

LABORATÓRIOS DE PROJETOS DA ENGENHARIA DE SISTEMAS DA UFMG: APRENDER EM NOVO CONTEXTO

Eneida Pereira dos Santos – epsants11@ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), PPGFAE/CNPq, Faculdade de Educação, Campus Pampulha - Av. Antônio Carlos, 6627

31270-901, Belo Horizonte (BH), Minas Gerais (MG)

Frederico Gadelha Guimarães - fredericoguimaraes@ufmg.br

Ricardo Luiz Adriano – rluiz@cpdee.ufmg.br

Ana Liddy Cenni de Castro Magalhães - analiddy@eee.ufmg.br

UFMG, Departamento de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia

Luciana Moro moro@icb.ufmg.br

UFMG, Departamento de Patologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas

Eduardo Fleury Mortimer – mortimer@ufmg.br

UFMG, Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino, Faculdade de Educação

Resumo: *Em sociedade baseada em conhecimento o eixo da riqueza e do desenvolvimento de setores industriais tradicionais (intensivos em mão-de-obra, matéria-prima e capital), desloca-se para setores cujos produtos, processos e serviços são intensivos em tecnologia e conhecimento. Gerar e absorver inovações torna-se decisivo para competitividade sustentável dos países. Qual papel os centros de formação em engenharia devem assumir perante tais mudanças? Como a prática docente pode inovar neste contexto social, político, econômico, cultural contemporâneo? O curso de Engenharia de Sistemas da UFMG (REUNI/MEC) foi proposto atento a tais questões. Pioneiro no Brasil, noturno e previsto para seis anos, visa formar profissionais que, conhecendo os sistemas de engenharia, investiguem como integrar o conjunto de componentes de dado sistema. Contando com disciplinas de Laboratórios de Projetos do quinto ao nono períodos e utilizando recursos digitais e experimentação analógica, os estudantes podem desenvolver atividades de síntese de conhecimentos, supervisionados por docentes e monitores de pós-graduação. Espaço para integração dos percursos técnico-científico e das humanidades, eles se distinguem das disciplinas convencionais. Visam desenvolvimento de projetos que integrem conteúdos apresentados em disciplinas anteriores e possibilite aprimoramento de habilidades relacionadas à especificação de requisitos, análise de projeto de sistemas complexos, implementação, verificação, validação e testes. Os estudantes neles devem aprender então a transformar o projeto de novos produtos de alta agregação tecnológica em um tipo de produto de uma cadeia produtiva. Neste artigo, pretende-se apresentar ações propostas pelos docentes para configurar tais laboratórios e implementar seus módulos iniciais, especificando e discutindo potencialidades e limites identificados.*

Palavras-chave: *Graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG, Laboratório de projetos, Sistemas complexos, Metodologia de projetos*

1. INTRODUÇÃO

1.1.A era do conhecimento e as exigências de inovação

O transistor é um dispositivo eletrônico capaz de controlar e amplificar a corrente elétrica. A sua invenção teve papel fundamental para a revolução da informática ocorrida nos anos seguintes, segundo a seguinte ordem: transistor, circuitos integrados, computadores, Internet, Web. A partir do trabalho de três cientistas, no Bell Labs, todo um aparato de comunicação de uso atual teve origem, como telefones fixo e celular, computadores, rede mundial de computadores, capacidade de telecomunicação. Com expressiva possibilidade de reversão em produtos intangíveis (softwares, patentes, royalties, bens culturais) e tangíveis (aviões, computadores e robôs dentre outros), esse dispositivo ilustrou a possibilidade de avanço do conhecimento humano enquanto insumo e como produto resultante de ação coletiva (CRUZ & PACHECO, 2007).

A partir dessa invenção já na segunda metade do século XX verificou-se a transição de uma era industrial para a do conhecimento, tendo como base a elaboração e circulação de informações. O conhecimento, então, pela capacidade de gerar e absorver inovações, nas dimensões tecnológica, organizacional e institucional, cada vez mais passou a ser fator relevante do processo de produção e geração de riqueza das organizações, das regiões e dos países desenvolvidos (CAVALCANTI & GOMES, 2001; LASTRES et al., 2002).

