

ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO TODIM-FSE APLICADA NA CLASSIFICAÇÃO DE BASE LOGÍSTICA DE BRIGADA

Cleidinei Augusto da Silva

Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN)
Rodovia Presidente Dutra, Km 306 – Resende, RJ
cleidinei@hotmail.com

Luís Alberto Duncan Rangel, Tiago Araújo Neves

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda-UFF (EEIMVR)
Av. dos Trabalhadores, 420 – Vila Santa Cecília – Volta Redonda, RJ,
duncan@metal.eeimvr.uff.br, tneves@id.uff.br

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes

Ibmec/RJ, Av. Presidente Wilson 118, 11º andar, Rio de Janeiro, RJ
autran@ibmecrj.br

RESUMO

A designação de uma Base Logística de Brigada (BLB) é uma importante atividade na logística militar para obter economia de recursos e um melhor nível de apoio ao combate. A localização da área de uma BLB não é uma ação trivial, envolve diversos fatores e normalmente é baseada em informações ligadas a manobra de uma operação, o que é bastante questionado por não contemplar uma análise mais global. O processo de decisão a respeito desta área é consideravelmente complexo, não só por causa do elevado número de áreas candidatas, mas também devido a critérios conflitantes encontrados durante esta seleção. Este trabalho propõe um modelo de classificação multicritério de BLB, que busca a escolha ideal de uma base, seguindo parâmetros doutrinários do Exército Brasileiro. O modelo proposto utiliza o método TODIM-FSE e foi aplicado com sucesso em um caso clássico, tornando o processo de decisão mais racional face às múltiplas necessidades.

PALAVRAS CHAVE. Apoio multicritério à decisão, Logística militar, TODIM-FSE.

ADM – Apoio à Decisão Multicritério **L&T** – Logística e Transporte

ABSTRACT

Assigning a Brigade's Logistical Basis (BLB) is a quite important activity of military logistics. It provides the economy of resources and a higher level of support to combat. Locating the area of a BLB is not a trivial action as it implies considering various factors simultaneously. Due to this, such location is normally based on information about the maneuver of a particular operation. This approach has indeed been questioned since it does not usually focus on a more global analysis. The decision process involved is quite frequently considered complex due to the large number of alternatives and to the conflicting criteria identified for the selection. This paper proposes a model for multicriteria classification of BLB potential alternatives. Such model is founded on the doctrinaire parameters of the Brazilian Army and seeks an ideal basis. It makes use of the TODIM-FSE multicriteria classificatory method. The proposed model has been successfully applied to a classical case, leading to a more rational decision by taking into account the multiple needs that are present in the problem.

KEYWORDS. TODIM-FSE, Military logistic, Multicriteria Decision Aid.

ADM – Multiple-Criteria Decision Analysis **L&T** – Logistics and Transportation

1. Introdução

As operações militares inserem-se cada vez mais em cenários de risco e incerteza. Isso implica ao gestor, no caso o Comando Militar, realizar decisões que minimizem as potenciais variáveis complexas existentes em operações de guerra e não-guerra. É fundamental que o Comandante tome decisões baseadas em enfoque analítico e aplicando métodos adequados e confiáveis.

Em pesquisa operacional, os métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) são aplicados em casos onde, na presença de múltiplos critérios, busca-se selecionar, ordenar, classificar ou descrever alternativas, dependendo do problema abordado.

Gomes (2007) ressalta que o AMD não pretende uma solução ótima para o problema, como acontece na pesquisa operacional tradicional, mas sim a solução de compromisso, na qual deve preferencialmente prevalecer o consenso entre as partes envolvidas. É neste aspecto que se torna importante a utilização de uma análise com vários critérios, pois o responsável pela decisão, o chefe militar, obterá um apoio consistente para o processo decisório com a recomendação de ações que estejam em sintonia com as preferências expressas pelos múltiplos agentes de decisão, ou seja, os auxiliares e assessores militares.

Os métodos de AMD podem ser classificados dentro de duas grandes escolas: a Americana e a Francesa (Belton, Stewart, 2002). O método TODIM-FSE (Passos *et al.* 2013) contém elementos técnicos das duas escolas, sendo denominado método híbrido. Este artigo objetiva aplicar este método para classificar as áreas candidatas que possuam o desempenho pertinente em termos do preconizado pela doutrina militar terrestre brasileira.

O presente artigo apresenta uma análise aplicativa do método multicritério na área de logística militar do EB, sendo na seção 2 abordado os aspectos teóricos de logística no Exército Brasileiro (EB), fundamental para a compreensão dos critérios adotados e na seção 3 o método TODIM-FSE é explicado. Nas seções seguintes encontram-se o estudo de caso, as discussões e as conclusões.

2. Aspectos Logísticos da Força Terrestre Brasileira

Na doutrina do Exército Brasileiro (Ministério da Defesa, 2014), a Base Logística de Brigada (BLB) é a área onde são desdobrados os meios orgânicos dos Batalhões Logísticos e outros recursos específicos necessários ao apoio a uma grande unidade. Sua organização é modular e fundamentada em meios dotados de mobilidade tática, de modo a possibilitar o apoio logístico às operações e assegurar certo grau de autonomia à força apoiada. Tem como finalidade executar o apoio logístico às forças integrantes de um grande comando operacional e, conforme determinado, a outras forças e à população civil.

