

JORNADA RUMO AO CDIO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA EEL-USP

Marco Antonio Carvalho Pereira

marcopereira@usp.br

Messias Borges Silva

messias@dequi.eel.usp.br

Ana Luisa Capeleto

ana.capeleto@hotmail.com



Objetivo

Apresentar a jornada do curso de Engenharia de Produção da USP rumo a adoção do modelo da iniciativa CDIO.

Aspectos Teóricos- Metodológicos

O CDIO (*Conceive - Design - Implement - Operate*) consiste numa iniciativa de colaboração entre diversas universidades ao redor do mundo, contando atualmente com cerca de 150 universidades que adotam o CDIO ao redor do mundo (CDIO, 2018).

A iniciativa CDIO visa formar alunos capazes de: 1) Dominar a fundo os conhecimentos técnicos fundamentais; 2) Liderar a criação e a operação de novos produtos, processos e sistemas; e 3) Compreender a importância e o impacto estratégico da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico na sociedade (CRAWLEY et al., 2007).

CDIO, na prática, consiste no aprendizado baseado em quatro etapas: *Conceive-Design-Implement-Operate*. A primeira etapa (Conceber) tem como objetivo o desenvolvimento dos planos conceituais, técnicos e de negócios a partir de necessidades dos clientes. A segunda etapa (Projetar) concentra-se na elaboração detalhada do projeto, através de planos de ação, desenhos e algoritmos que descrevam o que será implementado. Na terceira etapa (Implementar), o projeto será transformado num produto ou sistema tangível. Por fim, a última etapa (Operar) destina-se a operação real, durante o ciclo de vida útil, do produto ou sistema implementado.

Uma visão geral da Iniciativa CDIO está disponível no site do CDIO.org (CDIO, 2018). Uma visão detalhada de todo o modelo CDIO com os principais resultados obtidos nos primeiros anos de sua aplicação é apresentada por Crawley *et al* (2007).

O CDIO *Syllabus* (CRAWLEY *et al.*, 2011) apresenta os resultados de aprendizagem que se pretende que um aluno de engenharia desenvolva durante seu curso de graduação. Estes resultados consistem numa lista detalhada de conhecimentos, habilidades e atitudes ligadas com práticas do exercício da engenharia. Esta lista é periodicamente revisada, por especialistas de diversas áreas, relacionados a engenharia. O CDIO *Syllabus* baseia-se em quatro categorias de resultados de aprendizagem: 1) Conhecimento científico e raciocínio

lógico; 2) Habilidades pessoais e profissionais; 3) Habilidades interpessoais: comunicação e trabalho em equipe; e 4) Conceber, projetar, implementar e operar sistemas em um contexto empresarial, social e ambiental.

Os resultados de aprendizagem têm como base o conhecimento técnico essencial para a formação de engenharia (Categoria 1), mas não se limita apenas a questão técnica. As demais categorias do CDIO *Syllabus* especificam resultados de aprendizagem pessoal, interpessoal e de construção de processos, produtos e sistemas. Os resultados de aprendizagem pessoal (Categoria 2) estão focados no desenvolvimento cognitivo e afetivo do futuro engenheiro, enquanto os resultados de aprendizagem interpessoal (Categoria 3) estão focados nas interações individuais e coletivas, tais como, trabalho em equipe, liderança e comunicação. E os resultados de aprendizagem de construção de sistemas e produtos (Categoria 4) estão focados em conceber, projetar, implementar e operar sistemas em empresas, negócios e contextos sociais. Estas quatro categorias representam o primeiro nível dos resultados de aprendizagem da iniciativa CDIO. Entretanto, ele se desdobra, num segundo nível, em um conjunto de 19 competências e habilidades. Por sua vez, este segundo nível, se desdobra em mais dois níveis, terceiro e quarto, nos quais são apresentadas de forma muito mais detalhada e específica, quais são as competências e habilidades que um engenheiro deve possuir ao final de seu curso de graduação.

3. Descrição

A jornada começou em julho de 2013 com a participação dos dois professores coordenadores do curso na conferência internacional do CDIO, em Boston. Esta participação serviu para estimular os professores a dar passos na direção do CDIO.

O primeiro passo concreto foi dado no ano de 2014, quando três disciplinas específicas de projeto foram criadas no curso, e passaram a ser ministradas a partir de 2015: Projeto Integrado de Engenharia de Produção I (PIEP I) no primeiro semestre, Projeto Integrado de Engenharia de Produção II (PIEP II) no quarto semestre e Projeto Integrado de Engenharia de Produção III (PIEP III) no sétimo semestre.

O objetivo de PIEP I é introduzir os alunos ingressantes num projeto interdisciplinar de engenharia que deve ser realizado internamente no próprio campus escolar. Os alunos

trabalham em equipes que são formadas aleatoriamente na primeira aula do semestre. Os projetos tratam de temas genéricos e amplos. Por exemplo, em 2017, o tema foi: "Produção de Energia Limpa". E em 2018, "Produção de Jogos Didáticos". Cada equipe tem um tutor, um aluno veterano do curso que já fez PIEP I, que tem a responsabilidade de motivar a equipe na busca de uma solução e na superação de dificuldades que surgem durante a execução do projeto.