A respeito do termo conhecimento, sem definição consensual pelas diversas correntes de pensamento, vale considerar a contribuição dada por Thomas H. Davenport e Laurence Prusak, pesquisadores norte-americanos do campo de gestão do conhecimento. Neste caso, o conhecimento expressa uma mistura fluida de experiência condensada, valores, informação contextual e *insights* que fornecem uma estrutura para experimentar e incorporar novas experiências e informação. Passível de classificação como tácito e explícito, nas organizações, o conhecimento pode ser encontrado em documentos e repositórios e também em práticas, processos, normas e rotinas organizacionais (BERGAMASCHI, M. L. & URBINA, 2009).

Mas apesar dos benefícios advindos de modelo de desenvolvimento baseado na crescente utilização de conhecimento, sérios e crescentes desafios para a humanidade são identificados ao longo dos anos. Desafios, por exemplo, relativos ao uso sustentável dos recursos naturais do planeta, em meio à necessidade de atendimento às múltiplas demandas dos diversos setores da sociedade. Neste caso, a proteção da biodiversidade enquanto capital natural ganha relevância estratégica pela necessidade de maior equilíbrio ecológico e como matéria-prima para desenvolvimento de tecnologias avançadas. Isto que irá requerer novas orientações para os esforços de crescimento econômico e de avanço do conhecimento científico-tecnológico. Orientações que deverão se subordinar, portanto, a princípios de inclusão, equidade e coesão social, de sustentabilidade ambiental e de caráter ético (LASTRES, et al., 2002).

Em síntese, pode-se afirmar que as mudanças estruturais vividas em novo padrão técnico-econômico e os novos desafios daí advindos exigem a formulação de novas estratégias e alternativas de desenvolvimento, em níveis mundial, nacional e local, dos distintos agentes econômicos, governamentais e da sociedade em geral. Diante de tal configuração, uma das recomendações de especialistas é de elevação dos níveis de qualificação e capacitação locais, considerando então não somente conhecimentos explícitos, mas também aqueles enraizados nos indivíduos, instituições e ambientes locais, difíceis, senão impossíveis, de serem transferidos e de grande importância estratégica na era do conhecimento (LASTRES, et al., 2002). Algo que exigirá, para a sua exploração e tratamento, novas estratégias metodológicas, em contextos educativos inovadores.

1.2.Da(s) demanda(s) aos centros de formação

Na atual contexto de automação flexível, o trabalho assume caráter mais intelectualizado. Aqui cresce a necessidade de os indivíduos saberem, por exemplo: interpretar o sentido e significado de eventos singulares e imprevistos que interrompem o fluxo do processo; definir estratégias globais e sua atualização com a tomada de decisão em tempo real (com atribuição de valores e critérios de eficácia do sistema); aprimorar processos a partir da aprendizagem, com erros e falhas cada vez mais raros e complexos, dificilmente redutíveis a modelos matemáticos ou estatísticos (LIMA, 2011a). Para resposta a tais demandas no trabalho e na vida em sociedade, os indivíduos deverão ampliar capacidades como a de saber articular ou integrar saberes, tomar decisões diante de situações sem precedentes. Capacidades, portanto, relacionadas mais à dimensão de uma atitude social, ética do que técnico-instrumental.

Nessa perspectiva, no campo da ciências, das tecnologias e da sociedade, principalmente em alguns cargos como próprios aos engenheiros, além de domínio exímio no uso de saberes estabelecidos, *o sujeito deverá saber propor e implementar inovações*, portanto, avançando em campos ainda não explorados. Para aprender a proceder deste modo, o contexto escolar ainda oferece pouca contribuição. Criticando a maioria das propostas metodológicas vigentes, alguns especialistas (BONDIA, 2004; KOHAN, 2009; LEMKE, 2007; MORTIMER & SCOTT, 2002) indicam a urgência de proposição de situações escolares em que o conhecimento estabelecido (discurso da autoridade) ceda maior espaço para a expressão de saberes em processo de configuração. Em tais contextos, aberta à dialogia como proposta didática docente e sustentada pela instituição escolar, os estudantes deverão ser incentivados a falar, a expor suas ideias, a identificar o que sabem para responder a um problema ainda sem solução proposto pelos docentes. A ideia é de que através do exercício de uso da linguagem e do pensamento (com responsabilidade consigo mesmo, com o mundo do trabalho e com a vida da cidade), cada estudante possa aprender a inovar e não somente repetir o que já foi proposto anteriormente. Nesse caso a questão então dirigida para o campo da educação é o *quanto os centros de formação, por exemplo das engenharias, estão em condições de formar profissionais para os novos tempos, com suas demandas e desafios específicos* (LIMA, 2011a) e de se abrir para novas estratégias de educação integral.

