

## Estudo de Caso abrangendo o Ensino Interdisciplinar de Engenharia de Software

Adilson Marques da Cunha<sup>1</sup>, Gláucia Braga e Silva<sup>1</sup>, Juliano de Almeida Monte-Mor<sup>1</sup>, Marco Antonio Pizani Domiciano<sup>1,2</sup> e Ricardo Godoi Vieira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Eletrônica e Computação - Área de Informática (IEC) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Brasil

<sup>2</sup>Divisão de GeoInteligência (EGI) - Instituto de Estudos Avançados (IEAv), Brasil

{cunha, glaucia, montemor, vieira}@ita.br, pizani@ieav.cta.br

**Abstract.** This paper tackles the teaching methodology adopted in a Case Study during the first semester of 2008, at the Electronics and Computer Engineering graduate program of the Brazilian Aeronautics Institute of Technology (ITA). It describes courses and actual projects integration under development at ITA. Initially, an academic project of reduced scope was developed involving courses of Database (DB) Systems Project, Information Technologies (IT), and Software Testing. On this project it was implemented a DB system, an information system, and a software testing prototype by applying different DB, IT and Software Testing tools and techniques.

**Keywords:** Interdisciplinarity, Case Study, Teaching Methodology, Academic Project, Software Engineering.

**Resumo.** Este artigo aborda a metodologia de ensino adotada em um Estudo de Caso realizado no 1º Semestre de 2008, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica e Computação, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Ele descreve uma integração entre disciplinas e projetos reais que se encontram em desenvolvimento no ITA. Inicialmente, definiu-se um projeto acadêmico de escopo reduzido, envolvendo as disciplinas de Projeto de Sistemas de Banco de Dados (BD), Tecnologias da Informação (TI) e Teste de Software. Neste projeto, implementou-se: um protótipo de sistema de BD, um protótipo de sistema de informação, e um protótipo de teste de software, aplicando-se, respectivamente, técnicas e ferramentas de BD, TI e Teste de Software.

**Palavras-chave:** Interdisciplinaridade, Metodologia de Ensino, Projeto Acadêmico, Estudo de Caso, Engenharia de Software.

## 1 Introdução

A realização de atividades práticas em disciplinas acadêmicas constitui uma importante complementação da parte teórica dessas, além de propiciar aos alunos o entendimento e a fixação dos conceitos aprendidos.

Para realização de atividades práticas, a adoção de Estudos de Caso baseados em projetos reais, tem sido praticada no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica e Computação, na área de Informática (PG/EEC-I) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), principalmente nas seguintes disciplinas ministradas por professores membros do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software (GPES): Projeto de Sistemas de Banco de Dados (CE-240); Qualidade, Confiabilidade e Segurança (*Safety*) de Software (CE-230); Sistemas Embarcados de Tempo Real (CE-235); Tecnologias da Informação (CE-245); e Teste de Software (CE-229).

Dentro deste contexto, este artigo relata as experiências obtidas no ITA quanto à aplicação de uma metodologia de ensino, para condução das atividades práticas nas disciplinas do GPES, abrangendo a definição do Estudo de Caso, o planejamento das atividades, e o acompanhamento e a gestão dos trabalhos desenvolvidos.

O restante deste artigo encontra-se organizado em 6 seções: na seção 2, mostra-se um histórico de alguns Estudos de Caso já realizados com sucesso no ITA. A seção 3 apresenta a metodologia de ensino adotada nesses Estudos de Caso. Na seção 4, descreve-se como esta metodologia foi aplicada em um projeto acadêmico envolvendo três disciplinas. Por fim, as seções 5 e 6 apresentam, respectivamente, os principais resultados obtidos e algumas considerações finais.

## 2 Histórico de Projetos Acadêmicos

A Tabela 1 ilustra alguns projetos reais de colaboração científica e tecnológica desenvolvidos entre o ITA e outras Instituições, que vêm motivando, ao longo dos anos, diferentes cenários para trabalhos acadêmicos e práticos realizados em disciplinas ministradas no PG/EEC-I do ITA.

