

COMPOSIÇÃO CONCEITUAL DE UM CENTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E APRENDIZAGEM PARA ENGENHARIA (CEPEDAPE)

CONCEPTUAL COMPOSITION OF A CENTER FOR RESEARCH IN EDUCATION AND LEARNING FOR ENGINEERING (CEPEDAPE)

Luís Carlos Passarini,¹ Nídia Pavan Kuri²

DOI: 10.5935/2236-0158.20170009

RESUMO

A educação é dinâmica e mais intensa na medida em que galgamos seus níveis mais elevados, como o nível superior e a pós-graduação. Tratando especificamente do ensino e aprendizagem de engenharia, a partir da década de 1980, a preocupação com a formação do engenheiro tornou-se mais evidente. Enquanto nos EUA surgia a Engineering Education Research (EER), motivada pelas preocupações com a competitividade e quantidade de engenheiros graduandos daquele país, no Brasil, essa preocupação só aconteceu recentemente. Com a revogação da resolução federal CFE 48/76 e subsequente substituição pela resolução CNE/CES 11/2002, o ensino de engenharia no Brasil se viu diante de muitos desafios que demandam soluções criativas e inovadoras. Tais demandas suscitaram oportunidades para mudanças nos paradigmas de ensino-aprendizagem em vigor. O objetivo deste artigo é: a partir de novos conceitos, propor um Centro de Pesquisa em Educação e Aprendizagem para Engenharia, com o propósito de: 1) prospectar, discutir, avaliar e validar estratégias e ambientes de ensino-aprendizagem; 2) capacitar e aprimorar o fator humano envolvido visando à implementação de metodologias ativas de ensino e aprendizagem nos cursos da engenharia, à luz da CNE/CES 11/2002 e das novas oportunidades oferecidas pelas tecnologias de ensino e aprendizagem; e 3) apresentar e discutir conceitos que visam a criar e explorar no CEPEDAPE novos ambientes colaborativos de aprendizagem. Ao final deste trabalho, fazemos uma avaliação prospectiva dos ganhos esperados ao se investir nessa iniciativa.

Palavras-chave: Ensino inovador; aprimoramento do ensino; diagnóstico de perfis de aprendizagem; espaços colaborativos; ensino e aprendizagem de Engenharia; Resolução 11/2002 CNE/CES.

ABSTRACT

Education is more dynamic and intense as long as its higher levels, aka upper level and graduate, are achieved. Specifically talking about teaching and learning Engineering, since the 1980s the concern about engineers' formation has become more evident. While in the USA the Engineering Education Research (EER) came true, motivated by concerns about competitiveness and quantity of their graduate engineers, in Brazil this concern only has been manifested recently by the repeal of the federal CFE resolution 48/76 and its subsequent replacement by the resolution CNE/CES 11/2002. So, teaching of Engineering in Brazil was faced with many challenges that require creative and innovative solutions. Such demands raised opportunities for changes in teaching and learning paradigms. From new concepts, the objective of this article is to propose a Research Center for Engineering Education and Learning for Engineering (aka CEPEDAPE) for the purpose of: 1) to prospect, discuss, evaluate and validate teaching and learning strategies and environments; 2) to train and improve the involved human factor focusing on the implementation of active methods of teaching and learning in the courses of engineering and the

1 Professor doutor, livre docente, Escola de Engenharia de São Carlos.

2 Professora doutora, educadora CETEPE Escola de Engenharia de São Carlos.

new opportunities offered by the teaching and learning technologies; and 3) to present and discuss concepts in order to create and explore new collaborative learning environments at the CEPEDAPE. At the end of this work we present a prospective assessment of the expected gains in investing in this initiative.

Keywords: Innovative teaching; improvement of teaching; learning diagnostic profiles; collaborative spaces; engineering teaching and learning process.

INTRODUÇÃO

As demandas para a engenharia no século XXI são tais que seu ensino precisaria ser redefinido desde o nível da graduação (NERSESIAN; NEWSTETTER, 2014). Para o Brasil, entendemos que esse processo precisaria atingir também o ensino médio, pois a introdução de novos conhecimentos nos currículos de engenharia cria uma pressão para que conteúdos fundamentais de matemática (pré-cálculo, cálculo, álgebra e geometria), física e química passem a ser transferidos para o currículo do ensino médio. Um exemplo disso são os EUA, que já estão transferindo, sistematicamente, desde 1986, os conteúdos fundamentais de Álgebra I para os alunos do 8º ano¹ (WALSTON; McCARROLL, 2010).

A *American Society for Engineering Education* (ASEE) constatou nos anos de 1990 que estamos vivendo o momento de uma mudança revolucionária (ASEE, 1994). O desafio para os cursos de graduação em engenharia é saber lidar com as demandas do século XXI, em que os currículos deverão apresentar mais multi, inter e transdisciplinaridade, exigindo muito mais dos educadores e formadores de profissionais da área de educação. Portanto, este trabalho propõe-se a:

- i. apresentar um projeto conceitual para um Centro de Pesquisa em Educação e Aprendizagem para Engenharia (CEPEDAPE) visando à implementação de metodologias ativas de ensino e aprendizagem nos cursos de engenharia, à luz da CNE/CES 11/2002 e das novas oportunidades oferecidas pelas tecnologias de ensino e aprendizagem;
- ii. apresentar e discutir conceitos que visam a criar e explorar, num CEPEDAPE,

novos ambientes de aprendizagem colaborativos;

CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Nos países desenvolvidos, a preocupação com a engenharia apareceu na virada do século XVIII. Nos EUA, a tradicional ASEE é fundada em 1893. Ao longo das primeiras décadas do século XX, surgiram relatórios que focam estudos investigativos em educação para engenharia (FROYD; LOHMANN, 2014). No Brasil, uma associação semelhante só apareceria em 1973, com a fundação da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE).

Apenas a partir da década de 1980, a preocupação com a formação do engenheiro tornou-se mais evidente. Nos EUA, a *Engineering Education Research* (EER) – que teve seus alicerces fincados em 1802, com a criação da Academia de *West Point* – abria um campo de pesquisas com vistas à melhoria da educação em engenharia, motivada pelas preocupações daquele país com a competitividade e quantidade de engenheiros graduandos. A EER foi concebida como parte de um plano nacional para a engenharia dos EUA.

