

Evolução dos Processos de Inovação Tecnológica no Setor de Defesa Aeroespacial Brasileiro: uma breve correlação com modelos e ferramentas teóricas

Antonio Ramalho de Souza Carvalho (Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, Brasil)
- ramalhosjc@gmail.com

Ligia Maria Soto Urbina (Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, Brasil) -
ligia@ita.br

Abstract

Evolution of the Technological Innovation Processes in Brazilian Aerospace Defense Sector: a brief correlation with theoretical models.

This paper describes three examples of technological innovation processes correlated with theoretical models. This research (case study) took place between 2010 and 2012. The research universe is the Scientific and Technological Institutions (STI) of the Air Force Command, responsible for managing strategic projects of research and development. The object of this study is the Department of Aerospace Science and Technology and its subordinated STI. The research occurred in the context of development of Bandeirante aircraft, of Vehicle Probing Booster - 30 and of System Navigation and Control for Unmanned Aerial Vehicle. The theoretical basis used is related to classical models of innovation and innovation management. The researcher concludes that the process of innovation in STI evolves inside the prisms of the established models, and STI cannot envision a model of innovation without considering the capacity building, collaborative relationships and government support.

Keywords: Technological Innovation, Scientific and Technological Institutions, Aerospace.

Resumo

Este artigo descreve três exemplos de processos de inovação tecnológica correlacionados com modelos teóricos. Trata-se de um estudo de caso. Formam o universo da Pesquisa as Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) do Comando da Aeronáutica, responsáveis pelo gerenciamento de projetos estratégicos de pesquisa e desenvolvimento. Compõem o objeto deste estudo o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial e as ICT a ele subordinadas no contexto de desenvolvimento da aeronave Bandeirante, do Veículo de Sondagem Booster – 30 e do Sistema de Navegação e Controle para Veículo Aéreo Não Tripulado. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu entre 2010 e 2012. A fundamentação teórica utilizada está relacionada a modelos clássicos de inovação e de gestão da inovação. Conclui-se que os processos de inovação nas ICT evoluem dentro dos prismas dos modelos consagrados, não sendo possível vislumbrar um modelo de inovação sem considerar a base de capacitação, os relacionamentos colaborativos e o apoio governamental.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica, Instituição Científica e Tecnológica, Setor Aeroespacial.

1 Introdução

Países como os Estados Unidos, Japão, China e membros da União Europeia têm procurado modelos inovativos que lhes possibilitem o domínio e a proteção da tecnologia sensível, em campos da ciência, importantes para sua soberania. Tais programas, aparentemente impossíveis de serem realizados, passam a ser gerenciados com o objetivo maior de gerar conhecimento, desenvolver capacitações e promover suas indústrias locais para a manutenção da soberania no mercado globalizado.

Para que a soberania de um país se sobreponha a domínios econômicos de outros países, a busca pelo conhecimento e capacitações de emprego de defesa tem sido considerada engrenagem fundamental para a sustentabilidade da soberania e, em contrapartida, para o fomento da Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) em países do chamado primeiro mundo.

Nessa mesma linha, países com poder tecnológico em desenvolvimento veem-se obrigados, cada vez mais, a adquirir produtos de emprego ou originado do setor de defesa, sendo que a dependência excessiva dessas tecnologias, principalmente estrangeiras, pode, novamente, comprometer a soberania do país comprador.

Como fuga da dependência das tecnologias estrangeiras, tem-se a aplicação de programas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I) nacionais, incentivando assim a competitividade e o investimento em capacitações afim de gerar produtos e serviços de interesse da nação para atender a demanda de tecnologia e assim fortalecer o poder de defesa. A busca pela independência de tecnologias estrangeiras ocorre de forma evolutiva, dentro de contextos e modelos de processos de inovação tecnológica.

A busca pela independência de tecnologias estrangeiras é uma realidade no setor aeroespacial que convive com constantes processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Diante do disposto, este artigo tem como objetivo descrever três exemplos de processo de inovação tecnológica, buscando correlacionar com os modelos teóricos de inovação ou de gestão da inovação. Os exemplos referem-se ao desenvolvimento: da aeronave Bandeirante; do Veículo de Sondagem *Booster – 30* (VSB-30); e do Sistema de Navegação e Controle para Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

1.1 Metodologia

A pesquisa adotada tem como base o estudo de caso e o método hipotético dedutivo (Gomides, 2002, p. 4; Lakatos; Marconi, 1991), complementada com uma pesquisa descritiva (Gil, 1991, p. 45).

As informações utilizadas na pesquisa foram predominantemente qualitativas (Yin, 2005). O delineamento da pesquisa apoia-se em diferentes fontes de evidências: documentos disponibilizados nas instituições; documentos desmobilizados externamente; e contato direto com pessoal envolvido em temas importantes do artigo. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu de 2010 a 2012.

Trata de um estudo onde os casos foram selecionados de forma não probabilística e apresentam elementos significativos a serem estudados.

No universo da Pesquisa têm-se as Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) do Comando da Aeronáutica (COMAER), responsáveis em gerenciar projetos estratégicos de P&D.

Uma ICT é “*órgão ou entidade da administração pública que tenha por missão institucional, dentre outras, executar atividades de pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico*” (Brasil, 2004a; Brasil, 2005; Brasil, 2011, p. 10).

Existem dez instituições do Comando da Aeronáutica reconhecidas como ICT, sendo o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) o primeiro, reconhecimento ocorrido em fevereiro de 2007. O DCTA passou ser a instituição responsável em definir as demais ICT no âmbito do COMAER (Brasil, 2007a).

No final de 2007, sete instituições subordinadas ao DCTA foram definidas como ICT, sendo elas: Centro de Lançamento da Barreira do Inferno; Centro de Lançamento de Alcântara; Instituto Tecnológico de Aeronáutica; Instituto de Aeronáutica e Espaço; Instituto de Fomento e Coordenação Industrial; Instituto de Estudos Avançados; e Instituto de Pesquisa e Ensaios em Voo (Brasil, 2007b).

Em 2008 e 2009, outras duas instituições receberam o reconhecimento de ICT do COMAER, respectivamente: Instituto de Controle e Espaço Aéreo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Brasil, 2008) e o Centro Logístico da Aeronáutica do Comando-Geral de Apoio (Brasil, 2009).

Como objeto de estudo, tem-se o DCTA e as ICT a ela subordinada no contexto de desenvolvimento da aeronave Bandeirante, do Veículo de Sondagem *Booster – 30* (VSB-30) e do Sistema de Navegação e Controle para Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

2 Modelos e ferramentas teóricas de inovação

Ao focar em produtos e processos, tem-se a inovação tecnológica, compreendida no Manual de Oslo, como sendo a implementação de um produto ou processo tecnologicamente novo ou com significativas melhorias. Deve ser introduzida no mercado (inovação no produto) ou utilizada na produção (inovação no processo). “*A exigência mínima é que o produto ou processo deve ser novo (ou substancialmente melhorado) para a empresa (não precisa ser novo no mundo)*” (OCED, 2005, p. 131).

