



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2023

**LARISSA DE CASTRO BARROS, Cap Eng**

**Aplicação da Metodologia de LORA para a tomada de decisão de terceirização  
de componentes aeronáuticos**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2023

**LARISSA DE CASTRO BARROS, Cap Eng**

**Aplicação da Metodologia de LORA para a tomada de decisão de terceirização  
de componentes aeronáuticos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Área de Concentração. Emprego da Força Aérea

Orientador: Daniel Rodrigues Figueiredo, Maj Av

Rio de Janeiro

2023

**LARISSA DE CASTRO BARROS, Cap Eng**

**Aplicação da Metodologia de LORA para a tomada de decisão de terceirização  
de componentes aeronáuticos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais.

Aprovado por:

---

Carlos **Eduardo** José Da Silva, T Cel Esp Av  
EAOAR

---

Daniel Rodrigues **Figueiredo**, Maj Av  
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

## RESUMO

A manutenção de componentes é um assunto extremamente importante para a Força Aérea Brasileira. Apesar disso, a tomada de decisão para a terceirização de itens não é clara, embasada e verificável. Nesse sentido, esse ensaio defende que é essencial a aplicação de uma metodologia de análise de nível de reparo (*Level of Repair Analysis* - LORA) para melhorar a tomada de decisão para terceirização de componentes. Essa ferramenta permite eliminar vieses na tomada de decisão, pois ao otimizar simultaneamente todos os componentes da aeronave, elimina a subjetividade. Além disso, como a análise de LORA segue as etapas de uma abordagem de Análise de Decisão Multicritério (MCDA), ela documenta o problema, rastreia o processo e possibilita a revisão da decisão, deixando o processo transparente e rastreável. Portanto, ela é ideal para a aplicação em decisões de solução de suporte de sistemas complexos operados pela FAB, não apenas aeronaves, mas também materiais bélicos, simuladores e equipamentos de apoio, pois estes sistemas também possuem componentes internos que demandam manutenção, sendo removidos do item e enviados para a oficina (interna ou externa).

**Palavras-chave:** *Level of Repair Analysis*. Tomada de Decisão. *Multi-criteria decision analysis*. Força Aérea Brasileira (FAB).

## 1 INTRODUÇÃO

Todo produto fabricado um dia irá falhar. No caso de bens de alto valor agregado, como equipamentos militares e aeronáuticos, normalmente, o reparo tem um melhor custo-benefício do que a aquisição de um item novo (BASTEN; SCHUTTEN; VAN DER HEIJDEN, 2009).

Nesse sentido, a Força Aérea Brasileira (FAB) busca otimizar seus recursos, planejando a aquisição de material e a capacitação dos mantenedores para realizar manutenções preventivas e corretivas nos componentes de suas aeronaves. Além disso, ela também qualifica as empresas que apoiam as manutenções desses itens, mostrando a importância que a manutenção possui em suas atividades diárias.

Entretanto, a decisão do nível de reparo dos componentes não é clara, embasada e verificável, o que torna o processo de decisão, de onde (interna ou externamente) cada manutenção deverá ser realizada, confuso. Observa-se que isso ocorre porque se considera apenas as alternativas de terceirização ou de internalização de alguma manutenção, sem considerar a otimização entre recursos e disponibilidade das aeronaves, principais objetivos das organizações que atuam na área logística do Comando da Aeronáutica (COMAER).

Nesse sentido, esse ensaio defende que é essencial a aplicação de uma metodologia de análise de nível de reparo (*Level of Repair Analysis* - LORA) para melhorar a tomada de decisão para terceirização de componentes.

Essa ferramenta permite eliminar vieses na tomada de decisão, pois, ao invés de, por exemplo, ser dada prioridade ao canopy em detrimento de uma válvula, todos os componentes aeronáuticos são considerados conjuntamente na busca de uma solução que otimize os objetivos e critérios de avaliação. Essa característica é importante, pois remove a subjetividade do decisor ao apresentar uma solução neutra, baseada apenas em dados, permitindo o embasamento da solução.

Além disso, a análise de LORA segue as etapas de uma abordagem de Análise de Decisão Multicritério (MCDA), visto que reconhece o problema, especifica e modela os valores, cria alternativas, otimizando simultaneamente todos os componentes, e, por fim, avalia essas alternativas. Esses passos permitem ordenar da melhor para a pior alternativa de decisão. Por fim, é selecionada a solução com o melhor custo-benefício entre disponibilidade e custo, garantindo, assim, a

possibilidade de a decisão ser verificada a qualquer momento posterior à tomada de decisão por qualquer pessoa, o que demonstra rastreabilidade e transparência.