No Brasil, nasceu, em 1981, o Centro de Tecnologia Educacional para Engenharia (CETEPE), criado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), no *campus* da USP, em São Carlos, interior do estado de São Paulo. As motivações para a criação do CETEPE também visavam à melhoria da educação em engenharia, mas o CETEPE tinha ambições muito menores e possuía uma abrangência muito mais local, pois não foi concebido como parte de uma política brasileira de educação em engenharia.

A partir do final do século XX, as rápidas transformações sociais, econômicas e tecnológicas pelas quais o mundo está passando tornaram necessário refletir acerca do papel que o engenheiro deverá desempenhar no século XXI e como deverá ser sua formação para tal.

¹ Alunos que estudam no 8º ano dos EUA possuem idade aproximada de 13 anos.

As preocupações com relação à globalização e a necessidade de inovar cresceram durante as décadas de 1990 e 2000, e influenciaram a pesquisa em educação para engenharia para que se descobrissem meios de produzir engenheiros com quantidade, qualidade e diversidade de conhecimentos, e em número suficiente para atender aos novos apelos dos problemas globais (ASEE, 1994), (MARCHMAN-III, 1998).

EUA, Europa e Japão implementaram grandes mudanças em seus currículos de engenharia nos anos de 1990, melhorando o ensino e o aprendizado nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM = *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) (CRAWLEY *et al.*, 1994; LATORRE *et al.*, 1994; SOUTAS-LITTLE; INMAN, 1997; WALKER *et al.*, 1998; KARAPETROVIC *et al.*, 1998). Nessa época, começou a surgir a ideia de um currículo de engenharia adaptativo (LATORRE *et al.* 1994) e a necessidade da multidisciplinaridade (MARCHMAN-III, 1998). O renascimento do periódico *Journal of Engineering Education* (Revista de Educação em Engenharia), em 1993, estabeleceu-o num centro de divulgação das pesquisas acadêmicas. Um autor muito citado e influente nessa época é o educador Ernest L. Boyer² (1928-1995), da Universidade de Princeton, divulgador da corrente curricular adaptativa.

Enquanto na década de 2000 diversos centros especializados em EER surgiram e forneceram a infraestrutura necessária para um próspero campo de pesquisa acadêmica, no Brasil, tais preocupações só se manifestam modesta e isoladamente. Parte dessa indiferença foi motivada ou justificada pela estrutura aparentemente rígida do “currículo mínimo de Engenharia” exigido pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) naquela época, por meio da resolução nº 48 de 27 de abril de 1976, ou CFE 48/76. Sendo as atribuições profissionais do

engenheiro de responsabilidade do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), e fiscalizadas pelos Conselhos Regionais de Engenharia (CREAs), a criação de novos cursos de engenharia implicava adequar os conteúdos ao exigido pelo currículo mínimo do MEC e garantir atribuições profissionais via processos jurídicos nos CREAs.

Em 20 de dezembro de 1996, a resolução CFE 48/76 foi revogada pela Lei nº 9.394, que estabeleceu as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), porém, as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia – resolução CNE/CES 11/2002 – só foram publicadas no *Diário Oficial da União* (DOU) em 9 de abril de 2002. A partir dessa data, todos os cursos de engenharia deveriam se adequar a essa nova realidade.

As principais modificações da CFE 48/76 para a CNE/CES 11/2002 referem-se à flexibilização, formatação e duração dos cursos. As maiores dificuldades³ advêm da falta de entendimento sobre como realizar as alterações necessárias de maneira a garantir uma real mudança de foco, em vez de simples ajustes no currículo ou redução na carga horária.

Em teoria, pelo que estabeleceu a CNE/CES 11/2002, o papel do aluno, outrora bastante passivo, passou a ser predominantemente ativo, porque o foco do processo de ensino-aprendizagem mudou. Agora ele deve ser centrado no aluno, que “deverá receber uma sólida formação técnico-científica e profissional geral e adquirir competências e habilidades a área”. Essa estratégia de ensino e aprendizagem “vê o aluno como um sujeito ativo e participante do processo de aprendizagem”, no qual ele tem a

2 BOYER, E. L. *Scholarship reconsidered: priorities of the professoriate*. Princeton, NJ: Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching National Academies Press, 1990; BOYER, E. L. Reflections on the new reform in mathematics education, *School Science and Mathematics*, volume 90, issue 6, pages 561-566, Oct., 1990.

3 Alguns problemas surgiram após a publicação da CNE/CES 11/2002, como, por exemplo, permitir um amplo espectro de possibilidades, sem garantir que todos os aspectos referentes à já referida flexibilização atinjam os objetivos enunciados na resolução em vigor (PINTO, *et al.*, 2003). Mas o mais grave ficou por conta da regulamentação profissional. Se, por um lado, a CFE 48/76 dividia a engenharia em seis grandes áreas e estabelecia várias habilitações, a CNE/CES 11/2002 deixou a divisão das áreas em aberto e foi omissa no estabelecimento das habilitações, ficando essas responsabilidades a cargo do CONFEA. As consequências dessas mudanças fogem ao escopo deste trabalho e, portanto, não são discutidas aqui.

oportunidade de interagir “com seus colegas e professor, assimilando conceitos, informações, *construindo seu próprio conhecimento*” (ALCÂNTARA *et al.*, 2004) e ajudando na construção do conhecimento de outrem.

Na prática, passados mais de treze anos da publicação da referida resolução, as mudanças mais significativas nos currículos dos cursos de engenharia referem-se à introdução da obrigatoriedade do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e à facilidade para se criar novas áreas de engenharia.⁴ Notadamente, o que se verifica hoje é que a grande maioria dos cursos de engenharia se adaptou para atender ao que a CNE/CES 11/2002 preconiza. Mesmo nos cursos que surgiram após a referida resolução, não se viu grandes inovações. Na maioria dos casos, o aluno continua sendo figura passiva, estando longe de poder definir seu próprio programa de estudos e programar sua carreira.

