

ORGANIZADORES:

Daniel Rodrigo Leiva
Antonio Carlos Seabra
Vanderli Fava de Oliveira



imagens - freepik.com

Planejamento e Primeiros Resultados dos Projetos Institucionais de Modernização da Graduação em Engenharia (2019/20)

Financiamento:



Apoio:

CNE/MEC



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO

Programa Brasil-Estados
Unidos de Modernização da
Graduação em Engenharia
(PMG – Capes / Fulbright)

Publicação:



E-Book publicado pela ABENGE

A ABENGE, fundada em 12 de setembro de 1973, é uma sociedade civil de âmbito nacional, sem fins lucrativos, de caráter educacional e cultural, que objetiva o aprimoramento, a integração e a adequação a realidade nacional e internacional da Educação em Engenharia e o contínuo aperfeiçoamento das instituições filiadas.

Diretoria da ABENGE

Presidente: Vanderli Fava de Oliveira (UFJF)

Vice Presidente: Luiz Paulo Mendonça Brandão (IME)

Diretora Acadêmica: Sílvia Costa Dutra (Aposentada UNISINOS)

Diretor Administrativo: Vagner Cavenaghi (Aposentado UNESP/Bauru)

Diretor de Comunicação: Carlos Almir Monteiro de Holanda (UFC)

1º Suplente: Octávio Mattasoglio Neto (IMT)

2º Suplente: Dianne Magalhães Viana (UNB)

Planejamento e Primeiros Resultados dos Projetos Institucionais de Modernização da Graduação em Engenharia (2019-2020)

Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da
Graduação em Engenharia (PMG)



Apoio:

CNE / MEC



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO

Publicação:



Planejamento e Primeiros Resultados dos Projetos Institucionais de Modernização da Graduação em Engenharia (2019-2020)

Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Graduação em Engenharia (PMG)

CURSOS PARTICIPANTES



Engenharia Eletrônica



Engenharia de Controle e Automação



Engenharia Ambiental



Engenharia de Materiais



Engenharia de Produção



Engenharia Mecânica



Engenharia Química

© 2021 ABENGE – Associação Brasileira de Educação em Engenharia
SRTVN Bloco A Lote C Salas 730/732 - Centro Empresarial Norte
Condomínio Centro Empresarial Norte - Asa Norte
Brasília - DF – CEP: 70710-200

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998.
Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da Abenge,
poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios
empregados:

Eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Ficha Catalográfica preparada pela ABENGE

Edição: *Daniel Rodrigo Leiva, Antonio Carlos Seabra e Vanderli Fava de Oliveira*

Capa: Ducom Design

Planejamento e Primeiros Resultados dos Projetos Institucionais de Modernização da Graduação em Engenharia (2019/20). Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Graduação em Engenharia (PMG – Capes / Fulbright)

Organizadores: Daniel Rodrigo Leiva / Antonio Carlos Seabra / Vanderli Fava de Oliveira – Brasília: ABENGE, 2021

197p

ISBN: 978-65-87897-01-1

1 – Educação em Engenharia; 2 – Graduação em Engenharia;
3 – Projeto Pedagógico; 4 –

I. Título

CDD: 620

CDU: 658.5



SUMÁRIO

(clique o item para seguir)

pag.

Apresentação

Daniel Rodrigo Leiva, Antonio Carlos Seabra e Vanderli Fava de Oliveira

- 01 **Uma nova Engenharia é possível: PMG como articulador de ações para inovação, integração e internacionalização** 1

Gustavo Severo de Borba, Daniel Reis Medeiros, Jeferson Ost Patzlaff, Uziel Cavalcanti de Medeiros Quinino, Fernanda Pacheco, Mauricio Mancio, Tatiana Louise Ávila de Campos Rocha, Amanda Goncalves Kieling, Cristiane Maria Schnack, Cristina Kroeff Schmitz Gibk, Isa Mara da Rosa Alves

- 02 **Projeto institucional de modernização (PIM) da Engenharia Eletrônica da UNIFEI** 21

Rodrigo M.A. Almeida, Giscard F.C. Veloso, Danilo H. Spadoti, Luis H.C. Ferreira, Egon L. Müller, Rondineli R. Pereira, Luiz L.G. Vermaas

- 03 **Projeto Institucional de Modernização da Engenharia de Controle e Automação da PUCPR** 49

Ricardo Alexandre Diogo, Anderson Luiz Szejka, André Luiz Alcântara Castilho Venâncio, Emerson Donaisky, Rodrigo Pierezan, Eduardo de Freitas Rocha Loures, Andreia Malucelli

- 04 **Modernização do ensino de graduação de Engenharia Ambiental da UFRJ – Programa PMG/CAPES/FULBRIGHT** 75

Monica Pertel, Isaac Volschan Jr, Heloisa T. Firmo, Ofélia Q. F. Araújo, Ana Lúcia N. da Silva, Leila L. Y. Visconte, Elen B. A. V. Pacheco, Lídia Yokoyama, Marcio Nogueira de Souza, Cláudia do Rosário Vaz Morgado

- 05 **Movimenta Materiais: Transformação da Educação em Engenharia e seu transbordamento no Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da UFSCar** 97
- Alessandra de Almeida Lucas, Bráulio Salumão de Oliveira, Carlos Henrique Scuracchio, Conrado Ramos Moreira Afonso, Daniel Rodrigo Leiva, Gustavo Figueira, Helder Vinicius Avanço Galetti, Leonardo Pollettini Marcos, Lidiane Cristina Costa, Luiz Fernando de Oriani e Paulillo, Marco Aurélio Liuthevicene Cordeiro, Mariana Rodrigues Pezzo, Rafael Vargas Maginador, Sheyla Mara Baptista Serra*
- 06 **Redesenho do Currículo a partir da análise de Stakeholders no curso de graduação em Engenharia de Produção da UFRGS** 121
- Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, Carla Schwengber ten Caten, Joana Siqueira de Souza, Angela de Moura Ferreira Danilevicz, Christine Nodari, Diana Ramos Lima, Camila Costa Dutra, Istefani Carísio de Paula, José Luis Duarte Ribeiro*
- 07 **A Experiência do SENAI CIMATEC na Modernização da Educação em Engenharia** 147
- Tarso Barreto Nogueira, Guilherme Oliveira de Souza, Marcelle Rose da Silva Minho, Sayonara Nobre de Brito Lordelo, Tatiana Gesteira de Almeida Ferraz*
- 08 **Detalhamento da Proposta Inicial para o Curso de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP** 165
- Ardson dos Santos Vianna Júnior, Adriano Rodrigues Azzoni, Luiz Alexandre Kulay, Moisés Teles dos Santos, Thiago Ollita Basso, Antonio Carlos Seabra, Liedi Legi Bariani Bernucci*

APRESENTAÇÃO

O **Programa Brasil - Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG - EUA)** foi lançado em 2018 para fomentar a modernização do ensino superior brasileiro, em consonância com as reformas educacionais que estão sendo promovidas em muitos países e que visam fortalecer seus sistemas de educação superior, ciência, tecnologia e inovação. Este Programa é realizado pela CAPES em cooperação com a Comissão Fulbright do Brasil e a Embaixada dos Estados Unidos, contando com o apoio do Conselho Nacional de Educação - CNE.

A primeira chamada de propostas para o PMG está financiando **08 Projetos Institucionais de Modernização (PIMs)** para cursos de graduação em Engenharia. Dentre os objetivos do programa, destacam-se:

- (i). a criação de ambiente propício para o desenvolvimento do pensamento criativo, com sólida base teórica, da capacidade de inovação e de empreendedorismo;
- (ii). a geração de modelos inspiradores de currículos, de metodologias de ensino-aprendizagem e de gestão de cursos de graduação, que possam ser transbordados para o sistema de ensino superior brasileiro;
- (iii). a formação de redes de colaboração acadêmica entre o Brasil e os EUA para o aprimoramento da qualidade da educação na graduação e alinhamento com as tendências internacionais da área de Engenharia.

Após a análise de um total de 50 propostas recebidas, foram contemplados os seguintes cursos:

Engenharia Civil – UNISINOS (RS)
Engenharia Eletrônica – UNIFEI (MG)
Engenharia de Controle e Automação – PUC-PR (PR)
Engenharia Ambiental – UFRJ (RJ)
Engenharia de Materiais – UFSCar (SP)
Engenharia de Produção – UFRGS (RS)
Engenharia Mecânica – SENAI/CIMATEC (BA)
Engenharia Química – Escola Politécnica da USP (SP)

Estes cursos receberão ao longo dos oito anos de projeto (2019 – 2026) cerca de R\$ 2,6 milhões de investimento cada, sendo a maior parte destinada a missões de trabalho de docentes e de assistentes (doutorandos e pós-doutorandos) em universidades dos EUA, tendo em vista o planejamento e execução de atividades de modernização, com o compromisso de criação de atividades que possam se tornar referência para no Brasil.