O objetivo de PIEP II é colocar o aluno para trabalhar em projetos relacionados a problemas reais propostos por empresas de pequeno e médio porte da região, pois no quarto semestre, os alunos já estão mais maduros e possuem mais bagagem de conteúdo para desenvolverem projetos de maior robustez. A turma de alunos é dividida em equipes. Cada uma das equipes tem dois tutores: um da Escola, outro da empresa.

O objetivo de PIEP III é propor um desafio com maior complexidade do que o de PIEP II, levando os alunos a sair completamente do âmbito universitário e a trabalhar com problemas robustos em empresas da região. O processo de aprendizado dos alunos é similar ao de PIEP II. O que muda é a complexidade do projeto.

Desde 2015, estas três disciplinas vêm sendo ministradas para todos os alunos do curso de Engenharia de Produção da EEL-USP.

O segundo passo concreto foi dado ao longo dos anos de 2016-2017, quando a partir de várias reuniões da Coordenação do Curso, estabeleceu-se como objetivo a vigorar a adoção formal dos princípios da iniciativa CDIO no curso, fato esse que passou a fazer parte do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) a partir de 2018, conforme consta na introdução do PPC:

O Projeto Pedagógico apresenta a concepção e os objetivos do curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP). A organização desse documento é fruto do processo de reflexão e análise ocorrido por ocasião da elaboração da proposta de alterações curriculares do curso a partir do ano de 2018, visando a adoção dos princípios da iniciativa CDIO (*Conceive – Design – Implement - Operate*), uma abordagem para a educação em engenharia que visa levar o aluno a desenvolver projetos durante o seu curso de graduação, da sua concepção a sua operação. A iniciativa CDIO consiste num método de ensino-aprendizagem, fruto de uma colaboração global de escolas de engenharia de relevância no cenário internacional, e que apresenta uma visão inovadora e diferenciada para a educação. A iniciativa CDIO é baseada na premissa de que os graduados de engenharia devem ser capazes de: conceber, projetar, implementar e operar sistemas complexos (USP, 2018)

Também, fruto das análises ocorridas em 2016-2017, resultados de aprendizagem baseado no CDIO passaram a integrar o novo PPC do curso a partir de 2018, conforme alguns exemplos apresentados na tabela 1, na qual a primeira coluna apresenta os resultados de aprendizagem de segundo nível conforme propostos pela iniciativa CDIO, e a segunda coluna, os resultados de aprendizagem adaptados para a realidade do curso de Engenharia de Produção da EEL-USP.

Tabela 1 – Resultados de Aprendizagem.

CDIO (segundo nível)	Curso de Engenharia de Produção da EEL
1.1 Conhecimento fundamental de matemática e de ciências	Aplicar conhecimentos matemáticos (incluindo cálculo integral e equações diferenciais) em sistemas físicos e/ou químicos
1.2 Conhecimento fundamental de engenharia	Aplicar conhecimentos gerais de engenharia, tais como termodinâmica e fenômenos de transportes, em processos industriais.
1.3 Conhecimento avançado de métodos e ferramentas de engenharia	Aplicar conhecimentos técnicos especializados de engenharia de produção na concepção ou na melhoria contínua de sistemas básicos ou complexos de produção de bens e/ou serviços.

O terceiro passo concreto ocorrido no segundo semestre de 2017 e no primeiro semestre de 2018 foi a preparação da candidatura do curso de Engenharia de Produção da USP-EEL para integrar a iniciativa CDIO. Isto levou a construção de três documentos formais: (i) - a auto avaliação do curso; (ii) - um plano de transição para o CDIO; e (iii) - a demonstração de evidências no CDIO no curso vigente até 2017.

A auto avaliação do curso foi feita a partir dos 12 *standards* do CDIO (CDIO, 2018x): 1) O CDIO como Contexto; 2) a adoção do CDIO Syllabus; 3) Currículo Integrado. 4) a existência de disciplina de Introdução a Engenharia; 5) Experiências a respeito de Projetar-Construir; 6) Existência de espaços de aprendizagem CDIO; 7) Experiências de Aprendizagem Integradas; 8) Práticas de aprendizagem Ativa; 9) Aprimoramento das habilidades técnicas do corpo docente; 10) Aprimoramento das habilidades pedagógicas do corpo docente; 11) Desenvolvimento dos alunos em habilidades CDIO; e 12) Avaliação Contínua do Programa CDIO. Cada um destes *standards* deveria receber um grau de 0 a 5, no qual 0 representa a ausência total dos princípios do *standard* no curso no momento da avaliação e 5 representa um grau de adesão quase que total ao referido *standard*.

Dois exemplos da autoavaliação realizada são mostrados a seguir:

- Em relação ao *standard* 8 - práticas de aprendizagem ativa - que se refere a adoção de práticas de metodologias ativa de aprendizagem, bem como ao envolvimento dos alunos diretamente em atividades de resolução de problemas de forma ativa. Na autoavaliação foi atribuído grau 3 devido ao fato da maioria dos professores do ciclo profissionalizante de Engenharia de Produção já utilizar metodologias ativas de aprendizagem. Fato esse para o qual existem evidências documentadas da implementação desses métodos, dentre os quais se destacam: aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem baseada em problemas, sala de aula invertida, instrução pelos pares, dentre outros.

