



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

FLÁVIO DA SILVA **FAVRE**, Cap Eng

**POOL DE PEÇAS PARA AERONAVES KC-390:** condições de contorno

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

FLÁVIO DA SILVA **FAVRE**, Cap Eng

**POOL DE PEÇAS PARA AERONAVES KC-390:** condições de contorno

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.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação

Orientador: Alexandra Vidal Pedinotti Zuma,  
Cap Farm

Rio de Janeiro

2022

FLÁVIO DA SILVA **FAVRE**, Cap Eng

**POOL DE PEÇAS PARA AERONAVES KC-390: condições de contorno**

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

Aprovado por:

---

**Israel** Cordeiro dos Santos Rocha, Maj Eng  
EAOR

---

**Alexandra** Vidal Pedinotti Zuma, Cap Farm  
EAOR

Rio de Janeiro

2022

## RESUMO

Ao mesmo tempo que as aeronaves KC-390 representam um grande salto tecnológico para o Comando da Aeronáutica (COMAER) e a indústria aeronáutica brasileira, elas geram a necessidade de desenvolvimento de um suporte logístico custo-efetivo para que haja vantagens competitivas de comercialização mais ampla do Programa KC-390. Além disso, a operação deve ser sustentável, assim como a manutenção da frota de aeronaves da Força Aérea Brasileira (FAB). Uma solução amplamente empregada na indústria para aumentar a eficiência do suporte logístico e reduzir custos de estoque é a implantação de sistema de *pool* de peças de reposição. Nesse sentido, este ensaio defende que a definição de condições de contorno para a implantação de um sistema de *pool* de peças de reposição aumenta o sucesso comercial do Programa KC-390. Para sustentar tal tese, tem-se como primeiro argumento que as condições de contorno constituem critérios técnicos para seleção de frotas elegíveis para participar do *pool* de peças de reposição. Adicionalmente, tem-se como segundo argumento que as condições de contorno permitem estabelecer um mecanismo de compartilhamento de custos e gerenciamento de riscos atrativo para todos os usuários do *pool*. Como evidência prática desse ensaio, atrelada ao ganho de experiência e profissionalização da estrutura de suporte logístico integrado, um escritório de negócios do COMAER poderá ser estabelecido para replicação da metodologia de soluções de *pool* para fornecimento de peças de reposição e serviços para os Programas da FAB.

**Palavras-chave:** KC-390. *Spare Parts Pooling*. Peças de Reposição. Suporte Logístico.

## 1 INTRODUÇÃO

O KC-390 é uma aeronave em fase final de desenvolvimento pela EMBRAER S.A. em atendimento a Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTLTI) estabelecidos pelo Comando da Aeronáutica (COMAER), tendo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Instituto de Coordenação e Fomento Industrial (IFI) como Órgãos Certificadores.

Sua concepção visa a atender um nicho de mercado de aeronaves multimissão com capacidade de transportar em torno de vinte toneladas de carga. Comercialmente, o KC-390 se apresenta como uma solução versátil operacionalmente, com os recursos tecnológicos mais avançados do mercado e com custo de ciclo de vida altamente competitivo, o que remete inevitavelmente à otimização de custos da fase de Suporte à Operação e Manutenção, a qual representa usualmente em torno de 70% de todo o custo do ciclo de vida, conforme indicado por Jones *et al.* (2014).

Uma iniciativa utilizada na indústria para aumentar a eficiência da estrutura de suporte logístico e reduzir custos, especialmente na aviação civil e militar, é a obtenção de ganho em escala de estoque por meio de um sistema de *pool* de peças de reposição, conforme detalhado por Cohen, Agrawal e Agrawal (2006) e Flint (2006), em um suporte logístico compartilhado por diversos operadores, representados neste ensaio pelas unidades aéreas das Forças Armadas dos países que adquirirem aeronaves KC-390.

A implantação do sistema de *pool* de peças de reposição representa uma oportunidade de se estabelecer vantagens competitivas para o Programa KC-390, em especial em relação ao Programa C-130 da *Lockheed Martin*, principal concorrente direto, que conta com uma estrutura de suporte logístico compartilhada por meio do *Foreign Military Sales* (FMS), vinculado ao Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.

