

**CARLOS EDUARDO ROLFSEN SALLES**

**ACÚMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO LABORATÓRIO  
ASSOCIADO DE COMBUSTÃO E PROPULSÃO: UM ESTUDO DE CASO**

Coordenador Acadêmico: Paulo N. Figueiredo

Orientadores: Paulo N. Figueiredo e Saulo Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso MBA em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em Institutos de Pesquisa Públicos e Privados, curso de Pós Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV in company requisito para a obtenção do título de Especialista

1ª TURMA INPE

São José dos Campos – SP

2010

O Trabalho de Conclusão de Curso

**ACÚMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO LABORATÓRIO  
ASSOCIADO DE COMBUSTÃO E PROPULSÃO: UM ESTUDO DE CASO**

Elaborado por Carlos Eduardo Rolfsen Salles e aprovado pela Coordenação Acadêmica foi aceito como pré-requisito para obtenção no curso Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP'S, curso de Pós Graduação lato sensu, Nível de Especialização, do Programa FGV in company .

Data da aprovação: 07 de setembro de 2010

---

Paulo N. Figueiredo - Coordenador Acadêmico

---

Saulo Gomes - Orientador do TCC

## **Resumo**

Neste trabalho é feita uma análise sobre a capacitação tecnológica do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão na área de propulsão espacial considerando a evolução desta capacidade no período de 1980 a 2010. Define-se Competência em Propulsão Espacial como sendo o conjunto de competências acumuladas em quatro dimensões: Projeto, construção, integração e testes e análise e tratamento dos dados. Utilizando-se o modelo de aprendizagem tecnológica é estabelecida uma métrica através de quatro níveis de capacitação identificados no intervalo de tempo considerado.

**Palavras Chave:** Competências Tecnológicas, Capacitação, Propulsão Espacial

## SUMÁRIO

	Página
SEÇÃO 1	
Introdução.....	01
SEÇÃO 2	
Métrica para o exame da Acumulação de Capacidades Tecnológicas.....	03
SECAO 3	
Acumulação de Competências em Propulsão Espacial no LCP no período de 1980 a 2010.....	06
SECAO 4	
Conclusões .....	15
Referências.....	16

## 1 INTRODUÇÃO

Propulsão de uma maneira geral é o ato de se mudar o movimento de um corpo. Os mecanismos propulsivos fornecem uma força que move os corpos que estão inicialmente em repouso, mudam sua velocidade, ou vencem forças de arrasto quando o corpo é propelido através de um meio. Propulsão a jato é o um sistema de locomoção no qual uma força de reação é imposta sobre um dispositivo devido a variação da quantidade de movimento da matéria ejetada. Propulsão de foguetes é uma classe de propulsão a jato que produz empuxo pela ejeção de matéria estocada internamente chamado de propelente.

Satélites, para serem úteis, devem ser lançados de uma base na Terra através de um foguete de múltiplos estágios (Veículo Lançador de Satélites). Após a queima de todos os estágios o satélite é levado a sua órbita final através de motores de apogeu. A manutenção da órbita e o controle da atitude do satélite são feitos através de sistemas propulsivos monopropelentes (combustível decomposto num leito catalítico) e ou bipropelentes (Oxidante + combustível) líquidos. A vida útil dos satélites depende fortemente destes sistemas. Portanto, a capacidade em projetar e construir satélites depende do sistema propulsivo que deve estar integrado ao mesmo e que irá garantir o seu posicionamento durante sua vida útil.

O Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP) desde a sua inauguração em 1980 em Cachoeira Paulista vem acumulando competência em propulsão líquida através do projeto, construção e testes de protótipos tanto monopropelentes como bipropelentes. Possui o único laboratório da América Latina capaz de testar e qualificar propulsores monopropelentes e bipropelentes de até 200N de empuxo em condições de vácuo.

