



# Gestão & Gerenciamento

## METODOLOGIAS DE INTEGRAÇÃO ENTRE A GESTÃO DE PROJETOS E A ENGENHARIA DE SISTEMAS

*INTEGRATION METHODOLOGIES BETWEEN PROJECT  
MANAGEMENT AND SYSTEMS ENGINEERING*

**Anderson Francisco da Costa Souza**

Engenheiro Eletrônico, Mestre em Ciências em Engenharia Biomédica, Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

[andersonsouza.eng@gmail.com](mailto:andersonsouza.eng@gmail.com)

**Pedro Henrique Braz da Cunha**

Mestre em Administração de Empresas; Université D'Angers, Angers, França;

[pedro.cunha@poli.ufrj.br](mailto:pedro.cunha@poli.ufrj.br)

## Resumo

Este artigo explora o desafio do gerenciamento de projetos no desenvolvimento de produtos complexos, onde questões como atrasos, estouro de orçamento e a entrega de soluções abaixo do esperado são frequentes. Uma revisão da literatura foi realizada de modo a apresentar a evolução e metodologias de integração entre Gerenciamento de Projetos (GP) e Engenharia de Sistemas (SE), áreas que desempenham papéis complementares. O GP é responsável pelo planejamento, controle e execução do projeto, focando em prazos, custos e escopo. Já a SE se concentra no desenvolvimento técnico do projeto, garantindo que todas as partes funcionem de forma integrada e eficaz. A colaboração entre GP e SE é essencial para alinhar requisitos técnicos e gerenciais, reduzir riscos e aumentar a eficiência em projetos complexos. Estas metodologias de trabalho e tecnologias como a Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE) oferecem soluções para alinhar processos técnicos e gerenciais, promovendo a eficiência e mitigando riscos em projetos complexos.

**Palavras-chaves:** Gestão de projetos; Engenharia de sistemas; Engenharia de sistemas baseada em modelos.

## Abstract

*This article explores the challenge of project management in the development of complex products, where issues such as delays, budget overruns, and delivering below-expected solutions are frequent. A literature review is conducted to present the evolution and methodologies for integrating Project Management (GP) and Systems Engineering (SE), areas that play complementary roles. GP is responsible for planning, controlling, and executing the project, focusing on deadlines, costs, and scope. SE, on the other hand, focuses on the technical development of systems, ensuring that all parts function in an integrated and effective manner. Collaboration between GP and SE is essential to align technical and managerial requirements, reduce risks, and improve efficiency in complex projects. These work methodologies and technologies, such as Model-Based Systems Engineering (MBSE), offer solutions to align technical and managerial processes, promoting efficiency and mitigating risks in complex projects.*

**Keywords:** Project Management; Systems Engineering; Model based Systems Engineering.

## 1 Introdução

---

O atual cenário competitivo leva as organizações a buscarem a excelência como forma de maximizarem os seus resultados e esta condição têm exigido adaptações na forma como são geridas suas estratégias, processos e modelo de gestão (CARNEIRO, 2018). Considerando-se ainda projetos de desenvolvimento de produtos de alta complexidade, estes geralmente atrasam, ultrapassam o orçamento e realizam entregas inferiores as demandas (LOCATELLI; *et al*, 2014).

Além disto, existe um dilema pois no desenvolvimento de produtos impulsionado comercialmente há uma tendência natural para limitar os custos relacionados ao gerenciamento, um exemplo deste tipo de projeto, seria o desenvolvimento de uma aeronave comercial (ALTFELD, 2016).

Para solucionar este cenário desafiador, faz-se necessária uma abordagem de gerenciamento de projetos perfeitamente adaptada à sua natureza complexa. Este artigo tem seu foco no gerenciamento de projetos cuja complexidade pode ser considerada

elevada, como por exemplo os projetos desenvolvidos para a área da aviação, onde o gerenciamento do risco e qualidade tornam-se fundamentais para o sucesso do projeto (SAUSER *et al.*, 2008). Neste cenário, além de haver a possibilidade de realização do gerenciamento do projeto através de metodologias como o PMBOK (PMI, 2021), é recomendável a utilização de uma disciplina complementar para auxiliar o desenvolvimento do projeto (WALDEN *et al.*, 2015) como a engenharia de sistemas (SE – *Systems Engineering*) (LOCATELLI *et al.*, 2014).

### **1.1 Metodologia de pesquisa**

Este artigo adotou a pesquisa bibliográfica com o objetivo de entender metodologias de integração entre a engenharia de sistemas e a gestão de projetos em diferentes projetos.

A pesquisa foi realizada utilizando trabalhos acadêmicos publicados em revistas e livros. Sendo o Google Acadêmico a plataforma de buscas utilizada, com as principais palavras-chave: gerenciamento de projetos complexos, engenharia de sistemas, MBSE e integração entre engenharia de sistemas e gerenciamento de projetos.

## **2 Fundamentação teórica**

---

Este capítulo busca realizar uma breve fundamentação a respeito de conceitos relacionados a complexidade, a engenharia de sistemas e o gerenciamento de projetos.