Neste livro, os diferentes capítulos apresentam os planejamentos e primeiros resultados (de janeiro de 2019 a junho de 2020) dos oito PIMs. Considera-se que essa é uma contribuição importante para o programa PMG, ao permitir a troca de informações e experiências entre as comunidades dos cursos e instituições contemplados, ao mesmo tempo em que oferece subsídios para novos projetos e atividades de modernização em outros cursos e instituições. Considera-se ainda que este Programa foi lançado em um momento bastante oportuno para a Graduação em Engenharia, que teve suas novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) aprovadas no início de 2019 o que levou os colegiados destes cursos a iniciar a discussão sobre como aprimorar e atualizar seus projetos pedagógicos visando atender as estas novas Diretrizes.

Para exemplificar são citadas algumas das atividades desenvolvidas pelos PIMs, pelo menos uma temática para cada curso, de forma a ilustrar alguns dos assuntos que o leitor encontrará nos capítulos deste livro:

- **Engenharia Civil da UNISINOS** - um dos tópicos abordados é o novo currículo do curso, já aplicado no primeiro semestre de 2019 e que está sendo executado e avaliado constantemente;
- **Engenharia Eletrônica da UNIFEI** - são abordadas ferramentas/metodologias que serviram como base do processo de construção do novo projeto pedagógico - o framework CDIO (*conceive, design, implement, operate*), a Taxonomia Revisada de Bloom (TRB) e a metodologia PETRA de aprendizagem.
- **Engenharia de Controle e Automação da PUC-PR** - é relatada a evolução da implementação e operação da matriz curricular e dos novos laboratórios de aprendizagem ativa, com o setor produtivo em disciplinas intermediárias da graduação; e, finalmente,
- **Engenharia Ambiental da UFRJ** - são discutidos os desafios e oportunidades de modernização em um curso novo de uma grande universidade;

- **Engenharia de Materiais da UFSCar** - são discutidos os primeiros resultados alcançados com as oficinas de formação docente e projeto de acolhimento de ingressantes;
- **Engenharia de Produção da UFRGS** - apresentam-se as atividades que levaram à definição do *design* conceitual que embasa a proposição do novo currículo para o curso, incluindo a identificação e análise de expectativas dos diferentes interessados (*stakeholders*);
- **Engenharia Mecânica do SENAI/CIMATEC** - mostra-se a articulação do PIM ao “Projeto de Inovação Acadêmica” próprio da instituição;
- **Engenharia Química da Escola Politécnica da USP** - são discutidos desafios para o aproveitamento de parcerias consolidadas com indústria para a graduação, assim como para aplicação de metodologias de ensino consagradas nos EUA ao contexto brasileiro;

Por fim, é importante mencionar que o enfrentamento dos impactos da pandemia de Covid-19 pelos PIMs, trouxe soluções de digitalização, assim como em outros aspectos, que tem o potencial de contribuir com a modernização dos cursos. Desde o segundo semestre de 2020, e mais intensamente a partir de janeiro de 2021, o PMG está desenvolvendo suas atividades contando com a consultoria de quatro especialistas estadunidenses em Educação em Engenharia, numa agenda estruturada em temas específicos para alavancagem dos projetos e dos programas.

Que todos possa usufruir de uma boa leitura e espera-se que essa contribuição possa ser útil nos esforços de modernização dos cursos de Engenharia brasileiros.

Prof. *Daniel Rodrigo Leiva*

Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar

Prof. *Antonio Carlos Seabra*

Escola Politécnica da USP

Prof. *Vanderli Fava de Oliveira*

Presidente da Associação Brasileira de Educação em Engenharia

Uma nova Engenharia é possível: PMG como articulador de ações para inovação, integração e internacionalização

Gustavo Severo de Borba, Daniel Reis Medeiros, Jeferson Ost Patzlaff, Uziel Cavalcanti de Medeiros Quinino, Fernanda Pacheco, Mauricio Mancio, Tatiana Louise Ávila de Campos Rocha, Amanda Goncalves Kieling, Cristiane Maria Schnack, Cristina Kroeff Schmitz Gibk, Isa Mara da Rosa Alves*

**tlavila@unisinovs.br*



Unisinos e um novo olhar sobre a formação em Engenharia: o Programa Institucional de Modernização (PIM) como articulador de ações para inovação, integração e internacionalização

Unisinos and a new approach to Engineering: Programa Institucional de Modernização (PIM) as an articulator of actions for innovation, integration and internationalization

Gustavo Severo de Borba, Daniel Reis Medeiros, Jeferson Ost Patzlaff, Uziel Cavalcanti de Medeiros Quinino, Fernanda Pacheco, Mauricio Mancio, Tatiana Louise Ávila de Campos Rocha*, Amanda Gonçalves Kieling, Cristiane Maria Schnack, Cristina Kroeff Schmitz Gibk, Isa Mara da Rosa Alves

RESUMO: O Projeto Institucional de Modernização da Unisinos (PIM) visa implementar um novo Modelo de Graduação flexível e personalizado, que extrapola a visão disciplinar e os limites da sala de aula em uma trajetória formativa continuada e integrada à realidade. O projeto será executado durante 8 (oito) anos para aprimoramento de currículo, métodos de ensino e gestão, visando à modernização do ensino, pautada no protagonismo do aluno, nas ações multidisciplinares e em atividades práticas, entre outros. Para tanto, serão realizadas missões de trabalho para o desenvolvimento de atividades de cooperação em ensino de engenharia nos Estados Unidos. Do mesmo modo, professores atuantes na área de ensino de engenharia nos EUA deverão vir ao Brasil para conduzir cursos, treinamentos, palestras ou seminários, em visitas técnicas. Já estão sendo realizados trabalhos de mídia e divulgação do projeto, como criação do site e desenvolvimento de material para mídias sociais. As atividades até o momento realizadas, desde missões técnicas, até seminários e cursos, indicam grande potencial de adaptação dos currículos para aprimoramento, conforme tais estratégias. O novo currículo do curso de Engenharia Civil – Graduação Pro, já foi aplicado no primeiro semestre de 2019 e está sendo executado e avaliado constantemente.

ABSTRACT: The Unisinos Institutional Modernization Project (PIM) aims to implement a new flexible and personalized Undergraduate Model that goes beyond the disciplinary vision and the limits of the classroom in a continuous training path integrated with reality. The project will run for 8 (eight) years for curriculum, method and management improvement. For this purpose, work missions will be carried out to develop cooperation activities in engineering education in the United States. Likewise, teachers working in the field of engineering education in the USA should come to Brazil to conduct courses, trainings, lectures or seminars, in technical visits. Media work and dissemination of the project are already underway, such as creating the site and developing social media material. The new curriculum of the Civil Engineering course - Pro Undergraduate has already been applied in the first semester of 2019 and is being executed and constantly evaluated.

Uma nova engenharia é possível

Os cursos de graduação em Engenharia têm sido ampliados e aprimorados ao longo dos anos, desde sua criação no Brasil. Porém, o país ainda enfrenta dificuldades para competir no mercado internacional. Como mostra o Índice Global de Inovação (IGI), o país perdeu 22 posições no ranking, entre 2011 e 2016, situando-se, em 2017, em 69º lugar entre os 128 países avaliados, embora tenha, em 2018, assumido o 64º lugar – uma evolução ainda inexpressiva face às possibilidades (CORNEL; INSEAD; OMPI, 2018).

Analisando o número de engenheiros por habitante, observa-se que o Brasil, de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2016), ocupava uma das últimas posições no ranking. Em 2014, enquanto Coreia, Rússia, Finlândia e Áustria contavam com a proporção de mais de 20 engenheiros para cada 10 mil habitantes, países como Portugal e Chile dispunham de cerca de 16 engenheiros para cada 10 mil habitantes. Neste ínterim, o Brasil registrava somente 4,8 engenheiros para o mesmo quantitativo.

Entretanto, essa realidade começou a ser modificada nos últimos anos, a partir de políticas públicas e da abertura de novos cursos e vagas de engenharia no país. Assim, foi possível expandir significativamente o número de matriculados e concluintes dos cursos de Engenharia no Brasil. Somente em 2016, cerca de 100 mil bacharéis graduaram-se em cursos presenciais e a distância. Algumas estimativas apontam, porém, que a taxa de evasão se mantém em um patamar elevado, ou seja, da ordem de 50%.

