



O enfoque sistêmico

Apresentação de características metodológicas do enfoque sistêmico no contexto da Engenharia de Sistemas.

Prof. Beniamin Achilles Bondarczuk

Propósito

A complexidade dos desafios de desenvolvimento de sistemas no século XXI nos leva a buscar meios práticos de emprego de soluções de Engenharia em um enfoque sistêmico. A Engenharia de Sistemas é uma área de conhecimento que auxilia no desenvolvimento de sistemas das mais diferentes naturezas, uma visão holística necessária para o tratamento das inerentes complexidades.

Objetivos

- Identificar os aspectos da abordagem do Ciclo de Vida da Engenharia de Sistemas.
- Reconhecer a importância da Apoiabilidade e do Apoio Logístico Integrado em projeto de sistemas.
- Identificar Custo no Ciclo de Vida.
- Identificar a visão geral do Processo da Engenharia de Sistemas e seu modelo em “V”.

Introdução

Neste conteúdo, exploraremos vários aspectos relacionados ao necessário enfoque sistêmico na condução de projetos nas engenharias.

Desde o século passado, os desafios nas engenharias surgem com o tratamento de questões cada vez mais complexas e abrangentes. Desde os desafios associados à Segunda Guerra Mundial, seguida pela Guerra Fria e depois pela corrida espacial, a abordagem multidisciplinar tornou-se cada vez mais necessária para tratar grandes programas de Engenharia.

A visão do Ciclo de Vida passa a ser essencial para que se possa tratar com mais propriedade as questões ambientais e de energia, tão importantes em nossos dias. Enxergar um sistema em desenvolvimento e vislumbrar os vários aspectos necessários para sua manutenção ao longo da utilização e seu descarte é uma prática da Engenharia de Sistemas.

A abordagem simultânea faz-se necessária para o tratamento oportuno das complexidades e para a identificação de eventuais erros no projeto.

A Engenharia de Sistemas oferece um caminho para o desenvolvimento de sistemas de forma otimizada. São métodos e processos que auxiliam no tratamento de problemas e desafios e podem servir como ferramentas úteis no dia a dia das atividades nas engenharias.

A Engenharia de Sistemas e o Ciclo de Vida em projetos

Está na hora de apresentarmos uma visão geral do que é a Engenharia de Sistemas, o que é o ciclo de vida e por que ele é importante na prática. Vamos lá!



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

O desenvolvimento de soluções de Engenharia muitas vezes requer uma abordagem multidisciplinar e complexa. Complexidade é uma propriedade sistêmica muito importante para ser considerada no estudo e no desenvolvimento de sistemas, afinal, abordar um problema sem considerar visões sob várias perspectivas pode ser arriscado.

Chamamos de complexo aquilo que é “tecido junto”, entrelaçado e difícil de dissociar. Ao se desenvolver, a abordagem analítica na ciência buscou várias especializações. Com isso, muitas vezes “a visão do todo” é perdida quando se busca o entendimento de um problema.



Atenção

Não basta entender detalhadamente as partes se não conseguimos observar como essas partes cooperam entre si para o desempenho de uma função. Portanto, a visão do especialista é necessária, assim como a do generalista.

As propriedades sistêmicas são facilmente observadas na Biologia. O nosso organismo, estudado pela área da Medicina, é um bom exemplo. Normalmente, quando alguém observa uma disfunção orgânica, um mau funcionamento, uma dor, essa pessoa busca ajuda médica. Um clínico geral, ao analisar o relato do paciente, coleta algumas evidências clínicas (resultados de exames) que possam o ajudar em um diagnóstico inicial. Muitas vezes, o clínico geral encaminha o paciente para ser tratado por especialistas nas diversas áreas da Medicina.



Exemplo

Quando o paciente começa a ser tratado por um especialista de determinada área, não raro, ao ser ministrado um medicamento, apesar de o problema principal ter sido abordado, o medicamento acaba trazendo alguma consequência indesejada ao causar mau funcionamento em outro órgão ou função orgânica. Um paciente com dor nas articulações toma um remédio. Apesar de o remédio promover a melhora da dor nas articulações, o paciente passa a ter dor no estômago decorrente do uso do medicamento. Isso acontece porque o nosso organismo é complexo. Trata-se de um sistema no qual tudo está interligado!

Apesar dos avanços contínuos na ciência da Medicina, muitas dessas interações ainda não são conhecidas. Outro exemplo no corpo humano pode ser observado nas possíveis interações medicamentosas. Quando

alguém utiliza vários medicamentos ao mesmo tempo, muitas vezes a mistura pode trazer consequências indesejadas e até mesmo perigosas. Essa é a razão de não ser fácil “liberar” um novo medicamento no mercado. São necessários vários estudos para que se possa entender com certo grau de previsibilidade todas as possíveis consequências da administração dos medicamentos no corpo humano.

A Engenharia Simultânea, ou Engenharia de Sistemas, faz-se mais necessária dependendo da medida do grau de complexidade do problema ou desafio a ser encarado.

Por exemplo, vamos considerar o desafio encarado de “levar o homem à Lua e trazê-lo em segurança”. Qual o grau de complexidade do problema? Quais especialistas devem abordar o problema para que se consiga êxito nessa missão? Desde toda abordagem das necessidades fisiológicas em ambiente hostil à vida até as necessidades técnicas relacionadas às características especiais de operação no espaço são grandes desafios a serem tratados por diversos especialistas. Já um problema de hidráulica, por exemplo, aumentar a pressão d’água no chuveiro do banheiro, é um problema “já dominado”, ou seja, basta acionar um técnico em hidráulica para a busca da solução. Utilizar a abordagem da Engenharia Simultânea ou de Sistemas é algo necessário, dependendo do grau de complexidade do problema tratado.

A necessidade de abordagem multidisciplinar

Uma vez que um problema ou desafio de Engenharia é considerado complexo, a abordagem multidisciplinar torna-se necessária: Visões de diversos ângulos e múltiplas abordagens de um mesmo problema. Não há lugar para a autossuficiência profissional. O ambiente necessário é o de colaboração. O primeiro desafio para a gerência de um projeto está na escolha adequada dos profissionais que colaborarão nesse ambiente com suas múltiplas visões.

Você pode estar se perguntando: Quando tratar problemas complexos em uma abordagem multidisciplinar?

Durante todo o tempo de existência do emprego da solução, incluindo o adequado tratamento do seu descarte.

Problemas complexos precisam de múltiplas visões e de um intenso diálogo entre as partes que enxergam sob várias perspectivas. Comunicação oportuna é essencial para que o problema seja abordado de forma efetiva.

1

A abordagem de Ciclo de Vida é semelhante ao ciclo de vida biológico. Assim como nos sistemas da natureza, os sistemas criados pelo homem passam por vários estágios durante “a sua vida”, ou seja, concepção, nascimento, vida, morte e sepultamento.

2

Nas diversas fases do Ciclo de Vida dos sistemas criados pelo homem, diversos atores têm maior ou menor atuação. O “destino” do sistema a ser criado não é definido pelo acaso. Tudo é projetado, de forma formal ou não, por meio de decisões que propiciam o comportamento esperado pelos projetistas.

3

A qualidade de vida do sistema, a propensão às falhas, as necessidades de manutenção, o tempo de vida, tudo é consequência das decisões tomadas no projeto.

4

Sendo assim, é importante que, principalmente, as decisões iniciais sejam as melhores possíveis, pois uma decisão errada pode comprometer o sucesso do sistema. Diferentemente da Biologia, a Engenharia, até certo grau, detém o controle do “DNA” do sistema desde a concepção dele.

Os sistemas gerados têm origem nas demandas da sociedade. Apesar de essas demandas estarem em constante mudança, a correspondente solução entregue deve ser oportuna, ou seja, deve atender às expectativas dos clientes antes que estas mudem.

Ciclo de Vida de Marketing não é o Ciclo de Vida da Engenharia de Sistemas

Quando mencionamos “Ciclo de Vida”, a maior parte das referências se dá no contexto de marketing, em que o ciclo de vida é estudado em relação às vendas, ou seja, tempo versus vendas. Um produto, ao ser lançado no mercado, é observado com relação ao seu crescimento nas vendas até estabelecer determinado patamar, que não costuma durar muito. Ocorre, então, um declínio nas vendas até que o produto seja retirado do mercado.



Saiba mais

Para a área de marketing, o ciclo de vida do produto é o curso das vendas e da lucratividade de um produto ao longo de sua vida. O modelo do ciclo de vida é descrito em estágios, cada um representando uma oportunidade diferente para o profissional de marketing.

Um novo produto começa no estágio de desenvolvimento, durante o qual a ideia original é transformada em um protótipo e sua estratégia de marketing é trabalhada. Essa fase é seguida pelo estágio de introdução,

caracterizado pelo início das vendas. Os consumidores estão inseguros sobre o produto e este não está no estoque de todos os distribuidores.



Nesse estágio, o produto é adaptado à medida que os consumidores realimentam o sistema. As vendas podem aumentar em virtude de ofertas promocionais de lançamento e apoio de propaganda. Se os compradores estiverem satisfeitos com o produto, sua reputação se espalhará e ele entrará no estágio de crescimento. O produto se tornará mais disponível e as vendas vão aumentar. As versões dos competidores aparecerão e eventualmente o estágio de maturidade será alcançado, no qual a oferta e a demanda se equilibram e as vendas se estabilizam.

