

PG-EAM - Plano estratégico

Plano estratégico para o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica do ITA (PG-EAM)

Diagnóstico do estado atual do programa

Atualmente, o ITA realiza de forma institucional um processo de avaliação e revisão do seu papel frente ao DCTA e à sociedade brasileira. Neste sentido, estão em andamento diversos esforços que visam expandir o escopo da pesquisa realizada no ITA de uma pesquisa caracterizada por um baixo TRL (1 a 3) e desenvolvida de forma pouco integrada com a indústria, para uma pesquisa que, iniciando-se com a pesquisa básica, abrange um maior amadurecimento tecnológico, e realizada em parceria com a indústria, é alimentada pela necessidade industrial de inovação.

Esse processo de modificação do perfil da pesquisa desenvolvida no ITA iniciou-se já há algum tempo, com projetos pontuais. Um exemplo é o Projeto AME - Automação da Montagem Estrutural de Aeronaves, desenvolvido em parceria com a Embraer, e que resultou em inovações hoje incorporadas as novas linhas de montagens de aeronaves da Embraer.

O programa realizou um esforço interno para identificar e definir áreas prioritárias de pesquisa. Estas áreas são resultado da intersecção entre a demanda futura do setor aeronáutico e a capacidade de pesquisa existente hoje no ITA. Para cada área prioritária, foram entrevistados alguns professores do programa que atuam na área em questão. Foi solicitado aos professores que identificassem desafios, oportunidades, e tecnologias relativas a área. A atribuição de grau de inovação foi realizada considerando o potencial para geração de patente nos próximos 5 anos, o horizonte de tempo para incorporação da tecnologia em processos e/ou produtos industriais, e o domínio da tecnologia no Brasil e no mundo. A atribuição de grau de relevância foi realizada considerando a relevância da área para a força aérea brasileira, para o setor industrial aeronáutico e a relevância científica do tema.

A. Estruturas e Materiais Compósitos

1. Principais problemas/desafios/opportunidades da área

Visando melhoria de desempenho, conforto dos passageiros e redução dos custos de operação da aeronave, observa-se fortemente a consolidação das seguintes tendências: (i) desenvolvimento de novos materiais mais leves para aplicação em estruturas primárias de aeronaves, dentre os quais se destacam os materiais compósitos, (ii) novos conceitos de projeto e novos processos de fabricação e montagem integrada visando reduzir número de partes e junções de modo a obter redução de peso e custos. Nesse contexto os principais desafios e oportunidades nessa área são:

- Domínio tecnológico e capacidade de desenvolver, certificar, fabricar e garantir a aeronavegabilidade continuada de partes e componentes estruturais da aeronave fabricadas de material compósito;

- Desenvolvimento de critérios de projeto robustos e ferramentas numéricas para projetar de forma otimizada estruturas de material compósitos eficientes;

- Desenvolvimento e aprimoramento de técnicas para detecção, inspeção e reparabilidade de estruturas laminadas de material compósito, incorporando o uso de materiais inteligentes para monitoramento da saúde estrutural (Structural Health Monitoring);

- Desenvolvimento e fabricação de novas configurações de reforços tridimensionais em fibras de carbono e vidro visando melhorar a resistência dos laminados a delaminação tornando os compósitos mais resistentes e tolerantes a dano;

- Aprimoramento de processos de fabricação a base de infusão de resina para fabricação de estruturas aeronáuticas primárias a baixo custo;

- Desenvolvimento de compósitos carbono/carbono resistentes ao desgaste e altas temperaturas para aplicações aeroespaciais;

- Desenvolvimento de sistemas de resina tenacificados híbridos combinando as vantagens das resinas epoxidas e termoplásticas;

- Projeto e desenvolvimento de compósitos não-convencionais híbridos (Laminados Fibra-Metal (FML), nanocompósitos, compósitos estruturais para blindagem balística, estruturas do tipo sandwich)

2. Tecnologias relacionadas

- Programas computacionais de elementos finitos que incorporem modelos constitutivos fenomenológicos capazes de prever com precisão o comportamento estrutural dos compósitos nos regimes estático, dinâmico e vida em fadiga (durabilidade), levando em consideração os efeitos de não-linearidades físicas e geométricas;

- Técnicas avançadas de tecelagem aplicadas a reforços tridimensionais a base de fibra de carbono (braiding, stitching)

- Processos de fabricação via RTM (Resin Transfer Moulding), VaRTM (Vacuum Assisted Transfer Moulding), Bobinagem Filamentar, ATL (Automatic Tape Laying), RFI (resin film infusion) e FP (Fiber Placement).