É sabido que o número de formandos é um gargalo, que se evidencia a partir das dificuldades que o setor produtivo encontra para recrutar trabalhadores qualificados para atuar na fronteira do conhecimento das engenharias. Essa atuação requer, além da técnica, o domínio de habilidades como liderança, trabalho em grupo, planejamento, gestão estratégica e aprendizado de forma autônoma. Em outras palavras, há uma demanda crescente de profissionais com um desenvolvimento técnico sólido, combinado com uma formação mais humanística, proativa e empreendedora, que sustente, inclusive, a adaptabilidade desse profissional, perante exigências de inovação do mercado.

Tendo em vista o lugar central ocupado pela Engenharia na geração de conhecimento, tecnologias e inovações, é estratégico levar em conta essas novas tendências e dar ênfase à melhoria da qualidade dos cursos oferecidos no país, a fim de aumentar a produtividade e ampliar as possibilidades de crescimento econômico, tanto hoje quanto no futuro.

Atenta à realidade do mercado, e buscando a melhoria contínua do processo de formação dos alunos, a UNISINOS, no seu planejamento

estratégico, definiu como um dos projetos prioritários a reformulação de seus cursos de engenharia. Essa reformulação buscou uma maior personalização do curso de graduação para o aluno e o aprofundamento das experiências no ecossistema UNISINOS, por meio de práticas curriculares mais próximas aos desafios do trabalho, de forma a integrar ensino, pesquisa e extensão.

Foi dentro deste contexto de planejamento da universidade que um grupo de professores da UNISINOS, em conjunto com a Unidade Acadêmica de Graduação, elaborou o Projeto Institucional de Modernização (PIM) para o curso de Engenharia Civil, para o Programa de Modernização da Graduação (PMG) de forma a implementar o novo modelo de graduação flexível e personalizado, que extrapola a visão disciplinar e os limites da sala de aula e converte o curso de graduação em uma trajetória formativa continuada e integrada à realidade.

Considerando que o projeto submetido está fortemente alicerçado no currículo construído, seus objetivos específicos estão também vinculados à concretização deste currículo, sendo estes:

- a) Ampliar a parceria com empresas do setor produtivo, aproximando também as práticas de sala de aula aos Institutos Tecnológicos;;
- b) Criar um espaço de integração de projetos que incentivem a geração de ideias, a proposição de solução a problemas e de ações empreendedoras;
- c) Desenvolver um ambiente virtual que permita a construção e o acompanhamento individualizado do portfólio de cada aluno;
- d) Fortalecer e ampliar as relações com instituições americanas para intercâmbio de alunos e professores, além de implementar a dupla titulação;
- e) Gerenciar a implementação do novo currículo, a fim de garantir o desenvolvimento das competências necessárias para atuação do egresso em um contexto profissional em constante transformação.

O projeto teve início em 2019 e tem duração de 8 (oito) anos, nos quais serão contemplados aprimoramento de currículo, métodos e gestão. Este texto descreve elementos centrais desta mudança, considerando aspectos do Currículo, Espaços formativos, Metodologias e Formação de Professores, e Relacionamento Externo.

Proposta de um novo currículo para a engenharia: conexão humanidade/tecnologia

Tradicionalmente, a formação nos cursos de engenharia enfatiza uma profundidade vertical, na disciplina específica do curso, tendo como objetivo formar o melhor engenheiro em uma área pré-definida, pela ênfase ou habilitação proposta. Este processo formativo, embora extremamente relevante, prioriza competências profissionais relacionadas à área de formação.

Caso se leve em consideração a proposta de formação de pessoas em “t” – modelo popularizado pelo escritor Tim Brown –, busca-se uma formação que atenda à profundidade necessária para a área, mas que também preveja um diálogo horizontal com outras áreas e profissões. Para a construção deste diálogo, são necessárias competências transversais.

A partir desta compreensão e do surgimento de inúmeros estudos sobre a importância de novas competências para o século XXI, é importante avançar na compreensão deste tema, analisando estudos consolidados. Cabe aqui citar Scott (2015), que analisou uma série de estudos sobre competências, além de projetos internacionais, como o The Assessment and Teaching of 21st Century e a Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) com foco no mapeamento das competências do século XXI.

Outro estudo que busca consolidar esta discussão teórica é o Towards Defining 21st Century Competencies for Ontario (2016). Nesse trabalho, os autores mapearam estudos canadenses (18 estudos) e de outros países (7), identificando 30 competências.

A partir destas leituras, foi possível identificar as competências necessárias para a construção de uma formação diferenciada, que considera a tecnocência e o humanismo como elementos centrais no processo de desenvolvimento dos alunos, para atuação nas organizações e na sociedade. Dessa forma, foram eleitas 11 competências para a definição do perfil dos egressos da Universidade, a serem trabalhadas em diferentes currículos. No caso da Engenharia Civil, estas competências estão explicitadas em atividades acadêmicas como “colaboração”, ou são desenvolvidas dentro de atividades acadêmicas tradicionais, como disciplinas de “projetos”, que podem facilitar a construção de competências de comunicação e de interação em grupo.

Estes estudos têm sido desenvolvidos na universidade nos últimos 5 (cinco) anos. Contudo, o projeto PMG permitiu acelerar esta implementação e o acompanhamento do processo formativo dos alunos, além de institucionalizar práticas inovadoras. Nesse cenário, o novo modelo de currículo desenvolvido busca a formação de profissionais capazes de mobilizar competências para agir em contextos contemporâneos e futuros e resolver problemas locais e globais, bem como criar soluções inovadoras

e replicáveis. Pretende-se, desse modo, subsidiar a constituição de um modo de ser profissional permeado pelos valores institucionais da Universidade, promovendo uma formação sólida e comprometida com a comunidade local, além de ser projetada para atender aos desafios da formação dos profissionais do futuro. Este currículo propõe ao estudante que personalize sua jornada acadêmica de acordo com seus interesses, alinhando competências pessoais e profissionais, através de vivências práticas da carreira escolhida.

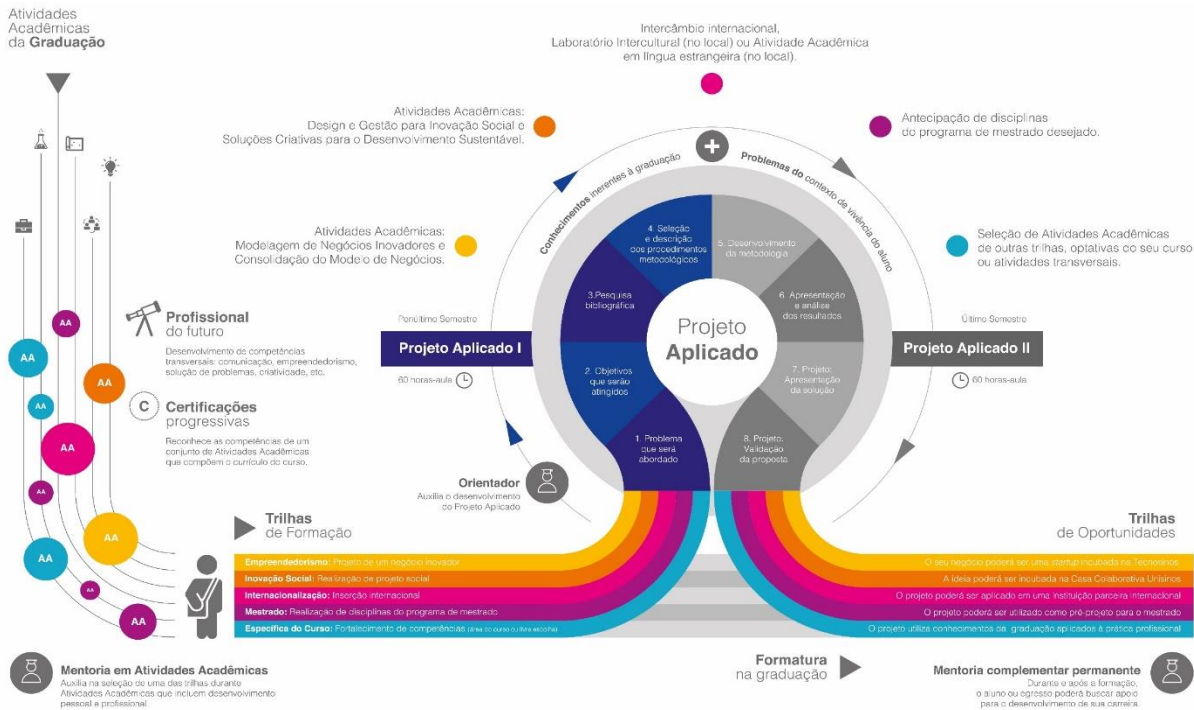
A construção do currículo é estruturada, conforme representado na Figura 1, a partir de **Trilhas de Formação**, que têm como objetivo permitir a institucionalização de um currículo de **Graduação personalizado**, dentro de uma lógica formativa que vise à construção de **um curso para cada aluno**, levando em consideração, já em nível de Graduação, os diferentes interesses e perspectivas de futuro de cada um. Nesse cenário, o aluno dispõe de cinco Trilhas de Formação à sua escolha: **Empreendedorismo, Inovação Social, Internacionalização, Mestrado e Específica do Curso**.