O estágio de maturidade é o período mais longo, caracterizado pela intensa competição. Nesse estágio, haverá uma ênfase operacional na redução dos custos de produção a fim de maximizar os lucros, mas eventualmente uma melhor maneira de satisfazer as necessidades dos clientes aparecerá em um novo produto, dando início ao estágio de declínio. Uma habilidade importante nesse estágio é saber quando deixar o mercado. A duração de cada estágio é única para cada produto. Na prática, muitos novos produtos não sobrevivem além do estágio de introdução.

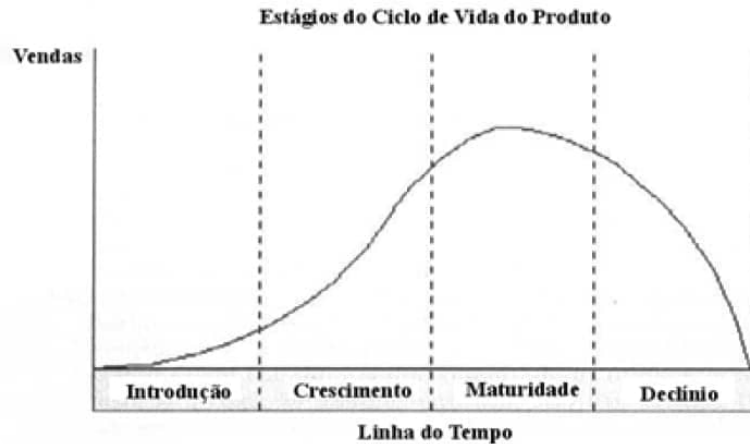


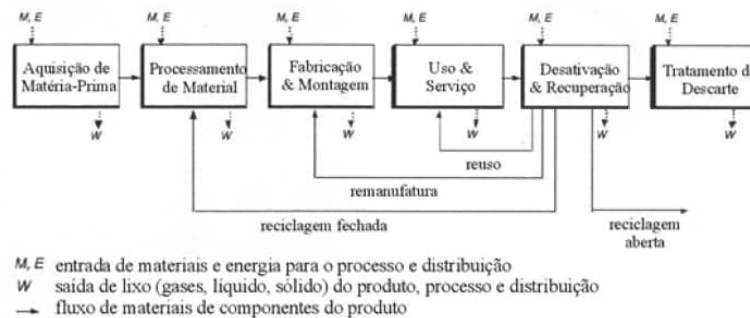
Gráfico: Estágios do Ciclo de Vida do produto.

Ciclo de Vida Ambiental não é o Ciclo de Vida da Engenharia de Sistemas

A crescente preocupação com as questões ambientais tem enfatizado o final do ciclo de vida do produto e sua relação com a degradação do meio ambiente. De modo semelhante à modelagem de sistemas físicos e químicos, em que são estabelecidos volumes de controle e análises com balanço de massa e energia, a modelagem ecológica (ou ambiental) do ciclo de vida trata do controle do fluxo de materiais e de energia.

Essa abordagem preocupa-se com as reciclagens aberta e fechada, e seu objetivo é otimizar a utilização dos materiais e da energia ao longo do ciclo de vida do produto de modo a minimizar o impacto ambiental.

As normas internacionais ISO série 14000 estabelecem requisitos para a avaliação de ciclos de vida de produtos com um viés ambiental. O objetivo é a certificação de processos a fim de garantir a produção e a gerência de materiais com qualidade ambiental.



Reciclagens aberta e fechada no Ciclo de Vida Ambiental de um produto

O que é o Ciclo de Vida da Engenharia de Sistemas?

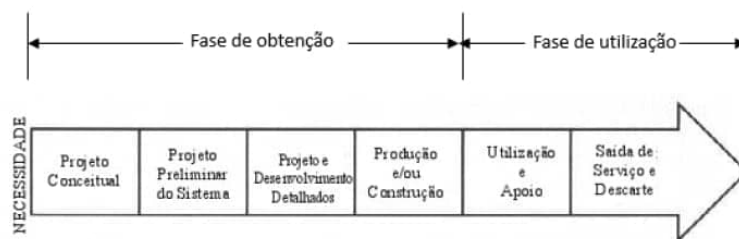
O entendimento do ciclo de vida de sistemas é fundamental para a aplicação da Engenharia de Sistemas. O ciclo de vida de um sistema ou produto começa com a identificação inicial de uma necessidade, estende-se pelo planejamento, pela pesquisa, pelo projeto, pela produção ou construção, pela avaliação, pelo uso pelo consumidor, pelo apoio de campo, e termina com o descarte do produto ou sistema.



Saiba mais

A abordagem do ciclo de vida da Engenharia de Sistemas compreende todos os processos envolvidos na vida do sistema. Esse ciclo é vastamente utilizado e referenciado em diversas publicações como fundamento para a análise, o desenvolvimento e o gerenciamento de sistemas.

Vale a pena lembrar que a palavra sistema não é própria da área de Tecnologia da Informação (TI), sendo anterior ao desenvolvimento da computação digital. Qualquer produto cujo grau de complexidade indique a aplicação dos princípios aqui apresentados pode ser considerado um sistema, produtos tangíveis ou não.



Fases do ciclo de vida do sistema

O projeto de um sistema evolui com a finalidade de satisfazer os requisitos específicos de um problema. Esforços de Engenharia são aplicados em vários níveis à medida que o sistema é desenvolvido, e esses esforços devem ser dosados de forma eficiente, ou seja, aplicando somente os recursos necessários sem desperdícios. Assim, vários passos são dados em uma lógica sequencial gradual de planejamento à semelhança de um sistema biológico de crescimento, maturidade, morte e reciclagem de matéria.



Dica

Seja qual for a dimensão ou o tipo do sistema a ser desenvolvido, inicia-se com a identificação das necessidades e com um estudo de viabilidade, a fim de estabelecer um conjunto de requisitos, limitações e critérios para o projeto.

Baseando-se nesses resultados, são feitas análises e alocações funcionais com o propósito de situar apropriadamente os requisitos nos sistemas, nos subsistemas e nas unidades.

Análises de sistemas são feitas para avaliar as várias abordagens alternativas que são consideradas viáveis na satisfação das necessidades identificadas.

A simultaneidade é algo importante para ser entendido. Apesar de as fases no ciclo de vida terem uma sequência natural, as várias partes interessadas no sistema devem estar presentes ao mesmo tempo (simultaneamente) nas fases iniciais. Durante a vida do produto e até o seu descarte, as retroalimentações do sistema são importantes para que ele sempre possa ser melhorado.

Conclusão

O desenvolvimento de um sistema complexo requer uma abordagem de Engenharia que consiga tratar as partes e o todo do sistema de forma integrada. Antever o comportamento do sistema é um exercício importante no qual várias perspectivas devem ser observadas. Estas contemplam o cliente ou usuário final, o sistema de fabricação necessário, os vários fornecedores, os sistemas de manutenção e os sistemas logísticos que devem assegurar a disponibilidade do sistema ao longo de sua vida útil.

Os esforços de Engenharia alinhados aos princípios da Engenharia de Sistemas ou Engenharia Simultânea tendem a proporcionar maiores chances de efetividade e sucesso do sistema.

Vem que eu te explico!

Os vídeos a seguir abordam os assuntos mais relevantes do conteúdo que você acabou de estudar.

A necessidade de considerar as possíveis complexidades



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

A necessidade de abordagem multidisciplinar



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Verificando o aprendizado

Questão 1

Considerando o conceito de complexidade na Engenharia Simultânea, observe as afirmativas a seguir:

- I. Um projeto complexo é necessariamente um projeto com muitas demandas.
- II. A percepção sobre a complexidade em um projeto ocorre quando nele existem várias áreas de conhecimento entrelaçadas e de difícil dissociação.
- III. A simplicidade na abordagem de problemas em projetos é sempre bem-vinda.

Está correto o que se afirma em

A

I, somente.

B

II e III.

C

I e II.

D

I e III.

E

II, somente.



A alternativa E está correta.

A quantidade de itens demandados não caracteriza a complexidade, mas a constatação de múltiplas áreas de conhecimento presentes nos desafios de desenvolvimento. Uma abordagem simples em um problema complexo pode produzir soluções erradas e/ou incompletas. Complexo é algo "tecido junto", difícil de dissociar dentre as áreas de conhecimento categorizadas.

Questão 2

Considerando o emprego de multidisciplinaridade na Engenharia Simultânea, observe as afirmativas a seguir:

I. A efetividade de um tratamento multidisciplinar se dá quando os trabalhos de especialistas ocorrem de forma simultânea.

II. A inclusão de vários integrantes em equipes de projeto garante múltiplas visões necessárias para tratamento multidisciplinar na Engenharia Simultânea.

III. Problemas complexos requerem tratamento com abordagem multidisciplinar.

Está correto o que se afirma em

A

I, somente.

B

II e III.

C

I e II.

D

I e III.

E

II, somente.



A alternativa D está correta.

A presença de múltiplos integrantes não garante tratamento multidisciplinar se eles tiverem formação na mesma área. Será um grupo com muitos integrantes observando um problema sob a mesma perspectiva. O trabalho dos especialistas deve acontecer de forma simultânea para que possam interagir. Somente assim se consegue tratar as complexidades. Problemas complexos precisam de múltiplas visões para que as várias áreas de conhecimento possam contribuir, na medida certa, para a busca das soluções.

Qual a importância de projetar sistemas de apoio em projeto de sistemas?

Acompanhe a seguir uma visão geral do que é o projeto de sistemas de apoio, as suas características e sua importância para o projeto de sistemas. Vamos lá!



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Palavras iniciais

No contexto de desenvolvimento de sistemas, estão presentes muitos outros sistemas além do “principal” ou de foco particular de um desenvolvedor.

Quando tratamos de sistemas desenvolvidos pelo homem, é importante entender a hierarquia entre os vários sistemas presentes.

