



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

MATHEUS **MINELLI** DE CARVALHO, Cap Eng

**Acelerômetro a fibras ópticas do IEAv:** da concepção à incorporação no setor privado

Rio de Janeiro

2022

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

MATHEUS **MINELLI** DE CARVALHO, Cap Eng

**Acelerômetro a fibras ópticas do IEAv:** da concepção à incorporação no setor privado

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: Eduardo Mendes Marcondes, Maj Av

Rio de Janeiro

2022

MATHEUS **MINELLI** DE CARVALHO, Cap Eng

**Acelerômetro a fibras ópticas do IEAv:** da concepção à incorporação no setor privado

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

Aprovado por:

---

Eduardo Mendes **Marcondes**, Maj Av  
EAOAR

---

**André** da Costa Gonçalves, Prof Dr  
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

## RESUMO

A oferta tecnológica de acelerômetro a fibras ópticas constante no portfólio do Instituto de Estudos Avançados (IEAv) advém de desenvolvimentos experimentais realizados no transcorrer de mais de uma década. Visando essa disponibilização de tecnologia por parte do IEAv, este trabalho apresenta a tese de que a transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas do IEAv para o setor privado deve se iniciar pelo desenvolvimento conjunto de um protótipo de voo. Essa abordagem de transferência proporciona redução de custos para o IEAv, bem como redução de riscos tanto para o IEAv como para o setor privado. A comprovação da redução desses dois fatores pode balizar um novo modelo de negócios para a Força Aérea Brasileira (FAB), viabilizando processos de transferência de tecnologia em que custos e riscos são fatores impeditivos.

**Palavras-chave:** Transferência de Tecnologia. Acelerômetro a Fibras Ópticas. Empresas do Setor Privado. Redução de Custos. Redução de Riscos.

## 1 INTRODUÇÃO

O Instituto de Estudos Avançados (IEAv), organização subordinada ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) e integrante da Força Aérea Brasileira (FAB), desenvolve acelerômetros a fibras ópticas há mais de uma década. Uma das primeiras publicações do IEAv sobre o tema é uma Dissertação de Doutorado publicada em 2011 (CAZO, 2011). Nessa publicação, o autor explica que o acelerômetro a fibras ópticas engloba quatro áreas da engenharia, a saber: mecânica, óptica, eletrônica e computação.

Após testes experimentais tanto em bancada como em voo experimental em lançamento de foguete de sondagem, essa tecnologia dominada pelo IEAv foi consolidada na patente BR 10 2012 016704 2, entrando para o portfólio de ofertas tecnológicas do Instituto, uma vez que apresenta prontidão para ser transferida para o setor privado (IEAV, 2022). O processo pelo qual essa transferência pode ser feita é objeto atual de estudo do IEAv.

O ponto de partida para esse estudo engloba tanto o conhecimento como as lições aprendidas no ensaio realizado em lançamento de foguete de sondagem. Tal ensaio consolidou expertise por parte do Instituto em diversas áreas e demonstrou ser este um momento oportuno para o início de tratativas que visam a transferência da tecnologia. Nesse contexto, este trabalho defende a tese de que a transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas do IEAv para o setor privado deve se iniciar pelo desenvolvimento conjunto de um protótipo de voo.

Para suportar essa tese o primeiro argumento expõe que o desenvolvimento conjunto reduz custos para o IEAv na medida em que recursos humanos do Instituto serão compartilhados com o setor privado. Esse compartilhamento diminui parte da mão de obra especializada a ser contratada pelo setor privado, reduzindo assim o valor final do contrato a ser firmado com o IEAv.

Já o segundo argumento expõe o fato de que o desenvolvimento conjunto diminui os riscos tanto para o IEAv como para o setor privado pelo fato de haver complementação de capacidades gerenciais por parte de ambos, algo que reduz o risco total associado.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Este trabalho apresenta características complementares entre o IEAv e o setor privado e apresenta uma proposta que visa ao início de um processo de transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas. Nesse contexto, são analisadas vantagens em dois campos distintos: redução de custos e redução de riscos.

### 2.1 Redução de Custos

O primeiro argumento para suportar a tese defendida neste trabalho encontra-se na constatação de que o desenvolvimento conjunto reduz custos para o IEAv no início do processo de transferência de tecnologia. Tal redução é atingida por meio de duas vertentes distintas, a saber: redução de custos contratuais devido à disponibilização de recursos humanos do efetivo técnico do IEAv; e aproveitamento de técnicas e práticas de otimização de custos existentes no setor privado.