A utilização desses Estudos de Caso vem proporcionando um universo de pesquisa e desenvolvimento que extrapola as fronteiras da sala de aula e têm originado diversas produções acadêmicas como dissertações de mestrado, teses de doutorado, assim como artigos publicados em eventos nacionais e internacionais, como por exemplo, [Silva e Cunha, 2004], [Martins et al., 2005], [Cunha et al., 2006], [Colonese et al., 2006], [Colonese et al., 2007] e [Loubach et al., 2008].

Assim, os conceitos transmitidos em aulas teóricas vêm sendo aplicados, praticados e investigados em situações abstraídas da realidade, o que torna as aulas muito mais produtivas e motivadoras aos alunos.

Em contrapartida, as produções acadêmicas resultantes, devidamente verificadas e validadas, vêm sendo incorporadas aos projetos reais em desenvolvimento.

Com o intuito de se obter um melhor aproveitamento desta prática de ensino, baseada no uso de Estudos de Caso, necessita-se de um planejamento detalhado da estratégia utilizada para que teoria e prática fiquem sincronizadas e balanceadas de acordo com a proposta acadêmica de cada disciplina.

**Tabela 1: Síntese de Projetos Acadêmicos por Disciplina**

Ano	Projeto	Descrição	Disciplinas
2001	SHOP-PORTAL	Portal de um Shopping Aeroportuário	Projeto de Sistemas de Banco de Dados / Tecnologias da Informação
2002	EBADMA	Empresa Brasileira de Administração Aeroportuária	
2003	GMR	Gestão de Mobilidade Rodoviária	
2004	ALC	Apoio à Logística de Cargas	
2005	ARP-J	Avaliação de Riscos de Pessoas Jurídicas	
2006	SIG-D	Sistema de Informações Georreferenciadas Dinâmicas	
2007	SIG-PA	Sistema de Informações Georreferenciadas para Processamento Analítico	
2003	VIGILANTE-TRIPHIBIUS	Protótipo de sistema de software embarcado e de tempo real para uma Estação de Controle e um Veículo Experimental do Tipo carro Anfíbio voador	Sistemas Embarcados de Tempo Real / Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software
2004	PVA-PVT	Protótipo de sistema de software embarcado e de tempo real para um protótipo de Veículo autônomo e um protótipo de veículo tripulado	
2005	VANT-EC-SAT	Protótipo de sistema de software embarcado e de tempo real para um veículo aéreo não tripulado, uma estação de controle e um satélite	
2006/ 2007	VANT-EC-SAME	Protótipo de sistema de software embarcado e de tempo real para um veículo aéreo não tripulado, uma estação de controle e um satélite de monitoramento ecológico.	

A próxima seção apresenta a metodologia adotada nos últimos anos para conduzir a parte prática das disciplinas mencionadas anteriormente.

### 3 Metodologia de Ensino

A adoção de um exemplo real permite aos alunos vivenciarem o processo de engenharia do sistema escolhido. O projeto acadêmico da disciplina, considerado como avaliação prática, torna-se um desafio para os alunos, que precisam construir um protótipo deste sistema de acordo com as melhores práticas da Engenharia de Software.

A metodologia aplicada ao desenvolvimento dos Estudos de Caso adota a divisão do projeto em aplicativos (subsistemas) que ficam sob responsabilidade de cada aluno. Devido ao tempo disponível em cada semestre letivo das disciplinas, a criação do projeto acadêmico toma por base uma redução de escopo do projeto real, limitando os aplicativos em  $5 \pm 2$  requisitos, a fim de se evitar a explosão combinatorial de requisitos e buscar compatibilidade com a carga horária de aulas práticas. Atualmente, realiza-se o planejamento deste projeto considerando 18 semanas de aula, como tempo máximo de desenvolvimento.