- Automatização de processo de montagem de estruturas aeronauticas primárias de material composto.

- Junções coladas, co-curadas e obtidas via colagem secundária.

3. Avaliação da relevância: alta

A relevância foi considerada alta para a FAB e para o setor industrial, uma vez que as tecnologias desenvolvidas atendem tanto a aviação militar quanto a aviação civil. Baseado no potencial para geração de publicações e no interesse da comunidade acadêmica no tema, a relevância científica também foi considerada alta.

4. Avaliação do grau de inovação: médio

O potencial foi considerado médio para geração de patente nos próximos 5 anos, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais da ordem de 10 anos ou mais. O domínio da tecnologia no mundo foi considerado médio, enquanto no Brasil é classificado como baixo.

B. Logística

1. Principais problemas/desafios/oportunidades da área

O principal problema na área de logística voltada para sistemas complexos (especialmente os aeronáuticos) está relacionado à disponibilidade dos meios aéreos (fleet readiness assurance) e tudo o que é preciso fazer para lidar com estes problemas, desde o design dos sistemas, passando pela fase de operações e ciclo útil de vida, possíveis melhorias intermediárias até o descarte do sistema. Dadas as tecnologias disponíveis em TRLs mais altos e a complexidade sistêmica de se obter desempenhos em problemas multicritérios como os de suportabilidade de frotas de sistemas complexos, existe um paradoxo em que, muito embora tecnologias estejam disponíveis, os resultados ainda estão muito abaixo do potencial das ferramentas. A maior parte desta ineficiência é fruto da falta de entendimento dos problemas logísticos que afetam sistemas complexos desde o seu desenvolvimento, passando pela produção, mas principalmente durante o período de operação e suporte. São

identificadas as seguintes atividades críticas e oportunidades nesta área: planejamento de manutenção, gerenciamento de estoques, equipamento de teste e apoio, treinamento de pessoal, recursos de TI para manutenção e gerenciamento logístico, design voltado para logística e manutenção (design for maintainability, design for supportability, design for sustainability), e-maintenance, plano de manutenção dinâmico e customizável, gerenciamento de obsolescência.

2. Tecnologias relacionadas

As seguintes tecnologias devem ser combinadas de forma sinérgica em soluções para atender os desafios de logística: pesquisa operacional, big data, engenharia de sistemas logísticos, mineração de dados, fusão sensorial, otimização, inteligência artificial, RFID e serviços web.

3. Avaliação da relevância: alta

A relevância foi considerada alta para a FAB e para o setor industrial. Empresas aéreas e o Comando da Aeronáutica poderão se beneficiar do desenvolvimento na área de logística a partir de predição e melhor gerenciamento do ciclo de vida remanescente dos sistemas em uso e a serem adquiridos. Visto que os projetos do KC-390 e o Gripen-NG já são desta classe de sistemas e-habilitados, devem ser desenvolvidas as tecnologias que permitirão tirar proveito destes sistemas. Dado que o ambiente operacional do COMAER é diferente dos demais países, demandará integração de sistemas diversos para que a necessária fusão de dados venha a trazer vantagem competitiva em termos de disponibilidade e prontidão operacional. Empresas aeronáuticas como Boeing, Airbus e Embraer estão na corrida de desenvolvimento tecnológico para tirar proveito destas capacidades e os projetos nesta área terão forte contribuição da indústria. O interesse da comunidade científica no tema foi considerado médio.

4. Avaliação do grau de inovação: médio

O potencial médio para geração de patente nos próximos 5 anos, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais de 0 a 10 anos. O domínio da tecnologia no mundo foi considerado alto, enquanto no Brasil é classificado como médio.