Tomando como ponto de partida a primeira vertente, Belderbós *et al.* (2004) aponta que acordos de cooperação com o setor acadêmico e financiados pela esfera pública são uma fonte barata de conhecimento especializado. Sob essa ótica, ao iniciar um desenvolvimento conjunto com o IEAv, o setor privado estará ciente de que recursos humanos do efetivo do Instituto estarão diretamente alocados no desenvolvimento do protótipo de voo.

Sendo assim, o setor privado precisará alocar ou contratar um corpo técnico com menos integrantes, quando comparado a uma empreitada similar mas totalmente conduzida pelo setor privado de forma independente. Dessa forma, após os entendimentos e especificações iniciais, o contrato a ser firmado com o IEAv terá um custo menor, algo que viabiliza essa primeira etapa de transferência de tecnologia.

Prosseguindo para a análise da segunda vertente do argumento de redução de custos para o IEAv, constata-se que o desenvolvimento conjunto propicia o aproveitamento de técnicas e práticas de otimização de custos existentes no setor privado.

Pisano (1996) relata que há vários exemplos na literatura de iniciativas de transferência de tecnologia com altos custos advindos do fato de o processo ter se

iniciado tardiamente. Um início tardio em processo de transferência de tecnologia significa alta complexidade para o setor privado, uma vez que o mesmo não terá a oportunidade de aplicar técnicas e práticas de otimização de custos desde a concepção da tecnologia ainda na forma de protótipo.

A alta complexidade é um fator que se agrava no caso de acelerômetro a fibras ópticas uma vez que essa tecnologia engloba quatro áreas da engenharia, a saber: mecânica, óptica, eletrônica e computação (CAZO, 2011). Essas quatro áreas devem estar corretamente implementadas para que o protótipo a ser desenvolvido tenha êxito. Não se pode, portanto, delegar essa análise para etapas futuras de desenvolvimento, sob pena de resultados de alto custo de implementação.

Pelo exposto, sob o ponto de vista de redução de custos para o IEAv, percebe-se que há duas vertentes para justificar a tese de que a transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas do IEAv para o setor privado deve se iniciar pelo desenvolvimento conjunto de um protótipo de voo.

Igualmente importante é a análise da redução dos riscos em virtude do início da transferência de tecnologia por desenvolvimento conjunto, conforme abordado a seguir.

## **2.2 Redução de Riscos**

O segundo argumento para suportar a tese defendida nesse trabalho é nucleado pela análise de redução de riscos advindas pelo desenvolvimento conjunto de um protótipo já no início do processo de transferência de tecnologia. Duas vertentes são abordadas para suportar a análise de redução de riscos, a saber: redução do risco total em decorrência da complementação de capacidades gerenciais entre o IEAv e o setor privado; e percepção, tanto pelo IEAv como pelo setor privado, de que cada um isoladamente assume um risco menor em virtude de haver um compartilhamento de riscos.

Partindo da primeira vertente de análise, Rogers, Takegami e Yin (2001) apontam que artigos científicos são mecanismos relativamente ineficientes de transferência de tecnologia, apesar de serem a maneira predominantemente utilizada por cientistas em atividades desse tipo. Percebe-se aqui que a comunidade

científica carece de orientações para estabelecer uma comunicação eficiente em iniciativas de transferência de tecnologia.

Em termos de maturidade da tecnologia, o acelerômetro a fibras ópticas passou por desenvolvimentos experimentais sem entregas ou envolvimento com o setor privado, decidindo-se optar pela transferência de tecnologia apenas após a proteção do conhecimento junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Essa oferta de transferência é explicitada ao setor privado por meio de oferta tecnológica no site do IEAv (IEAv, 2022).

Sendo o desenvolvimento até então realizado pelo IEAv predominantemente experimental, a decisão pelo início de transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas do IEAv para o setor privado por meio de desenvolvimento conjunto reduz os riscos totais associados.

Nessa abordagem, a comunicação não se baseará apenas em repasse de publicações do IEAv para o setor privado. Pelo contrário, tanto IEAv como setor privado serão capazes de gerenciar o desenvolvimento e, dessa forma, riscos advindos de entendimentos incompletos ou truncados serão reduzidos, reduzindo-se assim o risco total associado.

Prosseguindo para a análise da segunda vertente do argumento de redução de riscos, constata-se que o início da transferência de tecnologia por meio de um desenvolvimento conjunto gera a percepção tanto pelo IEAv como pelo setor privado de que cada um isoladamente assume um risco menor em virtude de haver um compartilhamento de riscos.

Escribano, Fosfuri e Tribó (2009) apontam que o fluxo de conhecimento que advém de fora dos muros de uma empresa é crucial para a obtenção de vantagens competitivas, desde que haja habilidade por parte da empresa para tal.