Alguns sistemas somente podem ser consultados e acompanhados como sistemas jurídicos afins a determinado sistema em desenvolvimento. Se você estiver encarregado do desenvolvimento de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) no Brasil, deve considerar as leis específicas sobre o espaço aéreo advindas do Ministério da Defesa, assim como acordos internacionais vigentes. Outros sistemas periféricos a ser considerados relativamente a determinado sistema principal devem ser desenvolvidos “em paralelo”. Sistemas de fabricação, sistemas de manutenção e sistemas de apoio são exemplos que devem ter essa abordagem simultânea de desenvolvimento.

Os conceitos de funcionalidade e falha

O conceito de falha de sistemas e componentes pode ser percebido a partir do entendimento do funcionamento deles. Produtos manufaturados são desenvolvidos para o desempenho de funções específicas. Portanto, todo produto que desempenha a função específica para a qual foi fabricado é dito funcional.

A análise do estado de funcionamento de um sistema pode ser simplificada com a distinção de duas situações extremas, a de sucesso ou de falha.

Além de uma resposta binária ao questionamento sobre o desempenho da função específica de um produto, muitas vezes o consumidor deseja saber, em uma escala mais abrangente, o grau de desempenho do produto em sua função de modo que fique satisfeito.



Saiba mais

O desempenho do produto é julgado como satisfatório pelo cliente quando suas funções desempenhadas atendem aos requisitos específicos por ele estipulados. As condições operacionais nas quais o produto desempenha suas funções devem ser especificadas para que o desempenho satisfatório seja caracterizado adequadamente. A funcionalidade pode ser definida como uma característica de um produto relacionada à sua habilidade de desempenhar uma função específica de acordo com requisitos específicos sob condições operacionais específicas.

O estado de um produto considerado funcional é chamado de estado de funcionamento. No início da vida útil de um produto novo, este se encontra no estado de funcionamento, porém seu estado é modificado em operação ou na prateleira ao ser submetido a processos de corrosão, abrasão, acúmulo de deformações, distorções, superaquecimento, fadiga, difusão de um material no outro etc.

Frequentemente ocorre uma sobreposição desses processos, causando mudanças na condição do produto e, consequentemente, em suas características básicas ou de desempenho. O desvio das características de um produto de seu valor nominal (estabelecido) aceitável é considerado uma falha. Outros fatores não relacionados aos processos podem causar falhas nos materiais de que os produtos são feitos. Esse tipo de falha é causado pela combinação de fatores desfavoráveis.

A falha de um produto pode ser definida como um evento cuja ocorrência resulta na perda da habilidade de desempenhar as funções requeridas ou na perda da habilidade de satisfazer os requisitos especificados. De qualquer forma, a falha causa a transição de um produto do estado de funcionamento para o estado de falha.

Quando dizemos que um produto é “restaurável”, significa que sua funcionalidade pode ser restaurada após a falha. Para alguns produtos, os não restauráveis, a transição do estado de funcionamento para o estado de falha é permanente, visto que é impossível ou economicamente inviável restaurar a funcionalidade após a falha.



Funcionalidade de produto não reparável

1

Para restaurar a funcionalidade de um produto, é necessário desempenhar atividades específicas. Da mesma maneira, um produto pode requerer que algumas atividades sejam desempenhadas simplesmente para que ele continue no estado de funcionamento.

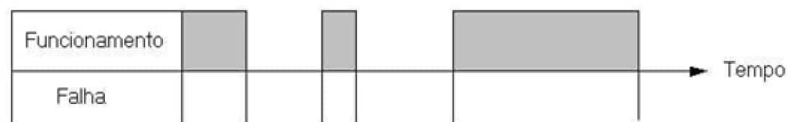
2

Dessa forma, o conjunto das atividades desempenhadas para um produto ser restaurado ao estado de funcionamento ou para promover sua permanência no estado de funcionamento é chamado de atividades de manutenção.



Elas não podem ser realizadas sem os recursos apropriados, tais como: peças sobressalentes, pessoal qualificado, ferramentas, manuais, instalações adequadas, softwares etc., os chamados “Recursos de Suporte à Manutenção”. O conjunto das atividades a serem desempenhadas a fim de prover todos os recursos de suporte requeridos são as Atividades de Apoio ou Suporte e estão associadas à Logística.

Veja, a seguir, uma representação gráfica da funcionalidade de um produto restaurável durante sua vida operacional:



Funcionalidade de produto reparável

O padrão estabelecido é chamado de perfil de funcionalidade, porque mostra os estados de um produto no seu ciclo de vida operacional, alternando entre o estado de funcionamento e o de falha.

É importante que os clientes ou usuários tenham informações sobre as características que definem o padrão do perfil de funcionalidade do produto no início de sua vida operacional. É desejável obter respostas quantitativas a perguntas como:

Quanto tempo o produto permanecerá no estado de funcionamento?

Quanto tempo as atividades de manutenção durarão?

Quanto tempo as atividades de suporte durarão?

Infelizmente, na maioria das vezes, as respostas a essas perguntas relativas ao perfil de funcionalidade serão descobertas pelos clientes por meio do uso do produto adquirido.

O conceito de confiabilidade

A resposta à pergunta sobre quanto tempo o produto permanecerá em estado de funcionamento é respondida pelo estudo da confiabilidade do produto. Parte dessa informação é, muitas vezes, passada indiretamente ao cliente por meio das garantias fornecidas pelo fabricante por tempo determinado e sob condições específicas, período no qual os serviços de manutenção bem como de eventuais necessidades de substituição de peças são oferecidos sem ônus para o cliente.

As informações fornecidas pelos projetistas e fabricantes não ajudam muito o usuário a ter uma ideia do perfil de funcionalidade do produto recém-adquirido. Elas seriam vitais para todas as decisões a serem tomadas a respeito das atividades de manutenção bem como para a alocação de recursos de apoio à manutenção. Até

mesmo antes da aquisição, tais informações seriam úteis em uma análise comparativa de produtos a serem adquiridos.

A Engenharia de Confiabilidade engloba as tarefas que garantem que um item desempenhará sua missão com sucesso. Confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar sua função pelo menos até um tempo específico e sob condições operacionais estabelecidas.



Resumindo

Na Engenharia, a probabilidade de algo funcionar adequadamente está associada a estudos de confiabilidade. Processos são estudados, atividades e fatores relacionados com a habilidade de um produto manter sua funcionalidade durante o tempo de operação, trabalhando com métodos para melhorá-la.

A confiabilidade exerce influência sobre todas as fases do ciclo de vida de um produto – sobre atividades de projeto, produção, operação, manutenção e suporte. A teoria da confiabilidade fornece uma ferramenta poderosa para os engenheiros quantificarem a habilidade de seus produtos manterem a funcionalidade durante a vida operacional.

Considerando a natureza do parâmetro “tempo”, ao se observar muitas cópias individuais de um item em estudo, todas com a mesma funcionalidade, a confiabilidade do item dependerá do comportamento das cópias individuais.



O tempo não é o mesmo para todas as cópias, pois cada uma delas perde a funcionalidade em um instante de operação diferente apesar de ser utilizado o mesmo processo de produção e projeto para todas. Logo, o estudo da confiabilidade está contido em uma abordagem probabilística e não determinística.

Os fatores que contribuem para essa variabilidade nos itens individuais são inerentes a cada item, ambientais e operacionais.

Os fatores inerentes estão relacionados às condições da matéria-prima, ao empacotamento, ao transporte e ao armazenamento de cada cópia antes do início de operação.

- Os fatores ambientais são as influências da temperatura, da umidade, da poluição do ar, da poeira, da radiação, da vibração etc.
- Os fatores operacionais levam em conta o carregamento, o número de ciclos de operação, a intensidade de uso, a formação dos operadores, o uso inadequado e as condições de armazenamento.

Consequentemente, o parâmetro tempo tem uma natureza imprevisível resultante da variabilidade dos processos que ocorrem no material de forma combinada, sendo impossível, deterministicamente, precisar o instante em que determinada cópia do item falhará.



Resumindo

A fim de prosseguir com a análise de confiabilidade, é preciso utilizar a teoria da probabilidade, que fornece uma ferramenta para descrever probabilisticamente o comportamento do tempo. É possível então obter a probabilidade de que uma transição ocorrerá em um instante de operação ou que certo percentual de itens falhará até determinado tempo.

O conceito de manutenibilidade

O perfil de funcionalidade de itens reparáveis está relacionado com a questão da duração das atividades de manutenção, além de outras questões. A manutenibilidade, ou mantenabilidade, estuda as atividades, os fatores e os recursos relacionados à ação para restauração da funcionalidade de um produto. O desempenho de atividades específicas de manutenção e o trabalho com métodos para quantificação, avaliação, previsão e melhoria da manutenção são interesses de estudos de manutenibilidade. Essa teoria provê ferramentas para descrever quantitativamente a habilidade de um produto ser restaurado à funcionalidade por atividades de manutenção.

A manutenibilidade pode ser definida como a característica inerente de um item relacionada com a sua habilidade de ser restaurado quando as atividades específicas de manutenção são desempenhadas de acordo com requisitos específicos. Para que seja útil à Engenharia, a manutenibilidade deve ser expressa numericamente, ou seja, as características qualitativas devem ser traduzidas em medidas quantitativas.

De modo semelhante à análise da natureza do tempo na confiabilidade, a duração das atividades de manutenção para vários itens também possui uma variabilidade, apesar de elas serem normalmente padronizadas.