Tomando como referência tal questionamento, este artigo foi proposto. Aqui se pretende apresentar relato de proposta de graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG que se avalia tomar iniciativas visando o atendimento, pelo campo da formação escolar, a tais demandas contemporâneas. Já detalhado em seu projeto político pedagógico em artigo apresentado no COBENGE/2011 (NETO, et al., 2011a), o objetivo é de *caracterizar em linhas gerais o processo de configuração do conjunto dos Laboratórios de Projetos e implementação da primeira turma do módulo 2, evidenciando alguns dos limites e possibilidades encontrados pelos docentes responsáveis por referido contexto didático*. A iniciativa se justifica por avaliar que estes profissionais, neste ambiente em específico, realizam ações de inovação no campo da prática pedagógica, visando ampliação da capacidade da engenharia de inovar (ou mesmo de inovar em maior escala).

1.3.Metodologia e composição

Este estudo de caso é fruto de experiência de pesquisa e intervenção de um dos autores em estágio pós-doutoral (PPGFAE-UFMG/PDJ-CNPq) e de conversação com os outros autores - docentes dos Laboratórios de Projetos do referido curso da Escola de Engenharia e outros do Laboratório Gestos, da Faculdade de Educação. Ele contou com referenciais



teórico-metodológicos da psicologia sócio-histórica ou sociocultural de Lev Vygotsky (VEER & VALSINER, 1996) e da análise ergonômica do trabalho (AET/vertente francesa) (GUERIN, 2001; WISNER, 2004).

Os dados relacionados aos conteúdos e modos de funcionamento de cada módulo dos laboratórios de projetos foram obtidos através de documentos, inclusive aqueles elaborados em 2012 por docentes de comissão específica dessa graduação. Outros dados relativos ao módulo 2 foram coletados a partir da gravação em áudio e vídeo (com autorização dos presentes) da *atividade situada* dos dois professores por ele responsáveis. Após então a coleta, sistematização e tratamento dos dados, realizou-se conversa de auto-confrontação entre a pós-doutoranda com os referidos docentes. Auto-confrontação (cf. LIMA, 2011b) em que, após exposição dos trechos de vídeos das aulas em referido Laboratório, a estes foram solicitados livres comentários avaliativos de tais episódios gravados. O objetivo era de verificar, com eles, a pertinência de avaliação feita inicialmente pela pesquisadora.

Em termos da composição do texto, na próxima seção, dando ênfase aos Laboratórios de Projetos o referido curso será caracterizado. Na última seção, pretende-se discutir dados obtidos no segundo semestre de 2012, no ambiente do laboratório de projetos 2, durante processo de implementação da primeira turma deste módulo. Aí serão evidenciados alguns dos limites e possibilidades presentes na ocasião e serão feitas algumas considerações finais.

2. GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS DA UFMG

2.1. Caracterização geral

Com primeira turma em 2010, a graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG contou com financiamento do MEC/REUNI - Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (instituído pelo Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007). Ela foi proposta por professores do Departamento de Engenharia Elétrica, do PPGEE/UFMG, da Escola de Engenharia da UFMG, das linhas de pesquisa Otimização, Inteligência Computacional e Eletromagnetismo Computacional, além de professores de outras áreas da engenharia e áreas afins. Utilizando a estrutura do curso diurno de Engenharia Elétrica, essa graduação visa qualificar profissionais para o projeto de sistemas complexos. Somando esforços e competências de pesquisadores e campos de saber diversos, o objetivo principal é de constituição de um polo acadêmico e de formação de pessoal de excelência sobre as temáticas relacionadas com a concepção e realização de grandes sistemas industriais ligados aos setores de alta tecnologia. Noturno, com carga de 3.615 horas, o curso deve ser integralizado em seis anos. Anualmente são oferecidas 50 vagas, sendo 25 a cada semestre.

