

ENGENHARIA DE SISTEMAS E INTEGRAÇÃO: UMA DISCIPLINA INTEGRADORA PARA CURSOS DE ENGENHARIA

Karl Heinz Kienitz – kienitz@ieee.org
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Divisão de Engenharia Eletrônica.
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50.
12.228-900 – São José dos Campos - SP

***Resumo:** No contexto do projeto e desenvolvimento de sistemas de engenharia complexos, a engenharia de sistemas estabeleceu-se como disciplina integradora dos esforços nas diversas especialidades necessárias para a consecução de um projeto. Engenharia de sistemas tem sido freqüentemente entendida como sinônimo de engenharia de sistemas computacionais. A prática de concepção e desenvolvimento de sistemas de engenharia em geral, no entanto, tem mostrado que a sistemática de trabalho e as ferramentas da engenharia de sistemas são imprescindíveis na criação de sistemas de engenharia complexos, sejam eles computacionais ou não. Apesar de a engenharia de sistemas ter-se tornado indispensável na realização dos grandes projetos de engenharia, nos currículos dos cursos de engenharia brasileiros tipicamente inexistem uma disciplina integradora que permite a discussão intensiva da engenharia de sistemas como boa prática de concepção e desenvolvimento de forma geral. Instituições de ensino no exterior têm dado alguma atenção ao assunto. Semelhantemente a indústria e associações de engenharia pelo mundo afora têm investido muito na normalização desta disciplina. O objetivo deste artigo é tratar da engenharia de sistemas como uma disciplina integradora para cursos de engenharia, à luz da experiência obtida no ITA ao longo dos últimos quatro anos.*

***Palavras-chave:** Engenharia de sistemas, Currículo, Graduação.*

1. INTRODUÇÃO

No contexto do projeto e desenvolvimento de sistemas de engenharia complexos, a engenharia de sistemas estabeleceu-se como uma disciplina integradora dos esforços nas diversas especialidades necessárias para a consecução de um projeto. Engenharia de sistemas tem sido freqüentemente entendida como sinônimo de engenharia de sistemas computacionais. A prática de concepção e desenvolvimento de sistemas de engenharia em geral, no entanto, tem mostrado que a sistemática de trabalho e as ferramentas da engenharia de sistemas, como apresentados, por exemplo, em GRADY (1993), GRADY (1994), KOSSIAKOFF e SWEET (2002) e BLANCHARD e FABRYCKY (1997), são imprescindíveis na criação de sistemas de engenharia complexos, sejam eles computacionais ou não.

Engenharia de sistemas é a sistematização de parte da atividade de engenharia, sendo tipicamente responsável, segundo KAYTON (1997), por:

- Tradução de necessidades operacionais em requisitos de sistema;
- Integração das disciplinas relevantes ao projeto;
- Garantia das interfaces funcionais e físicas;

- Identificação e mitigação de riscos; e
- Verificação de que o sistema desenvolvido atende às necessidades operacionais.

A engenharia de sistemas opera através da aplicação sucessiva e sistemática dos seguintes procedimentos descritos na norma IEEE Std 1220-1998:

- Análise de requisitos;
- Verificação de requisitos;
- Análise funcional;
- Verificação funcional;
- Síntese; e
- Análise de alternativas e definição de compromissos de projeto

A necessidade de engenharia de sistemas no desenvolvimento de sistemas de engenharia surge em face de:

- Tecnologia em rápido avanço, com aumentos de risco e complexidade;
- Competitividade, manifestada na busca concorrente por soluções “superiores”; e
- Crescente especialização das partes combinada com crescente interdisciplinaridade do todo, o que tem acarretado um número crescente de interfaces.

Engenharia de sistemas não torna obsoletas as partes criativas, não sistematizáveis, da engenharia. Engenharia de sistemas provê uma linguagem adequada para a intermediação entre disciplinas diferentes necessárias a um projeto.

Apesar de a engenharia de sistemas ter-se tornado indispensável na realização dos grandes projetos de engenharia, nos currículos dos cursos de engenharia brasileiros tipicamente inexistente uma disciplina integradora que permite a discussão intensiva da engenharia de sistemas como boa prática de concepção e desenvolvimento de forma geral. Instituições no exterior têm dado alguma atenção ao ensino do assunto, como pode ser verificado na coletânea de sete artigos sobre a educação em engenharia de sistemas, editada por DESHAYES e THISSEN (2000). Semelhantemente a indústria e associações de engenharia pelo mundo afora têm investido muito na normalização desta disciplina: EIA (1999, 2002a, 2002b), ESA (1996), IEEE (1998), ISO e IEC (2001).

