

# Alocação de Aeronaves Baseada em Cenários Utilizando o Método FITradeoff

Diego Alves Nunes<sup>1</sup>, Giovanni Fiorenza Munaretto<sup>2</sup>, Talita Alessandra da Silva<sup>3</sup>, Carmen Belderrain<sup>4</sup>, Nissia Bergiante<sup>5</sup>.

<sup>1,2,3</sup>Instituto de Aplicações Operacionais (IAOp), São José dos Campos/SP – Brasil

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

<sup>5</sup>Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro/RJ - Brasil

**Resumo** – Operações de busca e resgate são caracterizadas pela complexidade, dinamismo e incertezas associadas à sua execução. A coordenação destas missões é feita por meio de um comandante, militar responsável pelo processo de tomada de decisão, cujas conseqüências tem alto impacto no sucesso ou não da missão. A fim de controlar estes efeitos, é interessante que o decisor utilize um método de apoio à decisão multicritério, cuja etapa de elicitação de constantes de escala associadas aos critérios é fundamental. O método FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*) surge como opção para esta atividade uma vez que oferece uma abordagem de elicitação flexível, a qual exige menor esforço cognitivo do decisor e, portanto, implica em menor probabilidade de inconsistência. Desta forma, utiliza-se o método FITradeoff para definir a aeronave a ser utilizada em uma missão de busca e resgate segundo um conjunto de critérios e sob diferentes cenários, cujos elementos podem modificar as preferências entre os critérios gerenciados pelo decisor. Os resultados obtidos reforçam a capacidade do método em obter soluções equilibradas de acordo com a hierarquia de critérios, além de apresentar maneiras de contornar algumas limitações associadas ao FITradeoff.

**Palavras-Chave** – FITradeoff, cenários, multicritério.

## I. INTRODUÇÃO

### A. Contextualização

As Forças Armadas do Brasil passam por um processo de reestruturação organizacional. Frente ao ambiente de dinamismo e incertezas em que estão inseridas, derivado da posição político-geográfica ocupada pelo país, o Ministério da Defesa emitiu em 2011 a END (Estratégia Nacional de Defesa) [1], documento que trata, dentre outros pontos, da reorganização e reorientação das Forças Armadas. Dentre as diretrizes apresentadas na END, apresenta-se a necessidade de as Forças Armadas efetuarem seu planejamento baseado em capacidades, diferente do planejamento baseado em ameaças até então adotado.

Para efetuar a reorientação e reorganização proposta pela END, A FAB (Força Aérea Brasileira) emitiu em 2016 o documento “Concepção Estratégica Força Aérea 100”, materializado na DCA (Diretriz do Comando da Aeronáutica) 11-45. Para se adequar ao planejamento baseado em capacidades, a FAB definiu dez possibilidades de atuação que orientam as capacidades militares desejadas [2]. A fim de se preparar para estas 10 possibilidades de atuação, a FAB dispõe de 39 ações de Força Aérea e 10 ações complementares apresentadas na DCA 1-1 [3], documento que materializa a Doutrina básica da Força Aérea Brasileira. Dentre as possibilidades de atuação contidas na DCA 11-45,

destaca-se a de Ajuda Humanitária, as quais se subdividem em Busca e Resgate, Evacuação Aeromédica e Transporte.

A execução de cada missão passa pela coordenação de um comandante, indivíduo inserido em um ambiente de tomada de decisão caracterizado pelo impacto direto sobre seus subordinados, necessidade de resposta rápida e de dimensionamento de recursos. Neste sentido, faz-se necessário que o comandante, além de coordenar a missão, seja capaz de listar os elementos do cenário em que sua missão está inserida. Deve, também, verificar a relevância de cada um dentro do mesmo, conhecer os recursos disponíveis para seu uso, identificar de que maneira os indicadores de desempenho de seus recursos afetam o cumprimento da missão e estabelecer critérios para uma decisão robusta. Devido à complexidade do ambiente inserido e das diferentes atribuições do decisor, é importante que haja um método de apoio a tomada de decisão que seja capaz de captar os diferentes critérios envolvidos e gerenciar a mudança de prioridades do ponto de vista do decisor para os diferentes cenários que necessite gerenciar.