A graduação é composta por conteúdos das áreas das engenharias elétrica, eletrônica e mecânica, telecomunicações e computação, além de disciplinas básicas de ciências exatas, como matemática e física (conteúdo técnico-científico; principal), e conhecimentos das humanidades (como sociologia, filosofia, psicanálise, narrativas, linguagens, contato com a sociedade; complementar), o que evidencia seu caráter multidisciplinar. A dinâmica curricular é proposta de forma a que os dois percursos se efetivem de modo simultâneo e integrado. Nele é previsto que o estudante aprenda habilidades gerais sobre programação de computadores e construção de pacotes computacionais. Além das atividades computacionais, a ênfase recairá sobre a prática de eletricidade e eletrônica. Espera-se com isto a formação de um engenheiro que, se dispondo a conversar com profissionais com formações diferentes, com concepções diferentes inclusive saiba, debater, inovar, criticar, colocar em questão o produto que está fazendo.



Em termos de habilidades, os seus egressos poderão: conceber, especificar e projetar dispositivos, aparatos e equipamentos de elevada complexidade, particularmente aqueles que envolvam a integração de sub-sistemas de naturezas distintas. Contando com expressiva carga horária em computação e otimização, o egresso desse curso deverá conhecer sistemas de engenharia (saber como ele funciona e como deve funcionar) pensando sempre na *integração de sistemas* - a relação entre as partes e o conjunto delas - em particular sistemas complexos de base tecnológica. No âmbito da Engenharia de Sistemas, sistemas complexos são entendidos como sistemas que apresentam entre seus aspectos diversos, aspectos “emergentes” que não são característicos de algum componentes ou sub-sistema individualmente mas que emergem da interação e combinação desses. Propriedades emergentes podem ser desejáveis ou indesejáveis (instabilidade).

A complexidade dos sistemas de engenharia tem crescido principalmente em consequência do aumento da sofisticação tecnológica e integração de tecnologias diversas, tornando mais complexos os processos de projeto, implantação e operação de sistemas. Assim, como *espaços de trabalho*, eles poderão: trabalhar em setores industriais e de serviços, responsabilizando-se pela integração do projeto dos novos produtos; atuar em empresas de engenharia e de informática, desenvolvendo sistemas de suporte a projetos. Quanto às *competências*, o curso visa qualificar seus egressos para três grandes vertentes: *no setor industrial*, executar projetos de engenharia básica visando a instalação ou reorganização dos setores de engenharia de novos produtos; desenvolvimento de novos produtos tecnológicos de elevada complexidade e elevada agregação de conhecimentos das áreas das engenharias; participação de treinamento de recursos humanos, no que concerne às equipes encarregadas da produção dos sistemas projetados pelo engenheiro de sistemas; *como pesquisador ou docente*, trabalhar em centros de pesquisa governamentais ou de empresas ou em instituições de ensino superior; *na vertente de sistemas dos sistemas*, o engenheiro de sistemas poderá trabalhar na integração de sistemas de transportes, de tráfego aéreo, ferroviários e navais; sistemas de defesa, da segurança pública; no mercado financeiro; escoamento de produção em alta escala. Também, poderá atuar no controle de epidemias; nos sistemas de gestão em saúde e educação; na integração da engenharia com a biologia, a medicina e todas as áreas de saúde; nas redes sociais e suas integrações; na integração entre energia e meio ambiente, etc. (NETO et al., 2011a; 2011b).

2.2.Laboratórios de Projetos

Configuração

Em função de seu objeto de trabalho e pesquisa (integração de sistemas complexos) e pelo interesse em responder a demanda de mudanças no ensino de engenharia, a estrutura curricular dessa graduação apresenta inovações. Dentre elas, a seguir, aqui se destacará os Laboratórios de Projetos e a disciplina Projeto Multidisciplinar, responsáveis por grande parte da formação do aluno de Engenharia de Sistemas. Com características da Metodologia de Projetos (cf. NETO et al., 2011b), nestes laboratórios, os alunos devem se dividir em grupos para desenvolvimento de atividades de síntese de conhecimentos, sob a supervisão dos docentes e de monitores de pós-graduação. Os Laboratórios se distinguem das disciplinas convencionais por serem orientados para o desenvolvimento de projetos, integrando conteúdos apresentados em disciplinas anteriores e trabalhando as habilidades ligadas à especificação, projeto, validação, testes e análise de sistemas.