O grande óbice que hoje o KC-390 apresenta, apesar de possuir uma plataforma mais moderna e com melhor performance para cumprimento de missões de diferentes perfis, é a inexistência de soluções de compartilhamento de custos não recorrentes e ganhos de escala para o desenvolvimento contínuo e gerenciamento da cadeia de suprimento. Isso pode ser resolvido com a formação de um *pool* compatível com a estrutura e modelo de gestão pautados à luz de condições de contorno dos ambientes

operacional, político-estratégico, industrial e mercadológico dos países participantes do Programa KC-390. Conceitualmente, essas condições de contorno são, segundo Dubin (1978), o território sobre o qual podemos fazer declarações verdadeiras sobre o modelo e, portanto, sobre os valores das unidades que compõem o modelo. Adicionalmente, Busse, Kach e Wagner (2017) adaptaram essa noção de condições de contorno como sendo todos aqueles contextos para os quais a precisão das previsões teóricas é alta.

Diante do exposto, este ensaio defende que a definição de condições de contorno para a implantação de um sistema de *pool* de peças de reposição aumenta o sucesso comercial do Programa KC-390.

Para sustentar tal tese, tem-se como primeiro argumento que as condições de contorno constituem critérios técnicos para seleção de frotas elegíveis para participar do *pool* de peças de reposição.

Adicionalmente, tem-se como segundo argumento que as condições de contorno permitem estabelecer um mecanismo de compartilhamento de custos e gerenciamento de riscos atrativo para todos os usuários do *pool*.

## **2 DELIMITAÇÃO DE MODELO E DEFINIÇÃO DE CONDIÇÕES DE CONTORNO**

De maneira sucinta, um sistema de *pool* pode ser definido como um compartilhamento de ativos, sob a forma de bens ou serviços, de propriedade e gerenciamento de uma pessoa jurídica que pode ser, por exemplo, o fabricante do sistema principal, uma empresa privada terceira ou até mesmo uma entidade governamental. Tal compartilhamento é regido por um dispositivo contratual, que deve ser de fácil compreensão e aplicação, o qual regula o envolvimento de cada participante, definindo as obrigações e direitos de cada parte para ter acesso aos benefícios oferecidos pelo *pool*.

Para um sistema de *pool* ser sustentável, deve ser desenvolvido um mecanismo de alocação de custo de modo a estimular o crescimento do *pool*, proporcionando maiores ganhos de escala direto ou indireto para todos os *stakeholders* (operadores, fabricante da aeronave, fabricantes de componentes, mantenedores da aeronave,

mantenedores de componentes), melhorando a suportabilidade do sistema principal a ser atendido.

Devido ao grande impacto econômico decorrente do custo de peças de reposição, há uma vasta literatura que aborda gerenciamento de estoque por meio de um sistema de *pool* de peças de reposição, sendo dividida em duas correntes literárias principais: a teoria clássica de gerenciamento de estoque de peças de reposição e uma corrente mais recente pautada em teoria de jogos aplicada ao contexto de gerenciamento de inventário ou sistemas de filas. Ambas as correntes literárias possuem aplicabilidade, ou até mesmo se complementam, conforme contexto em que se insere o sistema em estudo.

Considerando o contexto do Programa KC-390 para versões militares, cujos operadores são Forças Armadas de diferentes países, pode-se identificar uma forte relação com modelos cooperativos de teoria de jogos definidos por uma generalização dos teoremas apresentados e demonstrados por Karsten, Slikker e Van Houtum (2012). Então, de acordo com o referido modelo, é necessário inferir as propriedades fundamentais que o mecanismo de alocação de custo de um sistema de *pool* deve satisfazer para tornar-se interessante para os operadores com base na adequação da função de custo característica descrita por Karsten e Basten (2014), de acordo com o contexto dos ambientes operacional, político-estratégico, industrial e mercadológico em que se inserem, os quais definem os comportamentos e preferências de cada operador.

De maneira objetiva, tais propriedades fundamentais devem ser caracterizadas em condições de contorno, abarcadas por duas frentes de análises que definem: os critérios técnicos para participação do sistema de *pool*; e a gestão de custos e riscos de negócio.

## **2.1 Certificação e processos de manutenção: condições de contorno para seleção de frotas**

A definição dos critérios técnicos das frotas elegíveis para participação do sistema de *pool* está intimamente relacionada à aplicabilidade de um item às diferentes aeronaves das frotas suportadas sem prejuízo quanto à confiabilidade e rastreabilidade de cada componente. Assim, evita-se impactos inesperados na funcionalidade do material, com

efeito subsequente em segurança de voo, operação ou economicidade, em decorrência do emprego de um item provido pelo *pool* nas diferentes aeronaves e operadores.