C. Manufatura aeronáutica

1. Principais problemas/desafios/oportunidades na área

Os processos de manufatura do setor aeronáutico tem sido realizados de forma predominantemente manual e com uso intensivo de ferramentais dedicados de alto custo. Embora haja uma grande quantidade de prendedores e rebites nestes processos, o que representa uma grande oportunidade de automação, não houve uma evolução significativa no processo nas últimas décadas. O processo manual de furação e rebitagem atualmente em uso, apresenta falta de robustez devido à forte dependência de habilidade manual, agravada pela dificuldade crescente de reposição de mão-de-obra. A forte dependência de mão-de-obra pode tornar-se uma desvantagem competitiva para o setor, já que os custos de automação diminuem constantemente, tornando-se mais atrativos até mesmo em países com baixo custo de mão-de-obra. Fabricantes de aeronaves de outros países empregam grandes equipamentos para realizar processos de manufatura, especialmente montagens, de forma automatizada já há várias décadas. Estes equipamentos normalmente são dedicados a um produto, não possibilitando alterações entre modelos diferentes de aeronaves; por conseguinte, cada novo modelo demanda um equipamento diferente. Além disso, requerem grandes investimentos incompatíveis com a realidade brasileira. Nos últimos cinco anos, os grandes fabricantes de aeronaves estrangeiros sinalizaram o desenvolvimento versões compactas e flexíveis de equipamentos de automação de custo reduzido, aplicáveis a diversas aeronaves diferentes. Estas soluções representariam um diferencial competitivo para o setor aeronáutico Brasileiro, porém não há garantias de que o setor terá acesso a esta tecnologia no futuro, pois os desenvolvimentos são vinculados a outros fabricantes. Isto posto, o desafio e oportunidade para o setor aeronáutico é capacitar recursos humanos para projetar, desenvolver e testar sistemas flexíveis – sem ferramentais dedicados - e de baixo custo de automação para processos de manufatura do setor aeronáutico, adequado à realidade brasileira.

2. Tecnologias relacionadas

As seguintes tecnologias devem ser combinadas de forma sinérgica em soluções para atender os desafios de manufatura: robótica; automação industrial; ferramentais reconfiguráveis; montagem coordenada; simulação; comissionamento virtual (hardware-in-the-loop)

3. Avaliação da relevância: alta

A relevância foi considerada alta para a FAB, para o setor industrial, e sob a perspectiva científica. As soluções desenvolvidas são incorporadas pelo setor aeronáutico pois há – explicitamente – a demanda identificada para as soluções. Estas, por sua vez, são norteadas

por processos e ideias inovadoras que são sempre bem acolhidas por revistas e conferências científicas.

4. Avaliação do grau de inovação: alto

O potencial para geração de patente nos próximos 5 anos foi considerado alto, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais de 0 a 5 anos. Observa-se, no entanto, que a incorporação das soluções desenvolvidas nos laboratórios pela indústria constitui um problema ainda sem solução, pois não há empresas brasileiras posicionadas para transformar um protótipo funcional pleno (desenvolvido em laboratório) em um produto industrial para ser incorporado na linha de produção em um prazo inferior a cinco anos.

O domínio da tecnologia no mundo foi considerado alto, enquanto no Brasil é classificado como baixo. Os grandes fabricantes de aeronaves (Boeing e Airbus) e seus fornecedores de 1ª camada (Brödje, Eletroimpact, Gencor, MTorres, Alema) tem amplo domínio de processos de automação do setor aeronáutico. A tendência do setor aeronáutico brasileiro é importar soluções turn-key. Apenas recentemente houve o início do desenvolvimento de soluções em laboratório que, posteriormente foram transferidas para a indústria.

D. Materiais inteligentes

1. Principais problemas/desafios/oportunidades na área

- Desenvolvimento de ligas de alta entropia, com características de alta resistência mecânica, estabilidade térmica, resistência ao desgaste, resistência à oxidação e a corrosão. Estas características possibilitam aplicações em ferramentas, moldes, matrizes, peças mecânicas, entre outros. No setor aeronáutico tem aplicação para fabricação de trem de pouso, componentes de turbinas, carcaças de foguete, etc.

- Desenvolvimento de ligas com efeito de memória de forma, com aplicações no setor aeronáutico (amortecimento de som e vibração e com a função de sustentação mecânica; mudança de perfil aerodinâmico de asas (asas mórnicas), degelo automático de bordo de ataque de aeronaves; sistema de alarme contra incêndio com simultânea atuação para extinção) e no campo aeroespacial (mecanismo de liberação de painel solar de satélite, veneziana inteligente para controle de radiador de satélite, dispositivo para ignitor de foguetes

a propelente sólido entre outros). É considerado material estratégico e sua importação é bastante dificultada pelos países detentores da tecnologia.