Uma das fases fundamentais do ciclo logístico é a distribuição, que consiste em fazer chegar aos usuários, oportuna e efetivamente, todos os recursos necessários. A distribuição engloba um sistema de pessoal, instalações, técnicas e procedimentos, visando a receber, acondicionar, movimentar, entregar e controlar o fluxo da cadeia logística entre o ponto de recepção e o ponto de destino. A flexibilidade e a adaptabilidade aplicadas ao sistema de distribuição asseguram uma melhor utilização dos meios de transporte disponíveis e reduzem ao mínimo indispensável os percursos, os transbordos e os manuseios dos recursos. Portanto, para obter-se uma melhor estrutura de apoio logístico às operações é necessário que as instalações militares estejam adequadamente localizadas.

A BLB é localizada na Zona de Combate (ZC) de acordo com os planejamentos operacionais e as necessidades logísticas decorrentes. Situa-se, normalmente, na área de retaguarda do escalão. Para a localização da área de apoio logístico de divisão de exército ou de brigada devem ser considerados os fatores que se seguem: manobra tática do escalão considerado; as características das prováveis áreas de desdobramento (terreno); as condições de segurança para a prestação do apoio; a situação logística existente (estradas, ferrovias, etc.); e, outros fatores. A Figura 1 apresenta os principais fatores preconizados na doutrina militar terrestre.

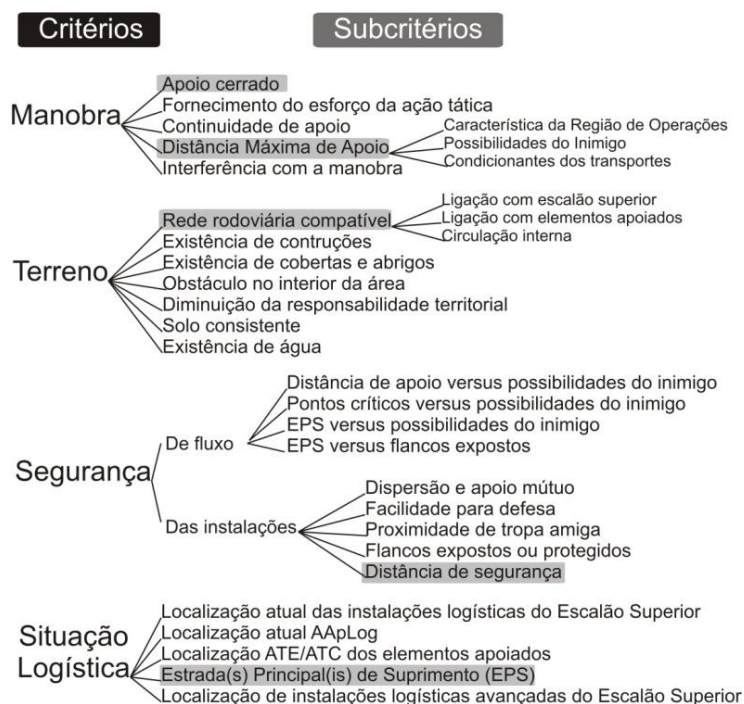


Figura 1 - Fatores determinantes para escolha de localização de Base Logística (Adaptada do Ministério da Defesa, 2003)

Baseado no manual de campanha “Apoio Logístico na Divisão de Exército e na Brigada” (Ministério da Defesa, 2003) apresenta-se as características de alguns subfatores que compõem os critérios supracitados. Ressalta-se que a escolha destes critérios/subcritérios foi realizada para uma análise inicial do modelo matemático no processo decisório militar e que serão utilizados alguns valores de dados médios de planejamentos, denominado DAMEPLAN do EB (MD, 2013):

- Fator Manobra: – Distância máxima de apoio (DMA) - É a maior distância, em km, medida por estrada, admitida entre a área de apoio logístico e as áreas de trens de estacionamento das unidades de combate (ATE) ou áreas de trens (AT) dos elementos apoiados; – Apoio cerrado - Traduz-se na avaliação da distância, medida por estrada, até os elementos a apoiar.
- Fator Terreno – Rede rodoviária compatível - Esse aspecto trata da capacidade de tráfego, quando se refere às vias utilizadas nas ligações externas, que assegurem ligações com o escalão superior e elementos apoiados, e da disposição da malha viária, quando se refere à circulação no interior da área.
- Fator Segurança – Segurança das instalações - Dispersão e apoio mútuo, facilidade para a defesa, proximidade de tropa amiga, flancos expostos ou protegidos, distância de segurança.
- Fator Situação Logística – Estrada(s) principal(is) de suprimento - em uso e as previstas para serem usadas no prosseguimento das ações.