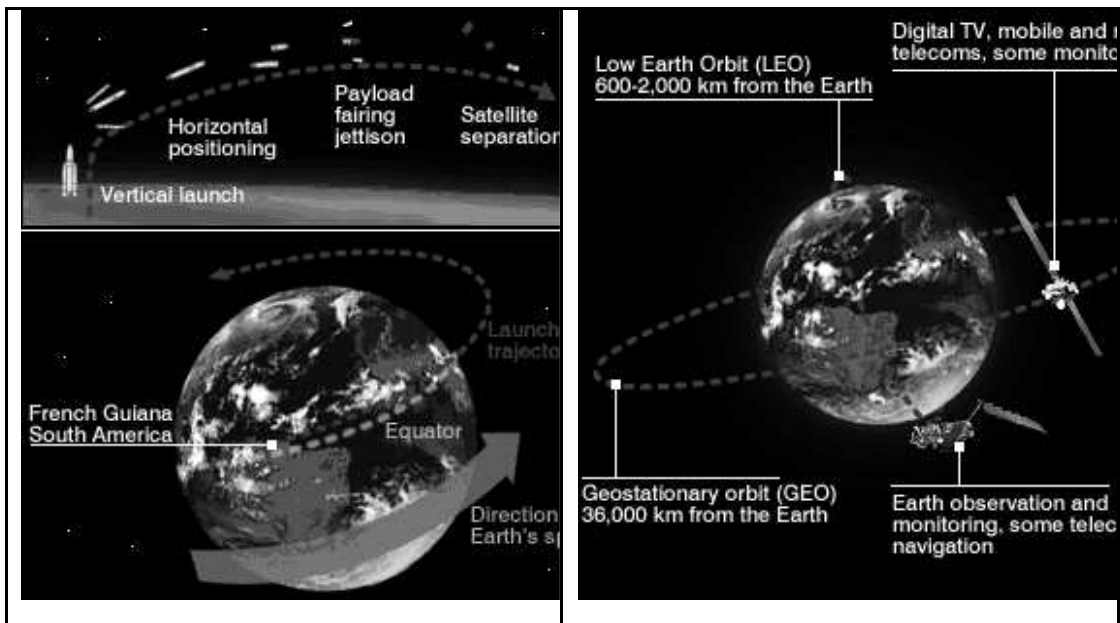


Figura 1 – Lançamento de um satélite e suas possíveis órbitas.

O INPE possui um plano de missões de satélites, denominado de Plano 2020 que impõem um grande desafio para a acumulação de capacitação em controle de atitude em três eixos. Portanto, o LCP pode contribuir nestas missões com a qualificação destes sistemas que serão embarcados.

Neste trabalho será feita uma análise sobre a capacitação tecnológica do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP) na área de Propulsão Espacial considerando a evolução desta capacidade no período de 1980 a 2010.

Define-se a Capacitação em Propulsão Espacial como sendo o conjunto de competências acumuladas em quatro dimensões:

- Projeto
- Construção
- Integração e Testes e
- Análise e Tratamento de Dados

Considera-se competência em Projeto a capacidade de se projetar sistemas propulsivos para aplicações em dispositivos espaciais (satélites, plataformas e naves espaciais) em missões de transferência e manutenção de órbitas, para o controle de atitude dos satélites ou para o controle de rolamento dos estágios superiores de veículos lançadores.

Considera-se competência em Construção a capacidade de se construir câmaras de combustão, eletro válvulas para o controle do fluxo de propelentes para a câmara de combustão e a capacidade de instrumentar o motor e integrá-lo a uma bancada de testes.

Considera-se competência em Testes a capacidade de se testar modelos de Engenharia, de Desenvolvimento e de Vôo de propulsores iônicos, monopropelentes, bipropelentes líquidos em condições que simulem as condições de espaço.

Considera-se competência em Análise e Tratamento de Dados a competência em se adquirir, armazenar e tratar os dados obtidos nos ensaios.

Na sessão 2 será apresentada a métrica utilizada para definir os graus de capacitação tecnológica em Propulsão Espacial.

Na sessão 3 será feita uma descrição do processo de acumulação desta competência no LCP durante os últimos tirta anos de existência do laboratório em Cachoeira Paulista.

E finalmente na sessão 4 serão feitas as conclusões e sugestões deste trabalho.

## **2 MÉTRICA PARA A AVALIAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EM PROPULSÃO ESPACIALNO LCP**

Utilizando-se o modelo de aprendizagem tecnológica apresentado por Figueiredo (2004) e nos exemplos descritos por Andrade e Figueiredo 2008, Rosal e Figueiredo 2006 e Figueiredo 2009 procurou-se estabelecer uma métrica que pudesse identificar de uma maneira geral a capacidade tecnológica de uma organização em projetar, construir, testar, analisar, tratar e armazenar os dados dos ensaios de qualificação de sistemas propulsivos para embarcar em missões espaciais.

A Tabela 1 apresenta quatro níveis de capacitação em Propulsão Espacial, básico, intermediário, avançado e o quarto adotado como fronteira tecnológica.

O nível 1 é o mais básico que trata dos conhecimentos mínimos necessários para quem se propõem a trabalhar na área de propulsão. Além da física matemática são necessários conhecimentos em Termodinâmica, Mecânica dos Fluidos Compressíveis e Incompressíveis, Combustão e Propulsão. Em geral este conhecimento pode ser obtido nas Universidades e Institutos de Pesquisa através de cursos de Pós Graduação. Porém, esta área de atividade, propulsão, é muito limitada no país, pode ser dividida em duas grandes áreas: uma chamada de pequena

propulsão, com propulsores de baixo a médio empuxo e a outra de grande propulsão, propulsores utilizados em veículos lançadores de satélites.

TABELA 1 – Nível de Capacitação Tecnológica em Propulsão Espacial

Nível	Projeto	Construção	Integração e Testes	Análise e Tratamento de Dados
Nível 1 Básico	Domínio dos conceitos básicos em propulsão obtidos em cursos de Pós Graduação			
Nível 2 Intermediário	Capacidade de projetar sistemas propulsivos para aplicações espaciais	Capacidade de construir protótipos destes sistemas	Capacidade de realizar testes de verificação de funcionamento destes sistemas	Capaz de adquirir poucas medidas sem cálculo de desempenho
Nível 3 Avançado	Capacidade de projetar sistemas propulsivos para aplicações espaciais	Capacidade de construir modelos de engenharia, desenvolvimento e de vôo destes sistemas	Capacidade de realizar testes de desenvolvimento e qualificação destes propulsores de até 200N de empuxo	Capaz de analisar, tratar, armazenar e capaz de calcular os parâmetros de desempenho do propulsor e obter o envelope de funcionamento
	Capacidade de projetar sistemas	Capacidade de construir modelos de	Capacidade de realizar testes de desenvolvimento	Capaz de analisar, tratar, armazenar e



Nível 4 Fronteira Tecnológica	propulsivos para aplicações espaciais	engenharia, desenvolvimento e de vôo destes sistemas	e qualificação destes propulsores de até 800N de empuxo	capaz de calcular os parâmetros de desempenho do propulsor e obter o envelope de funcionamento
----------------------------------	---------------------------------------	--	---	--

No nível 2, Intermediário, demonstra a capacidade de se projetar sistemas propulsivos para aplicações espaciais, construir protótipos e realizar apenas testes de verificação de funcionamento do propulsor sem poder entretanto medir o seu desempenho.