- Em relação ao *standard* 12 - avaliação contínua do programa CDIO – se refere a avaliação em relação a estes 12 *standards* CDIO com base em evidências concretas. Na autoavaliação foi atribuído grau 1 considerando que ainda não existe ainda uma avaliação em relação aos 12 *standards* CDIO, mas sua importância era reconhecida pela Coordenação do Curso e passos nessa direção estavam sendo dados para realizar avaliações com estudantes, professores, líderes do curso e outros *stakeholders*

Um plano de transição foi montado para cada um dos 12 *standards* e metas foram estabelecidas para 2020 e 2022, a partir da criação de indicadores para cada um dos 12 *standards*, conforme mostra a tabela 2 para o *standard* 8.

Tabela 2 – Indicadores e Metas relacionados com práticas de aprendizagem ativa

Indicador	Meta (2020)	Meta (2022)
% de disciplinas do núcleo profissionalizante utilizando metodologias ativas de aprendizagem	>60%	>70%
% de docentes do núcleo profissionalizante utilizando metodologias ativas de aprendizagem	>60%	>70%
Grau de satisfação dos alunos em relação ao uso de metodologias ativas de aprendizagem	>60%	70%

Por fim, inúmeras evidências de práticas do CDIO já existentes no curso vigente até 2017 foram juntadas, dentre as quais se destacam: a) adoção formal aos princípios da iniciativa CDIO no projeto pedagógico do curso; b) adoção formal dos resultados de aprendizagem do

CDIO no PPC; c) a existência da disciplina de Introdução à Engenharia de Produção; d) a existência de disciplinas específicas de projetos; e) a boa participação de alunos em Congressos, com maior ênfase no ENEGEP; f) a existência de espaços de aprendizagem ativos e dinâmicos voltados para o trabalho em equipe; g) a adoção de práticas de metodologias ativas de aprendizagem em diversas disciplinas do curso; h) o desenvolvimento de competências técnicas do corpo docente em um Fórum sobre Lean Six Sigma, com reuniões mensais com especialistas de empresas.

4. Resultados

Decorridos cinco anos desde o primeiro contato com o CDIO, inúmeros bons resultados já foram obtidos no curso Engenharia de Produção da EEL-USP, pois ano a ano, novas práticas, metodologias e ferramentas foram sendo acrescentadas ao curso, de forma direta visando os alunos, ou de forma indireta visando os distintos *stakeholders* do curso. Dentre elas destacam-se: 1) a criação de dois Laboratórios para aprendizagem ativa: Laboratório de Design Thinking e o Laboratório Integrado de Ciências e Engenharia; 2) a adoção da realização de projetos em várias outras disciplinas do curso, dentre as quais se destacam Planejamento Experimentos, Processos da indústria de serviços, Projeto de Fábrica, Projeto do produto e do processo, dentre outras; 3) a criação do Fórum Lean Six Sigma em agosto de 2014, que desde então, já realizou 35 reuniões com profissionais das mais variadas empresas da região para discutir e disseminar a cultura do Lean Six Sigma; 4) a criação do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO), cuja primeira edição foi realizada em 2014. Estes são os resultados mais significativos que foram colhidos ao longo desses anos, mas inúmeras outras pequenas práticas vêm sendo incorporadas ao dia a dia do curso. Trata-se de um processo contínuo de melhoria de um curso visando o desenvolvimento de competências técnicas e transversais de seus alunos com vistas a formar profissionais com uma sólida formação técnica e um viés humanístico, como são propostos por alguns dos resultados de aprendizagem do modelo CDIO, e pelas futuras novas diretrizes para a educação em engenharia no Brasil, conforme proposta da ABENGE (2018).

Referências

ABENGE. **Inovação na Educação em Engenharia**: Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Engenharia. Brasília, 2018a. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/file/PropostaDCNABENGEMEI_CNI.pdf>. Acesso em: 18 junho 2018.

CDIO. **The CDIO Initiative**. Disponível em: <<http://www.cdio.org>> Acesso em: 15 agosto 2018.

CRAWLEY, E.; LUCAS, W. A.; MALMQVIST, J., BRODEUR, D. R. **The CDIO Syllabus v2.0 an Updated Statement of Goals for Engineering Education**, 2011. Disponível em: <www.cdio.org/files/crawleyetalcdiosyllabus2.0paper_29may2013.pdf> Acesso em: 14 agosto 2018.

CRAWLEY, E.; MALMQVIST, J.; OSTLUND, S.; BRODEUR, D. Eds. **Rethinking Engineering Education, The CDIO Approach**. New York: Springer, 2007, 279p.

USP. **Projeto pedagógico do curso de engenharia química da Escola de Engenharia de Lorena**. <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/jupCarreira.jsp?codmnu=8275>> Acesso em: 14 agosto 2017.