Ao longo da Trilha de Formação escolhida, o estudante poderá desenvolver, de forma mais específica, suas aptidões e adquirir os conhecimentos na sua área de interesse. Neste modelo, o aluno é introduzido no mercado, possibilitando que tenha acesso, desde o início da formação, ao ambiente transdisciplinar e múltiplo do Parque Tecnológico, dos Institutos Tecnológicos da UNISINOS, além de outras empresas parceiras.

O início da implementação desse currículo se deu em 2019, com a abertura do PMG. O precursor desse processo foi a elaboração de um novo currículo para a graduação de diferentes cursos na instituição, começando pelo curso de Engenharia Civil somado a mais 4 (quatro) cursos de Engenharia (Engenharia Química, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica).

Na Figura 2, do currículo de Engenharia Civil, observam-se as atividades acadêmicas da Trilha, que aparecem como “Optativa (Trilha)” nos semestres 9 e 10, além de atividades acadêmicas vinculadas às competências do século XXI mapeadas pelos estudos apresentados anteriormente e planejados no processo de planejamento estratégico.

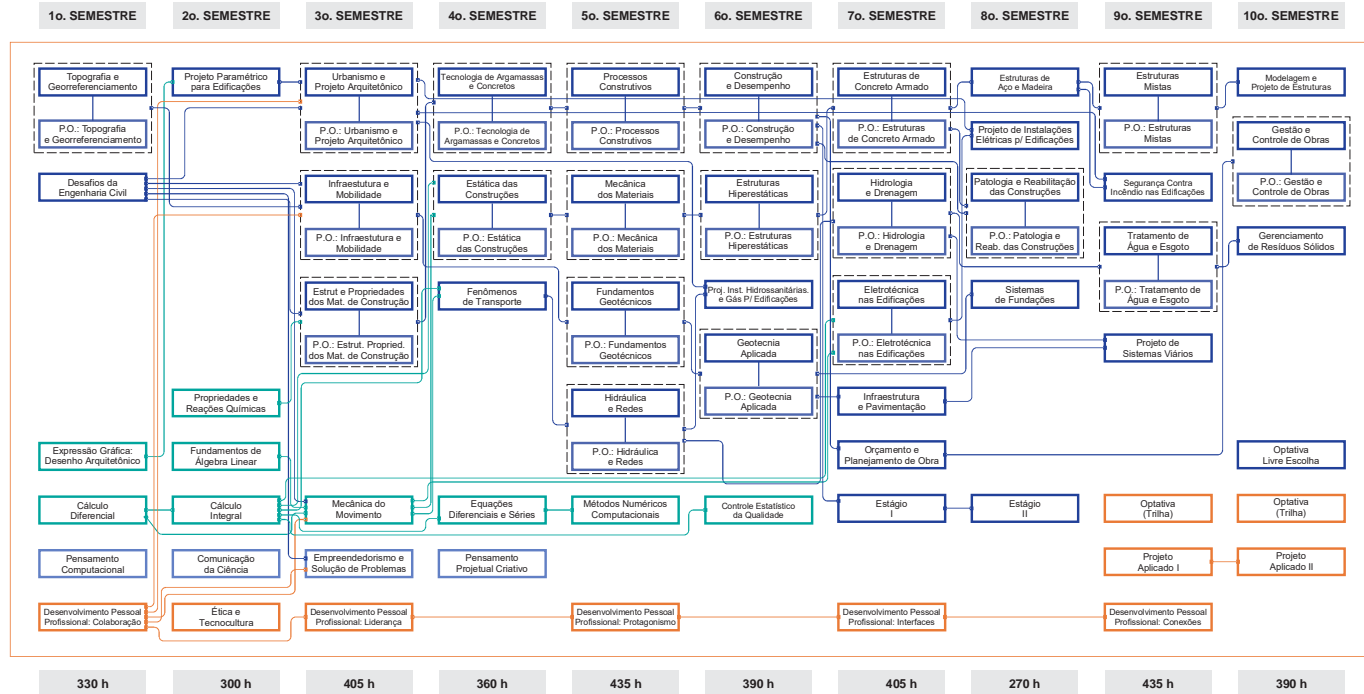
Figura 1: Representação do Curso de Engenharia Civil da UNISINOS, conforme consta em seu Projeto Político-Pedagógico



Fonte: Projeto Político-Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da Unisinos

Ilustração: Dinara Dal Pai

Figura 2: Organização Curricular do curso de Engenharia Civil da UNISINOS.



Fonte: Projeto Político-Pedagógico do curso de Engenharia Civil da Unisinos

Atualmente, nas horas curriculares que são distribuídas ao longo de dez semestres, é realizada uma formação sólida e comprometida com a comunidade local. Porém, a trajetória curricular necessita ser projetada para atender aos desafios da formação do Engenheiro do futuro. Neste sentido, foram observadas as seguintes necessidades:

- *aprofundamento* das competências transversais: necessidade de ampliar a conexão profissional com diferentes contextos sociais e, principalmente, a capacidade de atuação em redes colaborativas locais e globais;
- *possibilidade de personalização do percurso formativo*, contando com mentorias permanentes, que contribuam para a tomada de decisões ao longo de sua atuação no Curso. O novo modelo propõe que o estudante personalize sua trajetória acadêmica de acordo com seus interesses. Ao longo da Trilha de Formação escolhida, o estudante poderá desenvolver de forma mais específica suas aptidões e os conhecimentos na sua área de interesse.
- *ampliação das vivências práticas da área escolhida*: diferentemente do currículo atual, que visa a uma sólida formação nos fundamentos da área, como uma base estruturada para progressões das competências, que evoluem para a aplicação, a partir do segundo ano do Curso. O novo modelo viabiliza, desde o início da formação, a introdução do aluno no mercado, por meio do acesso ao ambiente transdisciplinar e múltiplo do Parque Tecnológico e dos Institutos Tecnológicos da UNISINOS.

A partir destas mudanças, os principais atributos de inovação do currículo, são:

1. Formação sólida – fundamentação para o desenvolvimento das competências já consolidadas da profissão, mas que também dê conta de desenvolver competências essenciais e atualizadas ao contexto das Engenharias do futuro.
2. Flexibilização da mudança de trajetória – possibilidade de aproveitamento da maioria das Atividades Acadêmicas do primeiro semestre, de forma a flexibilizar a movimentação de alunos que queiram trocar de curso entre os currículos das Engenharias.
3. Vivências práticas do profissional do século XXI – com Atividades Acadêmicas voltadas à prática, com foco no contexto profissional, que permitam ao aluno desenvolver competências essenciais identificadas aos profissionais do futuro.

4. Experiências práticas desde o início – já no primeiro semestre, o curso oferece atividades que proporcionam ao aluno a vivência em atividades relacionadas com a profissão escolhida.
5. Trilhas de formação e a ressignificação do Trabalho de Conclusão de Curso – no último ano de formação, viabiliza o desenvolvimento de um tema que faça conexão com o caminho que o aluno almeja em seu futuro profissional.
6. Certificações progressivas – permitem que os conhecimentos adquiridos sejam formalizados, servindo de meio de acesso ao mercado.
7. Metodologias ativas e projetuais – uso de metodologias ativas e aprendizado em diferentes ambientes universitários, tendo como base problemas reais trazidos da indústria.
8. Mentoria – acompanhamento de um mentor durante a formação do aluno, para conectar seus propósitos pessoais e profissionais, de forma orientada e assistida.

Em adição, convém ainda salientar, no projeto curricular, as Atividades Articuladoras, que integram as atividades acadêmicas, numa perspectiva interdisciplinar. Compreendem conteúdos de formação profissional e específica, organizadas em um modelo de integração teoria-prática por Projetos Orientados para solução de problemas de Engenharia. Este modelo tem como objetivo promover a articulação de conhecimentos e de competências através de construções individuais e coletivas, que identifiquem o aluno com seu percurso formativo e com sua atuação profissional. Por meio destas atividades ao longo do Curso, os alunos – orientados por Professores Articuladores – desenvolvem projetos que ampliam a complexidade, à medida que avançam em relação ao desenvolvimento de competências no Curso, e mobilizam conhecimentos de diferentes áreas para solucionar problemas reais e projetados no futuro.

O processo de construção curricular é um elemento central para a estruturação da inovação. Todavia, a implementação desse processo depende de fatores, entre eles, de como a pedagogia proposta pelo curso é desdobrada em espaços formativos e metodologias. O próximo item irá discutir o papel das metodologias.