### B. Caracterização do problema

O processo de tomada de decisão da aeronave a ser alocada para uma dada missão é um processo complexo. Atribui-se a complexidade desse tipo de decisão aos múltiplos critérios conflitantes que devem ser levados em consideração para avaliar a adequabilidade das possíveis alternativas. Para considerar esses múltiplos critérios, utilizam-se os métodos MCDA (*Multiple Criteria Decision Aid*). Dentre esses métodos, utilizou-se o FITradeoff, um método multicritério flexível e interativo para modelos aditivos, que utiliza o procedimento de elicitação de preferências para definir as prioridades dos critérios.

Segundo [4], dentro do contexto de decisão multicritério, um dos maiores desafios é a obtenção dos pesos dos critérios. Para os métodos compensatórios, como o modelo aditivo, isso envolve não apenas a importância relativa dos critérios, mas também informação sobre a escala e a faixa de valores de cada critério. De acordo com [5], a agregação de critérios por meio de modelos aditivos é um procedimento típico de métodos multicritério em análise de decisão. Entre os procedimentos de elicitação de pesos para o modelo aditivo, o procedimento de *tradeoff* se destaca por apresentar uma forte estrutura axiomática [6]. Por outro lado, [7] mostra que na aplicação desse procedimento é comum surgirem inconsistências. Uma das principais origens de inconsistência é a dificuldade cognitiva que o decisor apresenta para responder precisamente as diversas perguntas do processo de elicitação de pesos. Para tratar este problema, os autores de

[8] propuseram o método FITradeoff, que tem como objetivo usar um processo de elicitação baseado no *tradeoff*, mas que busca fornecer a recomendação ao decisor sem a necessidade de uma informação completa durante o processo de elicitação dos pesos. Com isso, diminui-se a quantidade e a dificuldade das perguntas e, conseqüentemente, o esforço cognitivo do decisor.

O problema analisado consiste na caracterização da complexidade do processo de tomada de decisão em uma missão de busca e resgate, a qual envolve a determinação de que aeronave deve ser utilizada em função do cenário a que se está exposto, devendo contemplar um conjunto significativo de critérios cujas prioridades variam de acordo com o respectivo cenário associado. Dado que as decisões tomadas neste tipo de situação devem ser rápidas, efetivas e possuem alto impacto no sucesso da missão, faz-se mister a utilização de um método multicritério estruturado de apoio à decisão, que será o FITradeoff.

Este trabalho tem por objetivo identificar a aeronave mais adequada a ser empregada em uma missão de Busca e Resgate por meio do método FITradeoff. Considera, para tanto, cenários distintos em que a missão pode estar inserida e apresenta diferentes preferências entre os critérios a serem adotados para a tomada de decisão. Este trabalho está dividido em cinco seções. A primeira, aqui desenvolvida, aborda a contextualização e caracterização do problema. Na seção II, apresenta-se o método FITradeoff seguido dos cinco critérios considerados para a tomada de decisão e oito alternativas associadas, bem como a construção dos oito cenários considerados. A seção III discute os resultados obtidos. Por fim, a conclusão, proposta de estudos futuros e referências são apresentados.

## II. DEFINIÇÕES E MÉTODOS

O método implementado para a alocação da aeronave com as preferências de um decisor influenciadas por cenário foi o FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*).

### A. O método FITradeoff

O método *FITradeoff* consiste em uma “elicitação” de constantes de escala  $k_i$ . A definição das constantes de escala  $k_i$  é diretamente associada ao conjunto de conseqüências  $v_i(x_i)$ , que representam o valor numérico de um critério a ser considerado na tomada de decisão para cada alternativa  $x$  considerada. Ao se agregar as constantes de escala  $k_i$  e as conseqüências  $v_i(x_i)$ , obtém-se uma função valor  $v(x)$  para cada uma das alternativas consideradas [4], em que:

- $n$ : número de critérios considerados;
- $i$ : índice associado a um determinado critério,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;
- $k_i$ : Valor referente à constante de escala para cada critério;
- $x$ : Variável correspondente à alternativa considerada;
- $v_i(x_i)$ : Valor da conseqüência referente à alternativa  $x$  para o critério  $i$ .
- $v(x)$ : Valor numérico da alternativa.