3. Tomada de Decisão Interativa Multicritério – *Fuzzy Synthetic Evaluation* (TODIM-FSE)

Dada a complexidade da tarefa de definir o local que melhor atenda às necessidades considerando a escassez dos recursos, apresenta-se uma metodologia que favorece a escolha oportuna diante das diversas variáveis existentes para o desdobramento logístico-operacional de uma tropa.

O método TODIM-FSE (Passos *et al.*, 2013) é uma metodologia de apoio à decisão multicritério de classificação de alternativas discretas que utiliza como referência o método

TODIM (Gomes, Rangel, Maranhão, 2009; Gomes e Rangel, 2009; Gomes e Lima, 1992; Rangel, Gomes, Cardoso, 2011), fundamentado na *Prospect Theory* (Kahneman, Tversky, 1979), e na Avaliação Sintética Fuzzy (Lu, Lo, Hu, 1999; Onkal-Engin e Demir, 2004; Chang, Chen, Ning, 2001; Sadiq *et al*, 2004; Kuo e Chen, 2006).

O método TODIM é um método multicritério de ordenação de alternativas sedimentado na literatura científica. Segundo Passos *et al* (2013), o método FSE apesar de não ser conhecido como um método multicritério já foi utilizado desta forma.

O TODIM-FSE vem contribuir como uma opção para as aplicações típicas de classificação de alternativas utilizando múltiplos critérios. Este método se baseia na *Prospect Theory*, pertencente ao campo da psicologia cognitiva, que versa sobre a maneira como os seres humanos tomam decisões em situações que envolvem riscos. Contextualizando no ambiente militar, pode-se dizer que nas situações que envolvem ganhos, os militares costumam ser mais conservadores em relação ao risco e, em situações que envolvem perdas, serão mais propensos ao risco. Isto é, quando se estabelece uma situação em que se pode ganhar, preferem um ganho menor, porém certo, a se arriscar por ganhos maiores e incertos. Em situações que envolvem perdas, o chefe ou grupo militar preferem se arriscar a perder mais, porém, com a possibilidade de nada perderem, a ter uma perda menor, porém, certa. Adicionalmente, foi percebido que as situações envolvendo perdas costumavam ser muito mais relevantes e impactantes que situações envolvendo ganhos.

A Figura 2 apresenta a função de valor que ilustra o comportamento descrito no parágrafo anterior, que é relevante para entender as equações utilizadas no método TODIM-FSE.

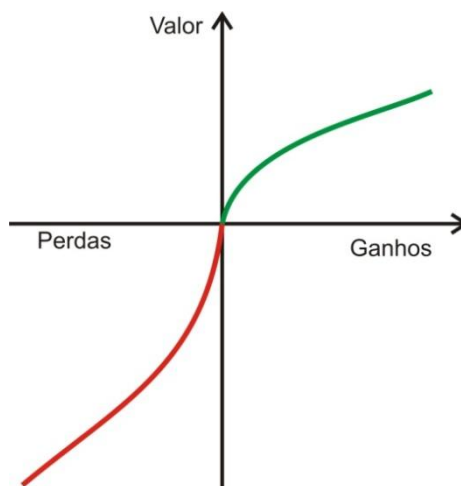


Figura 2 - Função de Valor da Teoria dos Prospectos (Adaptada de Kahneman e Tversky, 1979).

A partir da incorporação dessa função de valor, permite-se estabelecer uma medida quantitativa da satisfação das pessoas, inserindo ao modelo a característica de aversão e propensão ao risco, natural dos seres humanos.

Citando Passos *et al*. (2013), para facilitar a compreensão e utilização do método ele será descrito em etapas seguindo o exemplo de Goodwin e Wright (2004). As fases abaixo não precisarão seguir rigorosamente a sequência proposta:

Fase 1: Definição dos decisores e analistas de decisão - Os tomadores de decisão são as pessoas que vão fazer julgamentos sobre o problema de decisão. Os analistas de decisão são os especialistas em processos de apoio à decisão e métodos.

Fase 2: Análise e estruturação do problema decisório - Nesta etapa é analisado o problema em questão e discutido minuciosamente, para que haja certeza de que o problema relevante está sendo abordado.

Fase 3: Definição dos critérios importantes para o problema - Os critérios devem ser filtrados, fundidos ou eliminados de forma que sejam respeitadas as recomendações de Keeney e Raiffa

(1976) para a construção de um bom conjunto de critérios. Sendo desejáveis dos critérios selecionados as seguintes características: operacionalidade, decomponibilidade, tamanho mínimo, completude e não redundância.

Fase 4: Definição de categorias e funções de contribuição - Após definida a quantidade k de categorias devem ser definidas as contribuições μ que cada critério fornece para que uma alternativa se classifique dentro de determinada categoria. Conforme cita Passos *et al.* (2013), o conceito de contribuição é inovador no sentido que está sendo dado neste método.

Se o critério i for qualitativo, espera-se que a sua avaliação γ se dê através de uma escala com valores discretos. Para cada valor verbal da escala serão definidos valores de contribuição para cada uma das categorias na forma de tabelas de contribuição, conforme mostrado na Tabela 1. Para cada possível avaliação γ_i atribuída para esse critério será definido um conjunto de contribuições, representado pela linha correspondente na Tabela 1.