Sendo um espaço também destinado à integração dos percursos técnico-científico e de humanidades do Curso, neles é previsto que ocorram debates sobre questões políticas, econômicas, éticas, filosóficas, envolvendo a ciência, a tecnologia e o ‘fazer’ da engenharia,



as relações entre ‘ciência e tecnologia’, entre ‘ciência, tecnologia e sociedade’, ‘ética, política, ciência e tecnologia’. No projeto político pedagógico também é prevista a reserva de vagas nos Laboratórios de Projetos para alunos de outros cursos, em particular aqueles de cursos de graduação da área de humanidades - artes, ciências sociais e ciências sociais aplicadas. No Laboratório Multidisciplinar, está previsto que o aluno venha a conceber e executar, em todas as suas etapas, um projeto multifísica (NETO et. al., 2011a).

No primeiro semestre de 2012, para início dos trabalhos nos Laboratórios de Projetos, do quinto ao nono períodos, a partir então do semestre seguinte, uma comissão dessa graduação propôs o conjunto de ementas dos Laboratórios de Projetos. Com base no projeto político pedagógico, em uma primeira fase, essa comissão discutiu a configuração da proposta dos laboratórios do I ao V: conjunto de ementas orientadoras das atividades próprias aos percursos científico e tecnológico e das humanidades; definição de materiais necessários; o plano de trabalho e a dinâmica de funcionamento de tal ambiente de formação. Em cada módulo, com 30% de aulas teóricas (revisão mais detalhada de conteúdo relevante para este módulo e de reflexão do fazer da engenharia) e 70% de atividades práticas (trabalhos práticos ou TPs e realização do projeto de escolha dos grupos), por exemplo, privilegia-se um aspecto de um projeto. No caso do Laboratório 2, definiu-se a Modelagem e Simulação como conteúdo a ser contemplado. Como proposto no projeto político pedagógico, os alunos deverão trabalhar em subgrupos. Para tal definição, a seguir apresentada, os docentes tomaram como referência conteúdos essenciais de engenharia de sistemas propostos pelo INCOSE (International Concil on Systems Engineering) e de outras universidades no mundo.

➤ ***Do percurso científico e tecnológico - ementas***

- Laboratório de Projetos I (2 créditos 30ha 5o período): introdução ao contexto da engenharia de sistemas; papel do engenheiro de sistemas; o pensamento sistêmico. Maioria do conteúdo dedicada a modelos e processos para os ciclos de vida de sistemas e engenharia de requisitos. Os conteúdos essenciais desenvolvidos em trabalhos práticos. A parte prática do módulo/disciplina vincula-se à elaboração de documentos de requisitos para projeto específico.
- Laboratório de Projetos II (4 créditos 60ha 6o período): o foco desse módulo é a modelagem de sistemas, em dois aspectos: a modelagem matemática e física (entendida como modelagem baixo nível) e a modelagem abstrata e hierárquica de sistemas (entendida como modelagem alto nível). A modelagem matemática passeia por modelos descritos por equações diferenciais ordinárias (EDO) e equações diferenciais parciais (EDP) e o acoplamento desses modelos. A modelagem alto nível de sistemas é trabalhada com diagramas de blocos e a linguagem de modelagem de sistemas sysML. Os conteúdos essenciais são trabalhados em práticas específicas. No início do semestre os alunos se dividem em grupos e selecionam um projeto a ser desenvolvido, para o qual elaboram um documento de requisitos e desenvolvem sua modelagem matemática e hierárquica, relacionando e integrando os dois aspectos.
- Laboratório de Projetos III (4 créditos 60ha 7o período): essa disciplina se concentra em modelagem e simulação de sistemas a eventos discretos e sistemas híbridos. Grande parte do conteúdo é dedicado à simulação de sistemas, acoplamento de modelos no contexto da simulação, e simulação de sistemas hierárquicos. Os conteúdos essenciais são trabalhados em práticas específicas. No início do semestre os alunos se dividem em grupos e selecionam um projeto a ser desenvolvido, envolvendo a simulação de sistemas discretos.

