



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

JOANA D'ARC DIAS COSTA, Cap Eng

Uso de ambiente de simulação único e integrado para desenvolvimento de projetos no IAE

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

JOANA D'ARC DIAS COSTA, Cap Eng

Uso de ambiente de simulação único e integrado para desenvolvimento de projetos no IAE

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação

Orientador: Prof. Dr. André da Costa Gonçalves

Rio de Janeiro

2023

JOANA D'ARC DIAS COSTA, Cap Eng

Uso de ambiente de simulação único e integrado para desenvolvimento de projetos no IAE

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

Aprovado por:

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

Danilo Bichir, Cap Inf
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

RESUMO

Projetos de desenvolvimento na área de ciência e tecnologia comumente dependem de simulações computacionais, visto que estes artefatos são responsáveis por reduzir seus custos e tempo de desenvolvimento. O Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) é uma Organização Militar (OM) responsável por desenvolver e gerenciar projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) dentro do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) nas áreas aeronáutica, defesa e espacial, sendo esta última através do desenvolvimento de veículos lançadores e de sondagem. Como tal, o IAE comumente desenvolve em suas divisões ambientes de simulação capazes de responder certas questões como: *design*, desempenho e dispersão de ponto de impacto. No entanto, percebe-se uma baixa colaboração entre as divisões do Instituto, além da geração de vários simuladores específicos para cada tipo de veículo desenvolvido, acarretando em significativo retrabalho, que pode ser minimizado ao se desenvolver apenas um ambiente de simulação compatível para todos e, dessa forma, provocar uma redução de prazo e custo nos projetos. Além disso, a interação social proveniente do desenvolvimento conjunto de um simulador único e integrado traria sinergia à equipe de desenvolvimento e melhoraria a gestão do conhecimento no IAE, em particular a do conhecimento tácito, dado que esse tipo de conhecimento é desenvolvido através de prática, experiência, erros e acertos da equipe. Portanto, a partir do sucesso de um simulador nesses moldes, acredita-se que demais instituições da área de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação na FAB teriam ganho na gestão de seus projetos, promovendo o cumprimento da missão de forma eficaz e eficiente.

Palavras-chave: Simulação. Conhecimento Tácito. Tecnologia. P&D.

1 INTRODUÇÃO

O Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) tem como missão “Realizar Pesquisa, Desenvolvimento, Gerenciamento de Projetos e Serviços Tecnológicos nos campos aeronáuticos, de acesso ao espaço e de defesa, a fim de contribuir para o desenvolvimento de soluções científico-tecnológicas no campo do Poder Aeroespacial” (Brasil, 2023).

É de amplo conhecimento que os projetos ligados à área de Pesquisa e Desenvolvimento apresentam grande complexidade na sua execução, precisando quase sempre de ferramentas computacionais capazes de diminuir não somente custos, como prazos.

Simulações computacionais aparecem então como forma essencial de obter respostas sobre escolhas de *design*, desempenho e até aspectos relativos à segurança, como dispersão de ponto de impacto em veículos lançadores e mísseis, por exemplo. Dessa forma, sempre que novos veículos são propostos ou alterados, novos conjuntos de simulação precisam ser realizadas para que as questões anteriormente citadas sejam avaliadas.

É comum que cada subdivisão dentro do Instituto gere seu próprio simulador para avaliar os pontos específicos de cada área de estudo (dinâmica de voo, controle e propulsão), resultando em um grande número de simuladores desenvolvidos em diferentes linguagens de programação (Python, Matlab, LabView, Java, Delphi, etc.) que não conversam eficientemente entre si. No caso do ADAGA (Ambiente de Desenvolvimento dos Algoritmos de Guiamento e Apontamento), desenvolvido na Subdivisão de Controle, o simulador caiu em desuso uma vez que os novos servidores não tinham domínio da linguagem Delphi.

Além disso, esses programas costumam ser limitados ao tipo de configuração de veículo que está sendo estudada. Sendo assim, um simulador desenvolvido para um veículo suborbital como o VSB-30 não pode ser reaproveitado no desenvolvimento de um veículo lançador como o VLM, uma vez que estes possuem aspectos como forma de decolagem e número de estágios diferentes.

Este trabalho visa defender a proposta de desenvolvimento de um ambiente de simulação único e integrado entre as divisões do IAE de forma que vários projetos possam se valer desta ferramenta.