Para melhor compreensão desse aspecto, tem-se que Blanchard (2004) apresenta o conceito de confiabilidade como a probabilidade de que um item, componente ou sistema desempenhe uma função especificada, sem falhas, por um determinado período sob condições de operação pré-determinadas. Sendo assim, pode-se citar como exemplo que, ao aplicar um mesmo componente em aeronaves que possuem configurações com diferentes interfaces ou que operam com perfis de voo muito distintos, é possível haver impactos significativos no nível de confiabilidade do componente, incorrendo em riscos de aumento da sua taxa de falha.

Sendo assim, o desenvolvimento do projeto da aeronave KC-390 da FAB pela EMBRAER considera parâmetros de confiabilidade de cada item, componente ou sistema para atingir os níveis de segurança, performance e economicidade oriundos das análises de *Risk Assessment* e manutenibilidade, em atendimento às especificações técnicas do COMAER consolidadas nos requisitos de Certificação de Tipo da Aeronave.

Desse modo, o primeiro critério técnico para uma frota ser elegível ao sistema de *pool* de peças de reposição pode ser definido como a necessidade de comunalidade da base de Certificação de Tipo das aeronaves de todos os operadores, garantindo a correspondência na integração e operação dos subsistemas e componentes atendidos pelo *pool*, conforme caracterizado por Blinn *et al.* (2009).

Complementarmente, um segundo critério técnico para uma frota ser elegível ao *pool* é oriundo das definições de boas práticas na aviação recomendadas pela *Air Transport Association of America* (ATA), em especial no que tange às especificações de dados para atender requisitos de manutenção e controle de configuração de aeronaves e componentes, de acordo com a *ATA Specification 2200*. Os preceitos da *ATA Specification 2200* permitem a rastreabilidade e fluxo de informações em processos de controle técnico da manutenção, conforme exigências de Órgãos Certificadores para emissão e renovação do Certificado de Aeronavegabilidade de cada aeronave.

Então, de maneira consistente com diretrizes de Autoridades Aeronáuticas e regulações da ANAC e do IFI, tem-se como parte das condições de contorno para implantação de um sistema de *pool* de peças para aeronaves KC-390 a necessidade de

comunalidade de base de Certificação de Tipo e Certificados de Aeronavegabilidade válidos para todas as aeronaves dos diferentes operadores participantes do *pool*, promovendo a robustez dos processos de manutenção que garanta o efetivo restabelecimento da condição de utilização de cada item recolhido para reparo que, posteriormente, retorna ao estoque do *pool*.

## **2.2 Tecnologia e capacidade de investimento: condições de contorno para gestões de custos e riscos**

Diante do avanço tecnológico dos sistemas militares, associado a uma mudança filosófica de desenvolvimento de plataformas multimissão, como é o caso da aeronave KC-390 da FAB, em vez de especializadas em cumprir uma missão específica, cada vez as aeronaves possuem configurações mais complexas e com maior quantidade de equipamentos eletrônicos. Por conseguinte, o Programa KC-390 demanda meios efetivos para gestões de custos e riscos da estrutura de suporte logístico integrado.

Considerando esse cenário no contexto de implantação do sistema de *pool* de peças de reposição, pode-se identificar que dois aspectos sensíveis apresentados por Lorell e Pita (2016) são agravados, demandando grande atenção no gerenciamento do *pool*: o controle e gerenciamento de configuração de cada operador; e a capacidade de cada operador incorporar melhorias de configurações, em geral por restrições orçamentárias ou não priorização na aplicação de recurso. Outrossim, tem-se como um terceiro aspecto relevante, intimamente relacionado aos dois anteriores, a necessidade de gerenciamento dos diversos fatores de riscos que podem levar a descontinuidades na cadeia de suprimento, conforme apresentado detalhadamente por Chopra (2004).

Ainda conforme Lorell e Pita (2016), pode-se adotar como lições aprendidas dos diversos programas de *pool* de peças de reposição de sistemas militares do governo norte-americano que, de maneira geral, sistemas de *pool* bem-sucedidos têm como característica comum a participação de um membro ou representação de membros dominante, a qual estabelece as condições de contorno representadas por regras de negócio inerentes ao engajamento e permanência no *pool*; aos critérios de prioridade para a alocação dos recursos; e aos controles de configuração a serem seguidos.