- Integração de materiais inteligentes a estruturas aeronáuticas de tal forma que tal que atuadores e estrutura funcionem solidariamente em um mesmo corpo. Exemplo de aplicações são asa inteligente (smart wing), o rotor inteligente para helicópteros e bocal de turbinas.

- Otimização da conformabilidade de aços avançados de alta resistência mecânica (AHSS – Advanced High Strength Steels), o que pode propiciar a fabricação de componentes com menor seção transversal, a fim de otimizar a relação resistência/peso de estruturas mecânicas.

2. Tecnologias relacionadas

A produção de ligas de memória de forma e ligas de alta entropia com o uso de elementos refratários como o nióbio, molibdênio, tungstênio e tântalo deve envolver processos especiais como fusão em forno de feixe de elétrons (EBM – Electron Beam Melting), fusão em forno de indução a vácuo (VIM – Vacuum Induction Melting) e refusão em forno a arco (VAR – Vacuum Arc Remelting) devido a altas temperaturas envolvidas e a necessidade de proteção contra oxidação. Outras tecnologias necessárias são processos especiais de forjamento, laminação e trefilação, processos de soldagem por feixe de elétrons, soldagem a laser, soldagem por fricção (friction stir welding), usinagem e impressão 3D a laser.

3. Avaliação da relevância: alta

Dada o range das aplicações a relevância foi considerada alta para a FAB, para o setor industrial e do ponto de vista científico.

4. Avaliação do grau de inovação: médio

O potencial foi considerado médio para geração de patente, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais da ordem de 5 anos ou mais. O domínio da tecnologia no Brasil e no mundo foi considerado baixo.

E. Nanotecnologia e plasma

1/2. Principais problemas/desafios/oportunidades na área e tecnologias relacionadas

- Desenvolvimento de técnicas de síntese de nanotubos de carbono em grande escala visando, entre outras aplicações, o desenvolvimento de materiais compósitos termoestruturais utilizados em sistemas de proteção térmica de artefatos aeroespaciais.

- Desenvolvimento de metodologias de fabricação de sensores de pressão e células solares, baseados em filmes finos nanoestruturados obtidos por plasmas frios. Aplicações no setor espacial incluem produção de lubrificantes sólidos para uso em peças de satélite e no tratamento de borracha de uso no foguete VLS.

- Domínio de tecnologia necessária para a confecção de dispositivos (de escala nanométrica) empregados nas áreas de aeronáutica e espaço.

- Desenvolvimento de banco de ensaio (túnel de plasma) para teste de materiais utilizados em escudo de proteção térmica de sistemas aeroespaciais, com capacidade para gerar jatos de plasma de alta entalpia com velocidade hipersônica para simular condições do ambiente de reentrada atmosférica de veículos espaciais e ser usado para realização de ensaios e síntese de materiais constitutivos de escudos de proteção térmica de artefatos aeroespaciais.

3. Avaliação da relevância: alta

A relevância foi considerada alta para a FAB, para o setor industrial e do ponto de vista científico e acadêmico.

4. Avaliação do grau de inovação: alto

O potencial foi considerado alto para geração de patente nos próximos 5 anos, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais de até 5 anos. O domínio da tecnologia no mundo foi considerado médio, enquanto no Brasil é classificado como baixo.

E. Novos conceitos aeronáuticos

1. Principais problemas/desafios/oportunidades na área

Estudos de novos conceitos de aeronaves visam atender novas demandas de eficiência e desempenho para a redução da queima de combustível e emissão de poluentes, e para a redução dos custos de operação. Outra fonte de novos conceitos de aeronaves, também com demandas importantes de eficiência e desempenho, são os veículos aéreos não-tripulados (VANT's), empregados para reconhecimento de áreas e sensoriamento remoto, ou em substituição a satélites de comunicação.

A solução de engenharia para estas demandas são (i) o aumento da eficiência aerodinâmica, isto é, o aumento da relação sustentação por arrasto, que resulta em asas mais alongadas; e (ii) o aumento da eficiência estrutural, que resulta em estruturas mais leves

através do emprego de materiais de maior resistência e menor densidade. A consequência imediata é a redução da rigidez estrutural e o aparecimento de aeronaves muito flexíveis. Alguns problemas associados ao aumento de flexibilidade estrutural são:

- Acoplamento da dinâmica do voo e da dinâmica aeroelástica;
- Degradação das qualidades de voo pelo acoplamento da dinâmica da aeronave flexível com a dinâmica do piloto e indução de oscilações (pilot-induced oscillations, PIO);
- Dificuldade de filtragem da resposta aeroelástica no projeto de leis de controle do voo;
- Estabilidade aeroservoelástica.