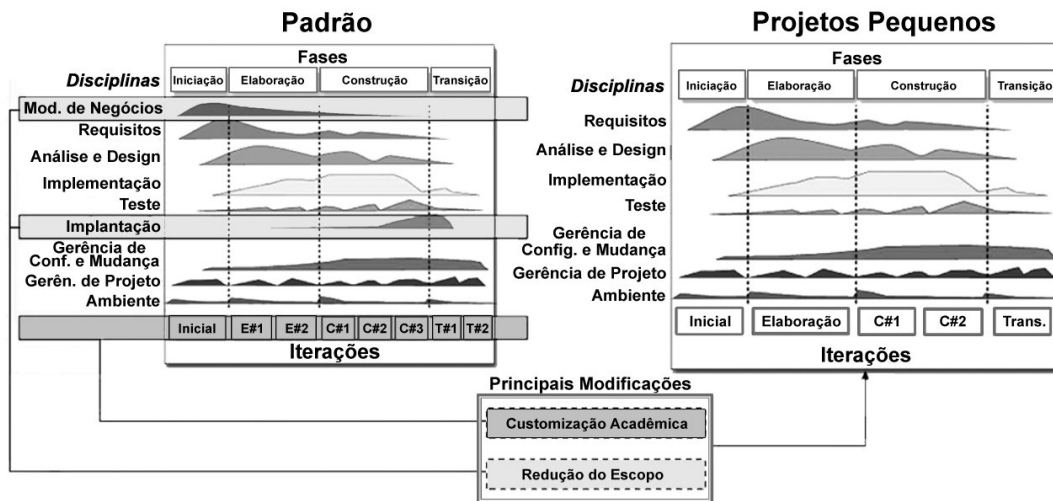
No decorrer do semestre letivo, à medida que o processo de desenvolvimento evolui, os aplicativos de cada aluno vão sendo integrados com outros afins, consolidando-se em aplicativos e equipes maiores. Conforme os níveis de integrações ocorrem, os alunos são clusterizados em grupos formados por  $5 \pm 2$  alunos e respectivos aplicativos. Usando uma abordagem *bottom-up*, são definidos 04 (quatro) níveis de atuação, partindo de pequenos aplicativos individuais até a consolidação em um protótipo de sistema computadorizado. A cada integração entre os níveis, os aplicativos recebem nomes particulares a saber: a) Aplicativos setoriais - do Nível 0

para o Nível 1; b) Aplicativos corporativos - do Nível 1 para o Nível 2; e c) Protótipo do Projeto Acadêmico - do Nível 2 para o Nível 3. Esta prática tem fornecido resultados satisfatórios quanto à distribuição dos trabalhos entre os alunos e ao gerenciamento de atividades de equipes heterogêneas.

Cada aluno responsabiliza-se pelo aplicativo de Nível 0 escolhido até o final das atividades da disciplina, ou seja, mesmo após as integrações, o aluno não perde o foco do seu aplicativo. Dessa forma, a identidade do aplicativo, assim como a atuação do aluno são preservadas durante a evolução dos trabalhos. Neste contexto, os alunos têm a oportunidade de trabalhar de forma individual, nos aplicativos de Nível 0, consolidando e aperfeiçoando os conhecimentos adquiridos, e posteriormente em equipes multidisciplinares, nos aplicativos dos demais níveis, compartilhando experiências e vivenciando situações que eles podem encontrar em suas vidas profissionais.

A partir da formação dos grupos de aplicativos e da definição do escopo de atuação de cada um, os alunos recebem orientações quanto ao processo de desenvolvimento e quanto às ferramentas de apoio aplicáveis. Neste caso, utiliza-se uma customização do Processo Unificado da Rational (*Rational Unified Process - RUP*), detalhando as fases e as atividades a serem praticadas, assim como as iterações envolvidas e os artefatos a serem produzidos, como mostra a

Figura 1. Os alunos assumem diferentes papéis dentro do processo, trabalhando como analistas, programadores, administradores de banco de dados, testadores, entre outros.



**Figura 1: Customização do RUP para Projetos Pequenos [Cunha, 2008]**

No que se refere às ferramentas de apoio, os alunos têm a oportunidade de utilizar Ambientes Integrados de Engenharia de Software Ajudada por Computador (*Integrated Computer Aided Software Engineering Environment - I-CASE-E*) de fabricantes como, por exemplo, *IBM Rational*, *ESRI*, *Computer Associates* e *Oracle* que mantêm parcerias acadêmicas com o ITA.