O sociólogo britânico Roy Rothwell apresentou uma visão da gestão da inovação tecnológica por meio de cinco gerações. Cada geração vinha como resposta a uma mudança significativa no mercado, envolvendo o crescimento econômico, a expansão industrial, a concorrência mais intensa, a inflação, a recuperação econômica, o desemprego e restrições de recursos.

Cada geração representa um modelo descritivo de como as empresas estruturam seus processos de inovação ao longo do tempo (Rothwell, 1994). De uma forma macro, pode-se escrever:

- **1ª Geração** - *Technology push* (1950 a 1960): existiu o crescimento rápido da economia e a expansão industrial no mundo ocidental e no Japão. O processo de inovação é visto como linear simples e sequencial, com ênfase em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O mercado é visto como um receptor dos resultados das atividades de inovação, trata de uma abordagem do lado da oferta do processo de inovação. As informações de mercado são incorporadas ao final do processo, dificultando qualquer intervenção no processo inovativo;
- **2ª Geração** - *Demand pull* (1960 a 1970): durante esse período de intensificação da concorrência, a ênfase de investimentos começou a mudar para novos produtos no qual o objetivo central era responder às necessidades do mercado que direciona as ações das empresas. Análises custo-benefício foram feitas para projetos de P&D

que tinham uma ação reativa no processo de inovação, incluindo alocação sistemática e gestão dos recursos. Tratava-se ainda de uma visão sequencial, mas com ênfase no mercado;

- **3ª Geração** - Acoplamento de P&D e Marketing (1970 a 1980): o foco estratégico foi na consolidação das empresas e de portfólios de produtos. Houve uma sinergia entre os setores de Marketing e P&D, sendo a busca pela redução de custos operacionais um pilar desse modelo de sinergia. A inovação tecnológica é vista como um resultado entre a “*Technology push*” e o “*Demand pull*”. O processo ainda é sequencial, mas com *loops* de realimentação. A P&D e o Marketing têm papéis equilibrados que refletem em capacidades tecnológicas. A ênfase é dada à interface entre os dois, com um conjunto complexo de canais de comunicação;
- **4ª Geração** - Integrando os processos de negócios (1980 a 1990): o foco era a redução do ciclo de vida dos produtos. O processo de inovação passou de sequencial para paralela com desenvolvimento integrado, em que as equipes de produção, de vendas e técnica corroboravam com o desenvolvimento do projeto. Enfatizava-se também o aprendizado concomitante com os fornecedores, buscando integrá-los nas fases iniciais do desenvolvimento do produto, numa visão ampliada da organização; e
- **5ª Geração** - Integração de sistemas e de redes (a partir de 1990): ênfase na integração de sistemas e redes, a fim de garantir a flexibilidade e velocidade de desenvolvimento, de modo a conviver com a restrição de recursos, as taxas elevadas de mudança tecnológica e curtos ciclos de vida dos produtos. A competitividade está relacionada com a velocidade no lançamento de novos produtos no mercado. Os processos de negócio passam a ser automatizados por meio de sistemas de informação informatizados. Buscam-se parcerias estratégicas, marketing colaborativo e arranjos de pesquisa, como "inovação aberta", combinando ideias internas e externas, focadas na colaboração entre uma organização e seu ambiente e na qualidade, bem como em fatores não relacionados diretamente aos preços dos produtos, instigando uma visão de sistemas complexos.

A seguir serão apresentados, de forma sucinta, modelos e ferramentas teóricas consagradas pela literatura. Ressalta-se que o propósito não é apresentar qualquer modelo ou ferramenta particular de inovação como definitivo, mas sim, a compreensão da complexidade e da diversidade em que diversos componentes interagem.

O primeiro a ser apresentado é a ferramenta de gestão *Stage-Gate*, desenvolvida por *Cooper & Associates Consultants Inc.* Essa ferramenta apresenta o processo de inovação em vários estágios de desenvolvimento de tarefas ou projetos (produtos) intercalados por momentos para tomada de decisão (Ponto de Decisão - responsabilidade da gerência sênior quanto à continuidade do projeto, sendo as principais decisões: deixar passar, cancelar, aguardar ou reciclar).

A ferramenta é empregada em setores de alta complexidade tecnológica, apresentada de forma básica pela **Figura 1**. O *Stage-Gate* contempla um conjunto de fases desde o surgimento de ideias até a revisão após o lançamento do produto no mercado (Cooper, 1994).

Busca-se nesta ferramenta uma priorização de projetos por meio da avaliação da seleção e alocação dos recursos. Busca-se também, a geração de ideias, estabelecimento de viabilidade, desenvolvimento de capacidade, testes e validação até o lançamento do produto. O controle pode ser realizado tanto formalmente, com algum tipo de

documentação, ou informalmente, decidido com base nas preferências e cultura da organização.

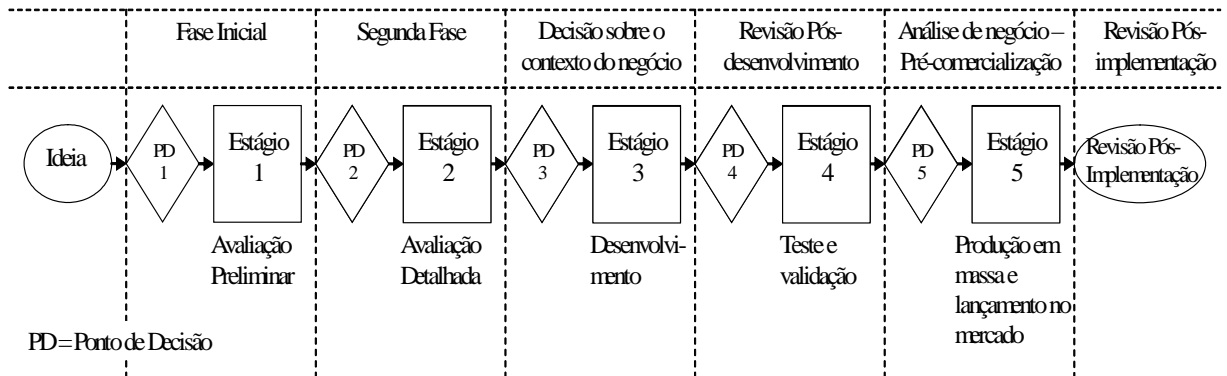


Figura 1 – Estrutura básica do *Stage-Gate* (Adaptado de Cooper, 1994).

Cada função geral envolve vários sub-processos e seus resultados são altamente incertos. Assim, não há uma progressão simples. (OCED, 2005, p. 43).