Metodologias de ensino e aprendizagem

Como um dos mobilizadores da proposta curricular do Curso, destacam-se as metodologias de ensino e de aprendizagem, fundadas em uma concepção de construção ativa e colaborativa de conhecimento, sustentadas na trilogia: experiência, reflexão e ação. Essa concepção permite que discentes vivenciem as realidades distintas, reflitam sobre tais realidades e construam projetos de ação que possam contribuir para transformar o contexto em que estão inseridos.

Nesse projeto, a intencionalidade pedagógica mobiliza uma construção metodológica orientada para as experiências que articulam teoria e prática, de modo indissociável, e que transcende o espaço pedagógico da sala de aula, para se debruçar sobre contextos, problemáticas e vivências da contemporaneidade profissional do egresso. Essa intencionalidade constitui-se como vetor de mobilização estudantil em relação ao contexto social de atuação, desde o princípio do curso e ao longo de distintas disciplinas, tanto aquelas com caráter mais teórico quanto aquelas mais aplicadas.

A intencionalidade pedagógica concretiza-se em diferentes cenários de aprendizagem, pautada por uma perspectiva ativa, humanística, tecnológica e projetual, e viabiliza:

- a) espaços colaborativos de construção de conhecimento, tanto dentro do curso quanto entre cursos distintos;
- b) a construção e o desenvolvimento de parcerias com contextos diversos de atuação profissional;
- c) a exploração de espaços distintos de aprendizagem, tanto no âmbito virtual quanto presencial, acadêmico e profissional;
- d) a proposição de projetos colaborativos de aprendizagem investigativa visando à elaboração de soluções reais;
- e) o fomento do protagonismo compartilhado entre docentes e discentes, de modo que a universidade seja um espaço que integre construção de conhecimento e convívio entre diferentes seres e saberes;
- f) a construção de portfólios com as produções dos discentes;
- g) estímulo ao desenvolvimento de postura crítica, investigativa, empreendedora, propositiva e colaborativa.

A partir desta perspectiva, o terceiro ponto a ser considerado para a construção de inovação na educação em engenharia é a formação dos professores.

Formação Docente e Práticas Pedagógicas

O processo de implementação do currículo e da intencionalidade pedagógica descrita está fortemente vinculado a ações de formação docente que visem ao desenvolvimento de competências para o planejamento pedagógico alinhadas à proposta do currículo, como também ao desenvolvimento de senso de pertencimento a uma comunidade de práticas em que não se dicotomizem, por exemplo, as disciplinas entre aquelas específicas do curso, tidas como as responsáveis pela articulação entre teoria-prática, e aquelas das áreas de base das Engenharias – como Matemática, Física, Química e Estatística que são, tradicionalmente, vistas como teóricas e, portanto, frequentemente avaliadas como desconectadas da aplicabilidade. Neste sentido, a articulação entre planejamento pedagógico e o senso de pertencimento foi um fator norteador para o desenho das atividades de formação docente realizadas ao longo do percurso, até o momento.

Os programas de formação docente realizados foram, por conta dessa articulação, organizados a partir dos seguintes aspectos:

Abordagens Metodológicas

As abordagens metodológicas incluíram tanto as temáticas das capacitações quanto os modos de organizá-las, com o propósito de fomentar/permitir que os professores tivessem a oportunidade tanto de discutir tais temáticas/metodologias, desde a perspectiva da docência, quanto de aprender através delas, desde a experiência como aprendizes.

A adoção de tal perspectiva amplia o repertório pedagógico e acadêmico de professores e o repertório vivencial. Ao articular forma e conteúdo, nas capacitações, objetivou-se, também, tornar o percurso de aprendizagem dos professores visível a estes e passível de ser analisado, a partir da perspectiva de quem, mais tarde, desenvolveria seus próprios planos de ensino.

Dentre as oportunidades de formação docente ocorridas a partir do projeto, uma enfocou o planejamento de aulas a partir da abordagem da Sala de Aula Invertida, e foi desenvolvida ao longo de três encontros. Conforme referido, o modelo de formação foi organizado de modo a

espelhar a abordagem a ser aprendida. Assim, no percurso, os professores tiveram:

- a. espaço de preparação prévia para todos os encontros de formação;
- b. encontros de formação em que aplicaram e aprofundaram os conhecimentos desenvolvidos na etapa de preparação, tal qual prevê a metodologia da sala de aula invertida; e
- c. avaliação do seu processo de aprendizagem.

Na etapa de preparação, os professores leram textos e assistiram a vídeos que apresentavam a abordagem da Sala de Aula Invertida. Ao longo dos encontros de formação, os professores, organizados em grupos, por área de atuação nos cursos, discutiram e planejaram aulas, organizadas a partir da perspectiva da Sala de Aula Invertida, a serem implementadas ainda naquele semestre em curso. No trabalho em grupo, evidenciou-se a importância dessas ações para a promoção do senso de colegiado, através da construção coletiva de conhecimento, do compartilhamento de práticas e da busca pelos pares por novas formas de organizar o espaço de aprendizagem que, ao longo do semestre de 2020/1, trouxe ainda o desafio e a demanda da aprendizagem em ambiente virtual.

Na avaliação, foi possível notar que os professores puderam refletir sobre o seu processo de aprendizagem e que puderam identificar, ao longo da formação, os elementos que constituem a sala de aula invertida. Essa avaliação se deu por meio da aplicação de um questionário, no final da referida formação.

Diante da questão acerca da possibilidade de recomendar essa formação pedagógica a outros colegas, uma participante responde que sim, afirmando ter sido importante vivenciar a aplicação do modelo de sala de aula invertida, evidenciando que o caráter experiencial da aprendizagem contribuiu para a melhor compreensão do que era preciso fazer.

Ainda, como parte dessa formação, os professores aplicaram os planos desenvolvidos em conjunto com outros professores da área na metodologia estudada e, através de instrumentos de avaliação, puderam conhecer a percepção de seus próprios alunos sobre o percurso de aprendizagem. A partir disto, os participantes foram questionados sobre a identificação de mudança na aula. Dos 87 alunos que responderam ao questionário de avaliação da experiência, via Forms, 73 responderam que sim, indicando, em respostas qualitativas, que a aula promoveu a participação dos alunos e sua interação, por meio do trabalho em grupo.

Considerando a relevância do engajamento para a aprendizagem, também foi perguntado se a organização da aula contribuiu para o seu

engajamento; neste quesito, com pontuação entre 0 e 5, a média de respostas foi de 4.55, o que aponta seu significativo impacto nesse processo.

Escolha do público alvo das capacitações

A escolha do público alvo das capacitações é ponto estratégico, vinculado aos objetivos da proposta de formação docente

Na capacitação suprarreferida, o público-alvo foram professores das chamadas disciplinas de base das Engenharias, vinculadas à área de Matemática, Física, Química e Estatística. A escolha por esse grupo está relacionada ao objetivo de desenvolver senso de colegiado entre todos os professores, fortalecendo os docentes dessas disciplinas como centrais no colegiado das Engenharias e na formação continuada dos discentes, desde o princípio.

A definição desse grupo como alvo para as instâncias de capacitação pôs em evidência, por exemplo, a importância de as áreas de base, em que predomina uma abordagem mais teórica dos conteúdos programáticos, refletirem sobre possibilidades de aplicação prática (no mundo real) do que é ensinado – demanda de trabalho suscitada, em aula, pela metodologia da Sala de Aula Invertida. Além disso, o envolvimento de um determinado grupo de docentes, atuantes em vários cursos dentro da universidade, permite a institucionalização do projeto e a capilarização dos avanços pedagógicos, extrapolando o escopo do PMG. Esse tipo de ação mostra o impacto transversal que o projeto pode ter para a instituição como um todo.

Nesta lógica, as oportunidades de capacitação docente engendradas pelo programa, tais como cursos, oficinas e palestras ministrados por professores visitantes, presencial ou virtualmente, se abrem para a comunidade universitária, no entendimento de que a institucionalização do programa é para o benefício de todos, em termos do potencial avanço pedagógico que pode proporcionar. Desse modo, é possível contribuir para, de um lado, institucionalizar o programa e seus impactos para além da área das Engenharias, e, por outro, construir um senso de pertencimento ao colegiado da instituição, uma vez que permite que tais profissionais se engajem de modo compartilhado na busca pela ressignificação das práticas docentes.

Esse foi o caso, por exemplo, das capacitações ofertadas pela professora Mary Besterfield-Sacre, da Universidade de Pittsburgh, Swanson School of Engineering, USA, assim como da fala do professor Terry Johnson, do Center for Teaching and Learning (CTL) da Universidade da Califórnia em Berkeley, USA, das quais professores da universidade e de universidades parcerias puderam participar. Dessa forma, aproximam-se,

também, professores de outras áreas e de outros projetos ao PMG UNISINOS, tornando-o mais difundido e, potencialmente, mais expressivo, via formação docente.