### **2.1 Teoria da complexidade**

A complexidade de um projeto de acordo com a literatura pode depender de fatores internos ou externos ao projeto, conforme exemplificado abaixo (LOCATELLI *et al.*, 2014; VIDAL; MARLE, 2008).

Um projeto pode ser considerado complexo se apresentar ao menos um dos cenários a seguir: (1) quantidade significativa de disciplinas, métodos ou abordagens necessárias para execução do projeto; (2) fortes implicações legais, sociais ou ambientais, (3) utilização majoritária de recursos de terceiros; (4) importância estratégica do projeto para a organização; (5) conflito de necessidades dos *stakeholders* em relação as características do projeto; e, por fim, (6) significativa quantidade de interface entre o projeto e outras entidades (LOCATELLI *et al.*, 2014).

Uma outra abordagem, do ponto de vista sistêmico e interno ao projeto, considera que da interação entre os elementos de um sistema podem emergir funções desejadas e indesejadas (WALDEN *et al.*, 2015). De modo que a complexidade pode ser entendida como a dificuldade em prever ou controlar as funções indesejadas (VIDAL; MARLE, 2008).

### **2.2 Engenharia de sistemas**

A Engenharia de sistema é uma abordagem holística que considera todo o ciclo de vida de um produto, sendo descrita pelo INCOSE (WALDEN *et al.*, 2015) como uma abordagem transdisciplinar e integrativa que busca permitir a realização, uso e retirada do sistema, usando princípios e conceitos de sistemas e métodos científicos, tecnológicos e de gerenciamento.

Nesta disciplina, o conceito de sistema pode ser entendido como um conjunto de partes ou elementos que juntos exibem um comportamento ou função demandado para um propósito (WALDEN *et al.*, 2015).

A abordagem utilizada pela Engenharia de sistema consiste em considerar uma visão holística para o desenvolvimento, dessa forma o ciclo de vida de um sistema é definido em seis etapas: Conceituação, Desenvolvimento, Produção, Utilização, Suporte e a Retirada. Estes serão descritos nos parágrafos a seguir:

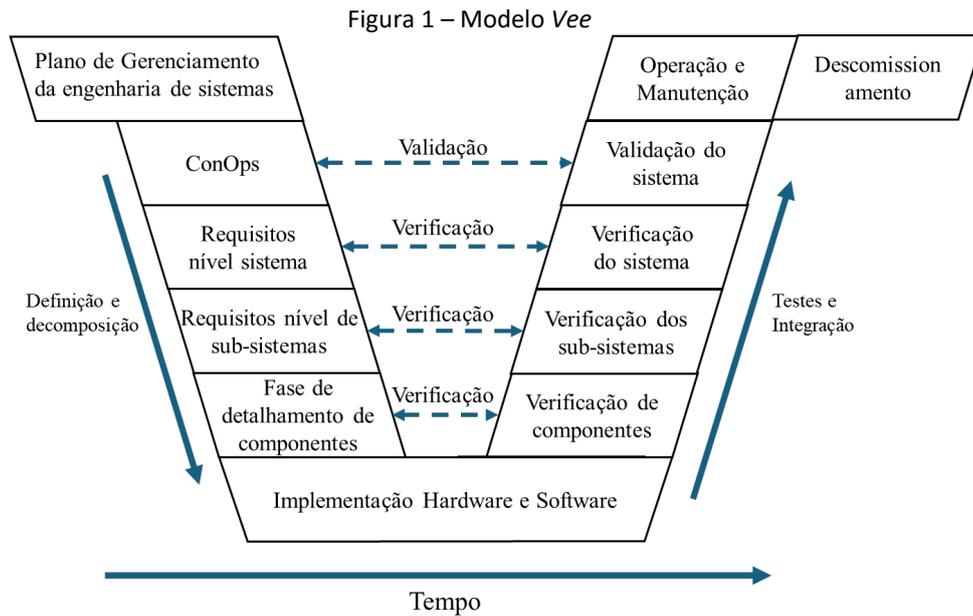
- O processo de Conceituação busca identificar as necessidades dos *stakeholders* durante todo o ciclo de vida do projeto. Tais informações possibilitam a elaboração dos conceitos de operação, tipicamente chamado de ConOps, conceitos de suporte ao sistema, estudos de viabilidade e a arquitetura de requisitos preliminar, critica para as demais etapas.
- O processo de Desenvolvimento possui foco em desenvolver uma solução inicial que possa ser produzida, utilizada e suportada. De modo a amadurecer os conceitos do sistema (operação e suporte), assim como a arquitetura de requisitos e necessidades dos stakeholder. Tal solução inicial tipicamente é composta por um protótipo, acompanhada de planos para logística, treinamento, integração, verificação e validação; e documentação relacionado ao gerenciamento de riscos, estimativas de custos e datas de entrega.
- O processo de Produção traz o protótipo para a realidade, habilitando o sistema para utilização. Já a Utilização é a fase de exploração, onde é possível utilizar o sistema em seu ambiente definido, avaliar suas capacidades, verificar e validar os requisitos, propor melhorias e consertar deficiências (WALDEN *et al.*, 2015).