O cenário brasileiro descrito acima expõe um quadro em que as estratégias de ensino e aprendizagem tradicionais de Engenharia estão bastante saturadas e o novo modelo centrado no aprendizado do aluno é uma tendência que se consolida muito gradativamente. Se esse modelo representa o futuro, conclui-se que é preciso repensar o ensino de engenharia e explorar o potencial dos métodos ativos de aprendizagem e das novas tecnologias instrucionais para aprimorar a eficácia do processo de ensino-aprendizagem, além de melhorar as condições dos ambientes de aprendizagem.

A PEDAGOGIA DO CEPEDAPE

Um dos objetivos desta proposta é a apresentação e discussão de conceitos que visam a criar e explorar, num CEPEDAPE, novos ambientes de ensino e aprendizagem colaborativos, que facilitem a promoção de *trocas* e *emergências*, ou seja, de experiências de aprendizagem que se manifestam quando os alunos e profissionais estão trabalhando com problemas que envolvem multidisciplinaridade e interdisciplinaridade, respectivamente, como definem Nersessian e Newstetter (2014). Por

troca, entende-se o intercâmbio de conhecimentos, que geralmente se dá do docente para o aluno. Nesse caso, o aluno é beneficiado com a experiência do docente e este – em termos de aprendizagem – tira pouco proveito da atividade, embora tenha que se preparar muito para ela. A troca acontece de uma maneira muito linear, previsível, sequencial, limitada e organizada. Por *emergência*, entende-se o afloramento de conhecimentos que surge durante uma atividade multi/inter/transdisciplinar realizada por um grupo de alunos e docente(s) e que é benéfica para todos. Embora a emergência produza muita integração disciplinar e pareça ser mais vantajosa que a troca, nem sempre é possível ou conveniente produzi-la nos contextos de ensino. O aprendizado por emergência é não linear, imprevisível, não sequencial e ilimitado.

Partindo-se das premissas de que o CEPEDAPE deve ser palco e referência de experiências inovadoras no ensino e aprendizagem presenciais ou não, e de que o ensino de engenharia deve ser dinâmico e sua aprendizagem ativa, é necessário investir ininterruptamente no Centro: tempo, recursos humanos e materiais na pesquisa e prática de novas metodologias de ensino e aprendizagem de engenharia. A pedagogia do CEPEDAPE compõe-se de três partes que serão detalhadas ao longo do artigo: o ciclo contínuo de aprimoramento, sua infraestrutura e seu corpo de profissionais.

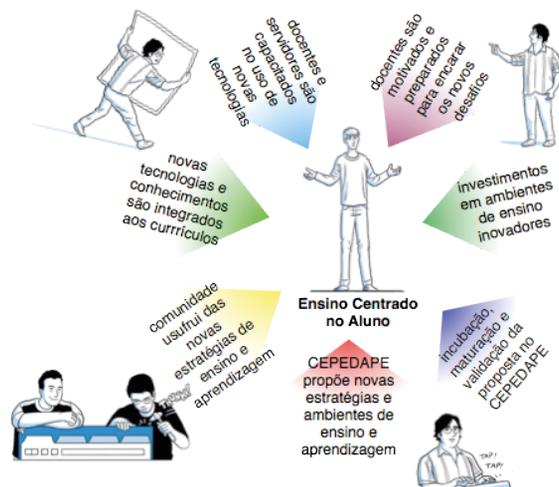


Figura 1 – O papel do CEPEDAPE no ciclo contínuo de aprimoramento de ensino e aprendizagem de engenharia.

4 Embora seja fácil criar um curso novo de engenharia, a definição de suas atribuições profissionais se tornou um problema para o CONFEA e as instituições de ensino.

Ciclo Contínuo de Aprimoramento

O modelo de ensino e aprendizagem centrado no aprendizado do aluno será desenvolvido no CEPEDAPE através do Ciclo Contínuo de 7 Fases para Aprimoramento do Ensino e Aprendizagem de Engenharia, como mostrado na Figura 1. Um ciclo pode representar os nascimentos de uma disciplina e/ou um laboratório integradores de conhecimento, como preconiza a *CNE/CES 11/2002*; a concepção de uma nova sala de aula; a introdução de uma tecnologia nova ou um *software*; a concepção e adoção de um dispositivo didático para uso em sala de aula; enfim, são inúmeras as possibilidades. Nesse ciclo, a missão do Centro é prospectar, avaliar, incubar, validar e propor novas estratégias e ambientes de ensino e aprendizagem e ajudar/supervisionar nas suas implementações.

Se percorrermos o ciclo da Figura 1 sequencialmente, após as soluções propostas e desenvolvidas no Centro passarem por um período de incubação e maturação, a instituição de ensino (IE) investirá nessas soluções e seus professores serão motivados e preparados para encarar os desafios das inovações e das tecnologias. Na sequência, os alunos e os professores de graduação e pós-graduação usufruem dos benefícios dessas novas estratégias. Enquanto isso, o Centro se prepara para uma nova sequência. É importante salientar que vários desses ciclos poderão estar em andamento no Centro, em diferentes estágios de desenvolvimento. Porém, existem outros caminhos que o fluxo do ciclo pode seguir que não o sequencial. Neles, é possível pular fases, retroalimentar uma ou mais fases do ciclo de volta para as fases de prospecção, incubação e maturação, e executar apenas algumas fases dele. Em síntese, essas estratégias são, inicialmente, sugeridas, postas em prática, avaliadas, maturadas dentro do CEPEDAPE e só depois introduzidas nas disciplinas e nos cursos de engenharia.