Os fatores que contribuem para essa variabilidade são pessoais, condicionais e ambientais. Vejamos, a seguir, cada um deles com mais detalhes:

Fatores pessoais

Os fatores pessoais representam as diferentes habilidades, experiências, motivações, o condicionamento físico e outras características similares do pessoal envolvido.

Fatores condicionais

Os fatores condicionais representam a influência do ambiente operacional e as consequências da restauração.

Fatores ambientais

Os fatores ambientais incluem a temperatura, a umidade, a luminosidade, a vibração, a hora do dia, o vento, o ruído e os fatores similares que afetam o pessoal de manutenção durante a restauração.

A natureza do tempo depende da variabilidade desses fatores relacionados, sendo impossível deterministicamente estabelecer uma regra na relação complexa do tempo como função desses fatores. Mais

uma vez, recorre-se à teoria da probabilidade como uma ferramenta para prover uma descrição probabilística desse relacionamento. É possível estimar somente a probabilidade de que a restauração ocorrerá após certo tempo de manutenção, ou que certo percentual será concluído até um instante específico.

A manutenibilidade trata das ações de manutenção necessárias para restaurar um produto do estado de falha para o estado de funcionamento. Após a ocorrência da falha, a restauração ao estado de funcionamento envolve o isolamento da fonte de falha, a correção do problema, o teste do produto, a remoção dos equipamentos de teste e ferramental, o fechamento de painéis e portas de acesso, e a disponibilização aceitável do produto para que este possa cumprir suas funções.

A média dos tempos necessários nas ações de restauração é chamada de **tempo médio para restaurar** (*Mean Time To Repair* - MTTR). O MTTR engloba o tempo do diagnóstico e o tempo ativo de reparo.

O conceito de apoiabilidade e Apoio Logístico Integrado

A parte do perfil de funcionalidade que antecede as atividades de manutenção está relacionada à duração da atividade de apoio com o suprimento de todos os recursos necessários para as atividades. O atraso logístico e o atraso administrativo estão dentro do escopo dos estudos de apoiabilidade de um sistema. O tempo de espera pelos recursos de manutenção pode ser decisivo no sucesso de uma missão, principalmente quando são consideradas missões em que o tempo possa significar risco financeiro ou de vida.



Saiba mais

A apoiabilidade está relacionada ao estudo de processos, atividades e fatores relativos ao suporte de um produto que requer recursos para a execução de atividades específicas de manutenção, e trabalha com métodos para sua quantificação, avaliação, predição e melhoria. Atualmente, a Engenharia de Apoiabilidade tem um papel muito importante nas considerações do ciclo de vida de um produto porque é reconhecida como grande contribuinte na formação do perfil de funcionalidade e, consequentemente, do custo operacional.

- A apoiabilidade pode ser definida como a característica inerente a um item relacionada com a sua habilidade de ser apoiado pelos recursos requeridos para a execução da atividade específica de manutenção. A fim de ser útil à Engenharia, a apoiabilidade deve ser descrita numericamente, ou seja, traduzida em medidas quantitativas.
- A apoiabilidade está relacionada com o tempo adicional em que um item permanece no estado de falha. Logo, se o tempo representar o instante em que os recursos de manutenção forem disponibilizados, uma análise semelhante à da manutenibilidade pode ser feita. A apoiabilidade depende principalmente das decisões tomadas na fase de projeto, sendo relacionada com a complexidade, o tamanho, a quantidade e a padronização dos recursos de suporte logístico.
- A apoiabilidade pode então ser expressa quantitativamente pelo tempo adicional de duração da atividade de apoio e o tempo em que as atividades de manutenção não podem ser desempenhadas devido à falta de recursos de apoio essenciais (peças de reposição, material, pessoal, instalações etc.).

O tempo de espera não é o mesmo para diversas atividades de suporte padronizadas de determinado item. Apesar do fato de que cada esforço de apoio consiste de várias atividades relacionadas à provisão de recursos de apoio, o tempo requerido para sua execução difere a cada esforço devido a **fatores de manutenção, localização, investimento e organizacionais**. Vejamos, a seguir, cada um deles com mais detalhes:

Manutenção

Os fatores de manutenção relacionam-se com a gerência do processo de manutenção, em particular, seu conceito, suas políticas e estratégias.

Localização

Os fatores de localização são devidos à influência da geografia local dos itens, dos sistemas de comunicação e do transporte.

Investimento

Os fatores de investimento influenciam a provisão de recursos de apoio (peças de reposição, ferramental, equipamentos, instalações).

Organizacionais

Os fatores organizacionais determinam o fluxo de informação e os elementos de suporte.

O Apoio Logístico Integrado (do inglês Integrated Logistic Support - ILS) normalmente é visto na ótica do agente logístico, quando um sistema já está em operação. Sistemas informatizados são desenvolvidos de forma que, assim que determinado recurso para manutenção é requerido, toda a cadeia logística é acionada, visando minimizar o tempo de espera desses recursos para a equipe de manutenção. Políticas relacionadas a estoques e armazéns são estabelecidas para que se assegure a disponibilidade adequada do sistema apoiado.

Conclusão

As falhas em sistemas, muitas vezes, até podem ser admissíveis, porém a indisponibilidade de um sistema por muito tempo normalmente não é aceitável. Sistemas que admitem possibilidade de manutenção devem ser acompanhados por sistemas de apoio compatíveis. Esses sistemas “não surgem” após algum sistema ter sido inserido no mercado. Eles são projetados, idealmente, desde o início da concepção do sistema principal.

O projeto para a apoiabilidade e para os sistemas de Apoio Logístico Integrado envolve desde aspectos intrínsecos à organização até múltiplos fornecedores de partes do sistema. Um projeto de um sistema complexo, segundo a abordagem do ciclo de vida da Engenharia de Sistemas, deve necessariamente ser acompanhado de projetos correlatos de sistemas de manutenção e de apoio logístico. O uso intensivo da Tecnologia da Informação promove a necessária comunicação entre as diversas partes a fim de que os tempos logísticos sejam minimizados.

Vem que eu te explico!

Os vídeos a seguir abordam os assuntos mais relevantes do conteúdo que você acabou de estudar.

Os conceitos de funcionalidade e falha



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

O conceito de Confiabilidade



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Verificando o aprendizado

Questão 1

Considerando o conceito de falha, observe as afirmativas a seguir:

- I. Os limites de desempenho de um sistema utilizado sob condições operacionais para as quais foi projetado delimitam o que é falha para esse sistema.
- II. Todos os produtos/sistemas são projetados para serem mantidos.
- III. O perfil de funcionalidade de um produto ou sistema diz respeito aos registros de tempos desse produto ou sistema no estado de funcionamento ou em falha.

Está correto o que se afirma em

A

I, somente.

B

II e III.

C

I e II.

D

I e III.

E

II, somente.



A alternativa D está correta.

O conceito de falha está atrelado ao conceito de funcionamento esperado de um item sob condições normais de operação. Nessa perspectiva, por exemplo, se alguém plugar um cabo de força de um eletrônico projetado para 110V numa tomada de 220V e o aparelho queimar, uma falha não pode ser atribuída, uma vez que o uso foi inapropriado, fora das condições normais de operação. Nem todos os produtos são projetados para serem mantidos. Uma lâmpada é projetada para ser descartada após falhar. O perfil de funcionalidade registra a alternância entre os estados de funcionamento e falha de um item. Os tempos de duração são úteis para estudos de confiabilidade, manutenibilidade e apoiabilidade.

Questão 2

Considerando o conceito de confiabilidade, observe as afirmativas a seguir:

- I. A confiabilidade de um sistema afeta os sistemas de manutenção e apoio atrelados a ele.
- II. Se alguém disser que a confiabilidade de um sistema é 1,25, mesmo sem saber de mais detalhes sobre esse sistema, podemos afirmar que essa afirmação está incorreta.

III. As condições de armazenamento e transporte de um sistema não afetam a confiabilidade dele.

Está correto o que se afirma em

A

Primeira resposta da pergunta.

B

Segunda resposta da pergunta.

C

Terceira resposta da pergunta.

D

Quarta resposta da pergunta.

E

Quinta resposta da pergunta.



A alternativa C está correta.

A confiabilidade de um sistema deve servir de base para o projeto dos sistemas de manutenção e apoio correspondentes. Tendo maior ou menor propensão à falha, os sistemas de manutenção e apoio serão mais ou menos demandados. Confiabilidade é definida como uma probabilidade, logo, um número entre zero e um. Não existe nada com probabilidade 1,25. Condições de armazenamento e transporte podem afetar a propensão à falha de um sistema e, em casos extremos, até deixar o sistema inoperante devido às vibrações, ao calor e/ou à umidade acima dos limites admissíveis.

Palavras iniciais

Quanto custa gerar e criar um filho até que ele se torne independente?

Essa pergunta muitas vezes é feita no momento em que os casais fazem os seus planejamentos familiares. As contas, nesse caso, são permeadas de incertezas, uma vez que normalmente não se têm informações exatas sobre qual DNA será formado na criança a ser gerada. Nas concepções de Engenharia, a mesma questão deveria ser considerada. Nesse caso, o nível de incertezas não chega a ser tão grande se comparado ao da Biologia. Certo grau de poder ou “amarração das possibilidades” se encontra nas mãos dos projetistas dos produtos/sistemas a serem criados, e de certa forma “os pais podem negociar com o criador” (a presença do cliente na equipe de desenvolvimento de sistemas é muito benéfico para que ele fique satisfeito).