As transições entre as fases do RUP são determinadas pelas entregas das listas de exercícios, que são realizadas em média a cada 04 (quatro) semanas. Na transição da fase de iniciação para elaboração, definiu-se um conjunto mínimo, necessário e suficiente de artefatos customizados para atender às necessidades do Estudo de Caso, a saber: Documento de Visão, Modelo de Casos de Uso, Glossário e Casos de Teste.

Como marco da transição entre a fase de elaboração e de construção, os alunos entregam os modelos de caso de uso, classe, seqüência e atividade (se necessário). Pode-se solicitar também a entrega do artefato Documento de Arquitetura de Software, referente ao Projeto como um todo, que deve ser elaborado em conjunto pelos alunos da disciplina.

A quantidade de iterações na fase de construção depende do número de integrações entre os aplicativos (heurística de  $5 \pm 2$ ). O final desta fase é marcado pela entrega do protótipo do sistema idealizado e do seu código-fonte devidamente documentado.

Como resultado final do projeto, geram-se relatórios a partir das ferramentas CASE de suporte, fornecendo a documentação completa do processo de desenvolvimento. Para finalizar as avaliações práticas, os alunos realizam apresentações sobre o trabalho executado, abordando as principais dificuldades encontradas e sugerindo melhorias para a metodologia aplicada.

Ao término da disciplina, os alunos são motivados a refletir sobre a importância do desenvolvimento de software segundo um processo bem definido, suportado por um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Software.

Como prática de ensino, esta metodologia exige um grau de experiência, comprometimento e disponibilidade consideráveis por parte do professor da disciplina. Três pontos-chave devem ser destacados e observados na aplicação desta abordagem: 1) Conhecimento e experiência: visão geral do processo para definição e planejamento do Estudo de Caso; 2) Capacidade de liderança e de motivação: gestão de pessoas trabalhando em equipes e executando tarefas; e 3) Maturidade no processo de avaliação: percepção e cuidado na avaliação do aluno trabalhando individualmente e em grupo.

### **3.1 Interdisciplinaridade no Projeto Acadêmico**

Além dos trabalhos multidisciplinares em cada disciplina, existe também uma relação interdisciplinar entre aquelas oferecidas em um mesmo semestre letivo. No primeiro semestre de 2008, os conceitos interdisciplinares puderam ser praticados com maior abrangência em três disciplinas encadeadas: Projeto de Sistemas de Banco de Dados (CE-240); Tecnologias da Informação (CE-245); e Teste de Software (CE-229), esta última oferecida pela primeira vez no PG/EEC-I, do ITA.

Ressalta-se que o planejamento para cada disciplina deve respeitar as suas especificidades, de forma que o enfoque da avaliação prática esteja em reforçar primeiramente o conteúdo teórico da disciplina, e em segundo plano as práticas recomendadas pela Engenharia de Software.

Esta prática requer ainda que o planejamento das disciplinas envolvidas seja realizado em conjunto entre os professores, com o intuito de garantir sincronismo no cronograma e na realização das atividades, em especial aquelas consideradas interdependentes.

O Estudo de Caso escolhido para o primeiro semestre de 2008 foi o Projeto MONITORAMA II, uma abstração acadêmica do Projeto de Integração e Cooperação Amazônica para a Modernização do Monitoramento Hidrológico (ICA-MMH), em desenvolvimento entre o ITA e a Agência Nacional de Águas (ANA), com apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

A partir do Projeto MONITORAMA II, os alunos da disciplina CE-240 ficaram responsáveis pela modelagem lógica e física dos aplicativos de Banco de Dados que

serviram de base para os Protótipos de Sistemas de Informação, desenvolvidos na disciplina CE-245. Já na disciplina CE-229, os alunos ficaram responsáveis pela verificação e validação dos Protótipos de Banco de Dados e de Sistemas de Informação.