O processo de Suporte é geralmente o mais longo de todos, por envolver a vida útil do sistema com o cliente. Nesta etapa falhas do projeto devem ser anotadas para possível correção ou elaboração de uma evolução futura do projeto. Demais modificações podem ser permitidas para reduzir custos operacionais ou estender a vida útil. Esta etapa se encerra com a decisão de que o sistema não deve mais ser suportado.

Por último, o processo de Retirada compreende todas as atividades que são realizadas no final do ciclo de vida do sistema quando este se torna obsoleto ou não rentável economicamente.

Para as seis etapas definidas, recomenda-se que o início e o fim de cada etapa sejam utilizados como um momento de gerenciamento de risco, realizando-se uma auditoria e revisão técnica das entregas do projeto. Os critérios para realização da auditoria devem estar presentes em um documento de gerenciamento da engenharia de sistemas (SEMP - *Systems Engineering Management Plan*).

Uma típica forma de representação simplificada destas etapas ocorre através do modelo *Vee* (FORSBERG; MOOZ, 1991), que elabora de maneira sequencial da esquerda para a direita as áreas de foco da engenharia de sistemas. A representação destaca a contínua validação das necessidades dos *stakeholders*, a verificação dos requisitos e a importância do contínuo gerenciamento do risco (WALDEN *et al.*, 2015).



Fonte: Adaptado de Walden *et al.* (2015)

### 2.3 Engenharia de sistemas baseada em modelagem

Atualmente, as disciplinas da engenharia evoluíram, de modo que grandes quantidades de informações sejam suportadas pela engenharia de sistemas. A Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE) é uma abordagem formal que utiliza modelos digitais para apoiar o ciclo de vida completo de sistemas complexos, desde a definição de requisitos até a verificação e validação.

Ao contrário dos métodos tradicionais baseados em documentos, o MBSE permite maior coerência e integração ao utilizar modelos como fonte única de informação, promovendo melhor comunicação entre equipes e stakeholders. Ferramentas como SysML e Simulink são amplamente usadas para modelar o comportamento e a arquitetura de sistemas, facilitando a automação e a simulação (FRIEDENTHAL, 2008).

Os benefícios do MBSE incluem a melhora na rastreabilidade dos requisitos, maior eficiência no desenvolvimento e redução de custos e prazos, principalmente devido à identificação precoce de problemas e à eliminação de retrabalho. Esta abordagem é fundamental para lidar com os desafios dos sistemas modernos e sua complexidade crescente, oferecendo soluções robustas para o desenvolvimento e gestão de sistemas interdependentes (DTIC, 2018; FRIEDENTHAL, 2008; WALDEN *et al.*, 2015).

### 2.4 Gerenciamento de projetos

Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, a natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos. O gerenciamento de projetos pode ser entendido como um conjunto de atividades que demandam conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas para o gerenciamento das atividades e liderança (PMI, 2021).

Gerenciar um projeto, conforme descrito no Guia PMBOK, envolve a aplicação e integração de 47 processos de gerenciamento de projetos, logicamente agrupados em

cinco Grupos de Processos: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle, e Encerramento. Esses grupos de processos são necessários para organização e execução das atividades do projeto, da concepção até o encerramento.

O Grupo de Processos de Iniciação inclui atividades críticas como a obtenção de autorização para iniciar o projeto, a definição do escopo de alto nível e o desenvolvimento do termo de abertura do projeto. Também envolve a análise de partes interessadas e a identificação de riscos, suposições e restrições iniciais. Este grupo garante que o projeto tenha uma base sólida antes de avançar para o planejamento detalhado.

No Grupo de Processos de Planejamento, 24 processos são utilizados para detalhar os requisitos do projeto, desenvolver o plano de gerenciamento do projeto e criar uma estrutura analítica do projeto. Este grupo também abrange a criação do cronograma do projeto, a determinação do orçamento e o planejamento para a qualidade, recursos humanos, comunicações, mudanças e riscos. O plano de gerenciamento integrado do projeto é então apresentado às partes interessadas chave para aprovação.

A execução do projeto ocorre no Grupo de Processos de Execução, onde são realizados oito processos que abrangem a obtenção e gerenciamento de recursos, execução das tarefas do projeto e implementação de mudanças aprovadas. Este grupo também inclui atividades de garantia de qualidade, desenvolvimento e gerenciamento da equipe do projeto, gestão de comunicações, aquisições e engajamento das partes interessadas. A execução eficaz garante que o projeto avance conforme planejado.

Por fim, o Grupo de Processos de Monitoramento e Controle e o Grupo de Processos de Encerramento garantem que o projeto permaneça no caminho certo e seja encerrado corretamente. O monitoramento e controle envolvem 11 processos para medir o desempenho do projeto, gerenciar mudanças e assegurar a conformidade com os padrões de qualidade.

O encerramento inclui finalizar todas as atividades do projeto, arquivar documentos, obter aceitação dos entregáveis e medir a satisfação do cliente. Juntos, esses grupos de processos asseguram uma gestão completa e eficaz, contribuindo para o sucesso do projeto.