O segundo a ser apresentado é o Modelo Iterativo ou de Ligações em Cadeia (*chain-linked model*), introduzido por Stephen J. Kline e Rosenberg Nathan. Trata de uma forma de descrever a inovação como um processo, formado pela articulação entre as capacidades da organização, os conhecimentos técnicos e as necessidades do mercado, para atingir simultaneamente resultados econômicos, tecnológicos e outros que se impuserem ao processo da Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I), representando assim, a complexidade e a incerteza inerentes à P,D&I com a necessidade de sincronismo permanente com o mercado (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 28).

Kline e Rosenberg (1986) descrevem que as etapas do modelo não possuem limites rígidos, havendo permeabilidade entre elas. O modelo diagramado na **Figura 2** apresenta as fases do processo, o caminho central a ser percorrido pelo processo de inovação e os tipos de retroalimentação (feedback).

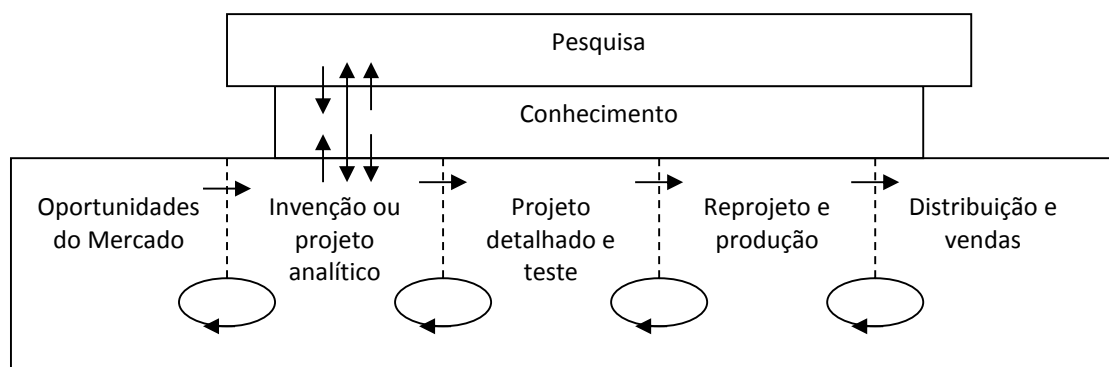


Figura 2 – Modelo interativo ou de ligações em cadeia (*chain-linked model*). (Adaptado de Kline; Rosenberg, 1986, p. 290)

Kline e Rosenberg (1986) ressaltam que as setas numeradas mostram as interações entre invenção, conhecimento e pesquisa, sendo que esse esquema se repete para as fases

seguintes e ocorrem em todos os sentidos e com todos os elementos da cadeia de inovação. Os autores argumentam que primeiro utiliza-se da ciência conhecida e do conhecimento armazenado, para depois, quando todas as etapas tenham fornecido as informações necessárias, mas não suficientes, justifica-se a pesquisa.

Ao ver o processo de retroalimentação, tem-se uma com ênfase nos elementos da cadeia, a outra buscando o aperfeiçoamento do produto e a por fim uma com vista ao alcance dos objetivos mercadológicos. As retroalimentações são essenciais para a avaliação de desempenho, para a formulação dos próximos passos e para avaliação da posição competitiva, sendo parte inerente dos processos de desenvolvimento. Trata de cooperação entre a especificação de produtos, desenvolvimento de produtos, processos de produção, marketing, e componentes de serviço de uma linha de produtos.

Frequentemente tem-se de voltar aos estágios anteriores para superar dificuldades encontradas no desenvolvimento. Um elemento chave para o sucesso (ou fracasso) de um projeto de inovação é a extensão em que as empresas conseguem manter elos eficazes entre as diversas fases do processo de inovação (OCED, 2005, p. 43).

O terceiro a ser apresentado é conhecido como Modelo Linear do Funil de Inovação, de Clark e Wheelwright (1993), trata-se de uma ferramenta de apoio à gestão. Neste modelo aplica-se uma concorrência sobre as ideias geradas por meio de um processo de negócio disciplinado, no qual, dentre diversas possibilidades procura-se reduzir o número de ideias e focar os seus esforços naquelas com maior probabilidade de sucesso, garantindo eficácia e atendimento às metas da estratégia competitiva da organização.

As ações entram pelo lado largo do funil e representam, dentre outras coisas, ideias e alternativas para mudança. Estas ações fluem na direção do gargalo do funil no qual muitas serão eliminadas, sendo restritas pelos objetivos organizacionais e pelas capacidades das equipes instaladas na organização (**Figura 3**).

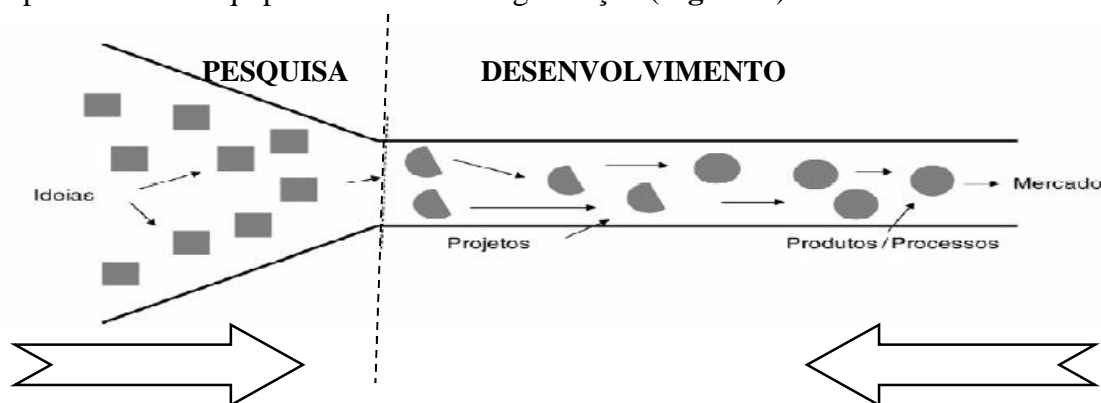


Figura 3 – Modelo Linear de Funil de inovação. (Adaptado da Associação Brasileira e Normas Técnicas, 2011, p. 27)

Trata de uma constante interação entre os objetivos organizacionais e as equipes instaladas. As equipes focalizarão as ideias que estejam alinhadas com os objetivos estabelecidos ou os objetivos podem ser redefinidos para acomodar boas ideias. Basicamente, o funil é composto por cinco fases (Ganguly, 1999, p. 116):

- **1ª fase - ideias:** refinam-se as ideias com vista ao desenvolvimento de conceitos preliminares técnicos e de mercado, incluindo critérios financeiros e de recursos organizacionais. As falhas são admissíveis para estimular a geração de criatividade (*brainstorming*);

- **2ª fase - feasibility:** refina-se o mix de produtos a ser desenvolvido e quantifica com maior precisão o mercado consumidor, a viabilidade técnica e financeira do projeto como um todo.
- **3ª fase - capability:** tem-se a disponibilização de capital e adequação de recursos, define-se o mix de marketing e busca-se a aprovação das áreas funcionais;
- **4ª fase - implementation:** realiza-se o projeto lançando-o ao mercado;
- **5ª fase - launch:** faz-se o monitoramento do desempenho e a análise da competitividade do produto e sua aceitação junto ao mercado consumidor.