Esta dinâmica interdisciplinar pôde ser comprovada com sucesso, principalmente, por alunos que cursaram duas ou três disciplinas, podendo observar enfoques diferentes, de acordo com a fase do desenvolvimento de um sistema computadorizado, assim como as interdependências entre estas fases.

Na próxima seção, detalha-se o cenário do Projeto MONITORAMA II e sua atuação em cada uma das três disciplinas.

#### 4 Cenário do Estudo de Caso - Projeto MONITORAMA II

O Projeto MONITORAMA II tem como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo de um Sistema Automático de Coleta e Armazenamento de Dados Hidrológicos da região Amazônica. Na adaptação para um projeto acadêmico, realizou-se a sua divisão em subsistemas organizados numa estrutura de 04 (quatro) níveis. A Figura 2 ilustra esta divisão, focando os aplicativos abordados nas três disciplinas, assim como as três integrações ocorridas para a construção do Protótipo do Projeto MONITORAMA II.

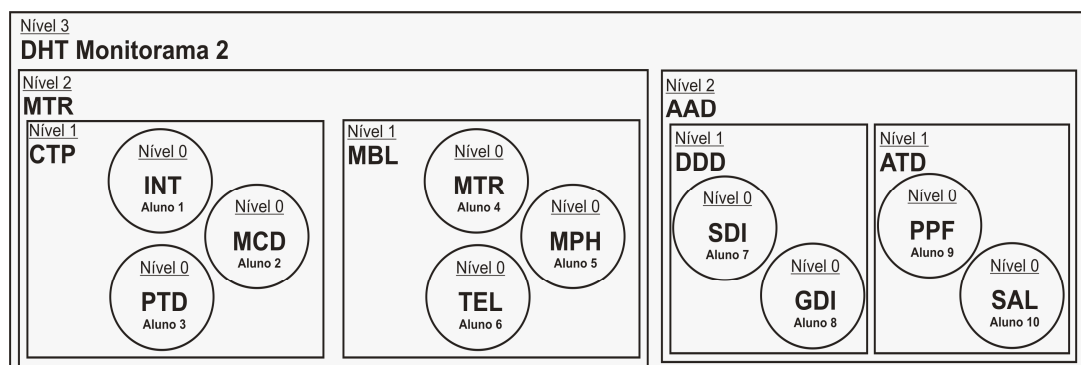


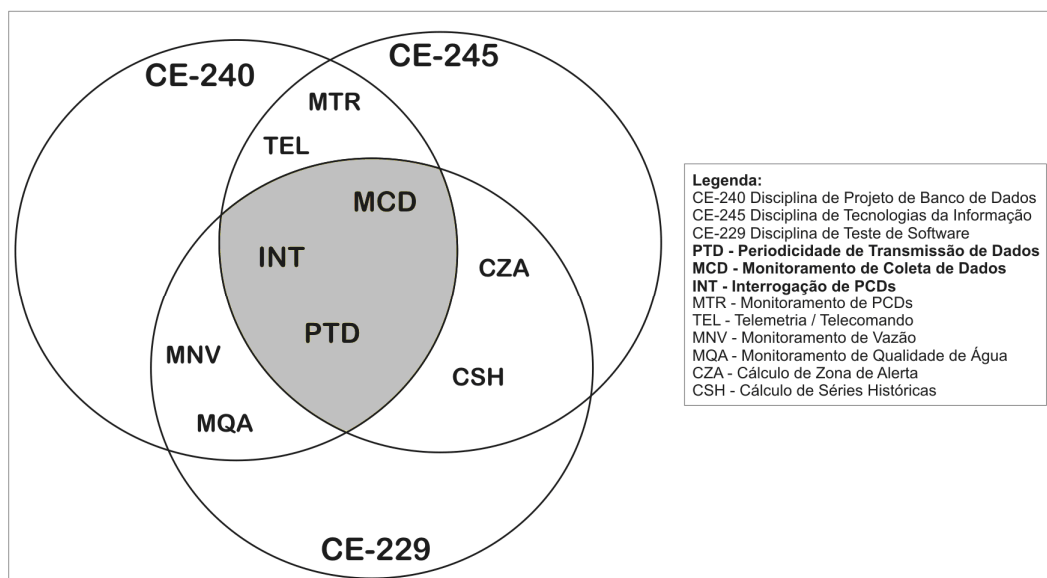
Figura 2: Projeto MONITORAMA II - Divisão em Subsistemas