O nível 3, avançado, representa a capacidade atual do LCP na área de propulsão espacial. Neste nível, a organização deve possuir capacidade de testar propulsores monopropelentes e bipropelentes até 200N de empuxo em tiro contínuo de até quatro horas de duração mantendo-se o nível de vácuo em torno de 1mbar.

A Fronteira Tecnológica escolhida como referência, nível 4, a ser atingida é a de se ter capacidade de projetar, construir, de integrar e testar, em ambientes que simulem as condições do espaço, propulsores de maior empuxo (800N) utilizados como motores de aquecimento em satélites geoestacionários.

Como proposto por Figueiredo (2009) Capacidade Tecnológica consiste em um conjunto ou estoque de recursos à base de conhecimento tecnológico. É também denominada de “ativo cognitivo,” ou base de conhecimento da empresa ou instituição de pesquisas. As capacidades tecnológicas, por sua vez, derivam de mecanismos de aprendizagem tecnológica. Ou seja, enquanto a capacidade tecnológica é um estoque de recursos (à base do conhecimento tecnológico) a aprendizagem tecnológica é um processo que envolve vários mecanismos que captam diversos tipos de conhecimento tecnológico a partir de fontes internas e externas à instituição para transformá-los em capacidade tecnológica.

Tecnologia é um corpo específico de conhecimento fortemente ligado à engenharia. Segundo Keith Pavitt, tecnologia deveria ser entendida como um quantum de conhecimento retido por pessoas e organizações, resultado da experiência acumulada no projeto, produção, desenvolvimento de produtos e aprimoramento de processos que são na sua grande maioria tácitos. Pela perspectiva individual o conhecimento tácito é aquilo que certas pessoas sabem como fazer, mas dificilmente sabem contar ou escrever como fazem, reflete talentos e experiências natas e/ou

adquiridas e aprimoradas ao longo do tempo. Para o nível organizacional e do ponto de vista tecnológico e empresarial, o conhecimento tecnológico pode ser subdividido em tácito ( não codificável e codificável) e codificado. Portanto, a capacidade tecnológica é um estoque de recursos, baseados no conhecimento tecnológico, que pode ser armazenado em pelo menos quatro componentes:

#### 1 Capital Físico – Sistemas técnico-físicos

A capacidade tecnológica, além de acumulada na mente das pessoas é também acumulada e incorporada nos sistemas físicos construídos ao longo do tempo como máquinas, equipamentos, software, base de dados, etc..

#### 2 Capital Organizacional - Tecido e sistemas organizacionais e gerenciais

As capacidades são incorporadas e acumuladas no tecido ou sistema organizacional. Envolve as rotinas organizacionais, procedimentos e normas, dos processos administrativos da empresa, técnicas de gestão (sistemas da qualidade). O conhecimento flui através das áreas funcionais, das regras gerenciais e das estruturas organizacionais, etc..As rotinas organizacionais representam o DNA de suas capacidades tecnológicas.

#### 3 Capital Humano

Parte da capacidade tecnológica é incorporada na mente dos engenheiros, dos gerentes, dos operadores, dos técnicos e de outras pessoas da organização. Tal dimensão é expressa por meio da sua educação formal e aprendizagem, mas principalmente da experiência acumulada, das habilidades, destreza e talentos acumulados, ou seja, os elementos-chave do seu conhecimento tácito.

#### 4 Produtos e serviços

Outra parte das capacidades está incorporada nos produtos e serviços que são projetados, desenvolvidos, fornecidos e comercializados pela empresa com base nos seus sistemas técnico-físicos, pessoas e sistema organizacional. Não devem ser vistos como o resultado dos outros três componentes.

Em resumo, a capacidade das empresas para criar, adaptar, gerir e gerar estes quatro componentes e a interação entre eles é denominado de Capacidade Tecnológica.

### **3 Acumulação de Competências em Propulsão Espacial no LCP no período de 1980 a 2010**

A aplicação da métrica adotada resultou nas curvas de trajetórias de acumulação de capacidade em Propulsão Espacial para as quatro dimensões no LCP durante os últimos trinta anos.