A partir destas observações, em 2000, o currículo do curso de engenharia eletrônica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) passou a ter um curso obrigatório de engenharia de sistemas e integração. O objetivo deste artigo é tratar da engenharia de sistemas como uma disciplina integradora para cursos de engenharia, à luz da experiência obtida no ITA nos últimos quatro anos.

O artigo tem a seguinte estrutura: a seção 2 trata dos objetivos para uma disciplina de engenharia de sistemas em curso de graduação de engenharia; na seção 3 discute-se sucintamente sobre algumas opções de realização; a seção 4 apresenta a realização no curso de Engenharia Eletrônica do ITA; a seção 5 contém comentários finais.

2. OBJETIVOS PARA UMA DISCIPLINA DE ENGENHARIA DE SISTEMAS

O objetivo fundamental para uma disciplina de engenharia de sistemas num curso de graduação é promover uma visão ampla e integrada da concepção, desenvolvimento e fases posteriores do ciclo de vida de sistemas de engenharia. O objetivo operacional é fornecer aos estudantes uma introdução geral ao assunto para familiarizá-los com os conceitos básicos, as ferramentas e os modelos utilizados. Como numa empresa geralmente os engenheiros mais antigos são os responsáveis pela engenharia de sistemas, não é necessário aprofundar o assunto no curso de graduação, pois será desenvolvido no futuro emprego com a ênfase e a cultura empresarial ali existente.

Para valer-se da engenharia de sistemas, um engenheiro deve ter bom conhecimento em pelo menos uma modalidade “técnica” específica para compreender a relevância e dificuldade de

compromissos de projeto e dificuldades típicas na solução de um problema de engenharia. Portanto não existe “o engenheiro de sistemas apenas”. Por este motivo a disciplina é ministrada com vantagem em um dos últimos semestres do curso de engenharia.

A capacitação a ser desenvolvida pelo estudante é a de dialogar e trabalhar numa equipe de engenheiros no contexto do projeto de sistemas complexos.

Atividades práticas (de projeto) são possíveis, mas são de difícil realização e não imprescindíveis. Pela natureza do assunto é recomendável optar-se por atividades de equipe, sejam de projeto ou de seminário.

Verificou-se que alguns tópicos instrumentais muito relevantes em engenharia de sistemas muitas vezes não são discutidos nas disciplinas que constam dos currículos de engenharia, de forma que a complementação de conteúdo passa a ser também um objetivo (secundário) da disciplina.

3. OPÇÕES DE REALIZAÇÃO DE UMA DISCIPLINA DE ENGENHARIA DE SISTEMAS

Para a implementação de uma disciplina de engenharia de sistemas existem três parâmetros básicos a serem definidos:

- Posição (cronológica) dentro do currículo;
- Profundidade da abordagem; e
- Opção por uma linha de trabalho seguindo uma referência básica da literatura geral ou uma das normas de engenharia de sistemas existentes.

Para valer-se da engenharia de sistemas, um engenheiro deve ter bom conhecimento em pelo menos uma modalidade “técnica” específica. Por este motivo a disciplina é ministrada preferencialmente num dos semestres mais avançados do curso de engenharia.

Como foi exposto anteriormente, não é necessário aprofundar o assunto na graduação, embora uma matéria de aprofundamento seja possível; em engenharia de sistemas não há tópicos que envolvam o estudo de alguma teoria sofisticada.

Para definir o modelo de trabalho pode-se optar por uma das referências da literatura geral como, por exemplo, KOSSIAKOFF e SWEET (2002), BLANCHARD e FABRYCKY (1997) ou CHAPMAN, W. L. et al. (1992). Para estudantes de engenharia elétrica e cursos correlatos pode-se optar alternativamente pelo trabalho baseado nas normas da EIA, ISO e / ou do IEEE. Para estudantes das engenharias em geral pode-se optar pelas normas da ISO e / ou da ESA. O trabalho com as normas exigirá um trabalho de preparação muito mais intensivo do professor, pois normas de engenharia não foram pensadas como material didático.

CHAPMAN, W. L. et al. (1992) propõe uma realização em semestres menos avançados. Para compensar a falta de experiência dos estudantes, é proposta a eles a execução de um projeto, que serve de estudo de caso para a maioria dos assuntos. O preço a ser pago é o de um tempo de dedicação elevado para acomodar a execução do projeto. Isto pode trazer impactos curriculares significativos.

4. A DISCIPLINA DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E INTEGRAÇÃO NO ITA

Há quatro anos atrás o currículo do curso de Engenharia Eletrônica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) passou a ter uma disciplina obrigatória de engenharia de sistemas. O título escolhido para a disciplina foi “Engenharia de Sistemas e Integração” para enfatizar a relevância da interdisciplinaridade, das interfaces e da integração como fase significativa na realização de um sistema. Os demais cursos de engenharia do ITA não possuem matérias semelhantes. No curso de Engenharia da Computação é oferecida a disciplina de engenharia de software que trata de engenharia de sistemas voltada especificamente para sistemas de software.