Três alunos cursaram as três disciplinas no mesmo período letivo e dessa forma utilizaram o mesmo Estudo de Caso para o desenvolvimento de seus trabalhos acadêmicos. Os aplicativos de Nível 0 (INT, MCD e PTD), mostrados na Figura 2, foram escolhidos por estes alunos, que trabalharam de forma interdisciplinar especificamente em cada uma das disciplinas, até que o Nível 3 de integração fosse alcançado, conforme a Figura 3.

O grau de envolvimento dos alunos, bem como os papéis que eles assumiram, durante o desenvolvimento do projeto acadêmico, dependeram das matérias que eles cursaram naquele semestre. Neste Projeto Acadêmico, na disciplina CE-240, modelou-se os aplicativos de Banco de Dados que serviram de suporte para os módulos. Na CE-245, utilizou-se de tecnologias da informação para implementar os módulos, e por fim, na CE-229, aplicou-se técnicas de teste de software para verificar a codificação dos módulos.

Um aluno que se matriculou nas três disciplinas, por exemplo, assumiu o papel: de administrador de banco de dados, na CE-240; de analista e programador, na CE-245; e de testador, na CE-229. Ele teve que realizar atividades associadas a cada um destes papéis para cumprir os requisitos especificados nas listas de exercício de cada

disciplina, conforme as integrações ocorriam. Assim, nem todas as atividades foram executadas para todos os aplicativos, conforme ilustra a Tabela 2.



**Figura 3: Relação entre Subsistemas e Disciplinas**

**Tabela 2: Trabalhos por Disciplina de acordo com o Nível de Integração**

Disciplina	Lista de Exercício	Foco	Ferramentas de Suporte	Nível de Integração
CE-240	1	Especificação de requisitos do aplicativo de Banco de Dados (BD)	ERwin Data Modeler	0
	2	Criação do modelo lógico de dados do subsistema de BD setorial	ERwin Data Modeler	1
	3	Desenvolvimento do subsistema de software corporativo e do modelo físico de dados	ERwin Data Modeler e Oracle	2 e 3
	4	Documentação do sistema de banco de dados e controle de versão	ERwin Data Modeler; ERwin Data Model Validator e ClearCase	3
CE-245	1	Especificação dos requisitos do subsistema de software	Rational Software Architect (RSA); RequisitePro e ClearCase	0
	2	Criação do modelo lógico do subsistema setorial	ClearCase e RSA	1
	3	Desenvolvimento do sistema de software corporativo	ClearCase e RSA	2 e 3
	4	Documentação do sistema de software	ClearCase; RSA e SoDA	3
CE-229	1	Planejamento e especificação dos casos de uso de teste	RequisitePro e ClearCase	0
	2	Realização dos testes	Rational Manual Tester	1
	3	Documentação dos testes realizados	RSA; ClearCase e SoDA	1

## 5 Resultados do Projeto Acadêmico

Todas as etapas propostas foram realizadas de forma a comprovar que a metodologia utilizada aplica-se ao desenvolvimento de projetos de alta complexidade, com um

número elevado de desenvolvedores. O sucesso destes Projetos Acadêmicos encontra-se diretamente relacionado à heurística dos  $5 \pm 2$  elementos, pois ela impede uma explosão combinatorial que torne impraticável a conclusão das tarefas pelos alunos dentro das 18 semanas previstas para o semestre letivo.

A experiência tem mostrado que os resultados obtidos com a aplicação de problemas reais em sala de aula, através de Estudos de Caso, justificam o esforço necessário com o planejamento didático da(s) disciplina(s) envolvida(s). Comumente ex-alunos entram em contato com o professor da disciplina, principalmente por e-mail, informando que o aprendizado adquirido tem sido bastante útil nas empresas onde passaram a trabalhar. O *feedback* dos alunos também contribui para melhoria contínua da metodologia de ensino utilizada, a partir de críticas, sugestões e recomendações.