As descrições na Figura 1 são muito concisas e não descrevem tudo o que pode acontecer em cada fase. Por causa disso, torna-se necessário explicar a forma como o CEPEDAPE atuará dentro do referido ciclo, que pode ser em ní-

veis de disciplinas, de ambientes, dos alunos e dos docentes, como segue:

- a) em nível de disciplinas, em que o Centro, entre outras possibilidades:
 - i. fornece indicações importantes aos docentes para o planejamento do processo de ensino e aprendizagem em função das características dos seus alunos;
 - ii. facilita o treinamento dos docentes e servidores em *softwares*, *hardwares* e tecnologias emergentes ou em consolidação;
 - iii. produz e divulga na WEB diferentes tipos EAD e conteúdos informativos e formativos, para que o aluno e a comunidade tenham acesso em horários que lhes sejam mais convenientes, de acordo com suas disponibilidades e ritmos de aprendizagem. É por esse motivo que faz sentido ter o CPMDigi digital dentro do CEPEDAPE: para produzir os conjuntos de experiências de aprendizagem e colocá-los à disposição da comunidade (ensino a distância – EAD; e aprendizado *online* – AOL);
- b) em nível de ambientes de ensino e aprendizagem (nível macro) em que o CEPEDAPE:
 - i. sugere ou incuba e amadurece uma disciplina integradora ou um conteúdo multi/inter/transdisciplinar⁵ para algum curso e avalia sua efetividade na grade curricular;
 - ii. considera a concepção e avaliação do ambiente onde as atividades de aprendizagem serão desenvolvidas. Se uma atividade que demanda mais participação dos alunos for feita num espaço dimensionado para aulas expositivas, a aprendizagem será pouco produtiva. O espaço precisa estar adequado para o tipo de atividade que receberá.

⁵ As disciplinas integradoras de conhecimento representam um grande avanço introduzido pela *CNE/CES 11/2002*. A proposição de uma disciplina integradora afeta o currículo do curso e envolve diversos aspectos (ambiente, docentes, tecnologias, etc.).

- c) em nível dos aprendizes:
- i. propõe um trabalho de diagnóstico dos seus perfis, visando a despertar o interesse e o envolvimento dos alunos na aprendizagem;
 - ii. promove uma interação dinâmica no desenvolvimento de habilidades e o conhecimento;
 - iii. toda atividade didático-pedagógica realizada pelo Centro será avaliada em termos de quanto conhecimento os alunos assimilaram e quais foram as facilidades que a proposta implementada introduziu no processo de ensino e aprendizagem;
- d) em nível dos docentes, auxilia com seus planos de aula, por meio de métodos, técnicas e recursos instrucionais adequados para melhoria do desempenho dos alunos e na capacidade de aprender.

INFRAESTRUTURA

O projeto arquitetônico para um CEPEDAPE, embora seja importante, foge do escopo do trabalho. No entanto, é necessário definir o que Centro deverá abrigar em seu espaço físico, local onde serão desenvolvidas as atividades que apoiarão o Ciclo de Aprimoramento descritas anteriormente. Resumidamente, o espaço físico do CEPEDAPE deverá ser um lugar que abrigue adequadamente uma secretaria, um ou mais ambientes experimentais de ensino e aprendizagem denominados Laboratórios Flexíveis de Ambientes de Ensino e Aprendizagem (L-FAEA), um estúdio de produção de mídias digitais, facilidade para videoconferências, um estúdio de gravação, um *mockup studio* (que pode ser entendido grosseiramente como uma oficina de maquetes, modelos 3D e dispositivos didáticos), um centro incubador de disciplinas e um almoxarifado (ver Quadro 1). Certamente, demais infraestruturas de suporte deverão ser previstas, como sanitários, escadas, elevador e outras. Também deverá ser possível acomodar no CEPEDAPE outras atividades que não estão aqui descritas e que visam a explorar mais pro-

fundamente aspectos multi/inter/transdisciplinares do currículo de engenharia. Acima de tudo, o espaço físico do Centro precisa motivar o florescimento de ideias e a colaboração entre as pessoas.

A integração natural de recursos e ambientes entre o L-FAEA, estúdio de gravação e o centro de produção de mídias digitais (CPMDigi) certamente deverá ser levado em consideração no projeto arquitetônico. Isso significa que:

- a) atividades previstas para o CPMDigi poderão acontecer dentro de um L-FAEA;
- b) as desenvolvidas no L-FAEA poderão contar com o apoio do *mockup studio*, do CPMDigi e de sua transmissão por videoconferência ou ipTV;
- c) o *mockup studio* poderá produzir dispositivos didáticos para serem usados durante as atividades do L-FAEA e produção de mídias do CPMDigi e assim por diante.

É bastante importante que as facilidades do Centro estejam ao alcance de todas as suas seções, a fim de minimizar a multiplicação de recursos e maximizar seu aproveitamento.

Quadro 1 – Composição do Espaço Físico do CEPEDAPE.

Secretaria	Diretoria	Almoxarifado
L-FAEA I	LFAEA II	<i>Mockup Studio</i>
Centro Incubador de Disciplinas (CID)	Estúdio de Gravação	Estúdio de Produção de Mídias Digitais (CPMDigi) e Videoconferência

A importância dos ambientes de ensino e aprendizagem colaborativos

Diferentemente de uma sala de reuniões ou sala de aula com mesas dispostas em círculo(s), um *ambiente colaborativo* é um local de trabalho planejado e construído e onde trabalham pessoas (grupo de trabalho) que se ajudam mutuamente para alcançar um ou mais objetivos e viabilizar ideias que foram criadas,

desenvolvidas ou compartilhadas dentro do grupo. É um espaço facilitador da colaboração, da inovação, da criatividade, de trocas e de emergências.

Embora não exista um consenso quanto ao limite do número de pessoas que compõem um grupo de estudos e/ou trabalho participativo, existe uma certa restrição quando se propõe grupos com mais de seis participantes em atividades de ensino e aprendizagem. Isso porque barulho, conversas e dispersão podem e se tornam problemas sérios para essas atividades (ARMSTRONG, 2012).

Há de se ter em conta que um ambiente que consegue inspirar a colaboração entre as pessoas é algo muito bom, mas pode ser prejudicial à produtividade, especialmente de pessoas introvertidas – aquelas que são naturalmente energizadas pela solidão (ARMSTRONG, 2012). Por isso, o ambiente colaborativo precisa prever também configurações que suportem a contemplação e o trabalho individuais e uma interferência discreta e construtiva do docente ou supervisor da atividade. Quando se consegue essa flexibilidade, permitem-se muitas oportunidades para que a colaboração e a contemplação possam acontecer nas diferentes fases do trabalho, gerando menos estresse e dispersão no grupo, pois, ao final da atividade, todos foram envolvidos e suas individualidades foram respeitadas (ARMSTRONG, 2012).