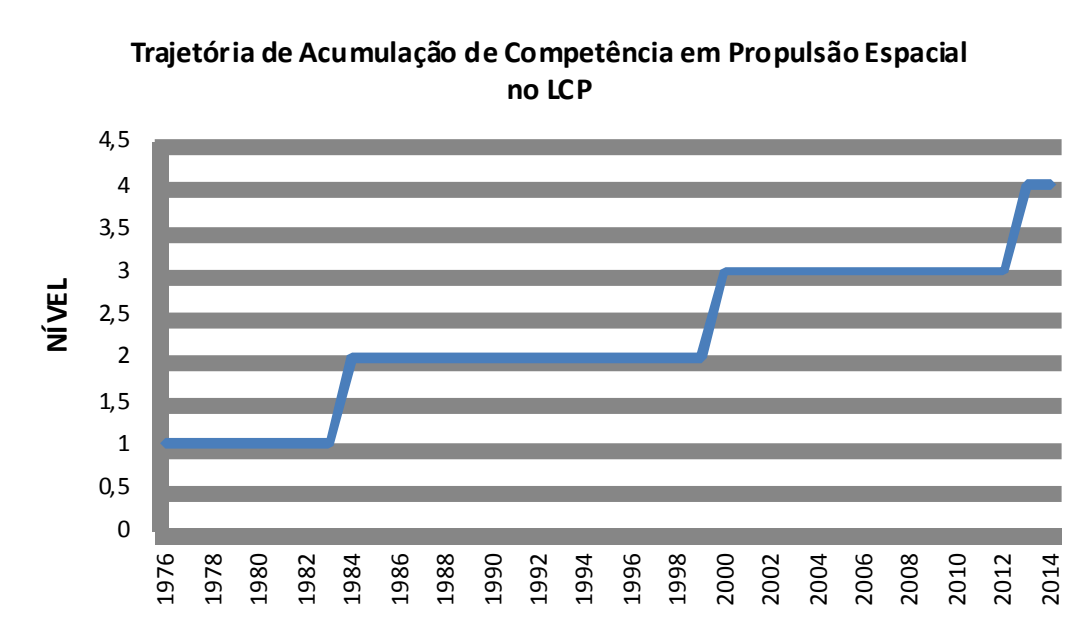


Figura 1 – Níveis de competência LCP

O Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP) foi instalado, em 1968, inicialmente na unidade do INPE de São José dos Campos, sob a designação de Laboratório de Processos de Combustão. Tal laboratório foi idealizado para assessorar o governo, a universidade e a indústria na concepção, no desenvolvimento e na otimização de sistemas não apenas propulsivos, mas, em geral, de combustão. Atendia-se, assim, à orientação da Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE)<sup>2</sup> de criar uma entidade civil que pudesse, mais ainda, coordenar aquelas atividades também no âmbito espacial. Nesta época, investiu-se na formação de recursos humanos, sendo criada a opção de pós-graduação em nível de mestrado em combustão e propulsão, dentro do curso de pós-graduação em ciências espaciais e atmosféricas, a fim de que houvesse a criação de uma densidade crítica de recursos humanos que viabilizasse o laboratório para a execução da missão a ele atribuída. Além disso, foi incentivada a realização de programa de doutorado, paralelamente ao oferecimento de estágios ligados às áreas de estudo, tanto no país quanto no exterior (**Nível 1**).

Em 1976, o laboratório foi transferido para instalações provisórias do INPE em Cachoeira Paulista. Essa transferência foi ditada pela necessidade de manuseio, de realização de testes com substâncias perigosas (propelentes, explosivos, materiais químicos, etc) e, portanto, de espaço para operação com segurança.

Em 1979, o estabelecimento da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB)<sup>3</sup> previa o desenvolvimento pelo LCP de um sistema propulsivo monopropelente para satélites de sensoriamento remoto, empregando a decomposição catalítica de hidrazina ( $N_2H_4$ ). No mesmo ano, foram iniciadas as obras de construção do prédio de pesquisadores e do prédio de ensaios de propulsão e combustão.

Portanto, o LCP permaneceu no nível 1, dando ênfase a formação de recursos humanos, investindo na formação de mão de obra especializada para a implantação de um laboratório de Combustão e Propulsão. O gráfico abaixo mostra a evolução do Capital Humano do LCP desde o seu início em 1976 com apenas quatro funcionários até atingir 26 funcionários em 1984.