## 2. A TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

“Em sua dimensão mais básica, um processo de tomada de decisão pode conceber-se como a eleição por parte de um centro decisor (um indivíduo ou um grupo) da melhor alternativa entre as possíveis” (ROMERO, 1996, apud GOMES; GOMES, 2019, p. 51). Essa afirmação é válida, principalmente para problemas simples, mas, para problemas complexos, a “melhor” opção não é clara, pois todas possuem vantagens e desvantagens a serem consideradas.

Nesse sentido, a fim de facilitar o processo decisório, existem diversas metodologias, mas, para o caso de decisão de terceirização de componente, serão abordadas a lexicográfica e a multicritérios.

A metodologia lexicográfica é um processo heurístico que busca identificar o que é satisfatório ao invés do ótimo para a solução, submetendo-se muito à subjetividade do tomador de decisão. Montgomey e Svenson (1976, apud SVENSON, 1979) afirmam que, para encontrar a melhor alternativa, o decisor deve aplicar regras de escolha de prioridades nas alternativas. Essas regras classificam cada uma de acordo com os seus aspectos mais atrativos, em ordem lexicográfica de atributos.

Como cada alternativa apresenta seus aspectos positivos e negativos, a escolha de uma delas é uma perda de oportunidade (*trade-off*) de um aspecto positivo de outra alternativa não escolhida, tornando o processo decisório mais difícil e arriscado. Por isso, observa-se que o uso de modelos heurísticos que escolhem, por meio de processos cognitivos, apenas algumas particularidades da opção considerada, não são os mais adequados para essa tomada de decisão.

Outro modelo utilizado na tomada de decisão é a análise multicritério, que envolve uma grande quantidade de alternativas e suas avaliações, considerando que elas são incomensuráveis e conflitantes (MALCZEWSKI, 2006).

Segundo Vincke (1992, apud BRIOZO; MUNETTI, 2015), a vantagem deste modelo se dá pelas decisões não serem simultaneamente ótimas em todos os pontos das análises, possibilitando uma seleção da melhor opção possível, considerando os *trade-off*.

## 2.1 A LORA e a Remoção da Subjetividade do Decisor

A capacidade dos decisores selecionarem a informação correta é crucial para a performance e, muitas vezes, eles não se sentem confortáveis para aplicar uma regra simples, procurando evidências adicionais, mesmo quando não é necessário (KARELAIA, 2005).

Devido a esse fato, pode-se inferir que a decisão de terceirização de um item não apresenta uma linha de raciocínio clara para que a escolha de uma alternativa, pois muitas vezes está contaminada por vieses pessoais do decisor, visto que apenas um objetivo é levado em consideração na decisão. De maneira arbitrária, é considerada apenas a disponibilidade do item em estoque, e não o custo de mantê-lo numa empresa externa. Outras vezes, apenas o custo é considerado, enviando o item para revisão em outro país ou outro continente, o que faz com que seu retorno para o estoque demore meses ou até anos. A fim de otimizar esses objetivos, o estudo de LORA torna-se importante para a tomada de decisão de uma terceirização.

Segundo a norma S3000L, *Level of Repair Analysis* é um método de análise para auxiliar na definição da solução de manutenção baseada na filosofia de suporte acordada entre o fabricante e o cliente (ASD, 2014).

O objetivo de uma análise de LORA é estabelecer o menor custo possível de nível de reparo ou de alternativa de descarte de um componente aeronáutico, baseando-se em considerações econômicas e não-econômicas (Ibidem, p. 2).

Como exemplo de utilização da metodologia, é possível citar o desenvolvimento do suporte logístico da aeronave Gripen, onde foi aplicado um modelo de LORA que otimizava todos os componentes simultaneamente, através de uma funcionalidade no *software* OPUS 10, verificando qual combinação de nível de manutenção (oficina interna ou externa) traria a maior disponibilidade com o menor custo (SAAB, 2020).

Nesse contexto, a fim de esclarecer um dos objetivos, é importante definir o termo disponibilidade: probabilidade de um sistema ou equipamento, quando operado em condições estáveis e com o correto suporte, operar satisfatoriamente em qualquer momento (BLANCHARD, 2015). Pela definição de disponibilidade, é possível acreditar que o ideal seria que todas as aeronaves estivessem sempre disponíveis, ou seja, 100% de disponibilidade, mas, devido às inspeções das

aeronaves, às falhas de componentes e às especificidades de cada projeto, esse valor nunca chega ao máximo. Portanto, considerando experiências com aeronaves similares, para o projeto F-39, foi utilizada uma disponibilidade de 80% (SAAB, 2020).