É preciso enfatizar que o estudo e a criação de ambientes colaborativos são recentes no Brasil. Salas para reuniões em grupo como mencionado por Alves (2011) são espaços que estão próximos desse conceito, no entanto, acredita-se que, no futuro, haverá uma mudança de paradigma e que a filosofia colaborativa se espalhará rapidamente pelo país.

Laboratório Flexível de Ambientes de Ensino e Aprendizagem (L-FAEA)

Um dos elementos-chaves de um ambiente colaborativo para ensino e aprendizagem está no *design* dos móveis planejados para esse espaço. O *design* das mesas de trabalho é muito importante, mas geralmente não é

levado em consideração nos projetos de salas de aprendizado.

Outro problema que ocorre na maioria das vezes em que se vai criar um espaço colaborativo é que a planta desse espaço já estava definida para outra finalidade, frequentemente sem previsão de realizar ali atividades colaborativas. Quando o local de trabalho é planejado para suportar realidades de colaboração, o resultado é melhor aprendizado, mais inovações e processo decisório mais rápido. Estas características para o engenheiro do século XXI são fundamentais.

O L-FAEA deverá ter por finalidade propor e testar novos conceitos de ambientes de ensino e aprendizagem em que a forma de ensinar e aprender utilize também a interação entre os estudantes. Além do mobiliário voltado para flexibilizar o ambiente, facilitando a criação e a interação dos grupos de trabalho, deve-se levar em consideração que o ambiente possua todas as facilidades, compatíveis com as tarefas a serem desenvolvidas, para atender aos grupos nas suas necessidades, como silêncio, acessibilidade, recursos audiovisuais interativos, comunicação *wi-fi*, videoconferência, impressora 3D, máquina de corte a laser, pontos de tomadas de eletricidade e ar-comprimido.⁶ O conceito de ambiente colaborativo flexível assim previsto e desenvolvido no L-FAEA permitirá acomodar diferentes tipos de aulas teóricas ou práticas. É importante lembrar que o Laboratório deverá possuir uma capacidade máxima de 24 assentos, pois a experiência tem demonstrado que um número maior torna difícil ao professor interagir com todos os grupos e é mais fácil os grupos dispersarem da atividade.

O desenvolvimento da inovação e do processo criativo não é algo que pode ser feito sem a intervenção do docente. Por isso, em ambiente colaborativo, a locomoção do docente dentro dele deverá ser totalmente desimpedida, porque ela é fundamental para a ocorrência de *troca* e *emergência* entre os participantes. Além

⁶ Maiores informações envolvendo definições, conceitos e experiências de aprendizagem colaborativa podem ser encontradas em ALCÂNTARA e outros (2004). Orientações sobre acessos, iluminação, instalações elétricas e conforto ambiental podem ser encontradas em ALVES (2011).

disso, a movimentação dos alunos e os acessos aos recursos multimídia devem ser facilitados; enquanto as aulas práticas deverão contar também com apoio ferramental e instrumental.

Neste projeto para o CEPEDAPE, em que se busca maneiras de promover o desenvolvimento das habilidades e competências necessárias para a formação profissional dos alunos, é inspirador o pensamento de Leiboff (2010), que afirma que é importante que as salas colaborativas não possuam formalmente “uma parte da frente” ou um palco sobre o qual o professor irá transmitir seus conhecimentos. Cada grupo de trabalho deve ter seu próprio campo visual direcionado a painéis montados estrategicamente nas paredes da sala onde eles possam interagir, escrever, rabiscar, desenhar e, talvez, até ter um projetor multimídia alocado para uso do grupo.

O grande diferencial do L-FAEA em relação a uma sala de aula tradicional ou um pequeno auditório é ser um facilitador de inovações, de trocas e de emergências. No entanto, deve-se ter em mente que o tamanho do Laboratório e o ambiente do CEPEDAPE não são adequados para se ministrar disciplinas regulares. Aulas regulares num CEPEDAPE tendem a perturbar o ambiente com a rotina e os problemas naturais das salas de aula, prejudicando o desenvolvimento das atividades do Centro, sem falar que o L-FAEA ficaria fixamente ocupado pelo período de duração da disciplina, tirando a oportunidade de atividades inovadoras de ensino e aprendizagem. Um L-FAEA será melhor utilizado quando só se ministrarem nele minicursos e treinamentos de curta duração. Por esse motivo é que esta proposta se apoia fortemente no uso do Laboratório para o desenvolvimento e avaliação de metodologias ativas de ensino.

Considerando as facilidades incorporadas ao L-FAEA, esta proposta sugere que o CEPEDAPE estabeleça convênios e intercâmbios com empresas desenvolvedoras de *softwares* e tecnologias, ofereça minicursos e *workshops* de capacitação regulares para divulgação do estado da técnica e treinamento dos docentes e alunos de graduação e pós-graduação envolvidos,

bem como testar no Laboratório as maneiras mais adequadas de fazer isso. Para motivar a participação da comunidade, o Centro terá autonomia para emitir certificados de participação e aproveitamento para os participantes.

Toda atividade didático-pedagógica realizada no L-FAEA será avaliada em termos de quanto conhecimento os alunos assimilaram e quais foram as facilidades que a proposta implementada introduziu no processo de ensino-aprendizagem. Essa retroalimentação será feita pelos próprios alunos que participam das atividades.

Oficina de maquetes, modelos 3D e dispositivos didáticos (Mockup Studio)

A ideia do CEPETAPE contar com um *mockup studio* surgiu da necessidade de se ter uma infraestrutura facilitadora para produção de maquetes, modelos 3D e dispositivos didáticos para as disciplinas de graduação e de pós-graduação em engenharia. Um *mockup studio* deverá estar equipado com diversas ferramentas correlatas como: linhas de distribuição de energia elétrica, minitorno, fresadora universal, furadeira de bancada, lixadeira, serra, moto esmeril, minirretífica, estação de solda, linhas de distribuição de ar comprimido, compressor de ar, *kit* de pintura e sistema de exaustão, máquina de corte a laser, impressora 3D, pias, coifa, exaustor, estufa, forno e armários de ferramentas e acessórios. A principal vantagem de se contar com um *mockup studio* está em facilitar a criação física, na construção de modelos, maquetes e dispositivos didáticos, e disponibilizar esses recursos para as disciplinas de graduação, sem dizer que o *studio* pode ajudar também os alunos nas suas atividades extracurriculares. Esses encontrarão muitas facilidades no *mockup studio*, mas a principal é a possibilidade do aprendizado do “como se faz” na prática do dia a dia, principalmente daquilo que não pode ser visto e explorado nas salas de aulas. O *mockup studio* também auxilia na elaboração e construção dos ambientes didáticos a serem explorados no L-FAEA, porque ele também é um ambiente colaborativo para as pessoas que trabalharem no Centro.