Essa habilidade aponta que o simples fluxo de conhecimento obtido pelo setor privado ao iniciar um processo de transferência de tecnologia não resulta imediatamente em uma vantagem competitiva. É necessária uma abordagem que contextualiza esse conhecimento à iniciativa em questão.

No caso específico do início da transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas do IEAv para o setor privado, a adoção de um desenvolvimento conjunto de um protótipo de voo gera um fluxo constante de informação do IEAv para o setor privado.

Esse fluxo não será de via única, entretanto. Sendo conjunto, o desenvolvimento necessitará de interações constantes entre IEAv e setor privado. Dessa forma, ao ter um canal aberto de fluxo de informações com o IEAv, o setor privado será capaz de gerar uma vantagem competitiva conforme preconizado por Escribano, Fosfuri e Tribó (2009).

Essa vantagem competitiva permite que o setor privado e o IEAv decidam a parcela de riscos a serem assumidas por cada um. Dessa forma, o risco total associado à etapa de início da transferência de tecnologia será fatiado entre o IEAv e o setor privado, fazendo com que cada um perceba, individualmente, um risco menor associado ao início do processo de transferência.

### **3 CONCLUSÃO**

O IEAv desenvolve acelerômetros a fibras ópticas há mais de uma década. Esse sensor apresenta alta complexidade e envolve conhecimentos de quatro áreas da engenharia, a saber: mecânica, óptica, eletrônica e computação. O IEAv conseguiu nesse tempo realizar ensaios experimentais tanto em bancada como em lançamento de foguete de sondagem, consolidando os conhecimentos adquiridos na patente BR 10 2012 016704 2.

Esse desenvolvimento culminou em inclusão do acelerômetro a fibras ópticas no portfólio de ofertas tecnológicas do IEAv, havendo então prontidão para um processo de transferência de tecnologia para o setor privado. Nesse contexto, este trabalho defende a tese de que a transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas do IEAv para o setor privado deve se iniciar pelo desenvolvimento conjunto de um protótipo de voo.

Para tanto, argumenta-se que, da forma em que a transferência foi proposta, há redução de custos para o IEAv, bem como redução de riscos tanto para o IEAv como para o setor privado. A redução de custos está atrelada tanto ao compartilhamento de recursos humanos como à incorporação de conhecimentos e práticas de otimização de custos existentes no setor privado. Já a redução de riscos está amparada ao compartilhamento de capacidades gerenciais entre o IEAv e o setor privado, bem como pelo compartilhamento de riscos que faz com que tanto o IEAv como o setor privado percebam, isoladamente, riscos menores.

Dessa feita, a comprovação da redução de custos e riscos nesse início de transferência de tecnologia de acelerômetro a fibras ópticas do IEAv para o setor privado pode balizar um novo modelo de negócios para a FAB, viabilizando processos de transferência de tecnologia em que custos e riscos são fatores impeditivos.

## REFERÊNCIAS

BELDERBOS, R.; CARREE, M.; DIEDEREN, B.; LOKSHIN, B.; VEUGELERS, R. Heterogeneity in R&D cooperation strategies. **International Journal of Industrial Organization**, v. 22(8-9), p. 1237-1263, 2004. doi:10.1016/j.ijindorg.2004.08.001.

CAZO, R. M. **Acelerômetro opto-mecânico baseado em grades de Bragg a fibra óptica**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Doutorado em Microondas e Optoeletrônica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2011.

ESCRIBANO, A.; FOSFURI, A.; TRIBÓ, J. A. Managing external knowledge flows: The moderating role of absorptive capacity. **Research Policy**, v. 38(1), p. 96-105, 2009. doi:10.1016/j.respol.2008.10.022.

IEAV. **OFERTAS TECNOLÓGICAS Instituto de Estudos Avançados IEAv**. Disponível em: [https://ieav.dcta.mil.br/images/pdf/Ofertas\\_Tecnologicas\\_do\\_IEAv\\_2022.pdf](https://ieav.dcta.mil.br/images/pdf/Ofertas_Tecnologicas_do_IEAv_2022.pdf). Acesso em 14 jun 2022.

PISANO, G. P. Learning-before-doing in the development of new process technology. **Research Policy**, v. 25(7), p. 1097-1119, 1996. doi:10.1016/S0048-7333(96)00896-7.

ROGERS, E. M.; TAKEGAMI, S.; YIN, J. Lessons learned about technology transfer. **Technovation**, v. 21(4), p. 253-261, 2001. doi:10.1016/S0166-4972(00)00039-0.