### **3 Revisão bibliográfica**

---

Este capítulo busca realizar uma breve fundamentação a respeito de conceitos relacionados a complexidade, a engenharia de sistemas e o gerenciamento de projetos.

#### **3.1 Origens da engenharia de sistemas e do gerenciamento de projetos**

O termo engenharia de sistemas surgiu na década de 1940, sendo a empresa Bell Telephone Laboratories uma das pioneiras no emprego de práticas de SE em seus sistemas de comunicação (BRAINERD, 1979). No entanto suas práticas foram observadas desde o início do século, e impulsionadas durante a segunda guerra mundial e a guerra fria, dada a necessidade de integrar rapidamente componentes complexos em sistemas de defesa (JOHNSON, 1997; WALDEN *et al.*, 2015).

Durante a Batalha da Grã-Bretanha, em 1940, a *Royal Air Force* britânica utilizou metodologias de SE para coordenar o sistema de radares e centros de comando, demonstrando a importância de uma abordagem coordenada e interdisciplinar para o sucesso de sistemas interconectados (KASSER *et al.*, 2009; SAUSER *et al.*, 2008; WALDEN *et al.*, 2015). Após a guerra, a RAND Corporation desenvolveu abordagens de análise de sistemas, contribuindo para a formalização da SE como disciplina (WALDEN *et al.* 2015).

Em paralelo, entre 1945 e 1960, o Gerenciamento de Projetos evoluiu de uma prática informal, na qual os gerentes de linha assumiam apenas partes do projeto, para uma abordagem mais estruturada e integrada, impulsionada também pela necessidade de gerenciar projetos complexos durante a Guerra Fria.

Neste período, a gestão falhava pois não proporcionava um ponto de contato único, dificultando a comunicação e o controle em projetos de defesa e aeroespaciais, fazendo com que o Departamento de Defesa dos EUA e a NASA passassem a exigir que esses projetos tivessem um único gerente responsável por todas as fases, implementando práticas de planejamento de ciclo de vida e monitoramento de custos para assegurar a eficiência dos recursos (KERZNER, 2009).

Flagle *et al* (1960) definiu o engenheiro de sistemas como o responsável pelo planejamento, desenvolvimento, teste e produção dos sistemas automatizados e semi-automatizados. (p. 357), o que representa uma superposição com atividades relacionadas ao gerente de projetos.

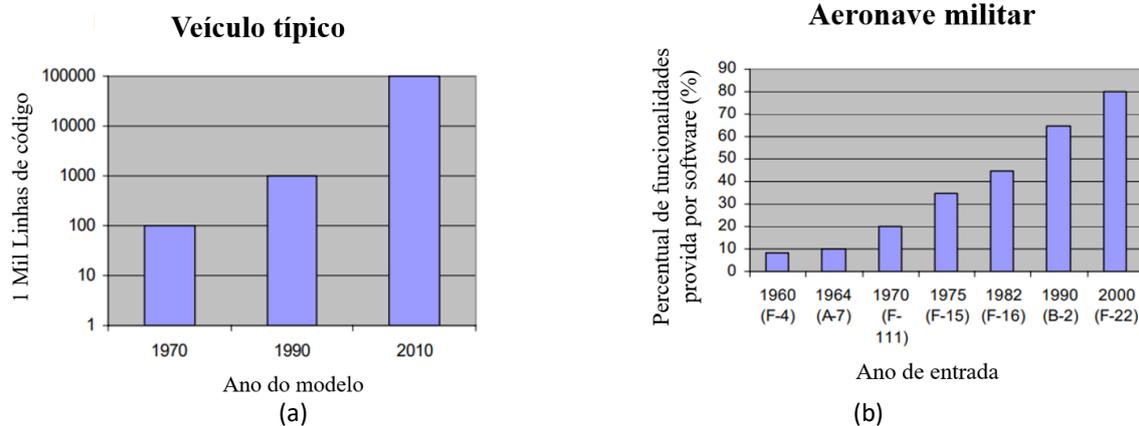
O desenvolvimento do PMBOK, em 1987, pelo *Project Management Institute* (PMI) consolidou o gerenciamento de projetos como uma disciplina independente. O PMBOK proporcionou um conjunto de práticas e metodologias que visam padronizar e aumentar a eficácia na execução de projetos em diversos setores, atendendo especialmente às demandas complexas de indústrias como a militar e a aeroespacial, que necessitam de sistemas robustos de controle e coordenação (FORSBERG, MOOZ, 1991; KERZNER, 2009).

Em 1990, a *International Council on Systems Engineering* (INCOSE) foi fundada, visando promover a Engenharia de Sistemas e publicando, em 1994, o INCOSE Systems Engineering Handbook, um guia com fundamentos para os processos de ciclo de vida (WALDEN *et al.*, 2015). Forsberg e Mooz (1991) introduzem o modelo Vee (Figura 1) como uma ferramenta para alinhar o desenvolvimento e a validação do sistema com o ciclo de vida do projeto. Este modelo fornece uma estrutura que conecta as atividades de SE e GP, ajudando a garantir que os requisitos técnicos e os cronogramas do projeto estejam sincronizados desde o início.