Incubadora de laboratórios de ensino integradores

A introdução de novas disciplinas integradoras na estrutura curricular dos cursos de engenharia demandará do CEPEDAPE, conjuntamente com os docentes, a elaboração de estratégias para criar e posicionar essas disciplinas nos currículos, bem como inserir as equipes estudantis que trabalham com problemas de engenharia – e que são laboratórios natos para se fazer integração disciplinar e como tal devem receber apoio para isso. O papel do Centro pode ser resumido como um elemento catalisador pedagógico, já que é da interação equipe de alunos e professores que nascerão as novas disciplinas integradoras.

CORPO DE PROFISSIONAIS

O corpo técnico para o CEPEDAPE necessita ser qualificado e experimentado, constituído de pedagogo(s), psicólogo(s), *designer*(s) e modelador(es), profissional(is) das áreas de educação, de texto, imagem & som e da ciência de informação, entre outros que podem contribuir com o Centro. O perfil profissional do corpo não será discutido aqui, dados a complexidade e o nível de detalhes envolvidos. Em vez disso, serão descritos o papel e as atividades que justificam o corpo da maneira como ele foi apresentado.

O fundamento do corpo de profissionais do CEPEDAPE é este: se ensino é centrado no aluno e novas metodologias de ensino e aprendizagem serão introduzidas e assimiladas nas disciplinas, então, o professor terá que estar capacitado para integrar todo o processo. Uma das missões do corpo técnico é ajudar nessa capacitação. Se, por um lado, os aspectos *para que, como, onde e quanto* o aluno aprende ampliam seu envolvimento e participação, por outro lado, o professor/orientador precisa estar comprometido com o aprendizado/formação desse aluno. O professor é agente e, ao mesmo tempo, catalisador do processo de ensino e aprendizagem. Desprezar essa premissa pode custar muito caro no futuro e é por isso que se acredita que investir na capacitação dos docentes da escola – através de *workshops*, seminá-

rios, palestras, treinamentos e cursos de curta duração – é uma maneira de acelerar a entrada e adaptação dos docentes ao novo modelo e de ajudá-los na sua *práxis*.

A experiência nos mostra que, através do tempo, os docentes expandem ou mudam a maneira como usam a tecnologia. E não são as dramáticas mudanças de modelos e de equipamentos das salas de aula que promovem isso, mas sim porque a pedagogia de ensinar é dinâmica, envolvente e também porque os professores mais jovens ficam mais à vontade no uso de uma tecnologia complexa (LEIBOFF, 2010). Novas metodologias e tecnologias estão adentrando as salas de aulas e, portanto, quanto mais cedo o docente for motivado e capacitado para fazer uso desses recursos para facilitar o aprendizado de seus alunos, mais cedo e facilmente isso irá acontecer.

Produção de miniaulas

Sendo a conectividade uma realidade que precisa ser usada como uma poderosa aliada, a proposta para o CEPEDAPE é implementar o *aprendizado online* suportado por cursos a distância (EAD) adaptados ao estilo cognitivo de aprendizagem (ECA) de cada usuário,⁷ utilizando-se sistemas hipermídia adaptativos que, como o nome indica, são sistemas que se adaptam de acordo com as preferências e ritmo de aprendizagem de cada aprendiz (DIAS *et al.* 2009).

A procura por cursos de nível superior *online* no Brasil tem aumentado gradativamente. Os MOOCs (*Massive Open Online Course* = Curso *Online* Aberto e Massivo) proporcionam maior flexibilidade e permitem o estudo dentro e fora da escola. Os MOOCs podem também facilitar o processo de internacionalização da Universidade. Eles são muito atraentes, pois visam a atender ao ritmo de aprendizagem dos alunos

⁷ Assumindo-se que o ECA do aluno foi previamente identificado por um teste indicador das preferências de aprendizagem, um ambiente EAD poderá estar configurado para melhor atender às expectativas, necessidades e ritmo de aprendizagem do aluno, facilitando seu envolvimento e maximizando sua responsabilidade para com a aprendizagem.

e à disponibilidade de tempo para se dedicarem aos estudos.

A proposta para o CEPEDAPE é usar o estúdio de produção de mídias digitais, o estúdio de gravação e até o L-FAEA para produzir miniaulas para apoiar as disciplinas e divulgar as pesquisas feitas na IE (em formato de reportagem com aproximadamente 1 minuto de duração). Sugere-se, inicialmente, miniaulas para atender as disciplinas introdutórias das diversas carreiras de engenharia, com duração máxima de 15 minutos, destinadas aos estudantes pré-vestibulandos, a fim de proporcionar-lhes melhor orientação para a escolha da carreira.

Microensino como ferramenta no desenvolvimento/aprimoramento de habilidades de ensino

Microensino é o nome da técnica empregada para ajudar na formação inicial docente (AKASAKA; GODOY, 1997) e no aprimoramento da didática de docentes mais experientes. A técnica é tão eficaz que pode ser empregada em diferentes áreas do conhecimento (HILA, 2009; OLIVEIRA, 2013). No CEPEDAPE, com auxílio dos L-FAEA e do CPMDigi de mídias digitais, o exercício do microensino consistirá na elaboração de um plano de aula por parte de um participante que considere ambiente e seu público-alvo (simulado pelo grupo de participantes), contenha os objetivos e o conteúdo da aula. A aula é de curta duração (~10 min), gravada usando as facilidades do CPMDigi no L-FAEA e avaliada pelos demais participantes. O avaliado receberá, além de relatório impresso sobre sua apresentação, a gravação da aula para que ele faça sua autoavaliação e busque melhorar os pontos em que seu desempenho se mostrou deficiente ou pouco interessante. Depois, ele se preparará novamente e apresentará uma nova aula para o grupo. Esse processo poderá ser repetido quantas vezes forem necessárias. O microensino pode ser usado para se estudar que estratégias são melhores para introduzir novos conceitos e tecnologias nas disciplinas de engenharia.