O avanço para uma nova fase obriga o gestor à tomada de decisão, obrigando a correção dos erros em qualquer momento durante o desenvolvimento, ou mesmo a finalização do projeto.

Clark e Wheelwright (1993, p. 93) alertam que organização precisa adaptar o modelo à sua necessidade operativa de inovação, podendo ser necessários à criação de outros funis, para direcionar corretamente o objetivo a ser atingido. Se tratada apenas internamente na organização, a inovação fica restrita as fronteiras organizacionais.

Diante do apresentado tem-se ao final o Modelo de inovação aberta (*open innovation*), usado primeiramente por Henry Chesbrough em 2003, no seu livro “*Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*”. O livro apresenta uma reflexão sobre as experiências das organizações sobre a troca do processo de inovação fechada pela forma aberta de inovar, a fim de ganhar agilidade na geração de inovação tecnológica.

O modelo de inovação aberta preconiza que uma organização opera seu funil de inovação, sujeita a influencia do ambiente externo, em contraste com o funil da inovação fechado a ele. Assim, a organização interage com o ambiente, fortalecendo seu processo de inovação e aproveita mais as oportunidades que existem, buscando outras bases tecnológicas, além da sua base tecnológica interna (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 27). A forma gráfica é apresentada na **Figura 4**.

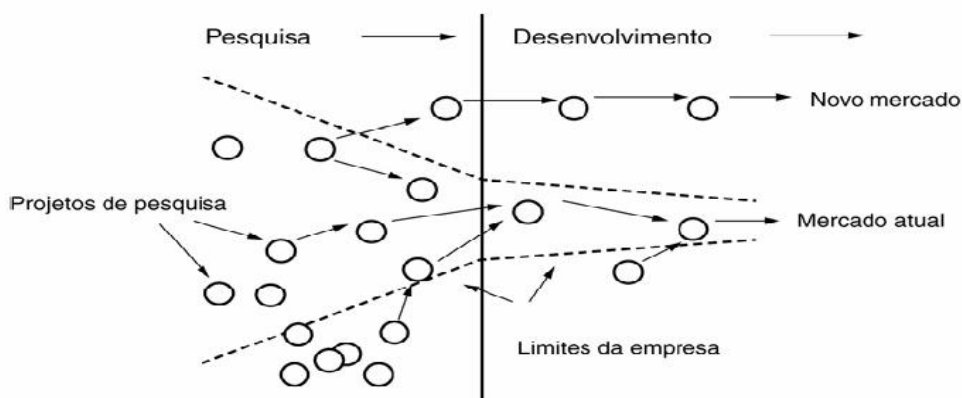


Figura 4 – Modelo de inovação aberta (*open innovation*). (Chesbrough, 2003, p. xxv).

Conforme descrito em Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011, p. 27), no modelo de inovação aberta é possível um melhor aproveitamento dos resultados intermediários de P&D, mesmo aqueles que não chegam a serem inovações para a organização podem ser transferidos a outras empresas, por meio de venda, licenciamentos, *joint ventures* ou *spin-offs*.

Conforme Nieto (2003, p. 153), as decisões sobre tecnologias adotadas no presente vão condicionar à aprendizagem posterior, determinando o caminho futuro do processo de inovação.

3 Análise dos Processos de P&D adotados nas ICT

Existe uma gama de projetos de tecnologias aeroespaciais sendo gerenciados pelo DCTA, bem como o modelo de gestão desses projetos e seu intercâmbio com a indústria foram evoluindo, no qual, nos primórdios da C&T na aeronáutica brasileira, as ICT desenvolviam todo o projeto até a concepção do protótipo, para depois compartilhar a tecnologia com a indústria, chegando à contemporaneidade a um modelo próximo a inovação aberta.

3.1 Desenvolvimento da Aeronave Bandeirante

O projeto da aeronave Bandeirante é anterior à criação da Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer), sendo que os recursos humanos foram preparados pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) com vistas à seleção, adaptação e absorção das tecnologias necessárias, enquanto o desenvolvimento da aeronave ocorreu por intermédio do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IPD (atualmente Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE), considerando as especificações do Ministério da Aeronáutica (atualmente Comando da Aeronáutica).

Na concepção do projeto foi considerada a infraestrutura aeroportuária nacional, destacando-se informações sobre a densidade do tráfego aéreo comercial brasileiro (principalmente das cidades pequenas) e o comprimento e tipo de piso das pistas dos aeródromos.

Pode-se dizer que a concepção da aeronave Bandeirante estava diretamente relacionada à 2ª Geração de estruturação dos processos de inovação – *Demand pull* (1960 a 1970) descrita por Roy Rothwell, com foco central em responder às necessidades do mercado brasileiro. Tem-se também a ferramenta Stage-Gate de inovação (desenvolvida por *Cooper & Associates Consultants Inc.*), que se aproxima muito do processo de desenvolvimento da aeronave Bandeirante, tendo como pilar cinco fases, incluindo-se indicadores relacionados ao progresso do desenvolvimento da aeronave:

- **1ª fase** - estudos preliminares: conhecimento da área de atuação dos grandes fabricantes internacionais de aeronaves com o propósito de vislumbrar potenciais mercados a serem desbravados (exame de conceitos de aeronaves e tendências de mercado). A partir desse momento foi constatado que aviões grandes estavam ocupando todos os espaços e as pequenas cidades passaram a ficar sem transporte aéreo;
- **2ª fase** - definição conjunta: desenvolvimento de produtos, com formação e desenvolvimento de pessoal em engenharia aeronáutica. Na época faltavam engenheiros no Brasil, pessoal especializado em aeronáutica em quantidade para sustentar este esforço. Sendo assim, o ITA formou cerca de 20 turmas, antes que se pudesse ter uma solução consolidada e o IPD desenvolveu trabalhos em diversos conceitos e protótipos;
- **3ª fase** - detalhamento: evolução do conceito e busca pela estrutura necessária à definição conjunta de um avião. Surgiu o protótipo da aeronave Bandeirante com capacidade para oito pessoas com turboélice metálico, de asa baixa, equipado com duas turbinas *Pratt & Whitney PT6-020*. Foram utilizados 110 mil horas de projeto,

tendo sido executados 12 mil desenhos de fabricação, 22 mil horas de cálculo estrutural e aerodinâmico e 282 mil horas de fabricação do avião e de seu ferramental. No IPD trabalharam cerca de 300 pessoas durante o período (O primeiro voo do protótipo ocorreu em 22 de outubro de 1968, 40 meses após os estudos preliminares);

- **4ª fase** - validação: tornar a aeronave pronta para ser comercializada no mercado. O IPD manteve as equipes, por longo tempo, atuando e se aperfeiçoando juntas, até a maturidade do projeto e encaminhamento para a produção. Concluído o protótipo, buscou-se a produção seriada e a comercialização da aeronave, ocasionando a criação da Embraer em agosto de 1969. Em 02 de janeiro de 1970, a Embraer começou a funcionar e assumiu a produção da aeronave. Nesse momento, efetivou-se, não somente a transferência para a Embraer da tecnologia adquirida pelo IPD no desenvolvimento de projetos de aviões, como também a cessão de pessoal técnico e administrativo e da quase totalidade do acervo sobre aeronaves, permitindo à Embraer imediata capacitação técnica e organizacional, e uma posição como organização produtiva, tornando-se o centro de consolidação do desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional.
- **5ª fase** - produção em série e o lançamento: tornar a cadência de produção satisfatória para o atingimento das metas de mercado. A cadência produtiva foi mantida pelas compras governamentais, permitindo assim uma continuidade no desenvolvimento de novas aeronaves pela Embraer, e conseqüentemente, pela indústria nacional.

