters*, 10(1). <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2020.10.004>
- Walden, D., Roedler, G., Forsberg, K., Hamelin, R., & Shortell, T. (2015). *INCOSE Systems Engineering Handbook, 4th edition*.
- Wang, T. C., & Chang, T. H. (2007). Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 33(4). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.07.003>
- Yu, L., & Lai, K. K. (2011). A distance-based group decision-making methodology for multi-person multi-criteria emergency decision support. *Decision Support Systems*, 51(2). <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.11.024>
- Zadeh, L. A. (1997). Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. *Fuzzy Sets and Systems*, 90(2). [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00077-8](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00077-8)