### **3.2 Integração entre engenharia de sistemas e gerenciamento de projetos**

Nas últimas décadas, a taxa de avanço de *software* tem sido exponencial devido ao aumento da complexidade e das funcionalidades incorporadas nos sistemas modernos (Figura 2). Feiler (2013) estimou que o tamanho do software em sistemas críticos, como aeronaves, dobra a cada quatro anos, tornando-se um dos principais componentes de complexidade e custo na indústria (DVORAK, 2009; FEILER *et al.*, 2013; NICHOLS; SHEARD, 2015).

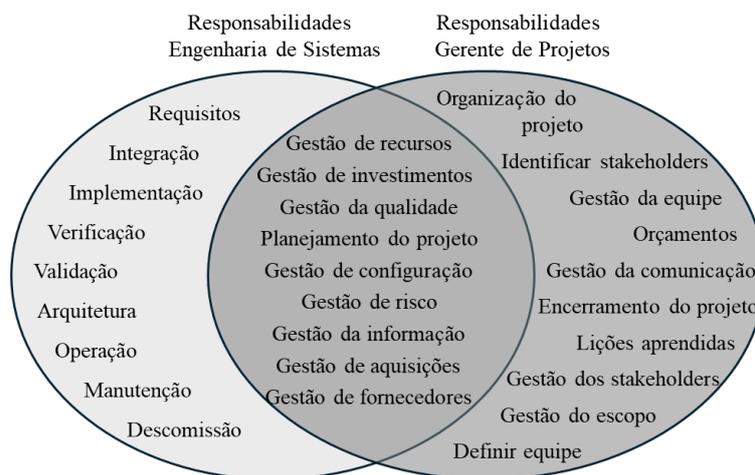
Figura 2 – Aumento do número de linhas de código em produtos automotivos (a) e aumento de funcionalidades providas por software em aeronaves militares (b).



Fonte: Adaptado de Dvorak (2009).

Esta crescente complexidade dos projetos modernos, especialmente em setores de alta tecnologia e defesa, torna necessário o desenvolvimento de novas abordagens para lidar com desafios técnicos e organizacionais (GRAY *et al.*, 2017; LOCATELLI *et al.*, 2014), intensificando a necessidade de uma integração robusta entre Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos (Figura 3) (GRAY *et al.*, 2017). Tais projetos exigem uma integração multidisciplinar, coordenação de múltiplos stakeholders e uma gestão eficaz de riscos, devido às interdependências e aos requisitos rigorosos (DTIC, 2018; LACHHAB *et al.*, 2017; WALDEN *et al.*, 2015).

Figura 3 – Interseção de responsabilidades entre o gerente de projetos e o engenheiro de sistemas.



Fonte: Adaptado de Gray *et al.* (2017)

Shimoda *et al.* (2019) explora a integração entre GP e SE por meio de uma abordagem combinada do PMBOK e do modelo “Vee” para desenvolver uma Estrutura Analítica de Projetos (EAP) integrada. O estudo propõe que o uso conjunto desses frameworks garante um alinhamento mais eficaz entre as etapas técnicas de desenvolvimento e as fases de gerenciamento do projeto. A integração ocorre ao mapear

os cinco grupos de processos do PMBOK (Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle, e Encerramento) com os cinco passos do modelo *Vee* (Definição de Requisitos, Design, Realização, Verificação de Design e Validação de Requisitos), proporcionando um fluxo contínuo entre as atividades técnicas e gerenciais (SHIMODA *et al.*, 2019).

Atualmente, normas como o MIL-STD-499 e ISO/IEC 15288 oferecem diretrizes para a integração de SE e GP ao longo do ciclo de vida do projeto. Essas normas permitem que ambas as áreas compartilhem uma base comum para gerenciar riscos e requisitos, promovendo uma abordagem mais estruturada e colaborativa (LOCATELLI *et al.*, 2014).

Xue *et al.* (2015) aborda a integração entre Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos ao comparar as estruturas do ISO/IEC 15288 e do PMBOK. O estudo sugere que esses dois frameworks podem ser usados em conjunto para alinhar as atividades de SE e GP, propondo uma correspondência entre os processos de cada norma. A integração é alcançada ao associar os processos técnicos da ISO/IEC 15288, focados no ciclo de vida de sistemas, com os processos de gerenciamento de projetos do PMBOK, que se concentram em planejamento, controle e execução. Essa combinação promove maior eficiência e coordenação em projetos complexos, especialmente sistemas de sistemas, ao permitir que ambas as disciplinas operem de maneira complementar e coesa (XUE *et al.*, 2015).

Sausser *et al.* (2008) destaca que a Engenharia de Sistemas é essencial para gerenciar a interdependência dos sistemas, enquanto o gerente de projetos facilita a coordenação e o alinhamento dos stakeholders. A falta de integração pode resultar em conflitos de escopo o que pode levar a requisitos do cliente não serem atendidos (LACHHAB *et al.*, 2017; SAUSER *et al.*, 2008).