O estabelecimento das referidas condições de contorno para implantação do *pool* de peças de reposição promove a mitigação de riscos orçamentários na gestão do *pool* e maior homogeneidade nas configurações das aeronaves apoiadas. Conseqüentemente, pode-se promover altos níveis de prontidão e disponibilidade operacional, além de menor custo para o desenvolvimento contínuo do projeto, gestão de obsolescência, monitoramento de descontinuidades da cadeia de suprimento e outras soluções de engenharia, melhorando a suportabilidade do Programa KC-390.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do KC-390 pela EMBRAER S.A. em atendimento a RTLI estabelecidos pelo COMAER desafia a indústria brasileira a atingir um novo patamar, estabelecendo uma solução tecnológica que satisfaça a necessidade operacional da FAB. Ademais, é de grande relevância que sejam envidados esforços para obter vantagens competitivas em relação aos programas concorrentes.

Nesse sentido, este ensaio defendeu que a definição de condições de contorno para a implantação de um sistema de *pool* de peças de reposição aumenta o sucesso comercial do Programa KC-390, uma vez que o custo inerente à fase do ciclo de vida de Suporte à Operação e Manutenção representa aproximadamente 70% do custo total de um Programa, conforme sugerido por Jones *et al.* (2014).

Tal tese foi fundamentada por meio de dois argumentos que consolidaram as condições de contorno balizadoras para um sistema de *pool* de peças de reposição para o Programa KC-390. O primeiro destaca os critérios técnicos de seleção de frotas para que seja viável o uso compartilhado de itens, componentes e sistemas de um mesmo estoque central por diversos operadores. O segundo indica a necessidade de regras de negócio para definir políticas de engajamento, permanência e usufruto dos benefícios do *pool*, de modo a gerenciar riscos e custos da estrutura de suporte logístico integrado.

Por fim, como evidência prática desse ensaio, atrelada ao ganho de experiência e profissionalização da estrutura de suporte logístico integrado, um escritório de negócios do COMAER poderá ser estabelecido para replicação da metodologia de soluções de *pool* para fornecimento de peças de reposição e serviços para os Programas da FAB.

## REFERÊNCIAS

AEROSPACE AND DEFENSE INDUSTRIES ASSOCIATION OF EUROPE – ASD. **International Procedure Specification for Logistics support Analysis**, S3000L, 2010.

AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA, **Information Standards for Aviation Maintenance**. ATA Specification 2200 – iSpec 2200, 2004.

ALMEIDA, A. T.; GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M. **Tomada de Decisão Gerencial - Enfoque Multicritério**. Editora Atlas SA, 2012.

ARNOLD J. R. T.; CHAPMAN S. N.; CLIVE L. M., **Introduction to Materials Management**, 7th Ed., Prentice Hall, 2012.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE AVIAÇÃO CIVIL, **Certificação de Produto e Artigo Aeronáuticos**, Regulamento Brasileiro Da Aviação Civil – RBAC nº 21, Emenda nº 05, Emitida em 07 de agosto de 2019.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE AVIAÇÃO CIVIL, **Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Transporte**, Regulamento Brasileiro Da Aviação Civil – RBAC nº 25, Emenda nº 136, Emitida em 07 de fevereiro de 2014.

BARROS L. L., **The optimization of repair decisions using life-cycle cost parameters**. IMA Journal of Mathematics Applied in Business & Industry, 1998.

BEKMAN, O. R; COSTA NETO, P. L. O. **Análise estatística da decisão**. Edgard Blucher, 1980.

BLANCHARD, B.S. **Logistics Engineering and Management**. 6th Ed., Pearson Prentice Hall, 2004.

BLINN, C.; BROADUS, W.; MALLICOAT, D.; MCGHEE, M.; PASCH, J.; RANDOLPH, J.; SIMPSON, T.; WALLACE, J. **Navy Tailors Best Commercial Practices for Military Use – The C-40A Clipper Aircraft**. Defense AT&L: March-April, 2009.

BUREAU OF INDUSTRY AND SECURITY, **Export Administration Regulations**, 15 Code of Federal Regulations, August 19, 2019.

BUSSE, C.; KACH, A. P.; WAGNER, S. M. **Boundary Conditions: What They Are, How to Explore Them, Why We Need Them, and When to Consider Them**. Organizational Research Methods 20(4): 574-609. 2017.

CHOPRA, S.; SODHI, M.S. **Managing risk to avoid supply-chain breakdown**. MIT Sloan Management Review, 46 (1), 53-61. 2004

COHEN, M. A.; AGRAWAL, N.; AGRAWAL, V. **Winning in the aftermarket**. Harvard Business Review, 84(5), 129–138. 2006.

COMANDO DA AERONÁUTICA, **Garantia da Qualidade e da Segurança de Sistemas e Produtos no COMAER**, Diretriz do Comando da Aeronáutica – DCA 800-2, Publicada na Portaria nº 1164/GC3, de 19 de setembro de 2016.