Tabela 1: Tabela de contribuições para o critério i , qualitativo, (Adaptada de Passos *et al.*, 2013)

Avaliação	Categorias				
	Cat ₁	Cat ₂	.....	Cat _{k-1}	Cat _k
γ_1	μ_{11}	μ_{12}	.....	μ_{1k-1}	μ_{1k}
γ_2	μ_{21}	μ_{22}	.....	μ_{2k-1}	μ_{2k}
.....
γ_m	μ_{m1}	μ_{m2}	.....	μ_{mk-1}	μ_{mk}

Se o critério j for quantitativo ele poderá assumir valores contínuos. Neste caso as contribuições serão representadas através de funções de contribuição, que serão parecidas com conjuntos *fuzzy*, na forma e na maneira de construção. A Figura 3 ilustra um exemplo de funções de contribuição descritas com funções sigmoidais, para três categorias.

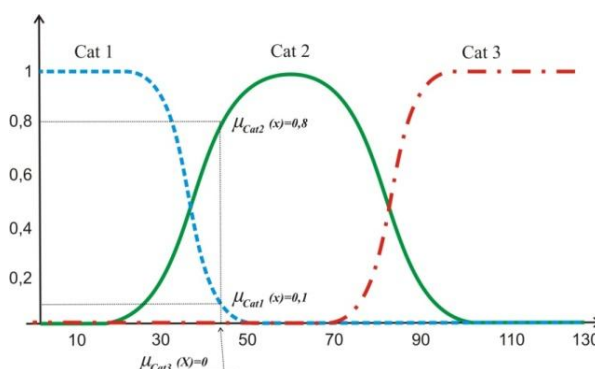


Figura 3: Funções de contribuição para o critério j , quantitativo, em problema com três categorias (Adaptada de Passos *et al.*, 2013).

Após definidas as tabelas de contribuição ou funções de contribuição para cada critério será possível agrupar o primeiro conjunto de dados importante para o modelo, aqui chamado de “tabela de contribuições agrupadas dos critérios”, Tabela 2.

Cada linha dessa tabela é obtida a partir da avaliação realizada para a alternativa a luz de cada critério. Para os critérios qualitativos representam uma linha da tabela 1. Para critérios quantitativos representam o valor da função de contribuição associado ao valor quantitativo atribuído para o critério j .

Tabela 2: Tabela de contribuições agrupadas dos critérios, (Adaptada de Passos *et al.*, 2013)

Critérios	Categorias				
	Cat ₁	Cat ₂	.....	Cat _{k-1}	Cat _k
C ₁	μ_{11}	μ_{12}	.....	μ_{1k-1}	μ_{1k}
C ₂	μ_{21}	μ_{22}	.....	μ_{2k-1}	μ_{2k}
.....
C _m	μ_{m1}	μ_{m2}	.....	μ_{mk-1}	μ_{mk}

Fase 5: Definição da importância relativa entre os critérios

Preencher uma matriz de comparações paritárias similar a utilizada no AHP (Saaty, 2006), onde nela são inseridos julgamentos extraídos da escala fundamental de Saaty, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Escala fundamental (Saaty, 2006)

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância extrema	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Fase 6: Classificação de cada alternativa em uma das categorias propostas

Definidos a tabela de contribuições agrupadas dos critérios (Tabela 2) e os pesos dos critérios, passa-se a utilizar os *trade-offs* embutidos nos pesos dos critérios para encontrar em qual categoria a alternativa possuirá a maior pontuação e, conseqüentemente, irá se enquadrar. Para tal serão utilizadas as equações do método TODIM.

Conforme Gomes (2004), são construídas n matrizes de dominâncias parciais Φ_c , uma para cada critério c . Os elementos de cada uma dessas matrizes serão dados pela Equação (1),

$$\Phi_c(\text{cat}_i, \text{cat}_j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{rc}(\mu_{ic} - \mu_{jc})}{\sum_{c=1}^n w_{rc}}}, & \mu_{ic} - \mu_{jc} \geq 0 \\ -\frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^n w_{rc}(\mu_{jc} - \mu_{ic})}{w_{rc}}}, & \mu_{ic} - \mu_{jc} < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Verifica-se que na Equação (1), que μ_{ic} e μ_{jc} representam pesos das alternativas i e j , respectivamente em relação ao critério c . Sendo que as diferenças $\mu_{ic} - \mu_{jc} \geq 0$ e $\mu_{ic} - \mu_{jc} < 0$ são consideradas como ganhos ou perdas associados à função de valor da Teoria dos Prospectos, conforme representado graficamente na Figura 2.

Se a diferença for positiva (representando ganho de dominância da categoria i frente à categoria j) o valor do elemento genérico a_{ij} da matriz Φ_c será dado pela primeira função da Equação (1), se a diferença for negativa (sugerindo perda de dominância da contribuição da categoria i frente à categoria j) o valor deste mesmo elemento a_{ij} será dado pela segunda função da Equação (1).