A função  $v(x)$  utilizada é apresentada em (1) e a restrição imposta entre os valores de  $k_i$ , para cada uma das alternativas consideradas, é apresentada em (2).

$$v(x) = \sum k_i v_i(x_i) \quad (1)$$

$$\sum k_i = 1 \quad (2)$$

O método *tradeoff* tradicional ordena as constantes de escala em ordem decrescente e, posteriormente, são estabelecidas relações entre os critérios adjacentes a fim de se buscar a indiferença apresentada em (3).

$$k_i v_i(x_i) = k_{i+1} \quad (3)$$

Devido à natureza de aplicação desta metodologia em problemas de decisão multicritério - dada a racionalidade limitada do indivíduo frente a uma grande quantidade de informações, conforme apresentado na teoria de Herbert Simon - [8] propôs o método FITradeoff. Neste processo, o decisor elenca suas preferências com relação aos critérios utilizados e, posteriormente, solicita-se que o decisor escolha entre duas alternativas que diferem por apenas dois critérios. Este processo visa tanto confirmar as preferências apresentadas pelo decisor inicialmente quanto delimitar um conjunto de  $k_i$  que maximizem o valor de  $v(x)$  para uma única alternativa. Diferente do *tradeoff*, [8] mostra que não é necessário se definir explicitamente os valores associados à indiferença, mas sim um intervalo limitado por  $[v_i(x_i'), v_i(x_{ii}'')] - k_i v_i(x_i') > k_{i+1}$  e  $k_i v_i(x_i'') < k_{i+1}$ . Assim sendo, o decisor opta por uma preferência em vez de uma indiferença [4].

A partir da definição das preferências e conseqüente ordenação inicial das constantes de escala  $k_i$ , verifica-se se existem alternativas não dominadas. Caso exista mais de uma alternativa não-dominada, são efetuadas perguntas cujas respostas são convertidas na relação entre  $k_i$  e  $k_j$ . Dada a nova relação entre  $k_i$ , um novo problema de programação linear é efetuado até que se encontre apenas uma solução não dominada (ou que o programa atinja seu limite de perguntas e finalize sem a definição de uma única melhor alternativa).

Desta forma, o objetivo do método consiste em definir, a partir das preferências listadas e das respostas obtidas do decisor, um conjunto de intervalos para  $k_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , em que o valor obtido para  $v(x)$  é máximo para o menor número positivo de alternativas não-dominadas.

### B. Objetivos

Definiram-se os objetivos da missão por meio do VFT (*Value Focused Thinking*) [9] a fim de orientar a determinação dos critérios a serem considerados na tomada de decisão proposta neste trabalho. A Tabela I apresenta a hierarquia de objetivos fundamentais e objetivos meio associados.

TABELA I. HIERARQUIA DE OBJETIVOS

1. Resgatar o maior número de pessoas
1.1. Realizar busca se necessário
1.2. Minimizar a limitação da missão de busca por questão de tempo de vôo
1.3. Ser capaz de se deslocar por longas distâncias
2. Atender chamadas de urgência com prontidão
3. Otimizar alocação de recursos

### C. Definição de Critérios

Um ambiente em que está inserida uma missão de busca e resgate se caracteriza pela complexidade, dinamismo e incerteza associada aos elementos. Desta forma, ter-se-iam uma série de critérios a serem considerados para escolha das alternativas, desde teto de voo (imaginando-se uma missão em altitudes elevadas) até intensidade do ruído emitido pela aeronave (em caso de busca por furtividade em adentrar um território hostil). Entretanto, é importante definir um conjunto de critérios que satisfaça as propriedades associadas aos mesmos (Exaustividade, Coesão, Não-redundância, Operacionalidade e Legitimidade) e uma base de dados confiável. Cada critério tem por objetivo refletir algum parâmetro associado ao contexto de tomada de decisão e devem estar alinhados aos objetivos apresentados na Tabela I.

Para tanto, foram definidos os seguintes critérios:

- Alcance [km] (Alc): Visa refletir a flexibilidade exigida pelo decisor para permitir a tripulação modificar o perfil de vôo devido a possíveis eventos associados às incertezas do contexto da missão;
- Autonomia [h] (Aut): Visa refletir a necessidade de se executar um vôo por mais tempo (em caso de necessidade de busca, por exemplo);
- Capacidade de passageiros (Cap): Visa refletir a quantidade de pessoas a serem resgatadas pela aeronave. A quantidade apresentada reflete a capacidade máxima da aeronave, incluindo a tripulação.
- Custo da hora de vôo [\$USD/h] (Cst): Visa refletir uma possível economia de recursos a ser considerada na tomada de decisão;
- Velocidade [km/h] (Vel): Visa refletir a necessidade de resposta rápida para o resgate, normalmente mais proeminente em casos de urgência.