Oliveira (2009) apresenta um estudo de caso sobre o desenvolvimento do Embraer 170, destacando a integração entre Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos por meio da aplicação de *co-design* e equipes multifuncionais, como os *Integrated Product Teams* (IPT). A abordagem de *co-design* permitiu que a Embraer colaborasse diretamente com fornecedores estratégicos, envolvendo-os nas fases iniciais de design e desenvolvimento, o que facilitou a integração de subsistemas complexos. A prática de formar IPTs promoveu uma coordenação eficaz entre as equipes técnicas e de gerenciamento, garantindo uma comunicação contínua e o alinhamento de metas, resultando em uma execução mais eficiente do projeto (OLIVEIRA, 2009).

O conceito de IPT surgiu na indústria de defesa dos Estados Unidos nos anos 1990, na prática está intimamente ligada à Engenharia de Sistemas, pois permitem que engenheiros, gerentes de projeto e outros profissionais trabalhem em conjunto desde as fases iniciais do ciclo de vida do sistema. Isso promove uma visão holística do projeto, melhorando a tomada de decisões e reduzindo o retrabalho ao garantir que os requisitos técnicos e gerenciais estejam sempre alinhados (WALDEN *et al.*, 2015).

### **3.3 Desafios da integração entre engenharia de sistemas e gerenciamento**

Oosthuizen e Benade (2021) discutem que a integração entre SE e GP enfrenta barreiras culturais e organizacionais, uma vez que as duas áreas tradicionalmente operam com abordagens e prioridades diferentes. Enquanto o GP foca em entregas dentro do

escopo, prazo e orçamento, a SE prioriza a precisão técnica e a integração de componentes. Superar essas barreiras exige uma cultura organizacional que promova a colaboração e a comunicação entre as equipes de SE e GP (OOSTHUIZEN, BENADE, 2021; SAUSER *et al.*).

Boswell *et al.* (2017) foca nos pontos de interseção de atividades, sobreposições de responsabilidades e tensões entre as duas disciplinas. Seu estudo propõe práticas de planejamento integrado e a definição clara de papéis e responsabilidades como formas de minimizar conflitos e melhorar a colaboração. A integração é alcançada ao garantir que as responsabilidades sejam bem delineadas desde o início do projeto, permitindo que as equipes de SE e GP alinhem seus esforços em termos de metas técnicas e de gerenciamento (BOSWELL; ANBARI; VIA, 2017).

Além destes dos desafios apresentados, um engenheiro de sistemas necessita de habilidades que vão além das técnicas. Engenheiros de sistemas precisam aprimorar *soft skills* como comunicação, negociação, liderança e capacidade de trabalho em equipe, que são essenciais para uma coordenação eficaz em projetos complexos. Essas habilidades facilitam a interface com gerentes de projeto e as demais engenharias, permitindo uma visão holística dos objetivos de projeto e alinhamento estratégico com as metas da organização (ARMSTRONG; WADE, 2015).

#### **3.4 Tecnologias digitais para facilitar a integração entre SE e GP**

O aumento da digitalização e o uso de tecnologias avançadas sugerem que a SE e o GP devem evoluir para uma integração adaptativa, onde as disciplinas operem de maneira dinâmica e interativa, ajustando-se rapidamente às mudanças nos requisitos e nos objetivos do projeto (KASSER *et al.*, 2009; LUKOSEVICIUS *et al.*, 2017).

Gray *et al.* (2017) destacam que o MBSE permite que equipes técnicas e gerenciais visualizem o progresso e os ajustes necessários em tempo real, melhorando a eficiência e reduzindo conflitos entre as disciplinas (GRAY *et al.*, 2017; SAUSER *et al.*; BOARDMAN; GOROD, 2008).

A estratégia de Engenharia Digital do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DTIC, 2018) promove o uso de gêmeos digitais e simulações para prever o desempenho e avaliar o impacto de alterações em sistemas complexos. Essas tecnologias oferecem insights em tempo real, permitindo que as equipes de SE e GP ajustem estratégias e cronogramas conforme necessário para manter o alinhamento dos objetivos (DTIC, 2018; KASSER *et al.*, 2009).

## **4 Considerações finais**

---

Este artigo apresentou a engenharia de sistemas e o gerenciamento de projetos e possíveis metodologias de integração entre estas. Ambas as áreas se desenvolveram principalmente ao longo do último século dadas as necessidades de desenvolvimento militar durante a segunda guerra mundial e no contexto de pós-guerra. Uma revisão bibliográfica foi realizada com o intuito de entender as origens das duas áreas, buscar metodologias de integração e seus desafios e abordar brevemente quais seriam as perspectivas de futuro para as áreas.