Minicursos e workshops de novas tecnologias

Uma das principais características deste novo século é a velocidade com que as novas tecnologias vão sendo desenvolvidas, assimiladas pela indústria e incorporadas em seus produtos. A título de ilustração, quem, em 1995, leu em *A estrada do futuro*, a afirmação:

[...] seu micro de bolso será capaz de registrar áudio, hora, lugar e até vídeo de tudo o que acontecer com você. Será capaz de gravar cada palavra que você disser e cada palavra dita a você, bem como temperatura corporal, pressão sanguínea, pressão barométrica, e uma variedade de outros dados sobre o ambiente ao seu redor. Será capaz de controlar suas interações com a rodovia – todos os comandos que você emitir, as mensagens que você enviar e as pessoas para as quais ligar ou que ligarem para você [...] (GATES, MYHRVOLD *et al.* 1995).

certamente teve uma reação, no mínimo, de desconfiança. No entanto, passados vinte anos, a realidade atual confirmou boa parte daquelas previsões e outras não estão tão longe assim de se materializarem. De onde se conclui que, mais do que nunca, os cursos de engenharia precisam acompanhar de perto o dia a dia das indústrias para dar aos alunos melhor capacitação para o mercado de trabalho.

RESULTADOS ESPERADOS

Retomando as orientações da resolução CNE/CES 11/2002 para as reformas curriculares dos cursos de engenharia, observa-se a necessidade de se contar com docentes mais envolvidos com as fronteiras do conhecimento inter/multi/transdisciplinar e com forte formação didático-pedagógica para auxiliarem não só na modelização do ensino praticado na engenharia, mas, sobretudo, na proposição, orientação e acompanhamento de diferentes maneiras de introduzir e estruturar didaticamente conteúdos disciplinares que contemplem o novo perfil exigido do engenheiro. Tal constatação reforça a missão do CEPEDAPE e

a necessidade de sua disseminação por todo o país.

Da forma como foi concebido, o CEPEDAPE deverá ter papel central e fundamental na reforma curricular dos cursos de engenharia. Através do conceito de Ciclo Contínuo de 7 Fases para Aprimoramento do Ensino e Aprendizagem de Engenharia, mostrado anteriormente na Figura 1, o processo de reforma e inovação curricular será feito de maneira segura e ordenada, minimizando os imprevistos e os sustos, uma vez que o Centro prospecta e propõe novas estratégias e ambientes de ensino-aprendizagem, implementa e realiza os testes, validações e avaliações, tudo em um ambiente controlado. Em seguida, as disciplinas e os cursos recebem as inovações que forem pertinentes e seguras de serem implementadas. Alunos, disciplinas, docentes e cursos saem ganhando. A expectativa é acelerar o processo de reforma curricular e enriquecer o cabedal de experiências de ensino e aprendizagem do Centro, de modo que as instituições que aproveitarem a oportunidade histórica e investirem recursos em CEPEDAPes tornar-se-ão referências nacionais em ensino inovador de engenharia.

Os benefícios dos ambientes colaborativos são, hoje, inquestionáveis. Se, por um lado, na proposta do CEPEDAPE, a ideia é fazer uso extensivo desses ambientes, dentro, é claro, de suas filosofias, por outro lado, entende-se que também é necessário investir na capacitação dos docentes das escolas de engenharia para acelerar sua entrada e adaptação ao novo modelo de ensino e aprendizagem centrado no aluno. O docente contará com um auxílio muito importante para suas aulas, que é o diagnóstico dos perfis de aprendizagem das turmas de alunos. Se souber usá-lo com sabedoria, a sintonia mestre-aprendiz será fortalecida e a distância entre eles será encurtada. Com isso, suas aulas serão menos desgastantes, mais proveitosas, prazerosas e produtivas.

Um forte argumento a favor desta proposta inovadora está no sucesso da mais recente reforma curricular da Universidade de Tóquio, realizada com o objetivo conduzir a IE a um sistema de ensino que suporta diversas oportu-

nidades de aprendizagem e tem por base um tripé formado pelo aprendizado ativo, aprendizado *online* e um sistema de suporte avançado composto por orientadores acadêmicos para apoiar os alunos em seus objetivos, planos de educação e pesquisas de emprego⁸ (TECHNOLOGY, 2015).

CONCLUSÕES

A resolução CNE/CES 11/2002 trouxe flexibilização na formatação e duração dos cursos de Engenharia, permitindo um amplo espectro de possibilidades. Acima de tudo, a referida resolução mudou o centro do processo de aprendizagem, outrora centrado no docente, passando-o agora para o aluno. Logo, para atender ao espírito que motivou tal resolução, é preciso repensar o ensino de engenharia e explorar o potencial dos métodos ativos de aprendizagem e das novas tecnologias instrucionais para aprimorar a eficácia do processo de ensino-aprendizagem, além de melhorar as condições dos ambientes de aprendizagem. No novo modelo de ensino e aprendizagem focado no aluno, o mestre precisa estar envolvido e empenhado com o aprendizado do discente, do contrário, o resultado final estará comprometido.

Do exposto acima, conclui-se que estratégias e ambientes de ensino-aprendizagem e fator humano estão muito interligados. Assim, a qualidade da aprendizagem do aluno depende do grau de harmonização e sintonia entre eles. Portanto, um CEPEDAPE, do modo como foi apresentado neste trabalho, é uma ferramenta estratégica na forma de um ambiente experimental de estudos e pesquisas controlado que está sendo proposto para prospectar, discutir, avaliar e validar estratégias e ambientes de ensino-aprendizagem e melhor capacitar o fator humano envolvido no processo, a fim de promover verdadeiros saltos de qualidade no ensino e aprendizagem de engenharia.

⁸ Durante o ano acadêmico, todos os alunos deverão ter tido pelo menos uma reunião agendada com os seus respectivos assessores acadêmicos.