### D. Definição de Alternativas

Para este trabalho, foram consideradas 8 (oito) alternativas para a missão de busca e resgate. É importante ressaltar que se optou por selecionar apenas as aeronaves de asas rotativas, uma vez que existem circunstâncias associadas ao ambiente de resgate que podem ser limitantes para a operação de uma aeronave de asa fixa.

A Tabela II apresenta as alternativas selecionadas e seus respectivos indicadores de desempenho [10]. Tais aeronaves foram selecionadas como alternativas uma vez que já foram

utilizadas para missão de busca e resgate em diferentes situações.

TABELA II. MATRIZ DE CONSEQUÊNCIAS

Equipamento	\$USD/hora	Velocidade (Km/h)	Autonomia (h)	Alcance (Km)	Capacidade
Bell 206	609,5	210	4	650	5
Bell 407	736	246	3,6	611	6
Bell UH-1H	1588	205	3	510	14
AS-5/332	3085,5	262	3,3	642	20
H-350	754,86	240	4,3	650	6
AS-565	1705	264	4	761	11
S-76A	1973	253	3,5	762	12
UH-60M	3340	260	2,3	592	14

### E. Definição de Cenários

Apresenta-se uma metodologia para geração de cenários em [12] no qual, inicialmente, são listados todos os elementos destes e, posteriormente, os mesmos são alocados em uma tabela de acordo com sua importância para o cenário e quanto à sua incerteza. Para este trabalho, entretanto, devido à complexidade do ambiente de Busca e Salvamento e seu dinamismo, os cenários foram constituídos a partir da importância dos elementos associados, traduzidos nas necessidades apresentadas, e não da imprevisibilidade dos mesmos. Logo, foram definidos como elementos do cenário:

- PAX: Quantidade máxima de passageiros dentro da aeronave no momento do resgate. Para este trabalho, foram considerados dois tipos de missão – uma para o resgate de 5 passageiros e outra para o resgate de 10.
- Busca: Associado à necessidade, ou não, de realizar busca para fazer a missão de resgate – uma missão em que já se conhece a posição das vítimas não necessita de busca; caso não se saiba, é necessária a busca. É representada pelos valores 0 (ausência de busca) e 1 (necessidade de busca).
- Urgência: traduz a necessidade de a missão ser imediata ou se permite um maior tempo de resposta – caso as vítimas se encontrem em perigo iminente, como áreas de deslizamento, considera-se haver urgência; caso esteja em uma região isolada, porém sem ameaça iminente, considera-se não haver urgência. É representada pelo valor 1 (Com urgência) ou 0 (Sem urgência). É importante destacar que a denominação “Sem urgência” tem fins meramente comparativos, dado que é pouco provável que uma missão de resgate esteja inserida em um contexto sem urgência alguma.

A Tabela III apresenta os oito cenários possíveis a serem analisados considerando a metodologia supracitada. As denominações de ‘A’ a ‘H’ representam cada um dos cenários.

TABELA III. CENÁRIOS CONSIDERADOS

		Urgência		Urgência		
		0	1	0	1	
Busca	0	A	B	E	F	
	1	C	D	G	H	
			5 PAX		10 PAX	

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação do método, foram inseridos os dados da planilha representada pela Tabela IV no *software FITradeoff*® [11], plataforma gratuita que se encontra disponível mediante cadastro do usuário. O critério do preço por hora de voo está configurado para ser minimizado e os demais, para serem maximizados. A matriz de consequências é a mesma da Tabela II. Por fim, destaca-se que a única variável considerada discreta no processo foi a capacidade.