Trata de altos custos de investimento para manutenção dessa capacitação tecnológica. Uma ideia do elevado custo embutido no processo pode ser observada considerando-se que o ITA foi criado em 1950, o primeiro protótipo voou em 22 de outubro de 1968 e a Embraer só veio a ser constituída em 2 de janeiro de 1970 (Azevedo, 1983, p. 389).

3.1.1 Desenvolvimento do Veículo de Sondagem *Booster* – 30

Após os primórdios da C&T na aeronáutica brasileira, no final do século 20 e início do século 21, as ICT passaram a descrever a concepção do protótipo e buscar parceiras com a indústria para o desenvolvimento da nova tecnologia. Um exemplo iniciado em 2001 é o desenvolvimento do Veículo de Sondagem *Booster* – 30 (VSB-30).

O seu projeto buscou o desenvolvimento e a qualificação de um veículo constituído de um propulsor tipo “*booster*”, semelhante ao do veículo VS-30, para lançar cargas úteis de 400 kg, com apogeu na faixa de 250-270 km, proporcionando 360 segundos de voo em ambiente que permite o estabelecimento de micro gravidade para experimentos. O seu dimensionamento em relação aos demais veículos é apresentado na **Figura 5**.

O Projeto faz parte do Programa Nacional do Governo Federal nº 0464 de Atividades Espaciais, possuindo como público-alvo o governo; a comunidade científica e o setor produtivo nacional. Os recursos são liberados por meio da Ação: 6240 – Desenvolvimento e Lançamento de Foguetes de Sondagem, sendo a Mectron e a Avibras a base industrial fomentada.

O veículo foi iniciado pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), no ano de 2001, em parceria com a Agência Espacial Alemã (DLR), para atendimento ao Programa Europeu de Micro gravidade, com investimento inicial previsto da ordem de cinco milhões de reais, sendo que 40% desse valor assumido pela DLR. O veículo custa cerca de R\$ 750 mil e é considerado a alternativa mais interessante para substituir o inglês *Skylark*, cujo últimos

lançamentos ocorreram em 2005, se posicionando como fornecedor nessa categoria de lançador.

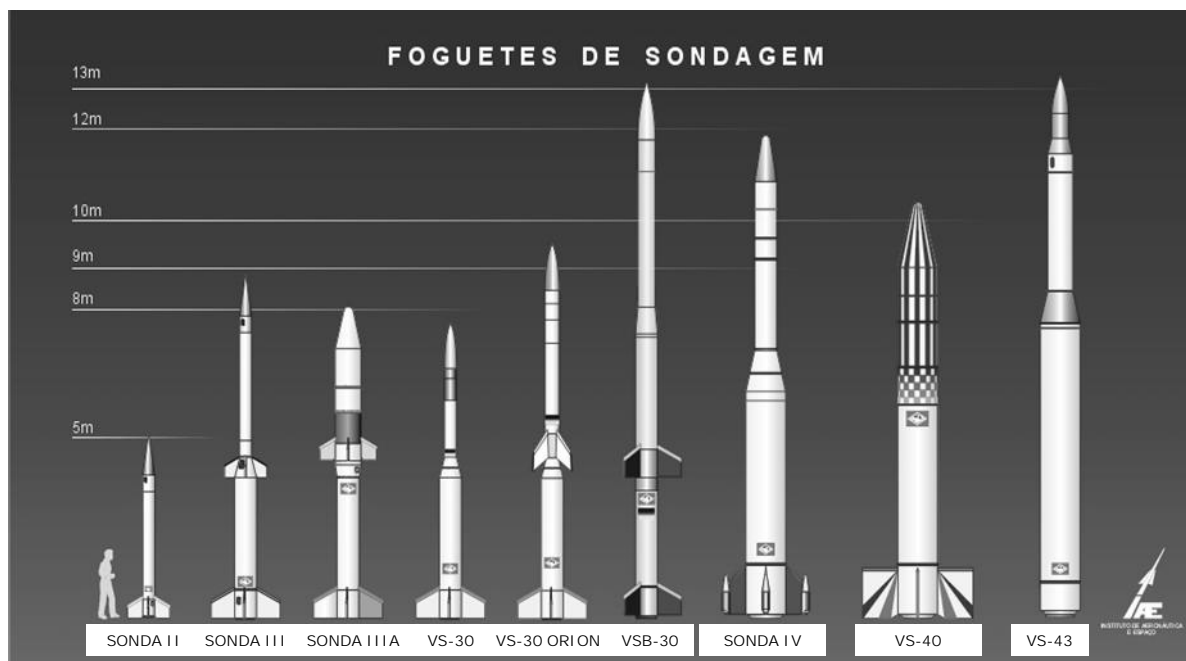


Figura 5 – Foguetes de Sondagem. (IAE, 2008).

No programa científico europeu, as operações de lançamento do VSB-30 ocorrem no Campo de Lançamento de Esrange, na Suécia, que possui um lançador com três trilhos, diferente do utilizado no Centro de Lançamento de Alcântara, que possui somente um trilho. Devido às diferenças na configuração do lançador, o VSB-30 é fabricado em duas versões, para lançamentos em Alcântara (Brasil) e em Esrange (Suécia).

A ICT (IAE) utilizou-se do modelo descrito na 3ª Geração de estruturação dos processos de inovação - Acoplamento de P&D e Marketing (1970 a 1980) apresentado por Roy Rothwell, por intermédio da consolidação de parcerias com instituições internacionais, porém sem uma forte sinergia entre a visão de mercado e o P&D, tinha-se nesse momento a necessidade da DLR, a saída do mercado do lançador inglês *Skylark* propiciando um potencial mercado a ser perseguido e um Instituto com capacitação em P&D espacial. Vislumbrava-se a possibilidade da redução de custos operacionais com a produção sequenciada do lançador.

Tratou-se de um desenvolvimento feito dentro dos laboratórios do IAE, onde as empresas participantes tinham um caráter maior de prestadores de serviço especializados, não possuindo, na sua maioria, corresponsabilidade no desenvolvimento do produto, mas sim, na demanda solicitada pelo IAE.