- Laboratório de Projetos IV (4 créditos 60ha 8o período): o objetivo central desse módulo é a síntese de sistemas por meio de processos de otimização e a integração de modelagem e otimização de sistemas. São revistas técnicas de modelagem diversas e sua utilização em um processo de otimização do sistema por meio de simulação de seu modelo computacional. As práticas envolvem a otimização como mecanismo de síntese de sistemas. Os alunos se dividem em grupos para desenvolver um projeto de otimização de sistemas em que a avaliação da função objetivo e funções de restrição está ligada à modelagem e simulação do sistema.
- Laboratório de Projetos V (4 créditos 60ha 9o período): a disciplina trabalha conteúdos de gerência de projetos e gestão aplicada à engenharia de sistemas. Nela são discutidos processos gerenciais para projetos de engenharia de sistemas e processos gerenciais organizacionais. A disciplina encerra o ciclo de conteúdos essenciais que formam o núcleo da engenharia de sistemas. O aspecto prático evidencia-se quando os alunos desenvolvem e elaboram um plano de gerenciamento de projetos.
- Projeto Multidisciplinar (4 créditos 60ha 9o período): desenvolvimento de um projeto multidisciplinar de engenharia de sistemas que englobe o conteúdo visto nas disciplinas Laboratório de Projeto I a IV e outras disciplinas afins cursadas pelos alunos, seguindo os processos técnicos de ciclo de vida de sistemas propostos pela norma ISO/IEC 15288 e pelo INCOSE Handbook.

➤ **Do percurso das humanidades - ementas**

A seguir, apresenta-se o conjunto de ementas para orientação das atividades próprias ao percurso das humanidades do Curso. Como já dito, tal percurso deverá ocorrer de modo integrado e simultâneo com o percurso científico e tecnológico.

- Laboratório de Projetos I (2 créditos 30ha): discussão sobre o papel da engenharia de sistemas e do engenheiro de sistemas na sociedade. Importância da comunicação, gestão de pessoas no desenvolvimento de projetos e requisitos de sistemas complexos.
- Laboratório de Projetos II (4 créditos 60ha): discussões sobre o que é ética, e qual o papel da ética na engenharia. Estudos de caso envolvendo decisões e dilemas éticos. Códigos de ética profissional na engenharia de sistemas.
- Laboratório de Projetos III (4 créditos 60ha): um aspecto discutido em paralelo ao desenvolvimento do projeto é o impacto da tecnologia na sociedade, tecnologia como um aspecto da sociedade. Efeitos sociais da tecnologia. A que serve e a quem serve a tecnologia?
- Laboratório de Projetos IV (4 créditos 60ha): discussões sobre meio ambiente e engenharia de sistemas.
- Laboratório de Projetos V (4 créditos 60ha): discussões sobre aspectos éticos e humanos na gerência de projetos, gestão de equipes, gestão de recursos humanos.
- Projeto Multidisciplinar: a disciplina pode contar com alunos de outros cursos do campo das humanidades (Psicologia, Antropologia, Filosofia, História, etc.) matriculados regularmente. Esses alunos deverão ser avaliados de forma específica, podendo contribuir na discussão sobre o fazer engenharia, sobre a condução de projetos e equipes multidisciplinares, aspectos psicológicos, sociais, éticos, filosóficos, históricos, entre outros, possibilitando um diálogo e interação com alunos de engenharia no aprendizado de sua prática profissional.



3 POSSIBILIDADES E LIMITES NA IMPLEMENTAÇÃO DOS LABORATÓRIOS

Do material coletado e comentado pelos docentes em situação de autoconfrontação, três itens relacionados à performance dos grupos de estudantes no laboratório de projetos 2 (fase de modelagem), no segundo semestre de 2012, serão aqui especificados: *'o aluno no laboratório'*; *'do projeto por cada grupo'*; *'o processo de avaliação'*. Destes itens, identificou-se dois subitens com indicações dos *principais limites* nessa primeira oferta e/ou *potencialidades* a explorar nos próximos semestres.

Em relação ao *aluno no laboratório*, os docentes: entenderam que deverão tomar medidas para incentivar maior troca de saberes e de competências entre o conjunto dos estudantes; concluíram que o ambiente do laboratório possibilita identificar interesses dos estudantes e verificar como estão fazendo as coisas; encontraram diferenças significativas entre estudantes, dificultando cobrança uniforme de conduta. Os docentes concluíram ainda que a proposta didática da disciplina deve considerar, em alguma medida, especificidades próprias aos estudantes como, por exemplo, a diferença de interesses no campo da engenharia entre eles.