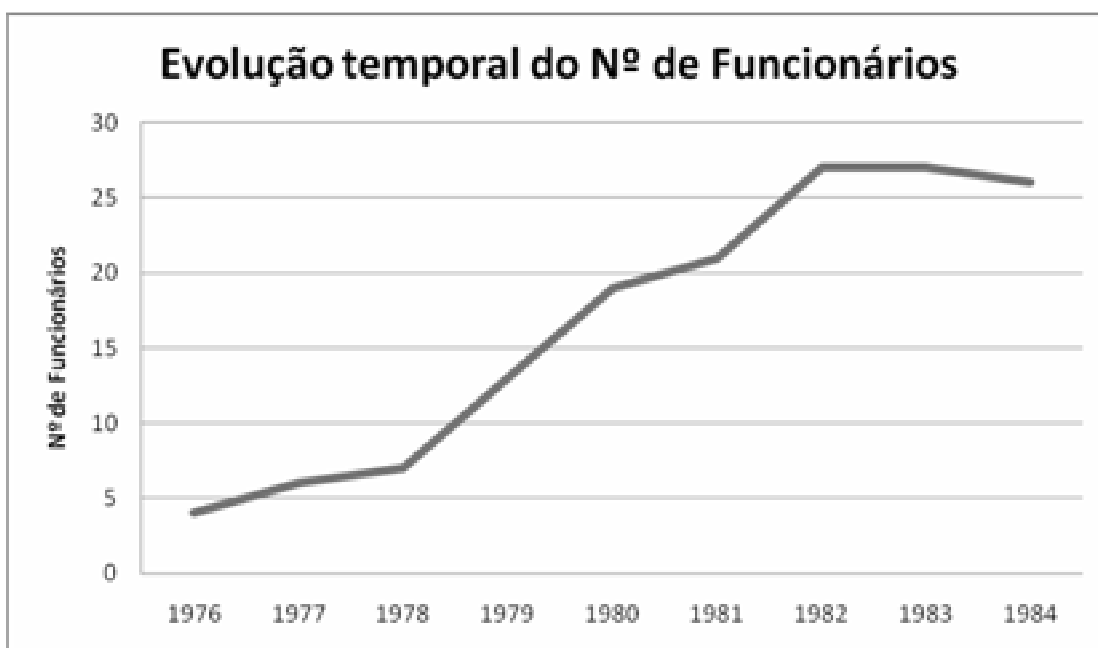


Figura 2 – Nº de Funcionários do LCP

O Capital Físico, no início era composto de duas salas em São José dos Campos no Prédio BETA e uma casa de 100 m<sup>2</sup> aproximadamente em Cachoeira Paulista.

Em 1980, foram inaugurados os prédios de pesquisadores e de ensaios de propulsão e combustão. Ainda em 1980, foi instalado o laboratório químico no prédio de pesquisadores, para síntese e desidratação de hidrazina.

Em 1983, foi iniciado o desenvolvimento de catalisadores para a decomposição da hidrazina, com o apoio do Prof. Guy Pannetier, da Universidade de Paris VII, que foi o responsável pelo desenvolvimento do catalisador francês CNESRO. Neste mesmo ano, foi estabelecido o procedimento de cálculo para o dimensionamento de micropropulsores a hidrazina.

Em 1984, foi testado no LCP o primeiro protótipo de micropropulsor monopropelente a hidrazina com empuxo de 2 N, em condição ambiente. (Nível 2)



Figura 3 – Jornal Espacial CNPQ/INPE anoXI nº 55 Abril/Maio/Junho 1984

Portanto, após 1984, a capacidade tecnológica do LCP chegava ao nível 2.

Em 1985, foi realizado no LCP o 1º Workshop de Combustão e Propulsão, com a participação de pesquisadores do LCP e de outras instituições. No mesmo ano, o Dr. Gilberto Marques da Cruz, após estágio na França com o Prof. Guy Pannetier, transferiu para o LCP o procedimento de impregnação da alumina com irídio. Ainda em 1985 foi aprovado um projeto FINEP, sob coordenação do Dr. João Andrade de Carvalho Jr., para desenvolvimento de pesquisa na área de combustão pulsante, visando o estudo de instabilidades de combustão em combustores e propulsores. Tal projeto contou com a colaboração do Prof. Ben T. Zinn da universidade Georgia Tech que foi consultor internacional do LCP desde o fim da década de 1970.

Em 1986, foi instalado o equipamento BET para medida de área específica total, área específica metálica e porosidade de catalisadores. Neste ano foi construído e testado um combustor de Rijke para queima de carvão, álcool e GLP, dentre outros. Várias consultorias a empresas privadas e públicas passaram a ser realizadas na área de combustão.

Em 1987, foi realizado o 2º Workshop de Combustão e Propulsão, com organização do LCP.

Em 1989, foi realizado o 3º Workshop de Combustão e Propulsão na FTI em Lorena, com organização do LCP.

Em 1990 foi criado o projeto BIPROL com a FINEP para o desenvolvimento de sistemas propulsivos bipropelentes líquidos.



Figura 4 – Jornal Folha de São Paulo, Caderno Ciência, 18/01/1991

Em 1992 o LCP, que era subordinado ao Centro de Tecnologias Associadas do INPE em São José dos Campos, passou a ser subordinado ao Centro Espacial de Cachoeira Paulista. No mesmo ano, foram preparados e testados catalisadores de carbetos para decomposição de hidrazina. O desenvolvimento de carbetos se deu a partir de sugestão apresentada pelo Prof. Djega-Mariadassou, da Universidade de Paris V, em visita ao LCP em 1991. Ainda em 1992, foram iniciados estudos de queimadas na Amazônia com a realização de queimadas experimentais na região de Manaus.

Em 1994, foi iniciado, junto à CAPES, a tramitação do processo de recredenciamento do curso de pós-graduação em Combustão e Propulsão, desmembrado do curso de Ciências Espaciais e Atmosféricas. Em 1996, o curso foi denominado de Engenharia e Tecnologias Espaciais.

Em 1995, a Agência Espacial Brasileira (AEB) estabeleceu acordo com o “Centre Nationale d’Études Spatiales” (CNES) da França para cooperação na área de sistemas propulsivos de satélites.

Em 1996, no escopo do acordo com o CNES, foi realizada uma concorrência internacional visando a implantação de um banco de testes com simulação de altitudes para propulsores de satélites mono e bipropelentes, com empuxos de 20 a 200N. Neste mesmo ano, houve a aprovação pela FAPESP de projetos de modernização de infra-estrutura para a melhoria de instalações do LCP, a aquisição de equipamentos para a montagem de um banco de testes de propulsores em condições atmosféricas (BTCA) e a aquisição de equipamentos para um projeto de tomografia computadorizada de chamas. Ainda em 1996, foram testados catalisadores de carbetos de tungstênio e molibdênio em um propulsor de hidrazina de 2 N.