Atualmente, a integração entre as áreas torna-se relevante para o contexto de projetos complexos, especialmente nos setores de alta tecnologia e defesa. Um exemplo apresentado inclui as áreas veicular e militar (Figura 2), onde a crescente demanda pela elaboração de funcionalidades resulta em um aumento expressivo no número de linhas de código no produto, tornando seu desenvolvimento e verificação cada vez mais complexos, casos como este necessitam de metodologias mais robustas que alinhem requisitos técnicos e gerenciais, aprimorando o diálogo entre os engenheiros e o gerente, aumentando a eficiência e mitigando riscos.

Ao longo do artigo, foram apresentadas algumas sugestões de metodologias que poderiam ser utilizadas para integração, iniciando-se pela utilização do modelo Vee (Figura 1) ao qual de maneira simplificada representa todo o ciclo de vida do projeto e *incentiva* uma sistemática verificação dos requisitos do projeto e a validação do produto com as necessidades dos *stakeholders*. Tal utilização poderia ser realizada combinando-se os processos oriundos do PMBOK e do modelo *Vee* para gerar uma EAP integrada.

Além destes alguns autores indicaram a necessidade de uma divisão concisa de responsabilidades, onde, de maneira geral o SE poderia coordenar a interdependência entre os sistemas, e o PM seria um facilitador da coordenação além de garantir o alinhamento com os stakeholders do projeto. Um exemplo desta integração foi apresentado onde a utilização de IPTs promoveu a coordenação entre os engenheiros, os gerentes e os fornecedores.

Os autores também sugerem a utilização diretrizes presentes em normas (MIL-STD-499 e a ISSO/IEC 15288) de maneira integrada as estruturas do PMBOK para alinhar as atividades entre o SE e o GP, e garantir uma base comum e colaborativa para gerenciar riscos e requisitos.

Como fatores desafiadores a esta integração foi realizada menção a questões organizacionais e culturais, a sobreposição de responsabilidades e a dificuldade no desenvolvimento das habilidades necessárias para um SE. Sendo fundamental um ambiente que promova a colaboração entre as partes e a comunicação como parte de sua cultura organizacional.

Considerando-se o futuro desta integração, os autores indicaram a utilização do MBSE por equipes técnicas e gerencias. Onde esta abordagem poderia ser utilizada por ambos para visualizar o progresso dos projetos, ajustar estratégias e cronogramas, melhorar a eficiência e reduzir conflitos, além de mitigar riscos relacionados ao dinamismo das mudanças de requisitos e objetivos dos projetos.

Como considerações para futuras pesquisas, estas poderiam explorar métodos inovadores para fortalecer essa integração, incluindo possivelmente a aplicação de métodos ágeis em contextos relacionados ao desenvolvimento de projetos complexos. Além deste, poderia ser abordada relação do custo relacionado a não utilização de uma metodologia integrada no cenário atual.

## Referências

---

ALTFELD, Hans-Henrich. **Commercial Aircraft Projects: Managing the Development of Highly Complex Products.** London: Routledge, 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315572833>.

ARMSTRONG, James; WADE, Jon. **Development of Systems Engineering Expertise.** *Procedia Computer Science*, v. 44, p. 689–698, 31 dez. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.026>.

BOSWELL, James W.; ANBARI, Frank T.; VIA, John W. **Systems Engineering and Project Management: Points of Intersection, Overlaps, and Tensions.** *In: 2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET) [...]. [S. l.: s. n.], jul. 2017. p. 1–6. DOI 10.23919/PICMET.2017.8125348. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8125348>. Acesso em: 18 out. 2024.*

BRAINERD, John G. **A History of Engineering and Science in the Bell System.** Vol. 2: National Service in War and Peace (1925–1975) ed. by M. D. Fagen (review). *Technology and Culture*, v. 20, n. 4, p. 817–822, 1979.

CARNEIRO, Luiz Eduardo Marinho. **Gerenciamento de Projetos em Pesquisa & Desenvolvimento e o Contexto Brasileiro.** 2018.

DTIC. Defense Technical Information Center. **Department of Defense Digital Engineering Strategy.** 1 jun. 2018. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1068564>. Acesso em: 16 jul. 2024.

DVORAK, Daniel. **NASA Study on Flight Software Complexity.** *In: AIAA INFOTECH@AEROSPACE CONFERENCE*, 6 abr. 2009. AIAA Infotech@Aerospace Conference [...]. Seattle, Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 6 abr. 2009. DOI 10.2514/6.2009-1882. Disponível em: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2009-1882>. Acesso em: 15 out. 2024.

FEILER, Peter; GOODENOUGH, John; GURFINKEL, Arie. **Four Pillars for Improving the Quality of Safety-Critical Software-Reliant Systems.** 29 abr. 2013. Disponível em: <https://insights.sei.cmu.edu/library/four-pillars-for-improving-the-quality-of-safety-critical-software-reliant-systems/>. Acesso em: 15 out. 2024.

FLAGLE, Charles D.; HUGGINS, William H.; ROY, Robert H. (Eds.). **Operations research and systems engineering.** Oxford, England: Johns Hopkins Press, 1960. p. x, 889(Operations research and systems engineeringx, 889).