Após a definição da disponibilidade do projeto, foram levantados valores estimados dos custos de: reparo (oficina interna e externa), de revisão (oficina interna e externa), de aquisição de item novo e de aquisição de bancadas. Também foram estimados os tempos para cada atividade de manutenção e a taxa de recolhimento dos itens. A partir dessas informações, foi possível otimizar o custo e a disponibilidade, principais objetivos da decisão, a fim de encontrar a melhor solução de suporte para o projeto F-39.

Observa-se que essa metodologia permite racionalizar o problema, ficando a subjetividade do tomador de decisão, apenas, na seleção da alternativa e na crítica individual de cada item, onde é levada em consideração a experiência do analista.

Apesar disso, pode-se inferir que a LORA elimina os vieses do tomador de decisão na solução apresentada e embasa a alternativa selecionada, pois retira a subjetividade do processo, na medida em que ela considera todas as possíveis combinações de solução de suporte (terceirizar ou internalizar) para cada item sem priorizar um item em relação a outro.

Todavia, essa racionalização, por si só, não é suficiente para tornar o processo claro e transparente. Como os objetivos e os critérios podem sofrer alterações ao longo do tempo, apenas a decisão, sem a justificativa e os insumos utilizados para sua tomada, não são suficientes, impossibilitando a sua reavaliação. Por isso, é fundamental a criação de um procedimento que documente o raciocínio empregado. Nessa perspectiva, seguir as etapas de um método de tomada de decisão multicritério auxiliam a criação de um modelo para documentar esse conhecimento.

## **2.2 Transparência da Tomada de Decisão**

Segundo a norma MIL-STD-1390D, o resultado do estudo de LORA influencia o custo de suporte, o custo do ciclo de vida e a prontidão operacional do sistema. Além disso, esse estudo possibilita a análise de itens críticos e a identificação de itens significativos para a manutenção (DOD, 1998).

Essa norma americana também preconiza que, na fase operacional da aeronave, é possível utilizar essa metodologia de forma reativa, avaliando as mudanças nos fatores de suportabilidade, revisando e propondo mudanças no conceito de manutenção (Ibidem, p. 4). Isso significa que a metodologia de LORA pode ser usada durante a vida útil do projeto, a fim de auxiliar a decisão de terceirização de algum item. Dessa forma, documentar o processo de decisão é essencial para poder revisá-lo.

Num modelo multicritério de tomada de decisão, a resolução do problema é construída da seguinte forma: definição do problema, identificação das restrições, apresentação dos critérios, avaliação das alternativas e seleção das alternativas (BRIOZO; MUSETTI, 2015).

Essas etapas são observadas no modelo de LORA, na medida em que é definida a cadeia de suprimento e o problema (internalizar ou terceirizar), é modelada a operação da aeronave, são especificados os critérios de custo: taxa de falha, manutenções programadas e tempo de reparo, é otimizada simultaneamente todos os componentes e é escolhida a solução com o melhor custo-benefício entre disponibilidade e custo. Assim, com estes passos, é possível documentar o problema e a solução, deixando possível a rastreabilidade do processo.

Malyemez e Baykoç (2022) afirmaram que modelos abrangentes de decisão multiobjetivos já foram desenvolvidos para otimização e para simulação de solução de suporte para operação de aeronaves militares. Também afirmaram que esses modelos buscam minimizar o custo e maximizar as horas totais de voo, o que demonstra que o modelo de LORA é amplamente utilizado para a tomada de decisão de solução de suporte de aeronaves militares.

Isto ocorre, pois a metodologia permite registrar a decisão de uma forma ordenada, possibilitando sua verificação e revisão a qualquer momento posterior à tomada de decisão por qualquer pessoa. Desta forma, a LORA acrescenta rastreabilidade e transparência ao processo.

Ao remover a subjetividade do tomador de decisão e ao permitir a documentação do problema e dos critérios utilizados para sua resolução, é oferecida, ao tomador de decisão, a melhor alternativa entre todas as combinações possíveis, fazendo com que a decisão seja tomada de forma clara, embasada, rastreável e verificável.