Em 1997, foram iniciadas as obras dos prédios para instalação do banco de testes para propulsores de satélites com simulação de altitudes. Ainda em 1997 foi aprovado um projeto na área de propulsão, dentro do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência – PRONEX, do Ministério da Ciência e Tecnologia. Ainda em 1997, foram fomecidos catalisadores de irídio e alumina produzidos no LCP para carregamento de propulsores do subsistema propulsivo de uma plataforma suborbital, projetada pelo INPE, para experimentos de micro gravidade, no entanto, o lançamento da plataforma foi mal sucedido.

Em 1999, foi inaugurado o Banco de Testes com Simulação de Altitudes (BTSA) pelo Vice-Presidente da República, Marco Maciel, e diversas autoridades (**Nível 3**). Também em 1999, foi implantado o laboratório de análise de propelentes (LANAP) para dar suporte aos testes de propulsores.





Figura 5 – Inauguração do BTSA

Portanto, a partir do final de 1999, o LCP atingia finalmente o nível 3. A evolução do Capital Físico durante a transição entre os níveis 2 e 3 pode ser observada do gráfico abaixo.

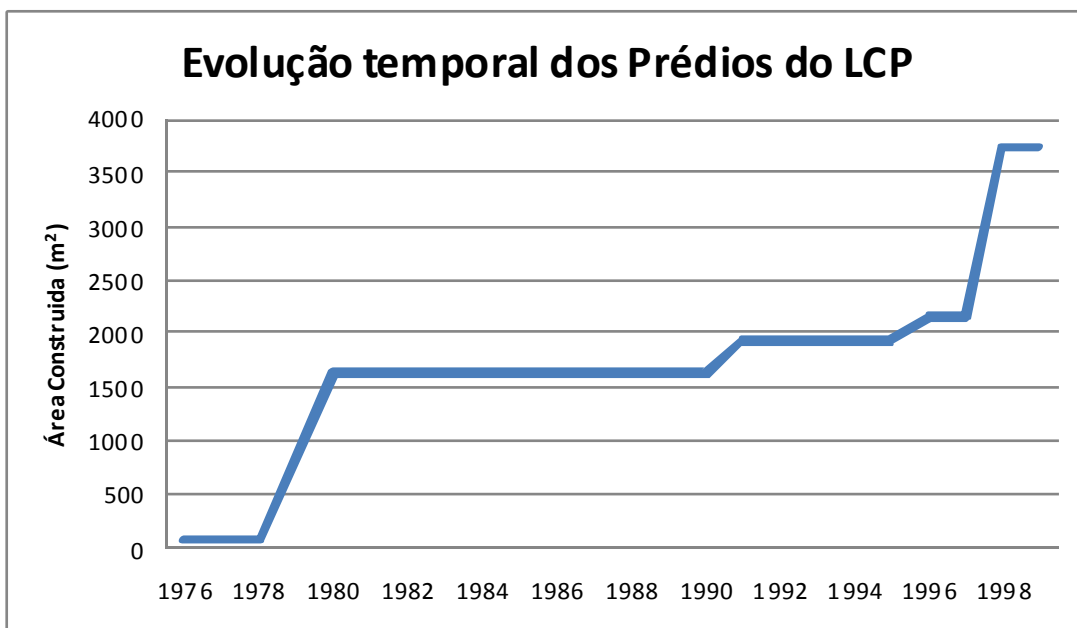


Figura 6 – Infra Estrutura Predial do LCP

O Capital Humano durante o período de 1984 a 1999 como pode ser observado no gráfico abaixo mostra um crescimento significativo no número de funcionários até 1995, iniciando-se a partir daí uma queda acentuada retornando a patamares do nível 2.