O Modelo Interativo ou de Ligações em Cadeia (*chain-linked model*), introduzido por Stephen J. Kline e Rosenberg Nathan apresenta bem a articulação entre as capacidades da organização, os conhecimentos técnicos e as necessidades do mercado após a saída do mercado do lançador inglês *Skylark*. Devido à complexidade envolvendo o desenvolvimento do VSB-30 e às incertezas de resultados, não foi possível uma progressão simples para a inovação tecnológica, buscando-se constantemente uma retroalimentação entre as etapas e contrapartida, quando possível, da DLR.

A pouca contribuição internacional e o cerceamento tecnológico para o projeto, fez com que ocorressem constantes interações entre invenção, conhecimento e pesquisa por parte da ICT brasileira que desenvolveu tecnologia própria, adotando soluções de engenharia distintas daquelas adotadas na Europa e nos Estados Unidos, algumas até preferíveis. Conforme Kline e Rosenberg (1986), primeiro utiliza-se da ciência conhecida e do conhecimento armazenado, para depois, a pesquisa.

O primeiro lançamento ocorreu em 2004 e, até março de 2011, foram realizados 11 lançamentos, todos com sucesso, sendo dois a partir do Centro de Lançamento de Alcântara, no Maranhão.

Em maio de 2005, após o cumprimento de uma série de exigências documentais e comprobatórias de desempenho e segurança¹, o VSB-30 foi aprovado, pela Agência Espacial Europeia a realizar voos na Europa, transportando cargas úteis científicas *Texus e Maser* do Programa Europeu de Micro gravidade (Kasemodel, 2010, p. 5).

Em 16 de outubro de 2009, a Aeronáutica e o DCTA anunciaram a certificação do VSB-30 (certificado de tipo nº 001T2009), tornando-o apto para produção em série, sendo o primeiro veículo aeroespacial brasileiro a conseguir a certificação. O processo de certificação do VSB-30 no Brasil foi realizado pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial com base na Resolução nº 60, de 17 de maio de 2004, do Conselho Superior da Agência Espacial Brasileira (AEB) e na Instrução do Comando da Aeronáutica que trata da Certificação de Produto e Garantia Governamental da Qualidade (ICA 80-2), de 2006.

O processo de certificação do VSB-30 contou com a avaliação da Agência Espacial Europeia, do DLR e da Agência Espacial Sueca, além das empresas *Kayser-Threde GmbH* e *European Aeronautic Defence and Space Company - EADS*.

A Certificação do VSB-30 é considerada uma importante etapa do seu ciclo de vida, sendo que após isso, ele deixa de ser um projeto em desenvolvimento para tornar-se de uso operacional, cuja produção pode ser totalmente transferida para a indústria aeroespacial brasileira.

3.1.2 Desenvolvimento do Sistema de Navegação e Controle para VANT

Outra forma de estruturação dos processos de inovação no DCTA ocorreu por meio do desenvolvimento do Sistema de Navegação e Controle para Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) (Projeto VANT), no IAE.

O VANT é a designação dada para as aeronaves que não necessitam de pilotos embarcados para serem guiadas. Compreendem-se como aeronaves aviões, helicópteros e até dirigíveis.

Os VANT estão inseridos em uma classe de aeronaves que podem ser do tamanho da palma de uma mão ou dos atuais aviões tripulados existentes. Essas aeronaves podem ser controladas à distância, sob a supervisão e o controle humano, utilizando-se de meios eletrônicos e computacionais, ou sem a intervenção humana, guiadas por intermédio de algoritmos - Controladores Lógicos Programáveis.

Em Brasil (2004b, p. 1) é definido VANT como sendo uma plataforma aérea de baixo custo operacional que pode ser operada por controle remoto ou executar perfis de voo de forma autônoma, sendo um subsistema de ação e monitoração (reconhecimento, vigilância,

¹ Entre as exigências documentais e comprobatórias de desempenho e segurança constam o *Preliminary Design Review* pelo IAE; a Avaliação da Qualificação pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, a *Pre Launch Report* pela DLR, o Voo de Qualificação no Centro de Lançamento de Alcântara, a *Critical Design Review* pelo IAE e a *Qualification Review* pelo IAE e pelo DLR.

busca de alvos, inteligência, guerra eletrônica e comando e controle), podendo ser utilizada para: transportar cargas úteis convencionais, como sensores diversos e equipamentos de comunicação; servir como alvo aéreo; e levar designador de alvo e cargas letais (fins bélicos).

O Ministério da Defesa orientou, por intermédio da “Diretriz de obtenção de VANT” (Brasil, 2004b, p. 2), que o emprego das ações para o desenvolvimento da aeronave considere as três Forças (Aeronáutica, Exército e Marinha) e seus recursos humanos, materiais e os laboratoriais, as indústrias de defesa e os diversos segmentos do governo e da sociedade.

Conforme apresentado por D’Oliveira (2011), o Projeto VANT foi aprovado pela FINEP em 23 dez. 2004, com recursos do Fundo Setorial Aeronáutico (Convênio FNDCT/CT-AERO 2285/04, Instrumento Contratual 01.04.0990.00), com valor inicial estimado em nove milhões de reais e possuía alguns aspectos de oportunidades e ameaças a serem destacados.

As oportunidades notadas são: participação da Indústria Nacional; arquitetura integrada; flexibilidade para inclusão de equipamentos; domínio do software utilizado; e crescente interesse em VANT – sociedade. Enquanto as ameaças principais podem ser assim descritas: aquisição no exterior com implantação de indústria estrangeira no Brasil; descontinuidade de recursos de financiamento ou orçamentários; e pulverização de esforços.

Coube ao Comando da Aeronáutica desenvolver o Sistema de Navegação e Controle para VANT (Projeto VANT), incluso Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER).

O escopo do Projeto teve como objetivo o desenvolvimento de Sistema de Navegação e Controle, um sistema de Data Link: Telecomando e Telemetria e Estação de Solo e optou por adotar plataformas de voo já existentes (VANT Acauã e Alvo Aéreo Harpia). A plataforma de voo principal utilizada nos ensaios foi o VANT Acauã, desenvolvido pelo Centro Técnico Aeroespacial (CTA) na década de 80. O Acauã tem 5 m de envergadura e 150 kg de peso máximo de decolagem. No Projeto VANT foram utilizados 2 protótipos do VANT Acauã (D’Oliveira, 2011).

O desenvolvimento de Sistema de Navegação e Controle é a busca por domínio de tecnologias sensíveis utilizadas em VANT, englobando as funções de telecomando, telemetria, estabilização (piloto automático), navegação autônoma (com *Global Positioning System – GPS* e com unidade inercial), e retorno a uma área pré-determinada em caso de perda de sinal entre o VANT e a Estação de Solo que supervisiona o voo. Foi considerada, principalmente, a utilização de componentes disponíveis comercialmente (*Commercial Off-The-Shelf*) e de baixo custo (D’Oliveira, 2011).