Assim, é possível extrapolar essa metodologia e aplicá-la para as demais aeronaves em operação na FAB, adaptando o modelo com os dados de recolhimento, de custo e de tempo de retorno dos itens dessas aeronaves. Como afirmado pela MIL-STD-1390D, pode-se ainda realizar um estudo de LORA em aeronaves em operação para revisar o conceito de manutenção adotado, ou seja, verificar qual componente deve ser terceirizado ou internalizado.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A decisão de solução de suporte, onde é considerada a terceirização da manutenção dos componentes de uma aeronave, não é clara na FAB. Isso ocorre devido à falta de otimização dos objetivos da decisão: custo e disponibilidade.

A metodologia de LORA é a ferramenta de tomada de decisão que melhor se adapta às necessidades da FAB para decidir o nível de manutenção dos componentes de uma aeronave.

Essa metodologia é englobada no modelo de tomada de decisão multicritério, visto que otimiza os componentes simultaneamente, tendo como resultado várias alternativas com as combinações individuais dos itens de solução de suporte. Essa característica retira a subjetividade da tomada de decisão, presente nos modelos heurísticos mais simplistas, trazendo maior clareza e maior segurança para o tomador de decisão.

Além disso, ao se estruturar seguindo as etapas de definição do problema, de identificação das restrições, de apresentação dos critérios, de avaliação das alternativas e de seleção das alternativas, ela proporciona rastreabilidade e transparência ao processo.

Por fim, após a análise dessa metodologia, em comparação com o referencial teórico, é possível observar que ela pode ser aplicada em todos os sistemas complexos da FAB e não apenas em aeronaves. Sistemas de materiais bélicos, simuladores, equipamentos de apoio, entre outros, poderiam se beneficiar da aplicação da mesma metodologia, visto que esses sistemas possuem diversos componentes internos, caros, que demandam manutenção específica. A LORA pode auxiliar na decisão de internalizar, terceirizar ou descartar esses componentes, reduzindo custos e deixando-os mais operacionais.

## REFERÊNCIAS

AEROSPACE AND DEFENCE INDUSTRIES ASSOCIATION OF EUROPE (ASD). **International procedure specification for Logistics Support Analysis LSA: S3000L**. Europa, 2014.

BASTEN, R. J. I.; SCHUTTEN, J. M. J.; VAN DER HEIJDEN, M.C. An efficient model formulation for level of repair analysis. **Annals of Operations Research**, Países Baixos, v. 172, p. 119-142, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0516-5>. Acesso em: 16 jul. 2023.

BLANCHARD, B. J. **Logistics Engineering and Management**. 6 ed. Índia: Pearson India Education Services Pvt. Ltd., 2015.

BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, p. 805-819, 2015.

DEPARTMENT OF DEFENCE (DOD). **Level of Repair Analysis: MIL-STD-1390D**. Estados Unidos, 1993.

GOMES, L. F. A.; GOMES C. F. S. **Princípios e métodos para tomada de decisão: enfoque multicritério**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

KARELAIA, N. Thirst for confirmation in multi-attribute choice: Does search for consistency impair decision performance?. **Organization Behavior and Human Decision Process**, Suíça, v. 100, p. 128-143, 2005.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science n. 7**, Canada, v. 20, p. 703-726, 2006.

MALYEMEZ, C.; BAYKOÇ, Ö. F. Multi-objective optimization of spare parts allocation and level of repair analysis in performance-based logistics. **Aeronautical Journal**, Cambridge, v. 126, p. 1210-1221, 2022.

SAAB. **GLO-05-026-03-R1 Level of Repair Analysis, Aircraft - LORA 3 Brazil**.

Linköping, 2020. Disponível em:

[https://secure.collaboration.saabgroup.com/sites/SAAB\\_COPAC\\_Portal/Documents%20from%20COPAC/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fsites%2FSAAB%5FCOPAC%5FPortal%2FDocuments%20from%20COPAC%2F4%2E0%20%2D%20PCM%20from%20SAAB&FolderCTID=0x012000675F8BE28967D8408A227DC9FD84ECF3&View=%7B2DFD11CC%2D2A8D%2D4BF2%2DB515%2D2F8FA23B5D07%7D](https://secure.collaboration.saabgroup.com/sites/SAAB_COPAC_Portal/Documents%20from%20COPAC/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fsites%2FSAAB%5FCOPAC%5FPortal%2FDocuments%20from%20COPAC%2F4%2E0%20%2D%20PCM%20from%20SAAB&FolderCTID=0x012000675F8BE28967D8408A227DC9FD84ECF3&View=%7B2DFD11CC%2D2A8D%2D4BF2%2DB515%2D2F8FA23B5D07%7D). Acesso em: 17 jul. 2023.

SVENSON, O. Process Description of Decision Making. **Organizational Behavior and Human Performance**, Estocolmo, v. 23, p. 86-112, 1979.