Atuar em prol do duplo objetivo de qualificar a docência, ao mesmo passo em que se fortalece a comunidade de prática, afirma o compartilhamento do repertório de formação nos níveis micro – colegiado das engenharias, e macro, no âmbito da Universidade.

Além da qualificação dos currículos e da formação dos professores, um dos elementos centrais do projeto é a construção de espaços diferenciados para a prototipagem de práticas.

Espaços de aprendizagem

A Universidade tem avançado na construção de espaços de aprendizagem que propiciem a flexibilidade, maior interação entre professores e alunos, e a abertura para novas metodologias. Dessa forma, foram desenvolvidas salas piloto no campus de São Leopoldo, assim como todas as salas de aula do novo campus, em Porto Alegre, utilizando um conceito que preconiza um modelo inovador de ensino e aprendizagem. Esse processo vem sendo realizado desde 2015, corroborado por diferentes pesquisas que apontam sua contribuição no engajamento dos alunos.

Dentro do projeto PIM, buscou-se o desenvolvimento e a construção de um espaço físico que dialogasse com as premissas do modelo pedagógico da universidade e que permitisse a prototipagem de práticas e o desenvolvimento de projetos em colaboração. A partir desse entendimento, este espaço foi concebido como um local de interação entre professores e alunos, para que a proposta pedagógica do curso e a formação dos professores pudesse, também aqui, se revelar na prática.

A Figura 3 apresenta o layout proposto para este espaço, e a Figura 4, fotos do mesmo. Este espaço está à disposição dos professores e alunos e entende-se que seja fundamental para o avanço das práticas propostas no projeto.

O ponto final para a consolidação desta proposta é a construção de relacionamentos externos, que coloquem a universidade em contato com as melhores práticas globais e locais, permitindo a construção de uma rede de relacionamentos efetiva.

Figura 3: Projeto arquitetônico do espaço de integração do PIM Unisinos (202 m²).

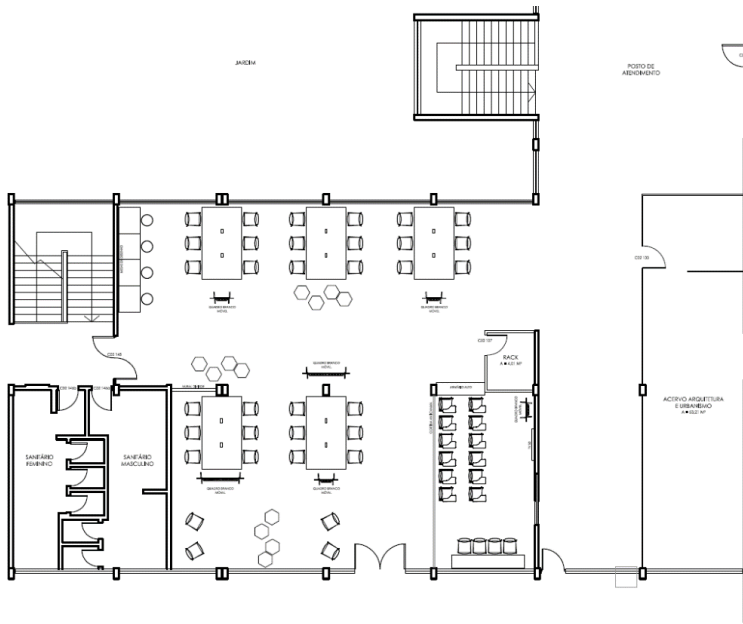
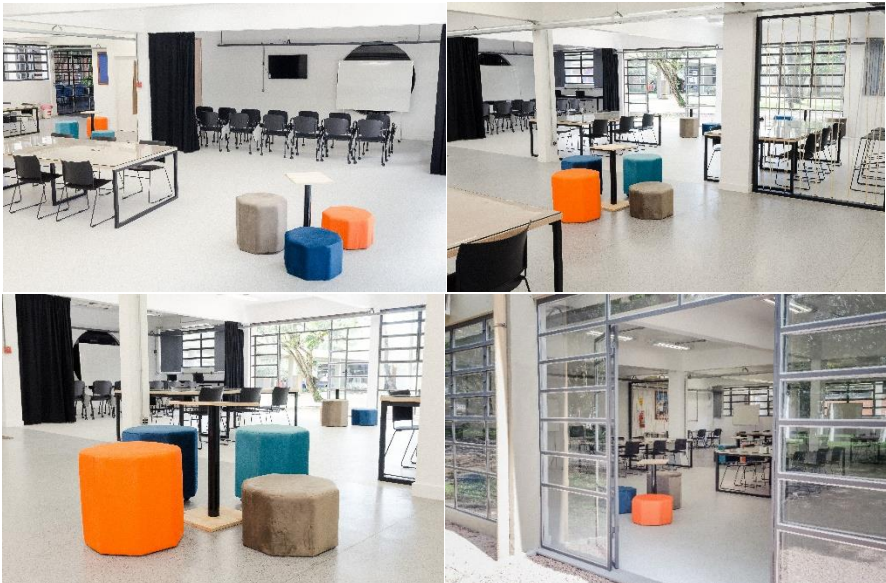


Figura 4: Vistas em 3D do espaço de integração do PIM Unisinos.



Relacionamento no ecossistema e parcerias internacionais

O Sistema Unisinos de Ciência, Tecnologia e Inovação interconecta diferentes práticas que oferecem conhecimento e tecnologia para dar suporte ao processo de inovação de maneira colaborativa e consistente. Como aliados da relação Universidade-Empresa, a UNISINOS possui cinco Institutos Tecnológicos (itts), o Portal de Inovação (incubadora de projetos) e o Complexo Tecnológico Unitech (incubadora de empresas).

Estima-se que, no período de implantação do novo currículo, com a ampliação dos espaços curriculares e extracurriculares para parcerias com empresas, se tenha um percentual de 20% de alunos envolvidos com pesquisas em parceria com empresas. No currículo proposto, serão ampliadas as oportunidades para que os alunos da graduação trabalhem em pesquisas aplicadas em parceria com o setor produtivo e a indústria. Os espaços serão os seguintes:

- a) Projetos de aula desenvolvidos em parcerias com empresas;
- b) Atividades práticas voltadas para a proposição de soluções para problemas reais em diálogo com empresas parceiras;
- c) Visitas técnicas realizadas pelos alunos no contexto das atividades acadêmicas;
- d) Trabalho de alunos com tecnologias que circulam no mercado em laboratórios da Universidade patrocinados por empresas de referência na área do curso;
- e) Participação dos alunos no programa de extensão universitária voltada para a inserção precoce de alunos nas empresas antes mesmo do estágio;
- f) Trabalho de conclusão de curso voltado para a proposição de solução para o setor produtivo e a indústria.

Embora esta relação com o ecossistema local seja fundamental, este modelo também necessita contemplar as interações internacionais. Assim, para estabelecer e consolidar parcerias com instituições americanas, no contexto do objetivo de internacionalização do currículo, foi proposta uma trilha voltada para a internacionalização. A proposta da Trilha está alinhada ao Plano de Internacionalização da UNISINOS. Nesse Plano, a Universidade reconhece que é determinante, nos processos contemporâneos de produção de conhecimento, a adoção de formas de organização em redes interdisciplinares. Nesse panorama, essa trilha objetiva desenvolver experiências interculturais e elaborações transculturais para que os alunos

se constituam como atores da sociedade globalizada. Para tanto, competências relacionadas ao cosmopolitismo, ao respeito às diferenças e à leitura e interpretação de novas geografias humanas, forjadas em processos migratórios, são desenvolvidas. A internacionalização, na UNISINOS, é compreendida não apenas como vivência no exterior, mas também como ambiência internacional dentro de variados espaços no contexto nacional, entre eles, a própria Universidade, por meio da inserção em redes globais de ensino, pesquisa, estágios voluntários e de aprendizado de línguas adicionais, do desenvolvimento de Atividades Acadêmicas em língua estrangeira e de outras formas. Para os alunos que optam por desenvolver experiências de internacionalização em seu ambiente de origem, o percurso na Trilha Internacionalização se constitui de uma Atividade Acadêmica em língua estrangeira, de acordo com portfólio ofertado pela Universidade. O trabalho aplicado de final de curso deverá tratar de temática da área do curso do aluno com um viés internacional.