Exemplo

No ciclo de vida biológico humano, os custos para se manter um filho não são baixos quando se almeja uma vida adulta com as melhores chances de sucesso. Uma vez gerado o filho, a família normalmente se mobilizará para que tudo possa dar certo. No ciclo de vida de desenvolvimento de produtos/sistemas, “os criadores” detêm um considerável poder para as necessárias intervenções, porém o mercado (quem demanda a criação) pode ser bem cruel. A prática corriqueira é a “execução” dos “filhos não lucrativos” (produtos e sistemas são simplesmente descartados de uma hora para outra caso essa opção seja considerada a melhor numa tomada de decisão).

Dependendo do grau de complexidade de determinado desafio de Engenharia, a observação oportuna dos custos associados às decisões de projeto pode ser mais ou menos fácil. Entretanto, alguns princípios devem ser entendidos para que se possa conduzir análises de custos em um Ciclo de Vida específico segundo a Engenharia de Sistemas.

As decisões iniciais em um projeto e seu impacto nos Custos no Ciclo de Vida

As decisões sobre as configurações em projetos fazem parte do desenvolvimento deles. Muitas dessas decisões podem parecer insignificantes para o estabelecimento das necessárias conformidades às especificações, mas alguns aspectos têm visibilidade somente a longo prazo.

Quando um cliente deseja que algum tipo de funcionalidade esteja presente no sistema, mesmo que isso não esteja explicitamente verbalizado, ele deseja que essas funcionalidades estejam presentes sempre que ele as demandar e não apenas no momento da compra. Devem estar presentes “por um bom tempo”.

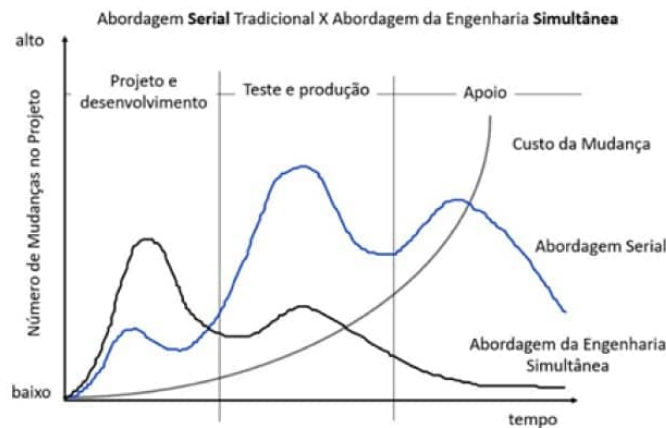
Alguns requisitos em sistemas estão relacionados à manutenção das características operacionais ao longo do tempo de utilização vislumbrado para a vida deles. A manutenção das características depende, em grande parte, das primeiras decisões no projeto.

Como exemplo, podemos imaginar que a decisão seja qual material utilizar em uma peça que faz parte de um dos subsistemas que compõe o sistema em desenvolvimento. A tal peça não sofre muitos esforços mecânicos e tanto o material X quanto o Y poderiam ser escolhidos para constar nas especificações. O material X é 20% mais caro que o material Y, porém Y não é resistente à corrosão. Em uma primeira “análise”, a decisão parece pender para a escolha do material Y por ser o mais barato, mas como o uso operacional estabelece um ambiente marinho, que notoriamente é mais suscetível à rápida degradação, a “economia aparente”

potencialmente vislumbrada pela escolha de Y repercutirá em alta taxa de falhas e, conseqüentemente, alto índice de indisponibilidade, o que pode encarecer muito as operações.

Quanto custa uma decisão elementar sobre usar o material X ou o Y em uma peça?

Considerando o tempo do profissional que faz um estudo para embasar tal decisão, algumas poucas horas talvez, este custo provavelmente é imperceptível em comparação a vários outros custos no projeto. Porém, o impacto de tal decisão pode ter a dimensão de até mesmo abreviar a obsolescência de todo o sistema.



Extraído de Bondarczuk (2005), p. 16.

A fim de comparar diferentes abordagens de condução de projetos observando a questão dos Custos no Ciclo de Vida, vamos considerar a abordagem tradicional “em série” versus a abordagem da Engenharia Simultânea ou Engenharia de Sistemas.



Saiba mais

A abordagem seriada é a abordagem na qual as equipes realizam seus trabalhos de forma independente e sem comunicações com as outras partes interessadas. Como cada profissional realiza seu trabalho individualmente, o que é relevante para uns passa despercebido para outros e acaba sendo tratado como um problema em fases mais avançadas do projeto.

Imagine, por exemplo, que se esteja decidindo sobre a dimensão de uma peça, um eixo metálico necessário em algum subsistema. Para o projetista, a tolerância máxima e mínima do diâmetro do tal eixo seria entre 10 e 12mm. Sendo assim, opta por especificar um diâmetro de 12mm, sem muito critério nessa decisão, pois para ele tanto faz. Entretanto, o setor de fabricação que ficará encarregado de usinar o eixo dispõe de um torno cuja dimensão máxima de trabalho das peças é de 11mm. A decisão irrelevante para o projetista implicará a aquisição de uma nova máquina que custará cem mil reais. Como não houve conversa entre as partes, o encarregado da fabricação apenas recebe a especificação e imagina que o diâmetro tenha sido especificado naquela dimensão por ser algo essencial para o funcionamento do sistema. Custos desnecessários foram criados na fabricação.



Nesse exemplo, é possível observar que a abordagem tradicional “em série” não promove discussões que podem gerar possibilidades de economia. Assim, em uma abordagem em série, muitos erros no projeto são percebidos tardiamente, nas fases posteriores de fabricação e até mesmo na fase de utilização. Quanto mais se demora para consertar uma decisão errada em um projeto, mais caro fica, uma vez que recursos vão sendo alocados de forma progressiva, tornando inflexíveis as configurações obtidas, pois recursos já foram empregados em decisões anteriores.

O caso extremo demonstra a importância de perceber os eventuais erros “o quanto antes”, como acontece nos famosos “recalls” de automóveis. Quando uma montadora utiliza um canal aberto de televisão para convocar os proprietários dos veículos de determinado número de chassi para comparecerem com urgência a uma rede credenciada a fim de substituir gratuitamente determinada peça, com certeza esse custo, além de ser muito alto para aquele modelo de automóvel, pode na verdade comprometer o valor de toda a companhia.

Os Custos no Ciclo de Vida na fase de Utilização e Apoio

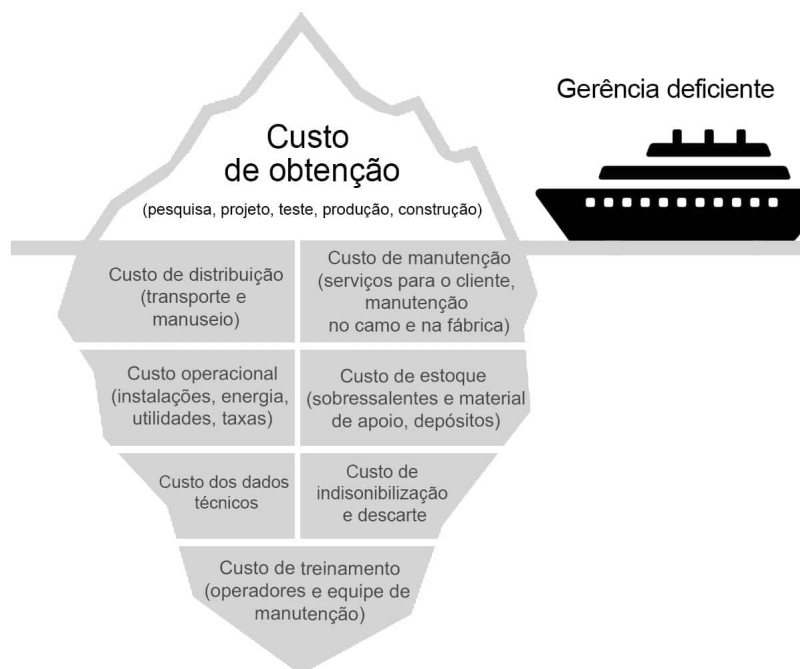
Em média, cerca de 60% dos Custos no Ciclo de Vida se concentram na fase de Utilização e Apoio. As diferenças nessa composição acontecem devido à natureza de cada sistema, sendo estes essencialmente mecânicos, eletrônicos ou de algum outro tipo com algumas características especiais.



A fase de Utilização e Apoio admite várias subdivisões para estudo em sua composição. Basicamente, a contabilidade desses custos precisa ser vista com detalhes caso a caso. Uma abordagem possível pode ser feita na divisão do apoio, observando o custo de operação (custo operacional) e outros custos distintos, lembrando que até estocar algo que não está sendo utilizado pode sair caro.

Outra figura muito utilizada quando se quer mostrar a importância dos diversos custos ao longo do ciclo de vida é a de um iceberg. Como se sabe, cerca de 90% do volume

de um iceberg fica abaixo da lâmina d'água. A maior parte está submersa e não acessível a menos que alguém queira “se aprofundar” neste entendimento de custos aparentemente invisíveis.

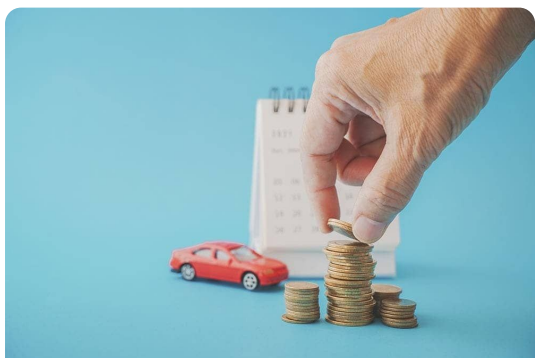


BONDARCZUK, B. A., 2005, Definição Operacional da Apoiabilidade de Sistemas de Materiais de Emprego Militar. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

A primeira questão a ser considerada é de que lado você está: do lado do desenvolvedor ou do consumidor?