Dessa forma, essa prática resultará em redução de custo e tempo de desenvolvimento dos projetos do Instituto. Adicionalmente, a adoção de um simulador nesses moldes seria capaz de trazer sinergia às equipes de desenvolvimento, juntamente com a vantagem da gestão do conhecimento, em prol da missão do IAE em suas diversas áreas.

2 DESENVOLVIMENTO

Uma vez que os projetos na área de engenharia aeroespacial são caracterizados por possuírem longo prazo e alto risco, utilizam-se simuladores como ferramentas eficazes para diminuição destas variáveis e do custo. Assim, simulações computacionais são realizadas antes de ocorrer a aplicação prática do conceito ou fabricação do produto, de forma a diminuir as barreiras à inovação tecnológica.

No entanto, conforme enfatizado no artigo de Xin *et al.* (2016), a utilização de abordagens tradicionais de programação comuns a projetos de pequeno e médio porte acaba se tornando recorrente mesmo em grandes projetos, ocasionando perdas de recurso uma vez que a manutenção destes artefatos é naturalmente difícil e eles são raramente reutilizáveis para outras aplicações .

2.1 Quanto custa o retrabalho?

É consenso em qualquer ambiente que o retrabalho gera prejuízo. Nesse sentido, o artigo de Xiong *et al.* (2015) cita que a redução de tempo de desenvolvimento de itens aeroespaciais se tornou um problema emergente devido ao aumento da escala e da complexidade dos projetos nesse setor. Nesse sentido, os autores definem retrabalho como "refazer algum trabalho de *design* e melhorar o trabalho anterior, o que pode levar a atrasos no cronograma do projeto e aumento de custos" (Xiong *et al.*, 2015), que será o foco trazido neste trabalho.

O retrabalho é um assunto comumente abordado no desenvolvimento de produtos e suas naturezas e causas são estudadas até hoje. O artigo apresentado por Dullen *et al.* (2019) traz um exame deste tópico nos campos da engenharia e *design* a fim de entender mais profundamente como isso ocorre no Departamento de Defesa Americano (DoD). Segundo os autores, este é um fator relevante no tempo do ciclo de desenvolvimento do produto, representando até dois terços do esforço do

projeto e que não impacta apenas este Departamento. Uma pesquisa conduzida por Kennedy (2014 *apud* Dullen *et al.*, 2019) mostrou que grandes empresas gastaram de 70% a 80% de seu tempo de desenvolvimento em reformulação de projeto.

Este mesmo artigo traz como principal causa do retrabalho questões de projeto de engenharia na fase conceitual do ciclo de vida do produto, as quais são responsáveis por cerca de 86% do impacto de custo de todas as decisões de *design*. Mas esse não é apenas um óbice que atinge o Departamento de Defesa americano e outras corporações da indústria aeroespacial. O IAE também enfrenta esse problema, em especial, em aspectos como condução da engenharia de sistemas nos projetos do Instituto e deficiência de integração entre as suas divisões.

Vale ressaltar ainda que uma outra grande dificuldade, que demanda atenção no projeto de um ambiente de simulação integrado, advém do fato de que cada time possui domínio em linguagens de programação diferentes (Python, Matlab, LabView, Java etc.). Portanto, é essencial estabelecer um grupo de trabalho capaz de analisar a otimização entre tempo e custo de desenvolvimento deste projeto para que as divisões do IAE passem a colaborar, reduzindo assim o retrabalho que hoje acontece no Instituto. Este estudo deve levar em consideração o valor de aquisição de licenças, além dos gastos para realizar treinamentos a fim de que os colaboradores adquiram fluência numa possível nova linguagem de programação em comum, ou mesmo em linguagens diferentes, mas que sejam capazes de se intercomunicar.

Assim sendo, vê-se que quando se pensa em termos de desenvolvimento de produtos complexos, como no caso do que ocorre em grande parte do Instituto, questões como custo e prazo devem ser fundamentais, haja vista que são centrais na tríade da gestão de projetos, qual seja: escopo, prazo e custo (Kerzner, 2017, p. 8). Logo, ferramentas que auxiliem na redução dessas variáveis devem ser investigadas e avaliadas com frequência para que os gestores tomem decisões bem orientadas.