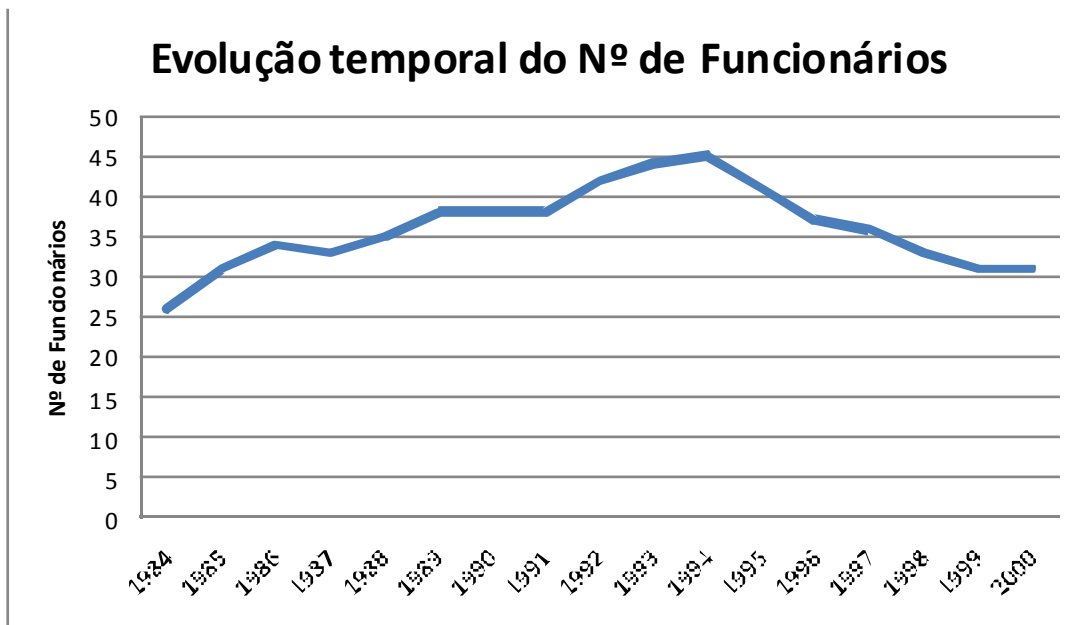


Figura 7 – Nº de Funcionários no período de 1984 a 1999

Portanto, a partir do início do ano 2000 o LCP atingia seu nível de excelência na qualificação de sistemas propulsivos monopropelentes e bipropelentes líquido. A partir deste ponto o LCP estava pronto para dar suporte ao programa espacial brasileiro e a possíveis clientes externos.

Em 2000, foram qualificados três motores de 200N da SEP que foram utilizados no projeto ATV da ESA, agência espacial européia.



Figura 8 – Motor de 200N – Projeto ATV

Em 2001, foram realizados no BTSA ensaios do motor de rolamento do Veículo Lançador de Satélites, VLS, do CTA/IAE.



Figura 9 – Motor de 400N IAE/CTA

Em 2002, pesquisadores do LCP participaram da criação da Rede de Turbinas a Gás (RTG). Ainda em 2002, foi feita, através da RTG, uma proposta de ação induzida junto ao CNPq para a formação de doutores em combustão no exterior.

Em 2003, foi testado, no BTSA, protótipo de propulsor de plasma pulsado usando tetrafluoretileno como propelente. Ainda em 2003, a ação induzida para formação de doutores em combustão no exterior foi aprovada pela Diretoria do CNPq.

Em 2004, foram realizados testes no BTSA de um modelo de engenharia do propulsor monopropelente a hidrazina de 5N, desenvolvido pela empresa Fibraforte de São José dos Campos, SP, empregando o catalisador americano Shell-405. Neste mesmo ano também foram realizados os testes de longa duração do catalisador nacional LCP-33R, contendo 33 % em massa de irídio, mostrando um desempenho similar ao do catalisador americano.



Figura 10 – Imagem de Infravermelho de um propulsor de 5N

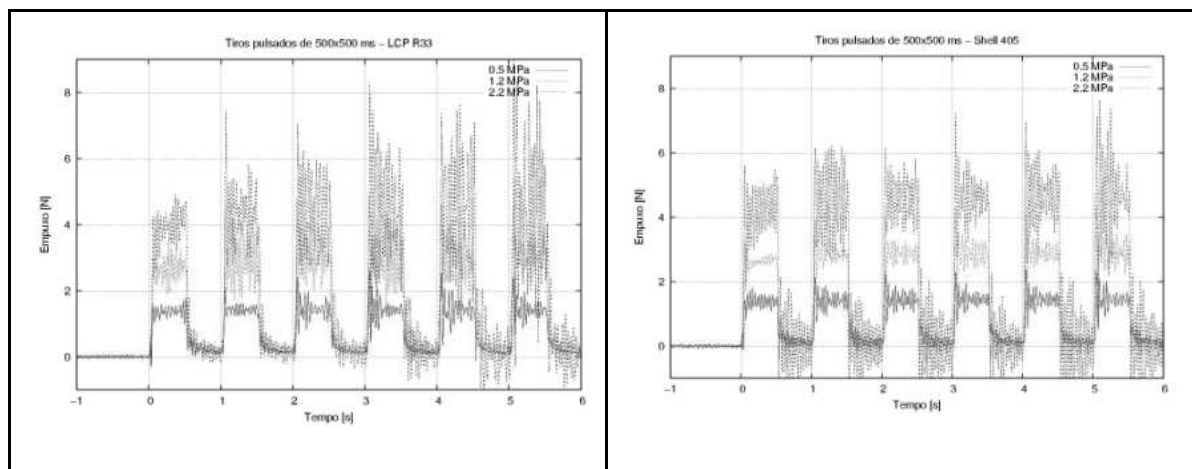


Figura 11 – Testes de um motor de 5N Partidas a frio

Em 2006, o LCP voltou a ser subordinado à Coordenação de Laboratórios Associados (CTE). Neste ano, foram adquiridos equipamentos através da ação referente a tecnologias associadas a motores de propelente líquido, da Agência Espacial Brasileira, incluindo sistemas de aquisição de dados, imageamento térmico, aparelho de quimissorção e cromatógrafo a gás. Neste mesmo ano, o LCP recebeu a doação da Universidade de Southampton de uma câmara de vácuo de 250 litros para testes de propulsores elétricos. Ainda em 2006, foi construído e testado um protótipo de propulsor de plasma pulsado de duplo estágio.

Em 2007, o programa de pós-graduação em Engenharia e Tecnologias Espaciais, cuja opção em Combustão e Propulsão é coordenada pelo LCP, obteve nota 5 na avaliação bianual da CAPES. Neste mesmo ano, foi instalado o laboratório de nano-compósitos e nanofibras de carbono, visando o desenvolvimento de novos suportes catalíticos para aplicações ambientais e industriais e para reforço de compósitos poliméricos. Ainda em 2007, foram preparados e testados catalisadores de rutênio e alumina para decomposição de hidrazina.