Para ambos o entendimento sobre como os custos acontecem ao longo da vida do sistema é muito importante.

Essa dificuldade na percepção dos custos pode até mesmo ser utilizada como estratégia por algum desenvolvedor. É o famoso “presente de grego”. O desenvolvedor percebe que pode chamar a atenção do mercado oferecendo um sistema aparentemente muito mais barato em relação aos concorrentes, mas cria mecanismos de dependência para que possa explorar os consumidores em certo aprisionamento para obtenção de consumíveis. Isso pode ser observado, por exemplo, no mercado de impressoras do tipo “jato de tinta”. Impressoras são ofertadas com preços muito atrativos, mas os preços dos cartuchos de tinta “pagam” a impressora e proporcionam enormes lucros para os fabricantes. O consumidor poderia pagar menos em uma impressora mais cara no momento da aquisição, mas com custos operacionais menores.



Esse raciocínio se dá na observação dos custos para se manter um automóvel, por exemplo. O estudo da “eficiência energética” tem sido importante para o estabelecimento de maior transparência no mercado. Mesmo sem algum “selo” que faça distinção entre veículos ofertados no mercado, o entendimento da eficiência energética de um veículo pode fazer uma grande diferença no orçamento familiar.

A métrica a ser utilizada para comparação pode ser reais por quilômetro rodado, por exemplo. Dependendo do grau de utilização, durante a vida útil de um veículo, o custo operacional pode ser impraticável para o orçamento familiar.

Os fabricantes que conseguem ofertar veículos mais

econômicos podem fazer bom uso dessa característica para obter vantagem competitiva perante seus concorrentes.

Compras públicas podem ser complicadas quando a orientação é adquirir pelo menor preço. Sem entrar em detalhes contábeis, essencialmente os recursos podem ser divididos em custeio ou investimentos.

Algo adquirido como um investimento, tendo como critério o menor preço (parte visível do iceberg), pode repercutir nos anos vindouros em necessidade de manutenção, suprimento de insumos, formação de pessoal especializado para operar e realizar atividades de manutenção, entre outros, durante vários anos.

Um investimento aparentemente barato pode sair caro durante sua utilização. A imprensa já divulgou casos no setor público em que máquinas foram adquiridas e ficaram encaixotadas sem uso porque ninguém “pensou” na necessidade de alocar recursos para capacitação de pessoal, por exemplo.

Às vezes, o custo de armazenagem também pode ser muito alto. No século passado, surgiram empresas vendendo um serviço que incluía a opção de congelar o corpo do cliente em nitrogênio líquido após sua morte, para que, “quando a ciência avançasse suficientemente”, fosse possível recuperar a vida a partir do corpo conservado. Imagine o custo desse armazenamento e as probabilidades de sucesso do empreendimento. Muitos clientes (a maioria com muito dinheiro acumulado) apostaram nesse serviço.

As questões ligadas à confiabilidade devem ser destacadas quando falamos em Custos no Ciclo de Vida. Uma abordagem é considerar que o Custo no Ciclo de Vida é a soma do Custo de Aquisição com o Custo de Operação.



Um item de baixa confiabilidade pode custar pouco ao ser adquirido, porém o custo operacional será alto, uma vez que falhará com constância. Somando os dois custos, obteremos um alto Custo no Ciclo de Vida. Por outro lado, um item de alta confiabilidade será caro para adquirir, porém dificilmente precisará de manutenção, tendo um custo operacional baixo. Somando-se os dois custos, teremos um alto Custo no Ciclo de Vida. O mínimo Custo no Ciclo de Vida se dá em uma confiabilidade média em que tanto os custos de aquisição quanto o custo operacional têm valores médios. Apesar dessa abordagem ser simplista, ela serve como exemplo para o entendimento de que é possível analisar os vários componentes de custo e se encaixar em uma posição atraente para o mercado visado.

Conclusão

O entendimento da composição dos Custos no Ciclo de Vida é essencial tanto para o desenvolvedor de um sistema quanto para os usuários dele. As ações tomadas no início durante as especificações dos subsistemas e das partes impactam sobremaneira o perfil dos Custos no Ciclo de Vida do item quando ele estiver sendo operado e até no momento de sua obsolescência e seu descarte. A prática da Engenharia Simultânea propicia um ambiente no qual a chance de erros serem plotados oportunamente é maior em comparação com a



abordagem tradicional em série, em que os diferentes atores envolvidos nas várias fases do sistema não conversam entre si.

Aspectos relativos à confiabilidade, manutenibilidade e apoiabilidade devem ser tratados com cuidado desde o início para que o desempenho do futuro sistema satisfaça aqueles que o encomendaram.

Vem que eu te explico!

Os vídeos a seguir abordam os assuntos mais relevantes do conteúdo que você acabou de estudar.

As decisões tomadas bem no início do projeto são as que mais impactam os Custos no Ciclo de Vida



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

O maior percentual dos Custos no Ciclo de Vida se concentra na fase de Utilização e Apoio



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Verificando o aprendizado

Questão 1

Considerando a importância de se conhecer os Custos no Ciclo de Vida, observe as afirmativas a seguir:

- I. O nível dos Custos no Ciclo de Vida é consequência das decisões tomadas durante o desenvolvimento do produto.
- II. Os Custos no Ciclo de Vida são facilmente observáveis pelo cliente no momento que ele adquire determinado produto/sistema.
- III. Os Custos no Ciclo de Vida são computados durante a operação e o apoio do sistema até o seu descarte.

Está correto o que se afirma em

A

I, somente.

B

II e III.

C

I e II.

D

I e III.

E

II, somente.



A alternativa A está correta.

As decisões no projeto têm consequências no desempenho e nos custos do sistema. Os Custos no Ciclo de Vida não são facilmente observáveis no momento de uma aquisição. O cliente deve pesquisar vários parâmetros relativos à confiabilidade e à disponibilidade de rede de serviços, assim como os respectivos preços praticados. Os Custos no Ciclo de Vida incluem também o projeto e a fabricação do sistema.

Questão 2

Considerando as decisões tomadas no início do projeto e os Custos no Ciclo de Vida, observe as afirmativas a seguir:

I. Os Custos no Ciclo de Vida de um sistema dependem das características específicas relacionadas à utilização desse sistema. Tais características começam a ser definidas nas primeiras escolhas relativas ao projeto.

II. O custo para as decisões relacionadas às especificações no projeto é relativamente pequeno ao custo total em todo o Ciclo de Vida, porém as consequências dessas decisões podem gerar impactos gigantes nos custos associados à fase de Utilização e Apoio.

III. A abordagem simultânea de desenvolvimento na Engenharia de Sistemas não impacta os Custos no Ciclo de Vida do sistema.

Está correto o que se afirma em

A

I, somente.

B

II e III.

C

I e II.

D

I e III.

E

II, somente.



A alternativa C está correta.

As escolhas feitas pelos desenvolvedores no início de um projeto definem características que influenciam sobremaneira os Custos no Ciclo de Vida. Os materiais escolhidos e a arquitetura do sistema podem influenciar os níveis de confiabilidade e manutenibilidade. As decisões dos projetistas podem ser contabilizadas em poucos homem/hora dispendidos. Porém, algumas dessas decisões podem repercutir em diferenças significativas relacionadas às operações. A abordagem da Engenharia Simultânea impacta os custos à medida que os eventuais erros são plotados oportunamente na fase de desenvolvimento. Com a antiga prática de trabalho serial, os erros não eram plotados e o conserto tardio custava muito mais caro.

Como funciona o Processo da Engenharia de Sistemas?

Neste vídeo apresentamos o que é o processo de Engenharia de Sistemas, suas características e seu modo de funcionamento. Vamos lá!



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

A abordagem dos métodos utilizados para o desenvolvimento de sistemas na Engenharia de Sistemas se dá numa visão “de cima para baixo” (top – down) ou em camadas, no primeiro momento, pois não é possível especificar peças e componentes sem que se conheçam os vários aspectos e inter-relacionamentos entre estes na formação dos subsistemas que compõem “o todo” do sistema.

À medida que os desenvolvedores entendem a missão do sistema, o ambiente operacional no qual o sistema atuará e todo o conjunto de sistemas onde o sistema a ser desenvolvido será inserido, os subsistemas e componentes vão sendo desenvolvidos nos diversos níveis do sistema. Toda a modelagem inicial corresponde ao “projeto lógico” que antecede o “projeto físico” de cada parte e interface necessária, sendo tudo desenvolvido à medida que as definições de mais alto nível são feitas, e tudo é ajustado no caminho “de baixo para cima” nas necessárias integrações.

O processo de desenvolvimento de sistemas da Engenharia de Sistemas

O processo da Engenharia de Sistemas é inerente ao ciclo de vida do sistema. A ênfase inicial é na abordagem de cima para baixo de forma integrada ao ciclo de vida do projeto e desenvolvimento do sistema, que é conduzido por diversas atividades. Estas incluem a definição e a identificação das necessidades do cliente, a condução de análise de viabilidade, o desenvolvimento de requisitos operacionais e dos conceitos de manutenção e de apoio, análise funcional, alocação de requisitos etc.