Os simuladores nos projetos do IAE, em especial os de mísseis e foguetes, aparecem como forma de responder a questões de caráter técnico. Conseqüentemente, é natural que cada divisão/subdivisão (dinâmica de voo, controle e propulsão) envolvida no desenvolvimento do produto esteja preocupada com responder às perguntas que competem à sua área do conhecimento. No entanto, essa é uma das fontes de retrabalho no Instituto devido à interdisciplinaridade inata no desenvolvimento em engenharia.

Não obstante, dentro de uma mesma divisão pode ocorrer a replicação destes artefatos computacionais tendo em vista características particulares de cada veículo, como por exemplo, forma de decolagem e número de estágios, resultando em simuladores raramente reutilizáveis para outras aplicações. Dessa forma, a proposta de um simulador desenvolvido em conjunto com todas as áreas correlatas do IAE nasce como uma oportunidade para minimizar o retrabalho nos seus projetos e, por conseguinte, diminuir seus custos e tempo de desenvolvimento.

2.2 Colaboração e transferência de conhecimento tácito: desenvolvendo a sinergia da equipe

A busca por desenvolver um sistema de simulação universal e reutilizável no setor aeroespacial existe há bastante tempo e é contínua, segundo Xin *et al.* (2016). Como exemplo, são citados os seguintes projetos: simulador de banco de testes do projeto e o sistema Eurosim da Agência Espacial Europeia (ESA), o Kit de Ferramentas de Simulação de Naves Espaciais do Laboratório Phillips da Força Aérea dos EUA (1997) e o ambiente de simulação de tempo real orientado a objetos para análise e teste de veículos espaciais da CAE Electronics Ltd (1998).

Os autores discorrem ainda sobre a importância de se obter uma plataforma na qual todos os funcionários possam colaborar com alta eficiência, mas sem perder de vista a facilidade para que cientistas e engenheiros envolvidos no projeto a utilizem de forma intuitiva. Sendo assim, um ambiente de simulação amigável é um dos requisitos que devem ser levados em consideração na proposta de desenvolvimento de um simulador único e integrado entre as divisões do IAE, possibilitando assim um ambiente sinérgico entre as equipes de trabalho atuais e futuras.

Já Faust (2007) traz uma perspectiva da gestão do conhecimento no âmbito de plantas nucleares, no qual o envelhecimento da força de trabalho representa uma questão econômica relevante. Tal paralelo pode ser facilmente traçado com a realidade atual do IAE, onde cada vez mais servidores estão se aposentando. Esta autora trata ainda a transferência de conhecimento como parte da gestão do conhecimento, definindo-a como a transmissão de uma pessoa ou organização para uma ou várias pessoas dos seguintes conhecimentos: explícito, implícito e tácito.

O conhecimento explícito é definido como aquele consciente e possível de se documentar e compartilhar; já o conhecimento implícito é aquele que não foi ainda

documentado, no entanto é passível de ser. Por fim, o conceito de conhecimento tácito refere-se àquele que não se pode perceber, nem documentar, sendo obtido através da prática, experiência, erros e acertos.

Ainda segundo Faust (2007), 80% do conhecimento mais importante numa instituição é inconsciente, enquanto apenas 20% pode ser encontrado em relatórios técnicos ou livros. Em complemento, ela indica que a socialização é uma das ferramentas fundamentais na transferência do conhecimento tácito, proporcionando troca de experiências, aprendizado individual e ganho de competência (através de observação ou mentoria) por meio de interações face a face, imitação e prática.

A autora conclui seu trabalho afirmando que apesar de boas ferramentas e infraestrutura de TI (Tecnologia da Informação) serem importantes aliados num ambiente de desenvolvimento tecnológico, a melhor forma de identificar eficientemente, transferir e desenvolver conhecimento sempre será o capital humano das organizações. Deste modo, é de grande relevância que os gestores sejam capazes de facilitar não só a extração de conhecimento, mas sua aplicação tanto na sua fonte como dentro de toda instituição para que não haja a substituição pura e simples do contato pessoal por informações contidas em grandes bases de dados.