COMANDO DA AERONÁUTICA, **Regulamento de Aeronavegabilidade Militar – Procedimentos para Certificação de Produto Aeronáutico**, Instrução do Comando da Aeronáutica – ICA 57-21, Publicada na Portaria DCTA nº 214/DNO, de 22 de agosto de 2017.

COMANDO DA AERONÁUTICA, **Anexo VI Logística**. Projeto KC-X Contrato N° 002/CTA-SDDP/2009, 2009.

COMANDO DA AERONÁUTICA, **Anexo IV Logística**. Projeto KC-390 Contrato nº 010/DCTA-COPAC/2014, 2014.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **DODI 5000.02 Change 3**, August 10, 2017.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **PBL Guidebook – A Guide to Developing a Performance-Based Arrangements**, 2016.

DUBIN, R. **Theory building** (Revised edition ed.). New York, NY: The Free Press. 1978.

DROR, M.; HARTMAN, B. C. **Survey of cooperative inventory games and extensions**. Journal of the Operational Research Society, 62(4), 565–580. 2011.

FEENEY, G. J.; SHERBROOKE, C. C. **The (s<sub>1</sub>, s) inventory policy under compound Poisson demand**. Management Science, 12(5), 391–411. 1966.

FIESTRAS-JANEIRO, M. G.; GARCÍA-JURADO, I.; MECA, A.; MOSQUERA, M. A. **Cooperative game theory and inventory management**. European Journal of Operational Research, 210(3), 459–466. 2011.

FLINT, P. **Plenty of Life in the Cycle**, 2006.

**INTERNATIONAL AIRLINE TECHNICAL POOL**. home page. Disponível em: <<https://www.iatp.com>>. Acessado em: 28 de junho de 2022.

JONES, G.; WHITE, E.; RYAN, E. T.; RITSCHER, J. D. **Investigation into the Ratio of Operating and Support Costs to Life-Cycle Costs for DoD Weapon Systems**. Defense Acquisition Research Journal: A Publication of Defense Acquisition University, Vol. 21 No. 1: 442–464, January, 2014.

JONES V. J. **Integrated Logistics Support Handbook**. 3rd Ed., Sole Logistics Press, Mc Graw-Hill, 2006.

KARSTEN, F.; BASTEN, R. J. **Pooling of spare parts between multiple users: How to share the benefits?** *European journal of operational research*, 233(1), 94-104. 2014.

KARSTEN, F.; SLIKKER, M.; VAN HOUTUM, G. J. **Inventory pooling games for expensive, low-demand spare parts**. *Naval Research Logistics*, 59(5), 311–395. 2012.

KUKREJA, A.; SCHMIDT, C. P.; MILLER, D. M. **Stocking decisions for low-usage items in a multilocation inventory system**. *Management Science*, 47(10), 1371–1383. 2001.

LORELL, M. A.; PITA, J. **A review of selected international aircraft spares pooling programs: lessons learned for F-35 spares pooling**. Santa Monica: RAND. 54 pp. 2016.

MUCKSTADT, J. A. **Analysis and algorithms for service parts supply chains**. New York: Springer. 2005.

NORDE, H.; ÖZEN, U.; SLIKKER, M. **Setting the right incentives for global planning and operations**. Working paper. 2011.

O'CONNOR, P. **Practical Reliability Engineering**. 3rd Ed. Revised, British Aerospace PLC, John Wiley and Sons, 1999

SHERBROOKE, C. C. **METRIC: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control**. Santa Monica: RAND. 55pp, 1968.

SHERBROOKE, C. C. **Optimal inventory modeling of systems: multi-echelon techniques**. (second ed.). Dordrecht: Kluwer Academic. 2004.

SPRUMONT, Y. **Population monotonic allocation schemes for cooperative games with transferable utility**. *Games and Economic Behavior*, 2(4), 378–394. 1990.

WONG, H.; CATTRYSSE, D.; VAN OUDHEUSDEN, D. **Stocking decisions for repairable spare parts pooling in a multi-hub system**. *International Journal of Production Economics*, 93, 309–317. 2005.

WONG, H.; VAN HOUTUM, G. J.; CATTRYSSE, D.; VAN OUDHEUSDEN, D. **Multi-item spare parts systems with lateral transshipments and waiting time constraints**. *European Journal of Operational Research*, 171(3), 1071–1093. 2006.

ZHAO, J. **The relative interior of the base polyhedron and the core**. *Economic Theory*, 18(3), 635–648. 2001.