Comentário

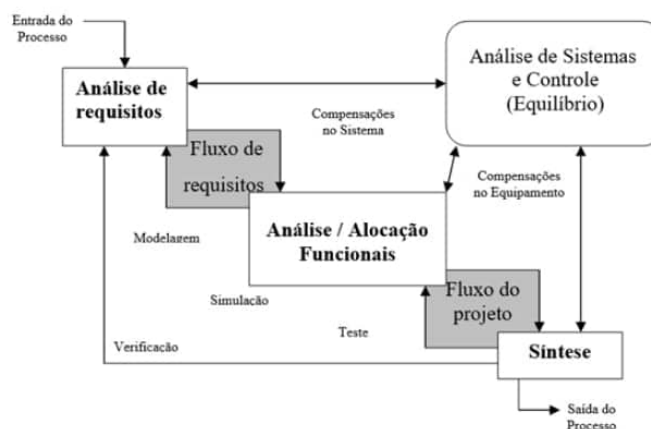
Há ainda um processo interativo de avaliação e validação do sistema e a inclusão de mudanças para melhoria do processo e do produto.

Embora o processo seja mais crítico nos estágios iniciais do projeto e do desenvolvimento do sistema, o conhecimento das atividades das fases finais de construção/produção, o uso operacional, e a manutenção e o suporte do sistema são essenciais para o entendimento das consequências das decisões de projeto tomadas com antecedência oportuna (realimentações) e para o estabelecimento de referências para o futuro. O processo de realimentação é, portanto, crítico e uma parte integral do processo de Engenharia de Sistemas.



A abrangência de um sistema inclui, além do equipamento principal de determinada missão, as instalações requeridas para sua operação e manutenção, o processo de seleção e treinamento de pessoal, as atividades operacionais e de manutenção, instrumentação para teste e avaliação, bem como as atividades e os equipamentos para apoio logístico. Ou seja, o processo de desenvolvimento deve enxergar muito além do “sistema principal” e as ações devem ser orquestradas de forma que a sincronia entre as várias atividades aconteça de maneira otimizada. É um grande desafio!

O processo da Engenharia de Sistemas é usado para traduzir as necessidades operacionais dos usuários em requisitos, e estes em projetos que satisfaçam requisitos de desempenho, condicionantes de custos e tempo. A imagem a seguir mostra uma visão geral do processo.



Fluxo do processo de Engenharia de Sistemas



Saiba mais

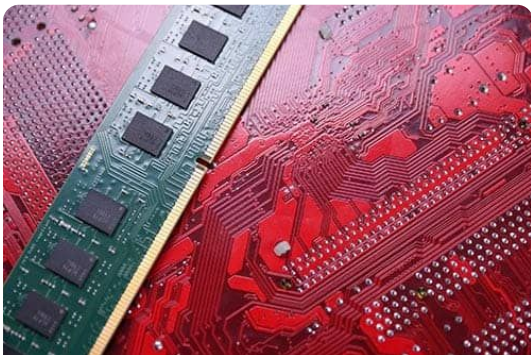
Um dos princípios da Engenharia de Sistemas está relacionado a analisar as funções (“o que fazer”) a serem realizadas pelo sistema antes de alocar quaisquer itens físicos (“quem executa o que fazer”) que venham a realizar tais funções.

A prática habitual na Engenharia é pensar em um problema e já indicar um item existente para fazer as funções que resolverão determinado problema. Fazendo a análise funcional primeiro, fica mais fácil pensar em soluções criativas e inovadoras, não adotando de imediato as soluções preconcebidas.

Podemos tomar como exemplo os smartphones. Quando a telefonia celular surgiu, os aparelhos realmente eram utilizados somente como telefones (fonia a distância) sem fios e sem dependência de linhas fixas, mas logo passaram a incluir joguinhos e mensagens de texto. Em seguida, vieram os telefones com máquinas digitais acopladas. Os atuais smartphones são computadores portáteis que inclusive podem ser utilizados como telefone. São várias funções (fotografar, gravar áudio, gravar vídeo, navegar na internet etc.) encapsuladas em um único item físico que chamamos de celular.



Outro exemplo pode ser visto na evolução dos computadores de mesa (desktops). Os primeiros computadores pessoais eram compostos de uma placa-mãe e nela eram acoplados placa de som, placa de vídeo e outros itens.



Com a evolução tecnológica, surgiram as placas-mãe *onboard*, que já vinham com as antigas placas de som e de vídeo embutidas. Essa diminuição de itens físicos (eliminação das placas anexadas à placa-mãe) possui prós e contras.

Quando a placa de som ou de vídeo queimava, era só fazer a substituição. Se uma dessas placas embutidas na placa-mãe queima, na verdade toda a placa-mãe queima, sendo necessário trocá-la por outra.

Um benefício da placa **onboard** foi eliminar eventuais problemas de encaixes e comunicação entre as placas de som e de vídeo, que eram acopladas à antiga placa-mãe. Essa “evolução” no projeto com certeza aconteceu devido a estudos de confiabilidade e manutenibilidade, aspectos importantes para definir a “alocação funcional”, ou seja, em quais itens físicos as funções estarão hospedadas. Algumas vezes, a modularização de itens se faz necessária para uma melhor substituição deles nas manutenções. Itens de “alta mortalidade” (que costumam falhar com maior frequência) devem estar acessíveis para quem fará a substituição. Todas essas possibilidades fazem parte da metodologia em processos na Engenharia de Sistemas.

O modelo em “V” do processo de desenvolvimento da Engenharia de Sistemas

O processo de Engenharia de Sistemas segue uma progressão lógica de refinamento de projeto do tipo de cima para baixo. Envolve um processo iterativo no qual requisitos operacionais são traduzidos em requisitos de desempenho para os elementos funcionais de um sistema. Alternativas de projeto para cada um dos elementos funcionais do sistema são identificadas e analisadas. Os resultados são usados para a seleção da melhor combinação de elementos de projeto para se atingir um objetivo específico de projeto. Os requisitos de desempenho são refinados com base nas alternativas selecionadas; os requisitos atualizados são

posteriormente decompostos no próximo nível de função de desempenho. Em sequência aos passos anteriores, alternativas são identificadas e analisadas, e o processo é repetido.

A decomposição funcional dos requisitos continua até o mais baixo nível lógico de função de desempenho. O modelo do sistema é descrito pela decomposição inicial dele em subsistemas e partes. Essas atividades compõem “a descida” ou lado esquerdo do “V”. Uma vez que as partes tenham sido definidas, a quina do “V”, o projeto orientado de cima para baixo passa a se tornar uma construção orientada de baixo para cima. A subida do “V” se inicia.

A síntese do projeto físico se inicia quando os itens de hardware são selecionados para servirem às funções identificadas e são dispostos mantendo relacionamento uns com os outros.

Neste estágio do desenvolvimento do projeto, análises são utilizadas para verificar a aderência em cada nível de integração com as especificações de projeto, sendo feito isso de forma sucessiva à medida que as integrações são conduzidas de baixo para cima. Isso é feito por meio de testes e avaliações nos diversos níveis de integração das partes e subsistemas até que seja composto o sistema principal.

1

Após todas as verificações nos diversos níveis dos sistemas, a validação final se dá junto aos usuários do sistema. Uma vez validado, o sistema é entregue para ser operado de acordo com as demandas que motivaram o seu desenvolvimento.

2

Porém, é preciso acompanhar o desempenho em vários momentos no ciclo de vida a fim de que se possa intervir, quando necessário, de forma oportuna e colher lições para projetos futuros.



O modelo em “V” da Engenharia de Sistemas resumido

Atividades de análise de sistemas e de controle em um projeto de desenvolvimento servem como base para a avaliação de alternativas, para a seleção da melhor solução, para a mensuração do progresso e para a documentação das decisões de projeto. Essas atividades incluem:

Estudos de compensações

Estudos de compensações (*trade-off*) entre requisitos, alternativas de projeto e outros assuntos relacionados a custo, tempo e desempenho.

Gestão de configuração

Gestão de configuração para controlar os produtos, os processos e as documentações do sistema. O esforço de gestão de configuração inclui a identificação, a documentação e a verificação das características físicas e funcionais de um item; o registro da configuração de um item; e o controle de modificações de um item e de sua documentação. Essa gestão fornece uma trilha completa das decisões e das modificações de projeto para auditorias.

Gestão de dados

Gestão de dados para coletar e controlar a base técnica (documentação de configurações, dados técnicos e manuais técnicos), proporcionar a rastreabilidade e o estudo da correlação de dados, e servir como referência para o esforço de Engenharia de Sistemas.

Estabelecimento de métricas

Estabelecimento de métricas de desempenho para fornecer medições de quão bem o desenvolvimento técnico e o projeto estão evoluindo relativamente ao que foi planejado e ao cumprimento dos requisitos do sistema em termos de desempenho, minimização de riscos, produtividade, custo e tempo.

Estabelecimento de controle

Estabelecimento de controle de interface para garantir que todas as modificações internas e externas de requisitos de interface sejam implementadas adequadamente.