Estes problemas impõem o desafio do desenvolvimento de modelos da dinâmica do voo acoplada com a dinâmica aeroelástica, que seja computacionalmente eficiente para simulação, e que permita uma nova forma de projeto de leis de controle incluindo efeitos de flexibilidade estrutural. Pode-se listar como oportunidades de pesquisa nesta área:

- Modelagem da dinâmica de voo acoplada à dinâmica aeroelástica;
- Desenvolvimento de modelos de ordem reduzida para a dinâmica de voo acoplada à dinâmica aeroelástica;
- Desenvolvimento de leis de controle do voo para aeronaves flexíveis, com a inclusão de efeitos aeroelásticos;
- Aeroservoelasticidade não linear;
- Estudo do efeito da flexibilidade estrutural sobre as qualidades de voo da aeronave, bem como sobre as oscilações induzidas pelo piloto (PIO);
- Técnicas de ensaios em voo para validação de modelos de aeronaves flexíveis;
- Estudo do emprego de materiais inteligentes em novas formas de atuação (comandos de voo) baseadas na deformação da aeronave.

2. Tecnologias relacionadas

Algumas das tecnologias envolvidas na proposta de novos conceitos de aeronaves são:

- Acoplamento entre dinâmica de voo, controle e aeroelasticidade;
- Controle de voo de aeronaves flexíveis, controle ativo de vibrações e aumento de conforto;
- Materiais inteligentes (piezelétricos, ligas de memória de forma);
- Superfícies sustentadoras controladamente deformáveis (morphing wing);
- Materiais compósitos;
- Construção e instrumentação de VANT's de grande alongamento, e protótipos flexíveis em escala para ensaio;

- Ensaios em voo com VANT's flexíveis e modelos em escala.

3. Avaliação da relevância: alta

A relevância foi considerada alta para a FAB, para o setor industrial e do ponto de vista científico e acadêmico. Os aspectos ligados ao aumento de flexibilidade estrutural discutidos acima têm impacto direto em aeronaves de transporte comercial, tendo, portanto, alta relevância para o setor industrial aeronáutico. Outra categoria de aeronaves influenciada pelo aumento da flexibilidade estrutural são os VANT's (veículos aéreos não-tripulados) de grande alongamento, que podem ser utilizados para fins civis e militares como sensoriamento remoto e defesa territorial, ou substituir satélites de comunicação. Outro grande impacto se dá em aeronaves cargueiras (a exemplo do KC-390, produzido pela EMBRAER para integrar a frota da Força Aérea Brasileira). Desta forma, destaca-se alta relevância para COMAER, FAB e DCTA.

Quanto a relevância acadêmica, pesquisas nesta área começaram a ganhar fôlego nas últimas duas décadas por necessidade da indústria. Um aumento expressivo de artigos versando sobre dinâmica e controle de aeronaves flexíveis em periódicos de excelente nível pode ser verificado nos últimos anos, o que classifica o tema como de alta relevância científica.

4. Avaliação do grau de inovação: alto

O potencial foi considerado alto para geração de patente nos próximos 5 anos, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais de 5 a 10 anos. O domínio da tecnologia no mundo foi considerado médio, enquanto no Brasil é classificado como baixo. O campo a ser explorado é ainda bastante vasto, no Brasil e no mundo. Muitas das tecnologias comentadas foram implementadas ainda em baixos níveis de TRL, sendo grande o potencial de patentes para os próximos anos. No exterior, o domínio da tecnologia pode ser considerado médio (não há ainda solução fechada para grande parte dos problemas listados). No Brasil, ainda poucos grupos estão se qualificando para atender esta demanda. Algumas tecnologias já estão sendo abordadas em projetos de pesquisa em andamento, com possível inclusão de resultados no processo produtivo nos próximos 5 anos. O fomento desta área de pesquisa pode levar ao desenvolvimento de tecnologias nos próximos 5 anos, que poderão ser incluídas no processo produtivo em 10 anos.