Os valores w_{rc} representam uma taxa de substituição, ou seja, o peso do critério c dividido pelo peso do critério de referência r . O valor θ é o fator de atenuação de perdas. Diferentes escolhas deste valor levam a diferentes formas da função de valor da Teoria dos Prospectos no quadrante negativo, Figura 1.

Assim, cada matriz Φ_c estará armazenando um conjunto de valores de dominância das categorias com relação a cada critério.

Depois de calculadas as matrizes de dominâncias parciais para cada critério será calculada a matriz de dominâncias $\delta(\text{cat}_i, \text{cat}_j)$ Equação (2):

$$\delta(\text{cat}_i, \text{cat}_j) = \sum_{c=1}^n \Phi_c(\text{cat}_i, \text{cat}_j), \forall (i, j) \quad (2)$$

Da matriz formada pela Equação (2), tem-se que cada elemento soma todas as dominâncias obtidas anteriormente para cada critério. O resultado final será obtido com o cálculo do vetor X , que terá cada um de seus elementos calculados pela Equação (3):

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^k \delta(\text{cat}_i, \text{cat}_j) - \min \sum_{j=1}^k \delta(\text{cat}_i, \text{cat}_j)}{\max \sum_{j=1}^k \delta(\text{cat}_i, \text{cat}_j) - \min \sum_{j=1}^k \delta(\text{cat}_i, \text{cat}_j)} \quad (3)$$

Ao ser calculado dessa forma o vetor X possuirá sempre uma componente com valor 1, representando a categoria mais adequada para a classificação, outro com valor 0 (zero), representando a categoria menos adequada para a classificação, e outros valores intermediários para as demais categorias.

Fase 7: Análise de validação

Esta etapa é de grande importância para o estabelecimento de um modelo de apoio à decisão de qualidade. Na análise de validação as alternativas previamente classificadas dentro de cada uma das categorias propostas, serão usadas como referência para ajustar o modelo criado. Esses ajustes podem ser feitos nos pesos dos critérios, nas tabelas ou funções de contribuições.

4. Classificação de Base Logística de Brigada pela abordagem proposta

Para apresentar a implementação do TODIM-FSE, um estudo de caso de classificação da Base Logística de Brigada (BLB) será executado. O objetivo desta avaliação é selecionar área para um desdobramento de tropas de apoio logístico.

Utilizando as informações levantadas pelo Estado Maior de um Comando Militar é feita a classificação dentro de uma entre quatro categorias: excelente, muito adequado, adequado ou pouco adequado. Para efetuar essa avaliação será utilizado cinco subcritérios preconizados na doutrina militar brasileira referente aos fatores: manobra, terreno, segurança e situação logística.

Modelo de avaliação para escolha de Base Logística de Brigada (BLB) - área com dimensões médias de 6 a 9 km². As alternativas estão limitadas a 4 possíveis áreas de apoio logístico dentro da Zona de Combate (ZC). No caso em estudo, a distância mínima de segurança é de 10 km das Linha de Partida (LP) / Linha de Contato (LC). Na Figura 4, observa-se as possíveis bases logísticas de brigada que representam as alternativas a serem escolhidas: B₁, B₂, B₃, B₄.

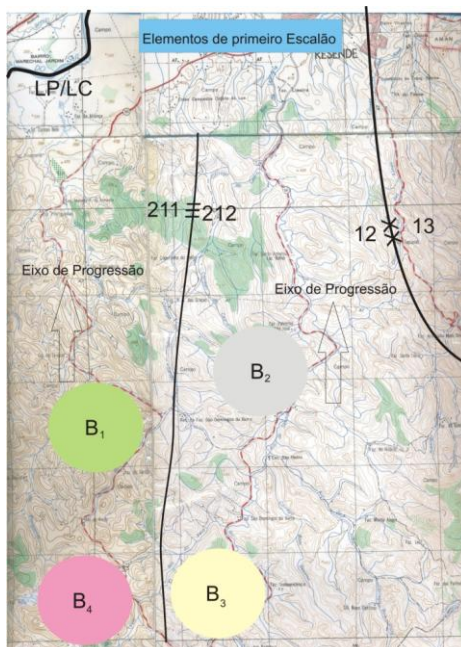


Figura 4 – Extrato adaptado de exercício escolar de Operação Ofensiva da 21ª Brigada de Cavalaria Mecanizada - 12ª Divisão de Exército. (Fonte: Carta topográfica – Crt Resende, Agulhas Negras, Bananal e São José do Barreiro – IBGE, 2ª impressão, 1988).

• **Definição dos Tomadores de Decisão e Analistas de Decisão** - Os tomadores de decisão serão os membros do Estado Maior (EM) de Organização Militar (OM) valor Divisão de Exército/Brigada e o analista de decisão é um dos autores deste artigo e oficiais de logística do Exército Brasileiro.