No caso do item *'do projeto por cada grupo'*, os docentes: verificaram que as diferenças nas escolhas dos projetos pelos grupos gerou diferença na performance durante o curso; avaliaram que, no decorrer do processo, devem definir *estratégias formais e informais para acompanhamento do projeto* dos estudantes. Por exemplo, estratégias de sondagem quanto aos interesses de projeto a realizar e quanto às condições de realização pelos estudantes no decorrer dos encontros. Estratégias, portanto, que possibilitem aos docentes antecipar ações que favoreçam a realização pelos estudantes do projeto. Finalmente, os docentes avaliaram a necessidade dos estudantes usarem o tempo nos laboratórios para realização do projeto de modo a evitar ausência deles nas aulas e ocupação com outros afazeres na ocasião.

No caso do item *'o processo de avaliação'*, os docentes concluíram que cada um dos projetos a ser desenvolvido pelos grupos envolve domínio de especialidades diferentes, para além do campo deles de estudo e pesquisa. Fato que lhes impedirá de orientar os grupos a respeito de toda a complexidade envolvida nos projetos. Diante disto, os docentes decidiram então que, independente do conteúdo técnico do projeto, a avaliação focalizará *a maneira dos estudantes modelarem o problema* usando as ferramentas ensinadas no curso e *não necessariamente o conteúdo técnico*. Sobre este item, havendo concordância da necessidade de definição dos *critérios para avaliação* deste processo nos laboratórios, houve dúvida entre os docentes se é possível estabelecer como critério a *necessidade do projeto funcionar*, considerando um conjunto de variáveis intervindo no decorrer da disciplina. Finalmente visando uma maior participação na disciplina e frequência dos estudantes, os docentes definiram que para as próximas turmas, iriam distribuir os pontos no conjunto de atividades propostas no decorrer do módulo - apresentação da proposta de projetos, especificação de requisitos, realização de trabalhos práticos, apresentação final do projeto por cada grupo.

Da análise da experiência do laboratório de projetos 2 pode-se afirmar que a iniciativa de afastamento de relações coercitivas, no contexto de sala de aula, é relevante para o aprimoramento, pelos estudantes, da capacidade de expressão de suas ideias, seus entendimentos, sua posição, dentro de uma prática argumentativa, dialógica, propositiva. Convocados pelos docentes a *pensar*, a *falar* como entendem o que está sendo trabalhado no ambiente escolar, cada estudante, avaliando o processo, indicou ter tomado o conteúdo estudado como motivo para pensar a realidade relacionada àquele conteúdo e para além dele. Algo que se avalia decisivo para a transformação (subjativa) dos estudantes. Quanto à escolha nesta disciplina pelos docentes pela proposição de problemas sem solução prévia, avalia-se como iniciativa profícua, não somente em termos cognitivos (de incentivo a pensar), mas também em termos sócio-afetivos. Entende-se assim que os laboratórios de projetos desta



graduação, incentivando os estudantes a lidarem com situações desconhecidas (geradoras inclusive de incertezas, frustrações, tensões), que lhes exigem julgamento e a tomada de decisões quanto aos caminhos a seguir, poderão viabilizar a conquista de saberes de uso profissional e pessoal a ser levado para toda a vida.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa de PDJ da qual este artigo é fruto. Ao PPGFAE/UFMG, pela admissão para estágio pós-doutoral e ao Prof. Dr. Eduardo Fleury Mortimer, pela supervisão do processo. Aos docentes e estudantes da Graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG, pela oportunidade de convivência propositiva. Aos colegas do Laboratório Gestos (FAE/UFMG), pela acolhida e pesquisas em parceria. Em especial ao Prof. Dr. Oriane Magela Neto, *in memoriam*. Um dos propositores desse curso, grande entusiasta, interessado em uma educação positivamente transformadora para a vida dos jovens e, enfim, da população brasileira.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. da M. & SILVA, L. A. Interação entre ciência e tecnologia no Brasil: notas sobre a relação entre P&D industrial e a importância das universidades para as empresas. Cedeplar, UFMG, 2005.

BERGAMASCHI, M. L. & URBINA, L. M. S. Modelos e sistemas de gestão de conhecimento. Anais do XV ENCITA, São José dos Campos: ITA, 2009. Disponível em: <http://www.bibl.ita.br/xvencita/MEC22.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2013.

BONDÍA, J. L. A operação ensaio: sobre o ensaiar e o ensaiar-se no pensamento, na escrita e na vida. *Educação & Realidade*, vol. 29, no. 1, 2004, p. 27-43.