G. Propulsão e energia

1. Principais problemas/desafios/opportunidades na área

As tecnologias envolvidas no projeto de turbinas a gás incluem-se no conjunto de tecnologias que podem ser utilizadas de alguma forma para a área militar, e que, conseqüentemente, são protegidas pelos seus governos. É improvável que os países detentores de conhecimentos para a manufatura de produtos de alto teor tecnológico irão transferir conhecimento para outros países, exceto no caso de uso da mão-de-obra desses, para baratear custos de produção, fabricação e manutenção. Isso ocorre no Brasil, por exemplo, nas empresas multinacionais de turbinas a gás, instaladas em locais estratégicos. No caso das turbinas a gás, os funcionários conhecem muito bem a forma de se realizar o overhau desses motores, mas nada, absolutamente nada, sabem a respeito de como são projetados e manufaturados os componentes. Neste sentido, hoje, o principal desafio no âmbito de turbinas é dominar todo o ciclo de desenvolvimento destes equipamentos no Brasil. O projeto da Turbina Aeronáutica de Pequena Potência (TAPP) desenvolvida por pessoal capacitado do DCTA/ITA/IAE/APA com fundos da FINEP e de empresa privada na área de turbinas a vapor constituiu um importante passo neste sentido. Atualmente, a TAPP segue o plano de ensaios e testes em banco de ensaio projetado. É importante, para consolidar o desenvolvimento do setor industrial, que o conhecimento existente seja passível de adaptação para se projetar e construir outros motores de diferentes faixas de potências e/ou empuxo, de forma a atender também outros setores.

Para o futuro, colocam-se também os seguintes desafios:

- Projeto de motores híbridos (combustão e elétrico) para redução de emissões e ruído.
- Desenvolvimento de sistemas de propulsão para biocombustível e fontes de energia renováveis aplicadas a aeronáutica.

2. Tecnologias relacionadas

Tecnologias diversas das áreas de Engenharias Mecânica, Aeronáutica, Eletrônica, Computação, Matemática, Metalúrgia, Materiais, Manufatura e Química.

3. Avaliação da relevância: alta

A relevância foi considerada alta para a FAB, para o setor industrial e do ponto de vista científico e acadêmico.

4. Avaliação do grau de inovação: médio

O potencial foi considerado baixo para geração de patente nos próximos 5 anos, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais de cerca de 5

anos. O domínio da tecnologia no mundo foi considerado de alto para os seguintes países: EUA, Inglaterra, Rússia, França, enquanto no Brasil é classificado como médio.

H. Sistemas autônomos

1. Principais problemas/desafios/oportunidades na área

- Navegação robusta por fusão de medidas de unidade de medição inercial com uma ou mais câmeras.

- Fusão de múltiplos sensores para navegação e mapeamento robustos em ambientes desconhecidos. Num esquema desse tipo, pode-se pensar na fusão de câmeras diversas, sensores inerciais, magnetômetros, altímetros diversos, sensores de distância (IR e/ou ultrassom), etc.

- Guiamento robusto a incertezas, variações paramétricas e distúrbios de plataformas diversas, incluindo aéreas, terrestres, subaquáticas e espaciais.

- Guiamento de múltiplas plataformas robóticas em formação, com prevenção de colisões e desvio de obstáculos.

- Guiamento de plataformas robóticas com prevenção de obstáculos.

- Simulação Hardware-In-the-Loop (HIL) para prototipagem rápida de sistemas de controle, guiamento e navegação de veículos autônomos.

2. Tecnologias relacionadas

- Computadores embarcados dotados de sistemas operacionais de tempo real, com grande capacidade de processamento;

- Sensores diversos, com boa precisão/exatidão. Inclui-se aqui os acelerômetros, girômetros, magnetômetros, LIDAR, SAR, câmeras diversas, radar altímetro, sensores de distância (ultrassom, IR), etc.;

- Plataformas robóticas diversas. Inclui-se aqui os VANTs remotamente pilotados dos tipos multicóptero, balão dirigível, aeroplano, helicóptero convencional, carro, submarino, etc.;

- Cluster de computadores para projeto e avaliação de leis de controle/guiamento e algoritmos de navegação usando simulações Monte Carlo.

3. Avaliação da relevância: alta

A relevância foi considerada alta para a FAB, para o setor industrial e do ponto de vista científico e acadêmico. O interesse da comunidade científica por tais problemas é justificado

pela relevância dos desafios na atual corrida tecnológica internacional no que diz respeito aos sistemas autônomos. Adicionalmente, destaca-se que a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico em sistemas autônomos, em especial os sistemas aéreos (como os VANTs e os foguetes diversos) e espaciais (como os satélites) estão intimamente relacionados à missão do DCTA.