• **Análise e Estruturação do Problema Decisório** - Para clareza do trabalho, os membros do EM tem noção do processo decisório proposto e do tipo de resultado que será fornecido, para enfim servir de base e apoio a decisão final. Por outro lado, os membros do EM, em especial o Comandante Tático, o Oficial de Operações (E3) e o Oficial de Logística (E4) fornecem detalhes da operação a fim de proporcionar aos analistas ajustes finos no algoritmo a ser executado. Com isso, o problema tende a ficar mais claro para tomadores de decisão e para os analistas de decisão, dando mais transparência e objetividade para o processo de avaliação.

• **Definição de Categorias e Funções de Contribuições** - Para este problema foram definidas quatro categorias de avaliação, a saber: Excelente (E), Muito Adequado (MA), Adequado (A), Pouco Adequado (PA). Assim a partir dessas categorias são definidas as contribuições que serão dadas a cada um dos critérios. O critério Manobra (Distância Máxima de Apoio – DMA) e o critério Manobra (Apoio Cerrado - AC) serão tratados como quantitativos. A DMA será pontuado de acordo com as distâncias estimadas da BLB até às ATE/ATC das OM apoiadas e o AC será quantificado a partir da distância mínima de segurança (10 km) da linha de partida (LP) e/ou linha de contato (LC) no caso da operação ofensiva. Desta forma, serão definidas para estes critérios funções de contribuição utilizando funções trapezoidais, conforme apresentado na Figura 5 e 6.

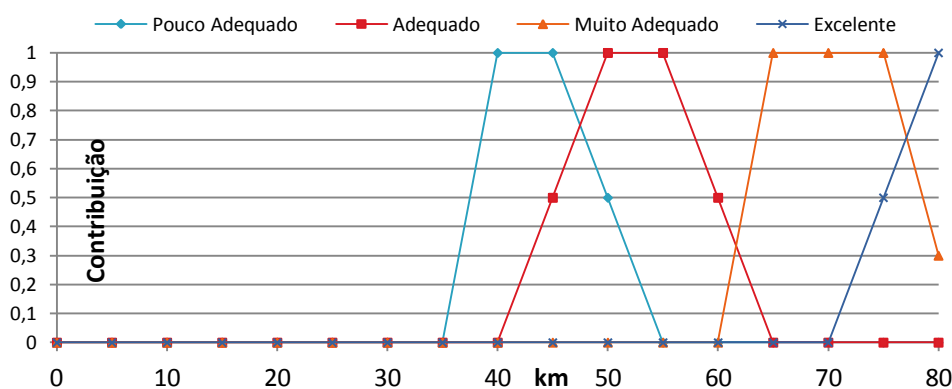


Figura 5 – Função de Contribuição – MANOBRA - DMA

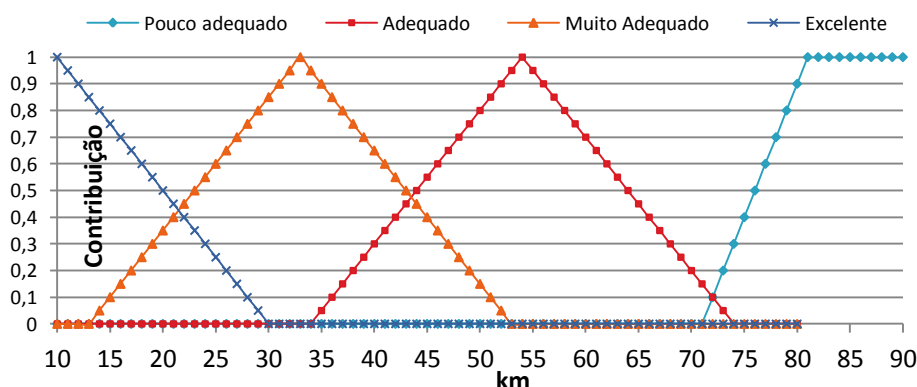


Figura 6 – Função de Contribuição – MANOBRA – Apoio Cerrado

O critério Terreno (Rede Rodoviária), Segurança (Segurança das Instalações) e Situação Logística (Estrada Principal de Suprimento – EPS) serão tratados como critérios qualitativos, para eles são definidas tabelas de contribuições, conforme Tabelas 4, 5 e 6. Assim, partindo das análises dos oficiais auxiliares do EM especial é possível identificar e avaliar se a área atende aos quesitos/fatores para seleção.

Tabela 4: Tabela de Contribuições para o critério Terreno

Escala de Avaliação	Terreno - Categorias			
	E	MA	A	PA
Capacidade de Tráfego excelente (CTE)	1,0	0,9	0,5	0,0
Capacidade de Tráfego normal (CTN)	0,5	0,7	1,0	0,2
Capacidade de Tráfego deficiente (CTD)	0,2	0,5	0,7	1,0

Tabela 5: Tabela de Contribuições para o critério Segurança.

Escala de Avaliação	Segurança - Categorias			
	E	MA	A	PA
Permite Grande Dispersão (PGD)	1,0	0,9	0,8	0,5
Permite Média Dispersão (PMD)	0,3	0,6	1,0	0,4
Permite Pequena Dispersão (PPD)	0,1	0,3	0,7	1,0
Não Permite Dispersão (NPD)	0,0	0,1	0,5	1,0

Tabela 6: Tabela de Contribuições para o critério Situação Logística.