Para o desenvolvimento de Sistema de Navegação e Controle tem-se claramente o modelo descrito na 5ª Geração de estruturação dos processos de inovação - Integração de sistemas e de redes (a partir de 1990) com ênfase na integração de sistemas e redes de relacionamento², conforme pode ser verificado na **Figura 6**.

O DCTA, por meio do IAE, foi o executor do projeto e o Centro Tecnológico do Exército e o Instituto de Pesquisas da Marinha foram co-executores. O parceiro industrial estratégico (interviente) foi a Avibras. Os recursos do projeto foram alocados pela FINEP na Fundação Casimiro Montenegro Filho (D’Oliveira, 2011).

² Estrutura de relacionamento elaborada sob a orientação da Coordenadora de Relações Institucionais do DCTA, Sra. Solange Maia Correa.

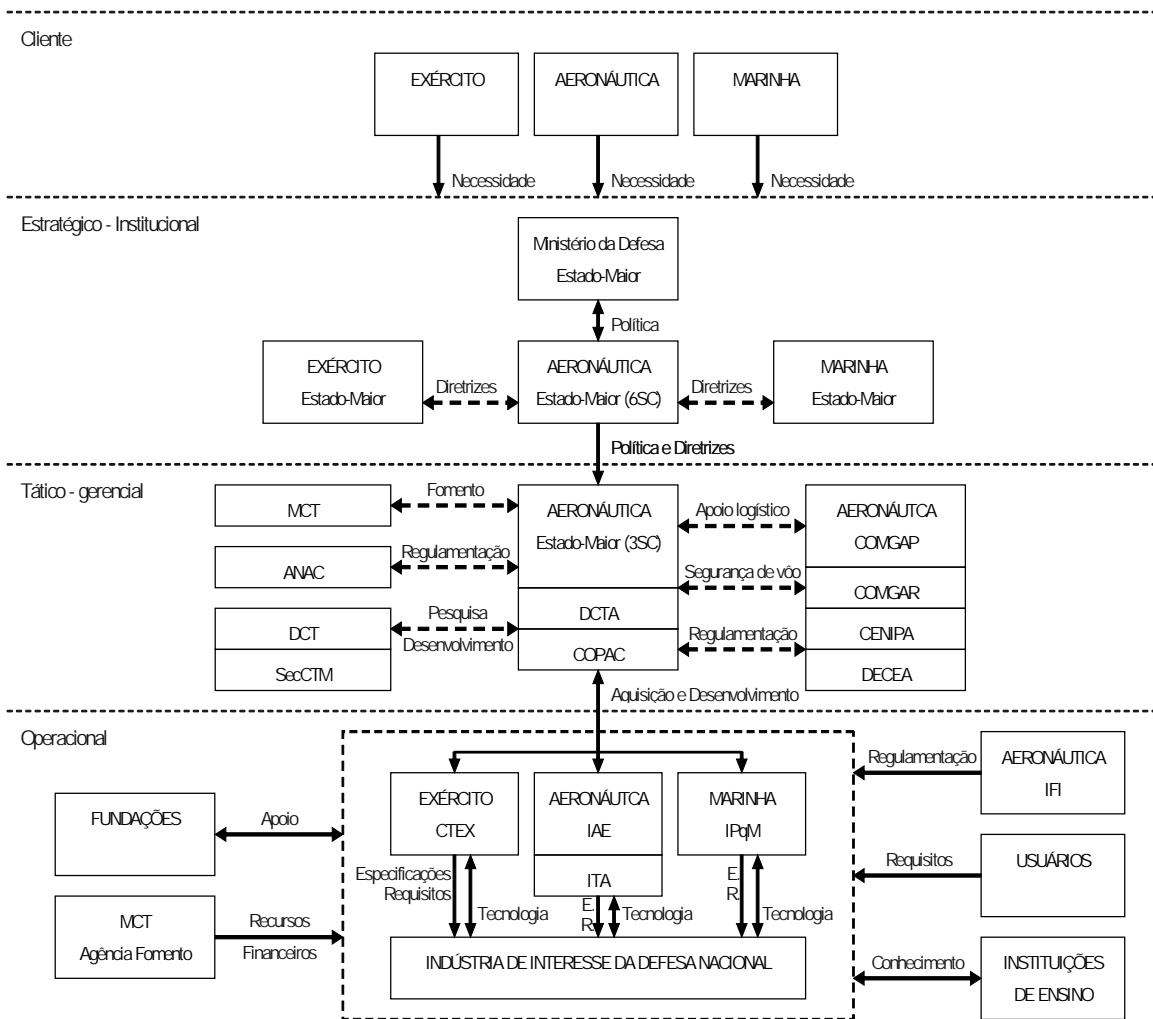


Figura 6 – Rede de Relacionamento do Projeto VANT de interesse da Defesa³

A rede proposta trata de uma busca pela sinergia de insumos, partes do desenvolvimento, recursos e capacitações, fundamentadas numa responsabilidade compartilhada e por Termos de Cooperação e Planos de Trabalho, tendo como um dos requisitos a prática da nacionalização para minimizar a dependência do mercado externo e a introdução de características de aplicação dual (civil e militar) para explorar as opções de investimentos e financiamentos, a fim de garantir a flexibilidade e velocidade de desenvolvimento e de permitir a convivência com recursos e tecnologias restritas.

O cruzamento dual permite o desenvolvimento de projetos civil-militar que traz a marca da bi destinação e propicia um clima favorável à capacitação de recursos em fontes não especificamente destinadas ao fomento da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) militar. Um

3 Siglas: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil; CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos; COMGAP – Comando-Geral de Apoio; COMGAR – Comando-Geral de Operações Aéreas; COPAC – Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate; CTEX – Centro Tecnológico do Exército; DCT – Departamento de Ciência e Tecnologia do Exército; DCTA – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial; DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo; IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço; IFI – Instituto de Fomento e Coordenação Industrial; IPqM – Instituto de Pesquisas da Marinha; ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica; MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia; SecCTM – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha.

exemplo, a necessidade de aviões pelos militares é de grande importância para Embraer, não apenas para diversificar suas atividades, mas como forma de acesso às tecnologias de ponta, que posteriormente serão utilizadas no desenvolvimento e produção de aeronaves civis (Motta, 2009, p. 55). O projeto buscou parcerias estratégicas e arranjos de pesquisa, como "inovação aberta" apresentada por Henry Chesbrough, combinando ideias internas e externas, focado na colaboração entre uma organização e seu ambiente envolvendo a indústria desde a fase de desenvolvimento, propiciando o atendimento à demanda atual e subsídio a um novo mercado.