A ementa proposta para no contexto do curso de Engenharia Eletrônica é a seguinte:

Definições: sistemas, engenharia de sistemas e conceitos relacionados. Projeto conceitual, preliminar e detalhado. Análise de sistemas e avaliação de projetos. Projeto tendo em vista: confiabilidade, operacionalidade, manutenibilidade, fatores humanos, produção e reciclagem, e custo. Noções de planejamento, organização e controle de projeto de sistemas de engenharia.

As ementas das disciplinas de graduação sofrem revisão anual no ITA. A ementa acima não sofreu alterações significativas desde sua introdução. A proposta inicial previa uma carga horária total de 48 aulas. Constatou-se posteriormente que 32 aulas são suficientes para a apresentação do material. Esta é a carga horária atual.

A principal referência utilizada neste curso tem sido BLANCHARD e FABRYCKY (1997) e, a partir de 2004, também KOSSIAKOFF e SWEET (2002). Outras referências são eventualmente utilizadas para complementação, como GRADY (1993), GRADY (1994) e a norma IEEE Std 1220-1998. A exposição do material das referências é enriquecida com exemplos da experiência profissional do professor, principalmente dos projetos VLS (Veículo Lançador de Satélites) e SIVAM (Sistema de Vigilância da Amazônia). Artigos diversos são repassados aos alunos para conhecerem sistemas de engenharia complexos e fortemente interdisciplinares, em cujo desenvolvimento engenharia de sistemas foi (ou é) empregada. Estas referências são disponibilizadas pelo professor e variam de ano para ano, buscando dar a maior atualidade possível à programação. A maioria das referências adicionais utilizadas até o momento provém de fontes do IEEE e do AIAA (American Institute for Aeronautics and Astronautics).

A avaliação é feita por meio de trabalhos, séries de exercício, um seminário (em grupo) e um trabalho-exame.

No item “análise de sistemas e avaliação de projetos”, trata-se de tópicos complementares tais como uso sistemático de otimização em projeto de engenharia e introdução à dinâmica de sistemas com filas.

5. COMENTÁRIOS FINAIS

Egressos que cursaram esta disciplina confirmam sua utilidade imediata na prática profissional. Embora seja uma disciplina de caráter técnico, trata-se de uma disciplina de conteúdo pouco matemático e pouco tecnológico, intensivamente voltado à formação de um enfoque e uma visão de projeto compatível com os sistemas de engenharia demandados atualmente pela sociedade. Uma versão ligeiramente modificada pode ser ministrada em outros cursos de engenharia, sendo especialmente recomendável para especialidades envolvidas na concepção e desenvolvimento de sistemas de caráter multidisciplinar.

No ano de 2005 pretende-se complementar as atividades didáticas com uma visita técnica. Será feita uma tentativa de visitar o SIPAM (Sistema de Proteção da Amazônia), apesar do alto custo do deslocamento até a cidade de Manaus (sede do SIPAM e das principais instalações). A opção recai sobre o SIPAM por trata-se de um sistema extremamente complexo e fortemente interdisciplinar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCHARD, B.S. e FABRYCKY, W.J. **Systems engineering and analysis**, 3ª Edição, Prentice-Hall, 1997.

CHAPMAN, W. L. *et al.* **Engineering modeling and design**, CRC Press, 1992.

DESHAYES, P.J. e THISSEN, W.A.H. Guest Editorial, Special Section on Systems Engineering Education. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews**, v. 30, n. 2, p. 161-163, 2000.

ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). **Processes for engineering a system**, Standard ANSI/EIA-632-1998, 1999.

ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). **Systems Engineering Capability Model**, Standard EIA-731.1, 2002a.

ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). **Systems Engineering Capability Model Appraisal Method**, Standard EIA-731.2, 2002b.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Space engineering - System engineering**, ECSS-E-10A, ESA-ESTEC, 1996.

KOSSIAKOFF, A. e SWEET, W.N. **Systems engineering principles and practice**, Wiley, 2002.

GRADY, J. O. **System integration**, CRC Press, 1994.

GRADY, J. O. **System requirements analysis**, McGraw-Hill, 1993.

KAYTON, M. A practitioner's view of system engineering. **IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems**, v. 33, p. 579-586, 1997.

INSTITUTE FOR ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (IEEE). **IEEE standard for application and management of the systems engineering process**, IEEE Std 1220-1998, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) E INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **Life cycle management — system life cycle processes**, ISO/IEC 15288 Final Committee Draft, 2001.