Escala de Avaliação	Situação Logística - Categorias			
	E	MA	A	PA
Condição de Conservação Ótima (CCO)	1,0	0,8	0,5	0,3
Condição de Conservação Normal (CCN)	0,8	0,9	1,0	0,2
Condição de Conservação Precária (CCP)	0,1	0,5	0,6	1,0

• **Definição da Importância Relativa entre os Critérios** - Conforme Passos *et al.* (2013), a importância relativa entre os critérios será definida da mesma forma que no método TODIM. Primeiramente é montada uma matriz de comparações paritárias com cada um dos critérios: Manobra (MAN); Manobra de Apoio Cerrado (MAN-AC); Terreno (TER); Segurança (SEG) e Situação Logística (SL). Ela será preenchida utilizando a escala fundamental de Saaty (2006) descrita na Tabela 3. A Tabela 7 mostra a matriz de comparações paritárias preenchida. A partir desta matriz da Tabela 7 é obtido um novo vetor de pesos. Cada uma de suas componentes é calcula através da média aritmética das linhas da matriz citada.

Tabela 7: Matriz de Comparações paritárias preenchidas utilizando a Escala fundamental de Saaty.

	MAN	MAN (AC)	TER	SEG	SL
MAN	1	1	3	2	3
MAN (AC)	1	1	7	1	5
TER	1/3	1/7	1	3	2
SEG	1/2	1	1/3	1	4
SL	1/3	1/5	1/2	1/4	1

Depois disso é feita a normalização de cada um desses valores dividindo-os pela soma dessas médias. O resultado é o vetor de pesos W cuja soma das componentes é igual a 1 (um).

$$W = [0,24188 \ 0,36282 \ 0,15665 \ 0,16528 \ 0,07337] , \text{ sendo que: } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

• **Classificação de Cada Alternativa em Uma das Categorias Proposta** - Para efetuar a avaliação é necessário obter as características e dados das áreas candidatas, no caso em estudo serão utilizadas as candidatas à BLB B_1 , B_2 , B_3 e B_4 .

Com tais informações será possível obter os dados de entrada para a classificação usando o TODIM-FSE, seguindo as quantificações e qualificações contidas na Tabela 8.

Tabela 8: Resultado das avaliações realizadas pelos oficiais e especialistas integrantes do EM.

Critérios	Avaliações da BLB			
	B_1	B_2	B_3	B_4
Manobra (DMA)	70 km	80 km	80 km	75 km
Manobra (Apoio cerrado)	15 km	13 km	18 km	20 km
Terreno (Rede Rodoviária)	CTD	CTN	CTN	CTD
Segurança (Segurança das Instalações)	PGD	PPD	PGD	PMD
Situação Logística (EPS)	CCO	CCP	CCP	CCO

Utilizando-se os dados das Tabelas 4, 5 e 6, de contribuições agrupadas dos critérios, e os dados obtidos no gráfico da Figura 5, determinam-se os valores da Tabela 9.

Tabela 9: Tabela de contribuições agrupadas dos critérios Resultado das avaliações realizadas pelos oficiais e especialistas integrantes do EM.

Critérios	BLB – B ₁				BLB – B ₂				BLB – B ₃				BLB – B ₄			
	E	MA	A	PA	E	MA	A	PA	E	MA	A	PA	E	MA	A	PA
Manobra (DMA)	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,00	0,00	1,00	0,30	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00
Manobra (Apoio cerrado)	0,75	0,10	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,60	0,25	0,00	0,00	0,50	0,35	0,00	0,00
Terreno (Rede Rodoviária)	0,20	0,50	0,70	1,00	0,50	0,70	1,00	0,20	0,50	0,70	1,00	0,20	0,20	0,50	0,70	1,00
Segurança (Seg. das Instalações)	1,00	0,90	0,80	0,50	0,10	0,30	0,70	1,00	1,00	0,90	0,80	0,50	0,30	0,60	1,00	0,40
Situação Logística(EPS)	1,00	0,80	0,50	0,30	0,10	0,50	0,60	1,00	0,10	0,50	0,60	1,00	1,00	0,80	0,50	0,30

Após realizar a aplicação da Fase 6 do item 3, as alternativas de BLB são normalizadas utilizando o método TODIM e, assim, chega-se ao resultado apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultado final com utilização do método TODIM-FSE.

Base Logística Brigada (BLB)	Excelente	Muito Adequada	Adequada	Pouco Adequada
B ₁	0,9537	1,0000	0,3548	0,0000
B ₂	0,0000	0,3843	1,0000	0,7106
B ₃	0,8959	1,0000	0,7529	0,0000
B ₄	0,6260	1,0000	0,3987	0,0000

• **Análise de Validação** – Foi realizada alteração de parâmetros buscando-se atender a “intenção do Comandante”, ou seja, estabeleceu-se maior prioridade para o esforço principal quanto ao critério Manobra. Desta forma, alterou-se os valores da Tabela 7 (Matriz de comparações paritárias entre critérios), tudo com a finalidade de perceber a resistência dos valores das alternativas às novas preferências.