O Projeto foi concluído em junho de 2010, com 59 voos de sucesso, incluindo a realização de navegação completamente autônoma. O Sistema de navegação e controle será incorporado no VANT de Reconhecimento Falcão em desenvolvimento pela Avibras, conforme informações do Coordenador do Projeto VANT, Engenheiro Aeronáutico Flávio Araripe.

Sabe-se que nem todas as capacitações são dominadas pelos responsáveis pelo projeto, onde algumas tecnologias utilizadas no protótipo são importadas, mas, com iniciativa do desenvolvimento no Brasil de modelos similares e adaptados (TELLES, 2008, p. 46).

4 Conclusão

Conclui-se que o desenvolvimento de projetos até a concepção de protótipos apenas se tornou possível devido à base de capacitação científica e tecnológica das ICT, à colaboração e compartilhamento do conhecimento e das atitudes governamentais para fomentar a inovação, ou seja, nas ICT não se pode vislumbrar um processo de inovação sem considerar a base de capacitação, os relacionamentos colaborativos e a pró-atividade governamental. Ter esses elementos complementares é delinear parte da estrutura do processo de inovação tecnológica.

O desenvolvimento da aeronave Bandeirante, na década de 60 é um exemplo de concepção, projeto e construção, por meios próprios. O desenvolvimento de VSB-30 trata da concepção de interna do projeto com busca de parceiros para complementar o seu desenvolvimento e por fim o desenvolvimento do Sistema de Navegação e Controle para VANT tem como base o envolvimento da indústria e clientes deste a concepção do projeto. Tal evolução é percebida no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Evolução de tecnologias versus Geração de estruturação dos processos de inovação.

TECNOLOGIA	PER.	CONCEPÇÃO	PARCEIROS	GERAÇÃO	MODELO/FERRAMENTA
Bandeirante	1960	Meios próprios	Não	2 ^a Demand pull	Stage-Gate
VSB-30	2001	Meios próprios	Em complemento ao desenvolvimento	3 ^a Acoplamento de P&D e Marketing	Ligações em cadeia (Chain-linked model)
SNC para VANT	2004	Conjunto	Na concepção do Projeto	5 ^a Integração de sistemas e de redes	Inovação aberta, combinando ideias internas e externas

Ressalta-se que são alguns exemplos, entre diversos outros já desenvolvidos, onde se poderia citar o desenvolvimento do helicóptero Beija-Flor, cujo protótipo fez seu primeiro voo em fevereiro de 1960, ou o desenvolvimento do processo de obtenção de titânio metálico (excelente substituto para o aço em aplicações estruturais) em 1980 ou mesmo a

obtenção da fibra de carbono em 1982 (material estratégico empregado principalmente nas indústrias aeroespacial, bélica e automobilística).

Os processos de inovação nas ICT evoluem dentro dos prismas dos modelos consagrados de inovação criando condições para a declaração e manutenção de maturidade do DCTA como Instituição Científica e Tecnológica.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para sistemas de gestão da P,D&I**. ABNT/CEE-130. Projeto 130:000.00-001, jul. 2011.

AZEVEDO, I. de Andrade. A relação Universidade-Empresa e a pesquisa tecnológica. In. MARCOVITCH, Jacques. **Administração em Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1983. p. 379-394

BRASIL. Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005. Regulamenta a Lei no 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, 2005.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, 2004a.

BRASIL. **Plano Setorial do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial**, 2011 (PCA 11-53). Departamento de Ciência de Tecnologia Aeroespacial. São José dos Campos - SP, 2011.

BRASIL. Portaria CTA nº 149/SDE, de 17 de dezembro de 2007. Define Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER) e dá outras providências. **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Brasília, 2007b.

BRASIL. Portaria CTA nº 57/SDE, de 8 de julho de 2008. Define o Instituto de Controle e Espaço Aéreo como Instituição Científica e Tecnológica (ICT) no âmbito do Comando da Aeronáutica. **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Brasília, 2008.

BRASIL. Portaria CTA nº 90/SDE, de 16 de julho de 2009. Define o Centro Logístico da Aeronáutica (CELOG) como Instituição Científica e Tecnológica (ICT) no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Brasília, 2009.

BRASIL. Portaria nº 72/GC6, de 1º de fevereiro de 2007. Regulamenta o pagamento de royalties no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Brasília, 2007a.

BRASIL. **Portaria Normativa nº 606/MD**, de 11 de junho de 2004. Ministério da Defesa. Brasília, 2004b.

CHESBROUGH, H. **Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology**, Harvard Business School Press: Harvard, MA, 2003.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Managing new product and process development: text and cases**. New York. The Free Press, 1993.

COOPER, R. G. Perspective. Third-Generation New Product Process. **Journal of Product Innovation Management**. v. 11, p. 3-14. 1994.

D'OLIVEIRA, Flavio Araripe. Informações sobre o Projeto VANT. **Relatório do Coordenador do Projeto VANT**. São José dos Campos: DCTA, maio de 2011.

GANGULY, A. **Business-driven research & development: managing knowledge to create wealth**. West Lafayette: First Ichor Business Books, 1999.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo. Atlas. 1991

GOMIDES, José Eduardo. **A definição do Problema de Pesquisa: a chave para o sucesso do Projeto de Pesquisa**. Revista do Centro de Ensino Superior de Catalão – CESUC. Catalão. Jan./Jun. 2002. ano IV, n. 6, p. 1-11. Disponível em <<http://www.fc.unesp.br/~verinha/ADEFINICAODOPROBLEMA.pdf>> acesso em 10 jan. 2012.

IAE, Instituto de Aeronáutica e Espaço. **Portfólio de Projetos do IAE** (Apresentação Institucional). São José dos Campos: IAE, 2008.

KASEMODEL, Carlos Antônio. **VSB-30: o primeiro Foguete Brasileiro Certificado**. Associação Aeroespacial Brasileira – Revista. n. 3, jan-mar 2010. Disponível em <http://www.aeroespacial.org.br/downloads/revista/AABRevista_N03_2010-Jan-Mar.pdf>, acesso em 11 abr. 2011.

KLINE, S.J.; ROSENBERG, N. **An overview of innovation**. NAP, 1986, p. 275-305.

LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

MOTTA, E. A. (Coord.) **Perspectivas do investimento nas indústrias baseadas em ciência**. Relatório integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil” - realizada pela UFRJ em parceria com a UNICAMP, em 2008/2009, financiada pelo BNDES. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009. Disponível em: <<http://www.projetopib.org>> acesso em 23 ago. 2010.

NIETO, Mariano. From R&D management to knowledge management: an overview of studies of innovation management. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 70, n. 2, p. 135-161, February 2003.

OCED. **Manual de Oslo: proposta de Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre Inovação Tecnológica**. FINEP, 2005.

ROTHWELL, Roy. Towards the Fifth-generation Innovation Process. **International Marketing Review**. v. 11, n. 1, p. 7-31, 1994.

TELLES, Márcia. No piloto automático. **Revista Inovação em pauta**. Brasília: FINEP, 2008. n. 2, p. 44-46.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução de Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2005.