CAVALCANTI, M., GOMES, E. A sociedade do conhecimento e a política industrial brasileira. CASSIOLATO, J. E. et al. O futuro da indústria: oportunidades e desafios: a reflexão da universidade. Brasília: MDIC/STI, 2001: 245-267.

CRUZ, C. H. B. & PACHECO, C. A. Conhecimento e inovação—desafios do Brasil no século XXI, 2007. Disponível em: <http://www.ifhc.org.br/wp-content/uploads/apresentacoes/1940.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2013.

GUÉRIN, F. et al.. Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia. São Paulo: Edgar Blucher, 2001, 224p.

KOHAN, W. Filosofia. O paradoxo de aprender e ensinar. Belo Horizonte: Autêntica, 2009. 96 p.

LASTRES, H. M. M. et al. Desafios e oportunidades da era do conhecimento. São Paulo Perspec., São Paulo, v. 16, n. 3, Jul 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392002000300009. Acesso em: 3 mai. 2013.

LEMKE, J. Re-Engineering Education in America, 2007. Disponível em: http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/Re-engineering_Education.htm. Acesso em: 4 fev. 2013.

LIMA, F. P. A. Ergonomia das novas tecnologias: saber prático e objetivação do conhecimento. Belo Horizonte: DEP/UFMG, 2011a. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART044.pdf. Acesso: 3 mai 2012.



LIMA, F P A. Fundamentos teóricos da metodologia e prática de análise ergonômica do trabalho. Belo Horizonte (notas de aula), 2011b.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre, v.7, n.3, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>. Acesso em: 25 mai. 2012.

NETO, O. M. et. al. Curso de graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG – relato de experiência em processo. In: ANAIS do 39 COBENGE: Formação continuada e internacionalização, Blumenau: UFSC, 2011a.

NETO, O. M. et. al. Curso de graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG e aprendizagem baseada em projetos – relações possíveis. In: CAMPOS, L. C.; DIRANI, E. A. T.; MANRIQUE, A. L.. (Org.). Educação em Engenharia: novas abordagens. 1 ed. São Paulo: EDUC, 2011b.

ROSSETTI, A. et al. A organização baseada no conhecimento: novas estruturas, estratégias e redes de relacionamento. Ci. Inf., Brasília, v. 37, n. 1, Apr., 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v37n1/06.pdf>>. Acesso em: 4 Jun. 2013.

VEER, R. & VALSINER, J. Vygotsky, uma síntese. Tradução Cecília C. Bartalotti. São Paulo: Loyola, 1996, 479p.

WISNER, A. Questões epistemológicas em Ergonomia e em análise do trabalho. In: DANIELLOU, F. A Ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos. São Paulo: Edgar Blücher, 2004, pp. 29-56.

LABORATORY PROJECTS ENGINEERING SYSTEMS AT UFMG: LEARN IN NEW CONTEXT

Abstract: *In a knowledge-based society, the axis of wealth and development of traditional industry sectors, focused in hand labor, raw material and capital, moves to sectors where products, processes and services are intensive in technology and knowledge. Generating and absorbing innovation become the key element of dynamic and sustainable competitiveness. What role should the centers of engineering education assume in these changes? How can teaching practices innovate in the present social, political, economic, cultural context? The Systems Engineering course of UFMG (REUNI/MEC) aims for answering such questions. Pioneer in Brazil, what this six-year-evening course has in view is qualifying professionals who will apply engineering systems knowledge to find a way to integrate all components of a given system. Based on Project Laboratory modules and applying digital resources and analogical experimentation, students from the fifth to ninth semesters will be able to develop activities of knowledge synthesis supervised by teachers and post-graduation monitors. Since it is project development oriented, Project Laboratories distinguish themselves from conventional courses not only for applying the contents of previous courses, but also being a space for integration of technical, scientific and humanities subjects, enabling the improvement of skills related to specification requirements, analysis and design of complex systems, implementation, verification, validation and testing, in order to integrate components*



into a product which meets system needs and its intended use. This article aims to present actions proposed by teachers for setting the project labs and implementing their initial modules, besides to specify and discuss identified strengths and limitations.

Keywords: Undergraduate in Systems Engineering at UFMG, Laboratory projects, Complex systems, Project methodology