Avaliação estruturada

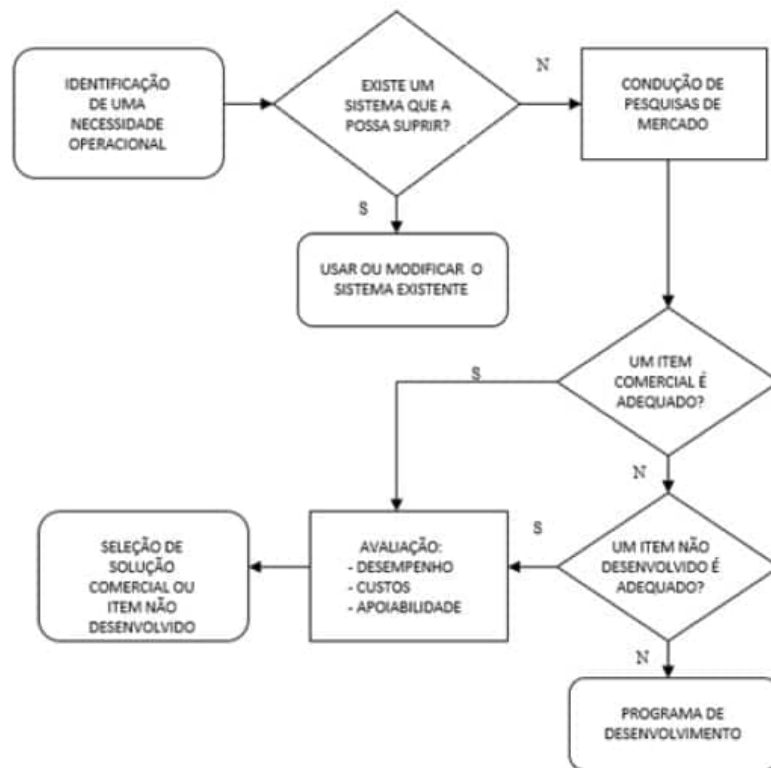
Avaliação estruturada do projeto para confirmar a finalização das tarefas requeridas e seus critérios de saída.

A determinação do melhor conjunto de recursos logísticos planejados para um sistema é importante. Isso é feito pela análise daquelas características de projeto que geram ou estão associadas a necessidades, provendo apoio operacional para o sistema principal. Essas características de projeto são desenvolvidas por muitas disciplinas diferentes numa vasta gama de atividades de Engenharia de Sistemas. Individualmente, elas podem ser vistas como características de projeto do sistema de hardware, software ou de apoio. Coletivamente, elas representam a “apoiabilidade” do sistema principal.

A obtenção de determinado produto ou sistema pode ser feita via desenvolvimento interno ou aquisição no mercado externo. Considerando-se o ciclo de vida da Engenharia de Sistemas, a fase de obtenção abrange o Projeto Conceitual, o Projeto Preliminar, o Projeto e Desenvolvimento Detalhados e a Produção e/ou Construção.

Os tipos de obtenção geralmente estão relacionados à quantidade de atividades de projeto requeridas para completar o sistema. Existem quatro tipos básicos de obtenção:

- Modificação de um sistema existente;
- Item comercial;
- Item não desenvolvido;
- Item desenvolvido.



Fluxograma de decisão no processo de obtenção

Durante as pesquisas de mercado dos sistemas candidatos à aquisição, os projetos devem ser revistos considerando-se os aspectos relativos à capacidade de apoio logístico (apoabilidade) para avaliar padronização, alternativas de apoio, impacto no sistema etc.



Dica

A decisão sobre o tipo de obtenção a ser implementado é o primeiro grande passo na determinação de quais atividades de Engenharia de Sistemas serão incluídas no projeto de obtenção. A “análise de apoiabilidade” pertencente ao processo de Engenharia de Sistemas se inicia com a identificação de uma necessidade operacional. Os conceitos e os requisitos operacionais iniciais são avaliados para identificar alternativas e implicações de apoio logístico.

O processo de obtenção do tipo modificação de um sistema existente é conduzido com avaliações restritas à necessidade específica de modificação, e é conduzido no contexto do conceito existente de apoio.

Os requisitos de um sistema principal fornecem bases para pesquisas de mercado para soluções de obtenção dos tipos item comercial e/ou não desenvolvido. Se uma solução dessas é determinada, o foco de uma análise de apoiabilidade deve ser o projeto detalhado de apoio. Se for adotado um conceito de apoio comercial, uma análise de apoiabilidade deve ser feita limitando-se aos aspectos do projeto do sistema de apoio requeridos para formar interfaces com os itens de apoio comercial e com o sistema de apoio existente. Se a alternativa preferida for o apoio orgânico, as informações de projeto devem ser usadas para conduzir uma análise do planejamento de apoio e do desenvolvimento dos dados logísticos do produto.

Se as pesquisas de mercado não identificarem soluções aceitáveis de projeto, essa abordagem deve ser substituída por uma solução de desenvolvimento do sistema. Mesmo em um projeto de desenvolvimento total, deve ser considerada a possibilidade de atender a requisitos de elementos do sistema com soluções comerciais ou itens não desenvolvidos.

O processo de obtenção deve considerar ainda a abordagem de sistemas abertos cujas especificações e normas adotadas são as mesmas utilizadas em indústrias. Estas devem ser aplicadas preferencialmente em itens das interfaces dos sistemas e no ferramental necessário. Padrões para sistemas abertos definem interfaces que facilitam a portabilidade, a interoperabilidade e a possibilidade de futuras expansões.

Conclusão

Todo processo da Engenharia de Sistemas acontece altamente vinculado às necessidades ou às demandas dos clientes (focados “no problema”). A ideia é entender as funções a serem desempenhadas e as condicionantes relacionadas à doutrina de emprego e também as condicionantes operacionais (ambiente). As funções são estudadas em detalhes para que somente depois sejam distribuídas nas soluções físicas projetadas. Requisitos operacionais e técnicos são desenvolvidos para orientar os esforços de Engenharia. Esta sequência de análise das funções e alocação física delas se dá nos níveis de subsistemas e componentes.

O processo é referido como um “V” que tem a primeira parte de cima para baixo até chegar numa descrição das partes e, em seguida, a segunda parte de baixo para cima no esforço de integração de componentes, subsistemas e a montagem final do sistema principal. Nesse processo são feitas verificações, e quando tudo estiver pronto, o cliente valida a solução para que possa usar operacionalmente o sistema desenvolvido.

Vem que eu te explico!

Os vídeos a seguir abordam os assuntos mais relevantes do conteúdo que você acabou de estudar.

O processo de desenvolvimento de sistemas da Engenharia de Sistemas



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

O modelo em “V” do processo de desenvolvimento da Engenharia de Sistemas



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Verificando o aprendizado

Questão 1

Considerando o modelo em “V” do processo de desenvolvimento da Engenharia de Sistemas, observe as afirmativas a seguir:

- I. O processo da Engenharia de Sistemas se dá essencialmente “de cima para baixo”.
- II. O desenvolvimento de sistemas se inicia com a definição de requisitos.

III. O desenvolvimento de um sistema específico se dá num contexto em que vários outros sistemas podem estar presentes, os quais devem ser considerados nas ações de desenvolvimento.

Está correto o que se afirma em

A

III, somente.

B

II e III.

C

I e II.

D

I e III.

E

II, somente.



A alternativa A está correta.

O processo da Engenharia de Sistemas se dá tanto "de cima para baixo" (especificações) quanto "de baixo para cima" (integrações). Tudo se inicia com a identificação das necessidades e o entendimento do problema. A consideração do contexto no qual o sistema a ser desenvolvido se encaixa é essencial. As decisões de Engenharia normalmente são limitadas em função de restrições advindas desse ambiente.

Questão 2

Considerando o modelo em "V" do processo de desenvolvimento da Engenharia de Sistemas, observe as afirmativas a seguir:

I. No processo de desenvolvimento, o que se observam inicialmente são as soluções físicas, depois, as funções.

II. A análise das funções a serem desempenhadas, independentemente de quais itens físicos serão utilizados para elas, é um princípio a ser seguido na abordagem da Engenharia de Sistemas.

III. Para cada função necessária no sistema, um item físico distinto é desenvolvido para executar tal função.

Está correto o que se afirma em

A

I, somente.

B

II e III.

C

I e II.

D

I e III.

E

II, somente.



A alternativa E está correta.

No processo da Engenharia de Sistemas, a ordem é tratar primeiro as funções e depois cuidar dos itens físicos que executarão tais funções. A correspondência não necessariamente é de "um para um", ou seja, um item físico pode desempenhar várias funções. A análise dissociada entre funções e itens físicos colabora para a geração de soluções criativas e inovadoras.

Considerações finais

Como vimos, o desenvolvimento de sistemas requer uma visão do todo, em que se percebem inúmeras interconexões e sobreposições de áreas de conhecimento – não é recomendável tratar com simplicidade aquilo que é complexo!

A Engenharia de Sistemas fornece todo um arcabouço teórico e prático necessário para que os projetistas possam cuidar dos vários aspectos inerentes aos sistemas. O enfoque sistêmico se torna um caminho para soluções na medida em que fazemos uso das várias ferramentas e dos métodos disponíveis na Engenharia de Sistemas.

Atualmente, com toda a evolução tecnológica e suas diferentes tecnologias habilitadoras, percebe-se na Engenharia de Sistemas uma forte contribuição para a viabilização de vários esforços com vistas à integração desses sistemas.

Este conteúdo tratou apenas de uma pequena parte das várias possibilidades e dos recursos disponíveis nesta área de conhecimento.

Podcast

Para encerrar, ouça um breve resumo sobre o assunto.



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para ouvir o áudio.

Explore +

Para se aprofundar neste conteúdo:

- Pesquise a dissertação de mestrado Engenharia de Sistemas em Sistemas Sociotécnicos e veja como o autor aborda o levantamento de requisitos com diversas técnicas.
- Leia o artigo Engenharia de Sistemas Complexos, de José Roberto Castilho Piqueira e Sérgio Mascarenhas de Oliveira.

Referências

BLANCHARD, B. S. **System engineering and management**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

BONDARCZUK, B. A. **Definição operacional da apoiabilidade de sistemas de materiais de emprego militar**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

FABRYCKY, W; BLANCHARD, B. S. **Life-cycle cost and economic analysis**. 1 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1991.

KNEZEVIC, J. **Reliability, maintainability and supportability, a probabilistic approach**. London: McGraw-Hill Book Company, 1993.

PECHT, M. **Product reliability, maintainability and supportability handbook**. Boca Raton: ARINC Research Corporation, 1995.