4. Avaliação do grau de inovação: alto

O potencial foi considerado alto para geração de patente nos próximos 5 anos, com horizonte de tempo para incorporação em produtos e processos industriais de 5 a 10 anos. O domínio da tecnologia no mundo foi considerado médio, enquanto no Brasil é classificado como baixo. Com relação ao potencial de inovação associado aos problemas levantados, avalia-se haver um grande potencial para registro de patentes por se tratar de tecnologias ainda imaturas no mundo todo.

I. Sistemas embarcados

1. Principais problemas/desafios/oportunidades na área

A maioria (mais de 95%) dos sistemas computadorizados (hardware e software) é do tipo embarcado (propósito específico), em contrapartida aos computadores de propósito geral. No Setor Aeronáutico este fato é ainda mais marcante. Os problemas estão relacionados à redução do consumo de energia, automação de funcionalidades e tomada de decisões por meio de Inteligência Artificial. A miniaturização e padronização dos circuitos e memórias (de custo elevado para projetar e construir), é o principal desafio no hardware. Quanto ao software, identificam-se os seguintes desafios:

- Aumento da capacidade de processamento por meio do uso de processadores multicóres
- Garantia de segurança (security) de sistemas embarcados contra ataques mal intencionados
- Garantia de segurança (safety) de sistemas complexos, com qualidade, confiabilidade, e testabilidade, em particular considerando o desenvolvimento por métodos ágeis.

No caso brasileiro, a oportunidade presente é atuar no desenvolvimento de software, o que requer muito menos investimentos e é crucial para a operação dos sistemas computacionais embarcados. A atuação no hardware não deve ser descuidada, mas a resposta ao investimento (muito maior do que para o software) é bem mais lenta.

2. Tecnologias relacionadas

Tecnologias ligadas aos métodos modernos de desenvolvimento ágil de software, como o Scrum. Destaca-se também a necessidade de novas metodologias de safety assessment que considerem a interação entre componentes de sistemas complexos, tal como o STAMP/STPA.

3. Avaliação da relevância:

- Desenvolvimento ágil de software e desenvolvimento de métodos para garantia de security/safety de sistemas embarcados: relevância alta para o setor aeronáutico e DCTA, e relevância média do ponto de vista científico e acadêmico;

- Desenvolvimento de memórias: relevância baixa para o setor aeronáutico e DCTA, e também do ponto de vista científico e acadêmico;

- Desenvolvimento de hardware embarcado: relevância baixa para o DCTA, e média para o setor industrial e do ponto de vista científico e acadêmico;

4. Avaliação do grau de inovação:

Alto, com previsão de incorporação da tecnologia

Pontos fortes do programa

1. O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica (PG-EAM) do ITA, com início na década de 1960, tem contribuído de maneira expressiva nos vários setores da atividade brasileira e mais especificamente nos setores aeronáutico e aeroespacial, áreas a que o ITA está tradicionalmente atrelado.

2. Os egressos do ITA (tanto de graduação como os de pós-graduação) atuam fortemente em outros setores da economia e, nas áreas acadêmicas tem contribuído para a nucleação de centros de pesquisa em instituições além do ITA. Particularizando, o PG-EAM, além da pesquisa básica, tem um forte vínculo com institutos e empresas responsáveis pelo desenvolvimento de produtos e processos para o setor aeronáutico e aeroespacial brasileiro. A consequência direta deste vínculo é a natureza tecnológica de muitos dos projetos e trabalhos do PG-EAM, que caracterizam uma contribuição essencial para o desenvolvimento deste setor no país em termos de inovação tecnológica.

3. Os professores do PG-EAM participam, colaboram ou coordenam vários projetos financiados por órgãos de fomento como a CAPES, FAPESP, CNPq, AEB e outros com o

setor privado como a EMBRAER e PETROBRÁS. Em 2019 os 29 projetos financiados dos docentes do PG-EAM em andamento totalizam R\$51.000.000,00, sem contar bolsas para alunos e professores. Tais projetos conjugam pesquisa acadêmica e desenvolvimento tecnológico, aliando produção intelectual e técnica.