Esses alunos sentem-se contagiados pelas boas práticas de Engenharia de Software ensinadas e, por analogia, as utilizam em problemas com os quais se deparam no dia-a-dia. Eles percebem a importância da utilização de métodos, técnicas e ferramentas CASE e as vantagens de seguir um processo bem definido e documentado.

Como contrapartida, os alunos que mais se destacaram são convidados a participar ativamente dos projetos reais, passando a receber auxílio financeiro através de bolsa de estudo. Várias idéias discutidas academicamente também são incorporadas a estes projetos. Como resultado desta prática citam-se ainda produções acadêmicas em trabalhos de pesquisa de nível mestrado e doutorado.

## 6 Conclusão

Este trabalho mostrou, através de um Estudo de Caso, como a Engenharia de Software pode ser ensinada como conteúdo complementar em disciplinas de um programa de pós-graduação em Engenharia da Computação.

Constatou-se o sucesso da utilização desta metodologia de ensino em projetos acadêmicos envolvendo várias disciplinas. Para isso, fez-se necessário um planejamento adequado para as disciplinas, dentro do escopo do processo de desenvolvimento do Projeto MONITORAMA II. Os resultados obtidos tanto academicamente, quanto em relação ao desenvolvimento real do projeto, justificaram o esforço necessário neste planejamento.

A utilização de projetos reais como exemplos acadêmicos tornou-se viável neste contexto, permitindo aos alunos vivenciarem, antecipadamente, em um cenário fictício, situações que somente presenciariam quando inseridos no mercado de trabalho.

Considerando o histórico bem sucedido de aplicações da metodologia apresentada, os autores recomendam fortemente que práticas de ensino como esta sejam adotadas em outras áreas do conhecimento, pois enriquecem o conteúdo teórico das disciplinas, além de aumentar o grau de participação, motivação e envolvimento de alunos e professores no processo de ensino-aprendizagem.

## Referências

COLONESE, E.; LOUBACH, D. S.; CUNHA, A. M. (2007). **Self-adaptive component-based interoperability framework for real-time systems**. In Proceedings of 46th IEEE Conference on Decision and Control, New Orleans.



COLONESE, E.; RAMOS, D. B.; SILVA, C. M. B.; MARIN, L. H. G.; CUNHA, A. M.; DIAS, L. A. V. (2006). **Informações georreferenciadas de sensoriamento remoto: um estudo de caso com coleta de dados utilizando veículos aéreos não tripulados vant.** In Anais do Sensoriamento Remoto nas Forças Armadas (SERFA), São José dos Campos.

CUNHA, A. M. (2008). **Notas de Aula da Disciplina Sistemas Embarcados de Tempo Real (CE-235).** ITA.

CUNHA, A. M.; SANTOS, W. A.; LOUBACH, D. S.; NASCIMENTO, M. R.; NOBRE, J. C. S. (2006). **Applying model driven development in aerospace software prototype with IBM Rational Rose Real-Time.** In Proceedings of the IBM Rational Software Development Conference, Orlando.

LOUBACH, D. S.; RAMOS, D. B.; SAOTOME, O.; CUNHA, A.M. (2008). **Comparing source codes generated by case tools with hand coded.** In Proceedings of 5th International Conference on Information Technology (ITNG): New Generations, Las Vegas.

MARTINS, O.; SANTOS, W. A., FERREIRA, A. S., ANJOS, L. S., CUNHA, A. M. (2005). **A strategy for teaching real time embedded systems at the Brazilian Aeronautical Institute of Technology - ITA.** In Proceedings of 3rd International Conference on Education and Information Systems (EISTA): Technologies and Applications, Orlando.

SILVA, C. C.; CUNHA, A. M. (2004). **Uma metodologia para realização de atividades práticas em cursos de eletrônica e computação: Um estudo de caso.** In Proceedings of World Congress on Engineering and Technology Education (WCETE), Santos.