TABELA IV. CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS PARA ALOCAÇÃO DE AERONAVES

Criteria	\$USD/hora	Velocidade [km/h]	Autonomia [h]	Alcance [km]	Capacidade
0-ContMin ;1-ContMax ;2-DiscMin; 3-DiscMax	0	1	1	1	3
Weights					
Type	1	1	1	1	1
a					
b					
c					
Alternatives	CONSEQUENCE MATRIX				
Bell 206	609,5	210	4	650	5
Bell 407	736	246	3,6	611	6
Bell UH-1H	1588	205	3	510	14
AS-5/332	3085,5	262	3,3	642	20
H-350	754,86	240	4,3	650	6
AS-565	1705	264	4	761	11
S-76A	1973	253	3,5	762	12
UH-60M	3340	260	2,3	592	14

Para cada um dos cenários, confeccionou-se uma lista de preferências baseada em um decisor hipotético, simulando o comandante da missão em um problema real, o qual deve, possivelmente, apresentar diferentes preferências em função de diferentes cenários. A Tabela V apresenta as preferências estabelecidas para cada cenário, cujas identificações constam na Tab.3.

TABELA V. HIERARQUIA DE CRITÉRIOS PARA CADA CENÁRIO

	A	B	C	D	E	F	G	H
1°	Cst	Vel	Aut	Aut	Cst	Vel	Cst	Aut
2°	Aut	Aut	Alc	Vel	Cap	Cap	Cap	Cap
3°	Alc	Alc	Cst	Alc	Alc	Alc	Aut	Alc
4°	Vel	Cst	Vel	Cst	Aut	Aut	Alc	Vel
5°	Cap	Cap	Cap	Cap	Vel	Cst	Vel	Cst

No processo de elicitación das constantes de escala, o decisor manteve sempre preferência sobre a alternativa que maximizava o critério mais alto na hierarquia de critérios, à

exceção das escolhas que envolviam os cenários cuja capacidade na aeronave era de 10 passageiros. Nesta situação, como forma de garantir que a aeronave associada à solução não-dominada tivesse a capacidade de transporte exigida pelo cenário, optou-se pela alternativa que continha a maior capacidade de pessoal possível. No caso de 5 passageiros na aeronave, não houve essa abordagem, dado que todas as aeronaves são capazes de transportar essa quantidade de pessoal.

A Tabela VI apresenta os resultados obtidos nas simulações para cada um dos cenários.

TABELA VI. AERONAVES OBTIDAS PELO MÉTODO FITRADEOFF

Cenário	Aeronave
A	H-350
B	H-350
C	AS-565
D	Bell 206
E	AS-565
F	AS-5/332
G	AS-565 ou H-350
H	AS-5/332

Quanto ao conjunto de aeronaves obtidas, três pontos podem ser destacados. Primeiramente, verifica-se que apenas quatro das oito alternativas consideradas foram obtidas como soluções não-dominadas (Bell 206, AS-5/332, H-350 e AS-565). Destacam-se as aeronaves H-350 e AS-565, as quais foram obtidas 3 vezes como solução não-dominada cada, a primeira dominando os cenários com 5 passageiros e a segunda dominando aqueles com 10 passageiros.

Em segundo lugar, pode-se verificar que o cenário G apresentou duas soluções não-dominadas (AS-565 e H-350). Este resultado foi obtido após 20 iterações no *software* utilizado. Ressalta-se que, na prática, apenas a aeronave AS-565 pode ser escolhida para a missão, dado que o cenário em questão exige 10 passageiros. A aeronave H-350, apesar de não ter capacidade de transportar dez passageiros, foi obtida matematicamente por meio do *FITradeoff* dadas as preferências apresentadas. Este resultado mostra que o método utilizado não é capaz de impor limites mínimos e máximos aos resultados (neste caso, tratando-se da capacidade das aeronaves), mesmo que esta condição seja muito comum em processos decisórios complexos.

Entretanto, reforça-se que esta limitação pode ser contornada, em alguns casos, pela apresentação de preferências coerentes com estes limites ao longo das iterações características do método, fato ocorrido nos cenários E, F, G e H, em que as aeronaves obtidas como solução obedecem às restrições de capacidade de pessoal (à exceção do H-350 no cenário G).