4. Além dos artigos publicados em revistas, que apresentam índices com aumento substancial desde 2013 (dados em http://www.ita.br/sites/default/files/pages/consolidacao2013-2019_EAM.pdf), o programa teve nos últimos anos elevada produção técnica, relatada em artigos em anais de congressos (totalizando mais de quatro trabalhos por docente, a maioria em congressos internacionais), relatórios técnicos conclusivos associados a projetos (muitas vezes em parceria com a indústria), desenvolvimento de técnicas, processos e produtos. Deve-se salientar que os congressos na área de Engenharia Aeronáutica e Mecânica têm forte componente tecnológica, com a participação de indústrias e a apresentação de novas técnicas e dispositivos nas diversas áreas.

5. O PG-EAM conta hoje com um corpo docente diferenciado que busca melhoria contínua, sendo que 22 de 46 docentes (48%) são bolsistas de produtividade do CNPq. Esse índice continua elevado, mesmo com a inclusão de novos docentes permanentes no programa em 2018 e a saída de docentes aposentados.

6. O programa tem hoje forte internacionalização, e a maior parte dos docentes atua em projetos de cooperação internacional com universidades em diversos países.

Pontos fracos

1. Para a maior parte dos docentes e discentes a produção intelectual é de ótimo nível, mas há algumas linhas de pesquisa com menor desempenho. Em alguns casos em que problemas foram detectados, tem-se docentes recém-contratados pelo ITA e integrados na pós-graduação; em outros, tem-se grupos com queda na produtividade recente.

2. O ITA contratou 60 novos professores em um concurso em 2018, e recebeu outros 20 docentes de outras universidades por redistribuição. Boa parte dos novos professores é de recém-doutores, que precisam ser integrados no PG-EAM, mas ainda não têm grupo de pesquisa consolidado.

3. Há grupos de pesquisa relativamente consolidados no programa, mas de forma geral há baixa integração entre as diferentes linhas de pesquisa, apesar das mesmas terem potencial interdisciplinar.

Próximos passos para o programa

O plano estratégico do PG-EAM se estrutura para os próximos anos a partir da missão e visão do programa, que permitem definir metas, ações e métricas para a implementação. Os próximos itens apresentam um detalhamento de cada ponto.

Missão e visão do programa

Missão: promover, através da educação, do ensino e da pesquisa em nível de pós-graduação, o progresso das ciências e das tecnologias relacionadas com as atividades aeroespaciais.

Visão: Formar mestres e doutores que se tornem futuros líderes em pesquisa e desenvolvimento na academia e na indústria, por meio de pesquisa com impacto científico e tecnológico reconhecido nacional e internacionalmente

Metas

1. Aumento do impacto internacional da pesquisa e da formação de recursos humanos através de projetos de cooperação internacional que visam o compartilhamento de infraestrutura física e capacidade intelectual.

2. Diversificação das fontes de financiamento para alunos e projetos de pesquisa.

3. Aumento da atratividade do programa para alunos de alto nível.

Ações necessárias, e métricas

Meta 1:

1.1: inserção do PG-EAM no projeto de internacionalização do ITA (responsáveis: coordenadores dos subprojetos PRINT pertencentes ao PG-EAM; acompanhamento: avaliação do número de propostas submetidas);

1.2: inserção de novos docentes em grupos de pesquisa no ITA e internacionais (responsáveis: representantes de área, acompanhamento pela avaliação das colaborações dos novos docentes e de sua produtividade);

1.3: implementação de uma disciplina de seminários de pesquisa interdisciplinar em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, visando a maior colaboração entre discentes e docentes das diversas áreas (responsável: coordenador do programa, acompanhamento pela avaliação do desempenho dos alunos no curso e o aumento das cooperações registradas).

Meta 2:

2.1: priorização de demandas PROEX a docentes com financiamento de outras agências de fomento e indústria (responsável: CG-PROEX; acompanhamento pela avaliação do número de projetos financiados);

2.2: participação do PG-EAM no Doutorado Acadêmico Industrial (DAI), inclusive com chamadas internas ao programa (responsáveis: representantes de área; acompanhamento pela verificação dos doutorados submetidos e vigentes).

Meta 3:

3.1: palestras sobre a pós-graduação para alunos de graduação do ITA. (responsável: conselho do programa, acompanhamento pela avaliação do número de alunos de graduação inscritos no processo seletivo);

3.2: aumento do intercâmbio internacional utilizando os acordos de duplo diploma (responsável: conselho do programa, acompanhamento dos alunos participando da dupla diplomação).