Em outras palavras, a melhora na integração entre os membros de projetos é capaz de produzir um enriquecimento nos sistemas integrados desenvolvidos por esta equipe, produzindo assim um ambiente mais completo e robusto, dada a relação direta entre esses dois componentes. Nesse sentido, o desenvolvimento de um ambiente de simulação universal entre as divisões do IAE, com o contato direto de servidores que habitualmente não atuam em conjunto, tem o potencial de proporcionar um aumento no compartilhamento de experiências e de ideias entre eles, e conseqüentemente, uma melhoria na gestão do conhecimento (em especial, o tácito) do Instituto com vistas ao atendimento de sua missão.

3 CONCLUSÃO

Atualmente simulações computacionais são mandatórias no ambiente de desenvolvimento de projetos tecnológicos e não é diferente no caso do IAE. De um lado, as divisões do Instituto têm uma baixa cooperação entre si, gerando diversos simuladores que não se comunicam; de outro, mesmo dentro das divisões são

gerados simuladores diferentes para cada veículo que é operado atualmente, resultando em significativo retrabalho.

Dessa forma, um simulador único e integrado a partir da colaboração das divisões do IAE reduzirá o retrabalho e melhorará a gestão do conhecimento no Instituto, proporcionando um ganho para vários projetos com a potencial redução de prazo e custo dos mesmos.

Apesar de cada uma das divisões do IAE possuir fluência em diferentes linguagens de programação (ex. Python, Matlab, LabView, Java etc.), é importante notar que o sucesso nessa nova empreitada depende da integração entre equipes e de requisitos bem definidos para um novo ambiente de simulação, tais quais intercambiabilidade de veículos, linguagem de programação unificada e de vasto domínio, e manutenção de código. Logo, esta abordagem permitirá unir a experiência e as capacidades técnicas de cada divisão do Instituto a fim de reduzir o retrabalho, melhorando, assim, recursos como custo e tempo no desenvolvimento dos projetos.

Acredita-se ainda que a aproximação das equipes de várias subdivisões do IAE, através da socialização de seus membros com o intuito de gerar um simulador universal e reutilizável, será capaz de melhorar significativamente a gestão do conhecimento no Instituto, em especial o conhecimento tácito. Mas para além disso, esta perspectiva tornará possível a obtenção de um ambiente de simulação mais completo e robusto em prol da missão do IAE, com uma melhor representação de detalhes e especificidades de cada veículo a partir de uma equipe de desenvolvimento sinérgica.

Por fim, é razoável considerar que o desenvolvimento deste tipo de ambiente de simulação para demais projetos tecnológicos ligados à pesquisa e desenvolvimento na FAB trará benefícios na gestão dos mesmos. Isto posto, Institutos do DCTA como IEAv, IPEV e ITA, e mesmo os de outros grandes comandos, como CCA e COPE, poderão se beneficiar desta abordagem de integração em prol do cumprimento mais eficaz e eficiente da missão de suas respectivas organizações e, por conseguinte, do atendimento da missão da FAB.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Missão, Visão e Valores do Instituto de Aeronáutica e Espaço**. São José dos Campos, SP. Disponível em:

<https://iae.dcta.mil.br/index.php/missao-visao-e-valores>. Acesso em: 02 out. 2023

DULLEN, S.; VERMA, D.; BLACKBURN, M. Review of research into the nature of engineering and development rework: need for a systems engineering framework for enabling rapid prototyping and rapid fielding. **Procedia computer science**, v. 153, p. 118-125, 2019.

FAUST, B. Implementation of tacit knowledge preservation and transfer methods. In: **International Conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities**. 2007. p. 18-21.

KENNEDY, B. M.; SOBEK II, D. K. S.; KENNEDY, M. N. Reducing rework by applying set-based practices early in the systems engineering process, (in English), **Systems Engineering**, vol. 17, no. 3, pp. 278-96, 2014.

KERZNER, H. **Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling**. 12 ed. John Wiley & Sons, 2017.

XIN, X.; LI, Z.; ZENG, X.; LIU, X.; YANG, Z.; XIE, S. Framework based universal simulation for satellite project. In: **2016 35th Chinese Control Conference (CCC)**. IEEE, 2016. p. 9718-9723.

XIONG, W.; LIU, C.; ZHAO, Q.; YANG, K. DSM-based complex aerospace projects development process design and optimization. In: **2015 Annual IEEE Systems Conference (SysCon) Proceedings**. IEEE, 2015. p. 409-415.