Neste sentido, o Projeto Institucional de Modernização (PIM) da Unisinos – inserido no Projeto Brasil-EUA de Modernização da Graduação (PMG) em Engenharia, fomentado pela Capes e pela Comissão Fulbright, favorece a consolidação desta trilha de internacionalização do currículo, visto que estão sendo realizadas missões de trabalho de professores da Unisinos para o desenvolvimento de atividades de cooperação em ensino de engenharia nos Estados Unidos. Do mesmo modo, professores atuantes na área de ensino de engenharia nos EUA devem vir ao Brasil para conduzir cursos, treinamentos, palestras ou seminários, em visitas técnicas.

Já no primeiro ano de implementação do projeto, foram realizadas diversas visitas e feitos inúmeros contatos antes, durante e depois das missões técnicas e das visitas de curta duração, ocorridas durante o ano, além das visitas feitas pelos professores americanos ao Brasil. Em 2019, cinco professores e dois alunos de doutorado da Unisinos realizaram visitas técnicas em diversas universidades americanas, incluindo University of California – Berkeley, Stanford University, Santa Clara University, University of Pittsburgh e University of Cincinnati, através de missões organizadas pela Unisinos; e Harvard University, MIT, Olin College, Rice University, University of Notre Dame, University of Illinois, Purdue University e University of Texas – Austin, através do Study Tour promovido pela Comissão Fulbright. Ainda em 2019, em parceria com o PIM da Ufrgs, a Unisinos recebeu as visitas dos professores Luis Rabelo, da University of Central Florida, e Katie Basinger, da University of Florida.

Cabe salientar que, entre as universidades visitadas pelos professores da Unisinos, até o momento, estão incluídas as três “Best Engineering Schools” dos Estados Unidos (MIT, Stanford e UC Berkeley) e

as quatro “Best Universities in the World” (Harvard, MIT, Stanford e UC Berkeley), segundo o mais recente ranking organizado pelo US News & World Report. Na área de Engenharia Civil e Ambiental, foco inicial do PIM da Unisinos, a UC Berkeley lidera esse mesmo ranking há quase 20 anos.

Algumas das ações de incremento de parcerias com instituições americanas estão em andamento. Dentre elas, é possível destacar a oficialização da parceria com a Universidade de Pittsburgh, através de assinatura do termo de parceria, e da renovação do termo de parceria com a UC Berkeley. Aqui convém pontuar que alunos da Universidade de Pittsburgh participaram do evento “Moving the Cities 2020”. Esse evento ocorre anualmente em São Leopoldo e é organizado pela Escola Politécnica em parceria com Tecnosinos e UAS7, tendo como principal apoiador a empresa SAP. Nesse ano, o evento fez parte de uma das atividades acadêmicas da Trilha de Empreendedorismo da Unisinos e foi uma opção de Study Abroad para os alunos da universidade de Pittsburgh. A edição do “Moving the Cities 2020” ocorreu completamente no formato digital com a participação de instituições do Brasil, Chile, Colômbia, Estados Unidos, Alemanha e Inglaterra. Foram 135 alunos organizados em 28 times multidisciplinares e internacionais que trabalharam em soluções conjuntas para desafios globais e contaram com mais de 50 coaches e mentores de todo o mundo. As três melhores soluções foram premiadas pelas empresas parceiras e os alunos foram auxiliados e encorajados a participarem de estágios online nos diferentes países.

Considerações finais

O presente capítulo apresentou as mudanças no contexto dos cursos de engenharia da Unisinos, com vistas à promoção de um processo contínuo de inovação no perfil do engenheiro formado pela universidade. Entendendo a complexidade do mercado e a necessidade de profissionais com uma visão transdisciplinar, a universidade tem investido em um processo de inovação que considera mudanças curriculares, formação de professores considerando novas práticas pedagógicas, a redefinição dos espaços físicos e virtuais e as parcerias internacionais.

Nesse contexto, o projeto Projeto Institucional de Modernização (PIM) foi um fator fundamental para a aceleração na implementação destas mudanças e na construção de uma rede de cooperação nacional e internacional. Neste primeiro período, que contempla os dois últimos anos, os ganhos foram significativos para o fomento a inovação na universidade e para a transformação em nossa prática.

Bibliografia

- CARE, P.; GRIFFIN, E. The Assessment and Teaching of 21st Century e a Asia-Pacific Economic Cooperation. [S.l.]: Springer, 2015.
- OCDE, O. P. A. C. E. D. E. **Education at a Glance 2016**: OECD Indicators. Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.187/eag-2016-en>>.
- OCEA. **Towards Defining 21st Century Competencies for Ontario**. Ontario: Ontario Public Service, 2016. Disponível em: <http://www.edugains.ca/resources21CL/About21stCentury/21CL_21stCenturyCompetencies.pdf>.
- SCOTT, C. The future of learning 2: What kind of learning for the 21st century? **Education Research and Foresight**, p. 1-14, 2015.
- UNIVERSIDADE CORNELL, I.; OMPI. **Índice Global de Inovação de 2018**: Energizando o Mundo com Inovação. 11 ed. ed. Ithaca, Fontainebleau e Genebra: Universidade Cornell, INSEAD, OMPI, 2018.

Projeto institucional de modernização (PIM) da Engenharia Eletrônica da UNIFEI

Rodrigo M.A. Almeida, Giscard F.C. Veloso, Danilo H. Spadoti, Luis H.C. Ferreira, Egon L. Müller, Rondineli R. Pereira, Luiz L.G. Vermaas*

**rodrigomax@unifei.edu.br*



Projeto Institucional de Modernização (PIM) da Engenharia Eletrônica da UNIFEI

Institutional Modernization Project (PIM) of the UNIFEI Electronic Engineering

Nome: Rodrigo M.A. Almeida, Giscard F.C. Veloso, Danilo H. Spadoti, Luis H.C. Ferreira, Egon L. Müller, Rondineli R. Pereira, Luiz L.G. Vermaas

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto institucional de modernização (PIM) da engenharia eletrônica realizado na Universidade Federal de Itajubá. Este processo é motivado, além do PIM, pela modificação nas diretrizes curriculares nacionais (DCN), pelos requisitos do plano nacional de educação (PNE) mas, principalmente, pela necessidade de adequação do curso às novas realidades de ensino e aprendizagem em engenharia. A implementação do projeto pedagógico do curso (PPC) ainda está em curso, mas os resultados parciais são apresentados neste capítulo. Também, é apresentada uma breve introdução à três ferramentas/metodologias que serviram como base do processo de construção do PPC: o framework CDIO (conceive, design, implement, operate), a Taxonomia Revisada de Bloom (TRB) e a metodologia PETRA (projeto e transferência) de aprendizagem.

ABSTRACT: This paper presents the development of the electronic engineering institutional modernization project (PIM) carried out at the Federal University of Itajubá. In addition to PIM, this process is motivated by the modification of the National Curriculum Guidelines (DCN), the requirements of the National Education Plan (PNE), but mainly by the need to adapt the course to the new realities of engineering teaching and learning. The implementation of the course pedagogical project (PPC) is still ongoing, but partial results are presented in this document. Also, a brief introduction to the three tools/methodologies that served as the basis of the PPC construction process is presented: the CDIO framework (conceive, design, implement, operate), Bloom's revised taxonomy and the PETRA learning methodology.

Introdução

O engenheiro eletrônico possui um campo de atuação bastante amplo, visto a ampla penetração das tecnologias eletrônicas nas mais diversas áreas. Atualmente sua principal atribuição é o desenvolvimento de projetos que envolvem hardware e software. No entanto, o desenvolvimento de um produto eletrônico demanda tempo e uma grande quantidade de conceitos que vem evoluindo constantemente, como: eletrônica digital, analógica e potência, instrumentação, compatibilidade eletromagnética, protocolos de comunicação e programação de microcontroladores.

Em termos de requisitos legais, o MEC apresenta no PNE **Fonte bibliográfica inválida especificada.** propostas que tem impacto direto nas grades dos cursos, em especial a obrigatoriedade de atividades de extensão.

Em abril de 2019 foi homologado o parecer das novas DCN do Curso de Graduação em Engenharia **Fonte bibliográfica inválida especificada.** A nova proposta estabelece a migração de uma estrutura baseada em conteúdo para uma voltada à competência.

Considerando esses apontamentos, percebe-se a necessidade de atualização do PPC. Procurando experiências de sucesso na própria universidade, foi decidido utilizar o modelo PETRA **Fonte bibliográfica inválida especificada.** e as experiências com Project-based Learning (PBL) **Fonte bibliográfica inválida especificada.** para nortear esse processo.

Objetivos da proposta de modernização

O presente trabalho possui como objetivo principal desenvolver um modelo inovador de currículo que possa ser reproduzível. Deste modo, o primeiro passo consiste no desenvolvimento de um projeto pedagógico de curso que contemple as necessidades do novo perfil de egresso. A Tabela 1 apresenta o cronograma previsto nas atividades.