FORSBERG, Kevin; MOOZ, Harold. **The Relationship of System Engineering to the Project Cycle.** *INCOSE International Symposium*, v. 1, n. 1, p. 57–65, 1991. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.1991.tb01484.x>.

FRIEDENTHAL, Sanford. **A Practical Guide to SysML: The Systems Modeling Language.** 1 jan. 2008. Disponível em: [https://www.academia.edu/62142055/A\\_Practical\\_Guide\\_to\\_SysML\\_The\\_Systems\\_Modeling\\_Language](https://www.academia.edu/62142055/A_Practical_Guide_to_SysML_The_Systems_Modeling_Language). Acesso em: 20 out. 2024.

GRAY, Andrew; JAMES, Adrian; NASSER, Helen; RICHARDSON, Ken; ROOKE, Kate. **Foundations for improved integration – Using Systems Engineering in Programme and**

**Project Management.** INCOSE International Symposium, v. 27, n. 1, p. 1011–1025, 2017. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2017.00409.x>.

JOHNSON, Stephen B. **Three Approaches to Big Technology: Operations Research, Systems Engineering, and Project Management.** Technology and Culture, v. 38, n. 4, p. 891–919, 1997.

KASSER, Joseph; HITCHINS, Derek; HUYNH, Thomas V. **Reengineering Systems Engineering.** 2009. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10945/45657>. Acesso em: 12 set. 2024.

KERZNER, Harold. **Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling.** 10th Edition. Tenth. [S. l.: s. n.], 2009.

LACHHAB, M.; BÉLER, C.; SOLANO-CHARRIS, E. L.; COUDERT, T. **Towards an Integration of Systems Engineering and Project Management Processes for a Decision Aiding Purpose.** IFAC-PapersOnLine, 20th IFAC World Congress. v. 50, n. 1, p. 7266–7271, 1 jul. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1379>.

LOCATELLI, Giorgio; MANCINI, Mauro; ROMANO, Erika. **Systems Engineering to improve the governance in complex project environments.** International Journal of Project Management, v. 32, n. 8, p. 1395–1410, 1 nov. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.007>.

LUKOSEVICIUS, Alessandro Prudêncio; SOARES, Carlos Alberto Pereira; JOIA, Luiz Antônio. **Caracterização da complexidade em projetos de engenharia.** Gestão & Produção, v. 25, p. 331–342, 30 out. 2017. <https://doi.org/10.1590/0104-530X2957-16>.

NICHOLS, William; SHEARD, Sarah. **FAA Research Project on System Complexity Effects on Aircraft Safety: Candidate Complexity Metrics.** 30 maio 2015. Disponível em: [https://insights.sei.cmu.edu/documents/478/2016\\_019\\_001\\_484344.pdf](https://insights.sei.cmu.edu/documents/478/2016_019_001_484344.pdf). Acesso em: 15 out. 2024.

OLIVEIRA, Luiz Guilherme de. **O desenvolvimento de projetos de sistemas complexos na indústria aeronáutica: o caso de gestão integrada aplicada ao programa Embraer 170.** Cadernos EBAPE.BR, v. 7, p. 19–33, mar. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1679-39512009000100003>.

OOSTHUIZEN, Rudolph; BENADE, Siebert. **Systems engineering and project management - crossing the great divide.** The South African Journal of Industrial Engineering, v. 32, p. 201–210, 1 nov. 2021. <https://doi.org/10.7166/32-3-2628>.

PMI. Project Management Institute, 2021. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge.** 7th ed. edição. [S. l.]:

SAUSER, Brian; BOARDMAN, John; GOROD, Alex. **System of Systems Management. System of Systems Engineering: Innovations for the 21st Century.** [S. l.: s. n.], 2008. p. 191–217. <https://doi.org/10.1002/9780470403501.ch8>.

SHIMODA, Atsushi; WILAIRATH, Phenpimon; KOUNOSU, Tsutomu. **Project Planning from the Viewpoint of Project Management and Systems Engineering.** In: 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education (TALE), dez. 2019.

[...]. [S. l.: s. n.], dez. 2019. p. 1–8. DOI 10.1109/TALE48000.2019.9226007. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9226007>. Acesso em: 18 out. 2024.

VIDAL, Ludovic-Alexandre; MARLE, Franck. **Understanding project complexity: Implications on project management**. *Kybernetes*, v. 37, p. 1094–1110, 17 set. 2008. <https://doi.org/10.1108/03684920810884928>.

WALDEN, David D.; ROEDLER, Garry J.; FORSBERG, Kevin J.; HAMELIN, R. Douglas; SHORTELL, Thomas M. **Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities**. 4th edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2015.

XUE, Rui; BARON, Claude; ESTEBAN, Philippe; ZHENG, Li; JAKJOUR, Abdeslam. **Alignment of practices for an efficient management of Systems Engineering processes during the development of systems of systems**. *In: 2015 Third World Conference on Complex Systems (WCCS)*, nov. 2015. [...]. [S. l.: s. n.], nov. 2015. p. 1–6. DOI 10.1109/ICoCS.2015.7483234. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7483234>. Acesso em: 18 out. 2024.