5. Discussões e Conclusões

A aplicação da abordagem multicritério com o método TODIM-FSE demonstrou um desempenho satisfatório para classificação de BLB viáveis. O objetivo desta avaliação foi dar suporte à seleção da área apropriada segundo os diversos critérios e subcritérios para um desdobramento de tropas de apoio logístico, baseado na Doutrina Militar da Força Terrestre Brasileira. Utilizando as informações obteve-se como resultado os valores apresentados na Tabela 10, que qualifica as alternativas B₁ sendo muito adequada; B₂ adequada; e, B₃ e B₄ na categoria muito adequada. A classificação realizada pelos decisores, neste cenário, os oficiais de logística do EB, sem o auxílio de ferramentas de computação foram similares ao resultado obtido através da utilização da abordagem pelo método TODIM-FSE.

O estudo de caso ilustrou como o modelo construído pode ser posto em prática. Usando TODIM-FSE as categorias são construídas experimentalmente, em conjunto com os decisores, depois da construção do modelo. As fronteiras para cada categoria irão depender de um conjunto de alternativas previamente definidas, ou mesmo em dados fictícios, utilizados pelos decisores como referências. Quanto à análise de validação, ao se priorizar o critério manobra (DMA), não houve modificação significativa quanto à classificação final das BLB's do estudo de caso.

Portanto, o modelo TODIM-FSE aplicado no caso, apresentou resposta coerente na classificação de uma BLB dentro das categorias criadas pela análise multicritério. Isto mostra que o método pode ser utilizado para auxiliar os analistas militares no processo de decisão.

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio concedido através dos projetos 305732/2012-9 e 302692/2011-8.

Referências

- Belton, V.; Stewart, T.** *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach* (2002).
- Chang, N.B.; Chen, H.W.; Ning, S.K.** Identification of river quality water quality using the fuzzy synthetic evaluation approach. *Journal Environment Management* (2001).
- Gomes, L. F. A. M.**, *Tomada de decisões em cenários complexos*. São Paulo: Thomson Learning, (2004).
- Gomes, L. F. A. M.**, Teoria da decisão. Thomson Learning, São Paulo (2007).
- Gomes, L.F.A.M.; Rangel, L.A.D.; Maranhão, F.J.C.**, Multi-criteria analysis of natural gas destination in Brazil: an application of the TODIM method. *Mathematical Computer Model* (2009).
- Gomes, L.F.A.M.; Rangel, L.A.D.**, An application of the TODIM method to the multi-criteria rental evaluation of residential properties. *European Journal Operational Research* (2009).
- Gomes, L.F.A.M.; Lima, M.M.P.P.**, From modeling individual preferences to multicritério ranking of discrete alternatives: a look at prospect theory and the additive difference model. *Foundations of Computing and Decision Sciences* (1992).
- Goodwin, P.; Wright, G.**, *Decision Analysis for Management Judgment*. Chichester: John Wiley and Sons (2004).
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta Topográfica – região sudeste do Brasil, Esc. 1:50.000, 2ª impressão (1988).
- Kahneman, D.; Tversky, A.**, Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica* (1979).
- Keeney, R.L.; Raiffa, H.**, *Decision with multiples objectives: preferences and value tradeoffs*. New York: Wiley, (1976).
- Kuo, Y.F.; Chen, P.C.**, Selection of mobile value-added services for system operators using fuzzy synthetic evaluation. *Expert Systems with Applications* (2006).
- Lu, R.S.; Lo, S.L.; Hu, J.Y.**, Analysis of reservoir water quality using fuzzy synthetic evaluation. *Stoch Environ Res Risk Assessment* (1999).
- Ministério da Defesa (MD)**, Manual de Campanha EB20-MC-10.204 – Logística. Estado-Maior do Exército, 3.ed (2014).
- _____. ME 101-0-03: Dados Médios de Planejamento Escolar (DAMEPLAN). ECEME, Rio de Janeiro (2013).
- _____. Manual de Campanha – Apoio Logístico na Divisão de Exército e na Brigada. Estado-Maior do Exército (2003).
- Onkal-Engin, G; Demir, I.**, Assessment of urban air quality in Istanbul using fuzzy synthetic evaluation. *Atmospheric Environment* (2004).
- Passos A.C.; Teixeira M.G.; Garcia K.C.; Cardoso, A.M.; Gomes, L.F.A.M.**, Using the TODIM-FSE method as a decision-making support methodology for oil spill response. *Computers and Operations Research* (2013).
- Rangel, LAD, Gomes, LFAM, Cardoso, FP.** An application of the TODIM method to the evaluation of broadband Internet plans. *Pesquisa Operacional* (2011).
- Saaty, T.L.**, *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. Pittsburgh: RWS Publishing (2006).
- Sadiq, R; Husain, T; Veitch, B; Bose, N.**, Risk-based decision-making for drilling waste discharges using a fuzzy synthetic evaluation technique. *Ocean Engineering* (2004).