REFERÊNCIAS

- AKASAKA, E. S.; A. GODOY, A. S. A técnica de micro-ensino na formação e treinamento de professores: análise de sua utilização na disciplina “Didática do Ensino de Administração”. In: 2º SEMEAD – Seminários em Administração, 1997, São Paulo. **Anais do SEMEAD – Seminários em Administração**. São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade/FEA/USP. v. 2. p. 46-55, 1997.
- ALCÂNTARA, P. R. *et al.* Vivenciando a aprendizagem colaborativa em sala de aula. **Revista Diálogo Educacional**. v. 4, n. 12, p. 19, 2004.
- ALVES, M. R. **Manual de ambientes didáticos para graduação**. São Carlos: Suprema, 2011.
- ARMSTRONG, B. T. **Open workspaces are here to stay**. Now, how do we get any work done? Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/barbaraarmstrong/2012/05/24/balancing-the-needs-for-collaboration-and-privacy-a-tall-order-in-workplace-design/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- ASEE. The Green Report – **Engineering education for a changing world**. Washington DC, American Society for Engineering Education, p. 1-5. 1994.
- CRAWLEY, E. F. *et al.* Reform of the aeronautics and astronautics curriculum at MIT. **Journal of Engineering Education**. v. 83, n. 1, p. 47-56, 1994.
- DIAS, C. C. L. *et al.* Identificação dos estilos cognitivos de aprendizagem através da interação em um ambiente EAD. **Anais do XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. Bento Gonçalves, RS, Sociedade Brasileira de Computação, n. 10, 2009.
- FROYD, J. E.; LOHMANN, J. R. Chronological and ontological development of engineering education as a field of scientific inquiry. **Cambridge Handbook of Engineering Education Research**, A. Johri and B. M. Olds. Cambridge, Cambridge University Press, n. 11, 2014.
- GATES, W. H. *et al.* **A estrada do futuro**. São Paulo: Companhia das Letras.
- HILA, C. V. D. O microensino como instrumento de formação do professor de língua portuguesa língua portuguesa. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**. v. 31, n. 1, p. 9, 2009.
- KARAPETROVIC, S. *et al.* ISO 9001 Quality System: an interpretation for the University. **International Journal of Engineering Education**. v. 14, n. 2, p. 105-118, 1998.
- LATORRE, R. *et al.* A new mechanical engineering curriculum at the University of Tokyo. **Journal of Engineering Education**. v. 83, n. 2, p. 124-129, 1994.
- LEIBOFF, M. D. Rethinking classroom design guidelines. **Campus Technology**. Chatsworth, CA, 1105 Media Inc, Ed-Tech Group, n. 2. 2010.
- MARCHMAN-III, J. F. Multinational, multidisciplinary, vertically integrated team experience in aircraft design. **International Journal of Engineering Education**. v. 14, n. 5, p. 328-334, 1998.
- NERSESSIAN, N. J.; NEWSTETTER, W. C. Interdisciplinary in engineering research and learning. **Cambridge Handbook of Engineering Education Research**. A. Johri and B. M. Olds. Cambridge, Cambridge University Press, n. 18. 2014.
- PINTO, D. P. *et al.* Diretrizes curriculares e mudança de foco no curso de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**. v. 22, n. 2, p. 31-37, 2003.
- SOUTAS-LITTLE, R. W.; INMAN, D. J. Calculus reform to mechanics reform. **International Journal of Engineering Education**, v. 13, n. 6, p. 442-447, 1997.
- TECHNOLOGY, N. U. C. T. I. O. **Tokyo tech education reform for current students continuing degree programs in April 2016**. National University Corporation Tokyo Institute of Technology, 2015.
- OLIVEIRA, T. M. V. de. Contribuições do microensino para a formação docente em administração: reflexões sobre a vivência de professores um ano após o treinamento. **Anais do XXXVII Encontro da ANPAD**. Rio de Janeiro-RJ: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, n. 12, 2013.
- WALKER, B. K. *et al.* Redesigning an aerospace engineering curriculum for the Twenty-First Century: results of a survey. **Journal of Engineering Education**, v. 87, n. 4, p. 481-487, 1998.
- WALSTON, J.; MCCARROLL, J. C. Eighth-Grade Algebra: findings from the eighth-grade round of the early childhood longitudinal study, Kindergarten Class of 1998-99 (ECLS-K). **National Center for Education Statistics**, n. 20, 2010.

DADOS DOS AUTORES



Luís Carlos Passarini possui graduação em Engenharia Mecânica, com ênfase em Aeronaves, pela Universidade de São Paulo (1985), doutorado em Engenharia Mecânica (1993) e livre docência (2009) pela Universidade de São Paulo. Atualmente, é Professor Associado MS-5.1 em regime de dedicação integral da Escola de Engenharia de São Carlos, desde 1988. Tem experiência nas áreas de Design Automotivo e Engenharia Mecânica, com ênfase em Dinâmica e Controle de Sistemas Mecânicos, atuando principalmente nos seguintes temas: dinâmica e controle eletrônico de motores de combustão interna (modelagem e simulação, *hardware* e *software* para injeção eletrônica, sensores e atuadores); simulação e otimização de sistemas de controle distribuídos via redes de campo e uso racional e economia de energia; interação de agentes físicos sobre sistemas biológicos; *biodesign*; acupuntura sob a ótica da medicina tradicional chinesa (MTC); ensino e aprendizagem de engenharia. Foi diretor do Centro de Tecnologia Educacional para Engenharia (CETEPE) da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, de 2011 a 2015. É autor do livro *Análise e projeto de válvulas injetoras*, Editora EESC. É coordenador da equipe estudantil EESCuderia Mileage para eficiência energética e orientador no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia na área de Tecnologia da Saúde (interação de agentes físicos com sistemas biológicos).



Nídia Pavan Kuri possui Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1969), mestrado em Educação pela Universidade Federal de São Carlos (1990) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2004). Atualmente, é educadora da Universidade de São Paulo e atua no do Centro de Tecnologia Educacional em Engenharia (CETEPE) desde 1982. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Estilos de Aprendizagem, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino de engenharia, planejamento de ensino-aprendizagem, métodos e técnicas instrucionais, tipos psicológicos e aprendizagem, capacitação docente, avaliação do ensino e aprendizagem.