Em 2008, foram construídas bancadas de testes de propulsores híbridos e de propulsores eletrotérmicos. Neste ano, foi testado um propulsor eletrotérmico catalítico de 0,2 N, usando óxido nitroso gasoso como propelente e um catalisador de rutênio e alumina. Ainda em 2008, também construído um modelo de vôo de propulsor de plasma pulsado de duplo estágio, para teste no satélite UNISAT V da Universidade de Roma.

Em 2009, foi inaugurado o laboratório de catálise ambiental, financiado pela Petrobras, para o desenvolvimento de tecnologia de combustão com recirculação química (Chemical Looping Combustion – CLC) visando a captura de gás carbônico em processos de combustão para a mitigação do efeito estufa. Neste mesmo ano, foram iniciados no BTSA os testes de qualificação dos propulsores de hidrazina de 5 N, produzidos pela Fibraforte, empregando catalisadores Shell-405, para uso na plataforma multimissão (PMM) do INPE. Ainda em 2009, foi organizada a II Escola de Combustão, com apoio do LCP, e foi testado um protótipo de propulsor híbrido de 350 N empregando parafina e óxido nitroso.

Ao longo de sua história, o LCP vem realizando estudos e testes de variados sistemas propulsivos, incluindo propulsores de satélites, motores de apogeu, motores de rolamento de veículos lançadores e estado-reatores subsônicos e supersônicos (RAMJETs e SCRAMJETs), além de desenvolver modelos teóricos e numéricos de câmaras de combustão de propulsores e simulações numéricas de escoamentos rarefeitos hipersônicos.

O LCP desenvolve atualmente um sistema de gestão da qualidade buscando adequar o BTSA e o Laboratório de Análise de Propelentes às exigências da norma NBR ISO/IEC 17025:2005 e um sistema de gestão ambiental para o tratamento de efluentes e vapores de propelentes para o controle ambiental de processos durante os ensaios de propulsores.

Na área de combustão foram realizadas no LCP, desde sua fundação, pesquisas sobre combustão teórica e aplicada, incluindo estudos de combustão pulsante, combustão industrial, queima de gotas e sprays, combustão de biomassa, inflamabilidade de materiais, injetores, fornos, queimadores e outros dispositivos, visando sempre ganhos de eficiência e redução do impacto ambiental. A combustão é uma ciência que permeia todos os setores da sociedade e é responsável por mais de 80% da energia gerada pelo homem. A poluição nas grandes cidades, as queimadas na Amazônia, a tecnologia aeroespacial, a queima do lixo urbano e a geração de energia elétrica são algumas das áreas ligadas diretamente com a combustão que têm grande importância para o país.

Os produtos e processos inicialmente desenvolvidos pelo grupo de catálise do LCP para fins propulsivos mostraram-se de interesse de inúmeras indústrias, dentre elas, a de refino de petróleo. Esta demanda gerou diversas formas de interação com instituições governamentais e privadas, envolvendo projetos de desenvolvimento de novos produtos e processos, contratos de fornecimento de produtos de alto teor tecnológico e programas industriais de controle de qualidade de catalisadores.

O LCP tem realizado convênios de cooperação científica nas áreas de combustão, propulsão e catálise com diversas universidades e institutos. Esses convênios mantêm os laboratórios com alto índice de utilização e permitem a constante aquisição e renovação de equipamentos, além de permitir colaborar de forma ativa com a formação de recursos humanos para as áreas científicas e tecnológicas.

#### **4 CONCLUSÕES**

O LCP nestes trinta anos de existência acumulou competência tecnológica na área de propulsão de satélites como evidenciado na seção 3 deste trabalho. Sendo o único laboratório deste porte na América do Sul pode contribuir não só com o programa espacial brasileiro bem como com os outros países latino americanos que possuem um programa Espacial. Com o desenvolvimento de um catalisador nacional e com as facilidades hoje existentes para a qualificação destes propulsores o Brasil se encontra na fronteira tecnológica no desenvolvimento destes dispositivos. **Considerando que a perspectiva de aposentadoria dos funcionários do LCP pode chegar a mais de cinquenta por cento no quadro atual realmente a situação torna-se crítica podendo levar a uma perda significativa desta capacidade já acumulada nestes trinta anos, portanto, o empenho da direção do Instituto é fundamental para que o Brasil se mantenha na fronteira tecnológica nesta área.**

## **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, R. F. E.; FIGUEIREDO, P. N. Dinâmica da acumulação de capacidade tecnológica e inovação em subsidiárias de empresas transacionais (ETNS) em economias emergentes: a trajetória da Motorola no Brasil. **Revista de Administração e Inovação**, v. 5, p. 74-94, 2008

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Plano diretor 2007-2011**: planejamento estratégico do INPE. São José dos Campos: INPE, 2007

PEREIRA, G. R. **Política espacial brasileira e trajetória do INPE (1961-2007)**. 2008. Tese (Doutorado) UNICAMP, São Paulo, 2008.

**PNAE AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA**. Programa nacional de atividades espaciais: PNAE 2005-2014. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.