Por fim, vale destacar a aplicabilidade do *FITradeoff* em problemas multicritério. Em nenhum dos 8 cenários analisados, a aeronave selecionada possui o melhor valor para o critério alocado no topo da hierarquia de critérios. A aeronave Bell-206, por exemplo, apesar de possuir o menor custo por hora de voo e três cenários considerarem este critério no topo da hierarquia de critérios, em nenhum dos três o Bell-206 figura como solução não-dominada, ficando apenas o cenário D com esta aeronave como solução. Além disso, este cenário aloca o critério mencionado na quarta posição na lista de preferências (Bell-206 possui o melhor valor de critério dentre as alternativas) e coloca o alcance na

quarta posição (Bell-206 possui o 3º maior alcance), indicando que o método é capaz de balancear as preferências do decisor e não escolher uma solução que possui um único critério que se destaque dos demais.

#### IV. CONCLUSÕES

Quanto às aeronaves obtidas como soluções não dominadas, destaca-se que quatro das oito alternativas foram selecionadas (Bell 206, AS-5/332, H-350 e AS-565). Este resultado indica a capacidade de *FITradeoff* de diferenciar alternativas comparativamente superiores quanto à hierarquia de critérios, principalmente quando é analisado um conjunto de cinco critérios frente a oito alternativas.

Quanto à adequação do método à necessidade de valores limites para algum critério, verifica-se que o *FITradeoff* não é capaz de computar este tipo de condição, porém permite que o decisor guie sua decisão para limites desejados por meio das preferências apresentadas ao longo das iterações, fato ocorrido nos cenários E, F, G e H.

Por fim, destaca-se a aplicabilidade do *FITradeoff* em obter soluções não dominadas com critérios balanceados, uma vez que em nenhum dos oito cenários, a aeronave selecionada possuía o melhor valor para o critério que se encontrava no topo da hierarquia de critérios, indicando que não será obtida uma alternativa que possua apenas um critério de valor destacado.

A fim de dar continuidade ao estudo proposto, sugerem-se os seguintes trabalhos futuros:

- Alocação de aeronaves para as demais possibilidades de atuação previstas na DCA 11-45 e Ações de Força Aérea associadas às mesmas;
- Avaliação dos critérios a serem considerados para cada tipo de aeronave e para cada tipo de cenário associado;
- Definição dos elementos a serem considerados nos cenários para cada uma das Ações de Força Aérea a serem considerados;
- Aplicação de outros métodos multicritério para o problema de alocação de aeronaves e posterior comparação com os resultados obtidos neste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Estratégia Nacional de Defesa. Ministério da Defesa, 2012.
- [2] DCA 11-45: Concepção Estratégica. Força Aérea Brasileira, 2016
- [3] DCA 1-1: Doutrina Básica da FAB. Força Aérea Brasileira, 2012.
- [4] De Almeida, A. T., Almeida, J. A. e Frej, E. A., 2016, “Heurísticas Aplicada ao Método FITradeoff para Reduzir Número de Perguntas do Procedimento de Elicitação de Pesos” Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- [5] Spliet, R., Tervonen, T. (2014). Preference inference with general additive value models and holistic pair-wise statements. *European Journal of Operational Research*, 232, 607-612.
- [6] Keeney, R. L., Raiffa, H. (1976). *Decision making with multiple objectives, preferences, and value tradeoffs*. Wiley. New York.
- [7] Weber, M; Borcherding, K. (1993). Behavioral influences on weight judgments in multi-attribute decision making. *European Journal of Operational Research*, 67, 1–12.
- [8] De Almeida, A. T., Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S. and Almeida-Filho, A. T., 2016, “A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff.” *European Journal of Operational Research*, 250, 179–191.
- [9] Keeney, R. L., 1996, “Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives” *European Journal of Operational Research*, 92, 537-549.
- [10] Rebouças, S., 2016, “Otimização de Rotas de Helicópteros de Resgate em Desastres Naturais” 77f. Dissertação de Mestrado em Produção. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- [11] FITradeoff. Disponível em : <<http://fitradeoff.org/>>. Acesso em: 20 de abril de 2017.
- [12] Montibeller, G. and Ram, C., 2013, “Exploring the impact of evaluating strategic options in a scenario-based multi- criteria framework”. *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 657-672.
- [13] Franco, L. A. and Montibeller G. “Problem Structuring for Multicriteria Decision Analysis Interventions”. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, 2010.
- [14] Weber, M; Borcherding, K. (1993). Behavioral influences on weight judgments in multi-attribute decision making. *European Journal of Operational Research*, 67, 1–12.