Tabela 1 Planos de trabalho anuais

2018-2019	Levantamento de parcerias, treinamento inicial dos professores, preparação de salas
2020	Identificação de requisitos para novo currículo, treinamento de professores, preparação de salas
2021	Implementação grade Ano 1
2022	Implementação grade Ano 2

2023	Implementação grade Ano 3
2024	Implementação grade Ano 4
2025	Implementação grade Ano 5
2026	Coleta de resultados, geração de documentação para reprodução

Planejamento e Metodologia do Projeto

Nesta seção está apresentado o processo do desenvolvimento do PPC da Engenharia Eletrônica e as principais metodologias utilizadas. Além do próprio projeto CAPES-Fulbright de modernização do ensino de engenharia, as novas DCN, **Fonte bibliográfica inválida especificada.** a necessidade de inclusão da extensão conforme pede PNE **Fonte bibliográfica inválida especificada.** e a necessidade de adequação do curso às novas realidades de ensino e aprendizagem em engenharia foram grandes motivadores e norteadores no desenvolvimento.

Para auxiliar na criação do projeto pedagógico do curso, o núcleo docente estruturante (NDE) se utilizou de três diretrizes/metodologias:

- **Formação baseada em competências:** para o desenvolvimento de uma estrutura coerente entre perfil do egresso, habilidades e conteúdos da estrutura curricular. Utilizou-se como base a metodologia CDIO **Fonte bibliográfica inválida especificada.** e as novas DCN **Fonte bibliográfica inválida especificada.**;
- **Taxonomia Revisada de Bloom** **Fonte bibliográfica inválida especificada.:** para definição do nível esperado para os egressos em cada uma das competências e das habilidades, tanto no eixo de conhecimento quanto no eixo de capacidades cognitivas;
- **Incremento gradual na responsabilidade do aluno:** as disciplinas são ordenadas para incentivar e facilitar as estruturas metodológicas de ensino de abordagens passivas para ativas, permitindo ao aluno se tornar responsável por seu processo de aprendizado. Esta estruturação foi baseada principalmente no modelo PETRA **Fonte bibliográfica inválida especificada.**, fazendo uso da metodologia PBL **Fonte bibliográfica inválida especificada.**

Formação baseada em competências

Uma primeira questão importante de ser abordada é a diferença entre os conceitos de habilidade e competência. Esta definição é importante pois uma parte central deste projeto pedagógico se situa exatamente na

definição do perfil do egresso baseada em competências e habilidades a serem desenvolvidas pelo discente.

Em vários textos esses termos, habilidades e competências, são utilizados como sinônimos. Quando utilizados separadamente, competência adquire uma conotação mais abrangente, enquanto habilidade se pontua como um termo mais específico.

Neste documento, nos baseamos nas definições de **Fonte bibliográfica inválida especificada**. para utilizar a palavra **competência** em um sentido bem definido e, de certo modo, um pouco mais restrito. Seu uso denotará uma característica do egresso que será desenvolvida durante sua formação na universidade, seja ela técnica ou pessoal. As competências técnicas estarão relacionadas mais diretamente com as possíveis atividades, responsabilidades ou até mesmo posições de trabalho que um egresso poderá assumir dentro de sua profissão. A competência será, por fim, formada por um conjunto de habilidades que permitam o egresso a exercer a atividade especificada.

Já o termo **habilidade** denotará uma característica mais objetiva, atrelada a uma única área de conhecimento. A habilidade pode compreender um conjunto de qualificações que versem sobre um mesmo tema. Deste modo a habilidade estará mais relacionada com as linhas de disciplinas do que com as atribuições de trabalho.

Como exemplo: a competência de **desenvolvimento de hardware** conjuga as habilidades de *desenvolver placas de circuito impresso, projetar circuitos analógicos e digitais, simular os circuitos projetados*, entre outras.

As novas DCN

As novas diretrizes curriculares nacionais para os cursos de engenharia começaram a ser discutidas por uma comissão formada em 07/08/2017 tendo como participantes a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), a Câmara de Educação Superior (CES), a Secretaria de Educação Superior (SESU) e a Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI). Em 07/03/2018, uma primeira proposta foi encaminhada pela ABENGE, MEI, e Confederação Nacional da Indústria (CNI) para a CES e Conselho Nacional de Educação (CNE). Em 31/08/2018, findou-se o período de audiência pública. O texto final foi aprovado em 23/01/2019 e publicado no DOU em 26/04/2019 **Fonte bibliográfica inválida especificada..**

As novas DCNs trouxeram uma grande mudança conceitual no entendimento de como se formar um engenheiro para os dias atuais: deve-se relocalar o foco do planejamento do curso, que anteriormente era baseado em conteúdo, para uma abordagem baseada em competências.

Taxonomia Revisada de Bloom (TRB)

O segundo conceito utilizado na criação do PPC pelo NDE é a Taxonomia Revisada de Bloom. Ela é uma estrutura criada para categorizar objetivos educacionais quanto ao conteúdo/conhecimento a ser aprendido e quanto ao que se espera que o estudante seja capaz de fazer com esse conhecimento (processo cognitivo)**Fonte bibliográfica inválida especificada..**

A estrutura da Taxonomia Revisada de Bloom pode ser representada numa tabela de duas dimensões chamada de Tabela de Taxonomia. As linhas e colunas estabelecem categorias cuidadosamente delineadas para classificar em um continuum o conteúdo (conhecimento) e o processo cognitivo relacionado ao objetivo educacional. As células da tabela correspondem à intersecção das dimensões de conhecimento e processo cognitivo, ou seja, qualquer objetivo educacional deve ser enunciado de forma que contemple o conhecimento a ser adquirido pelo estudante, bem como o que se espera que ele seja capaz de fazer (processo cognitivo) com esse conhecimento.

A dimensão 'conhecimento' inicia-se com categorias mais concretas e varia de modo contínuo até categorias mais abstratas. A dimensão 'processo cognitivo' parte de categorias mais simples e se estende até categorias mais complexas. Desta forma, os objetivos educacionais podem ser mais bem estabelecidos quanto à profundidade da competência que se espera que o aluno adquira. Se isso for bem definido, a organização das disciplinas, módulos ou trilhas de aprendizado fica mais bem estruturada, facilitando a implementação e a avaliação.

A Tabela 2 apresenta exemplos na definição de um objetivo de aprendizagem ou habilidade para cada uma das células da tabela. Esses objetivos/habilidades devem ser sempre formados por um **verbo** (ações desejadas para o devido processo cognitivo) e um *objeto* (conhecimento esperado que o aluno adquira/construa).

Tabela 2 Exemplos de habilidades para cada nível da taxonomia revisada de Bloom

		Dimensão do conhecimento			
		A) <i>Fatual</i>	B) <i>Conceitual</i>	C) <i>Procedural</i>	D) <i>Metacognitivo</i>
		Os elementos que um aluno deve conhecer para familiarizar-se com uma disciplina ou resolver problemas nela.	As inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que lhes permitem funcionar juntos.	Como fazer algo, métodos de investigação e critérios para usar habilidades, algoritmos, técnicas e métodos.	Conhecimento da cognição em geral, bem como conscientização e conhecimento da própria cognição
1) Relembrar		Relembrar + <i>Fatual</i>	Relembrar + <i>Conceitual</i>	Relembrar + <i>Procedural</i>	Relembrar + <i>Metacognitivo</i>
Recupere conhecimentos relevantes da memória de longo prazo.		Listar cores primárias e secundárias.	Reconhecer sintomas de exaustão.	Lembre-se de como realizar uma ressuscitação cardiopulmonar.	Identifique estratégias para reter informações.
2) Entender		Entender + <i>Fatual</i>	Entender + <i>Conceitual</i>	Entender + <i>Procedural</i>	Entender + <i>Metacognitivo</i>
Construa significado para mensagens instrucionais, a partir de comunicação oral, escrita e gráfica.		Resuma os recursos de um novo produto.	Classifique os adesivos por toxicidade.	Esclareça as instruções de montagem.	Preveja a resposta de alguém ao choque cultural.
3) Aplicar		Aplicar + <i>Fatual</i>	Aplicar + <i>Conceitual</i>	Aplicar + <i>Procedural</i>	Aplicar + <i>Metacognitivo</i>
Realize ou use um procedimento em uma determinada situação.		Responda às perguntas frequentes.	Preste conselhos aos iniciantes.	Realize testes de pH de amostras de água.	Use técnicas que correspondam aos seus pontos fortes.
4) Analisar		Analisar + <i>Fatual</i>	Analisar + <i>Conceitual</i>	Analisar + <i>Procedural</i>	Analisar + <i>Metacognitivo</i>
Quebrar algo em suas partes e determinar como elas relacionam entre si, com o todo ou com o propósito		Selecione a lista mais completa de atividades.	Diferenciar alta e baixa cultura.	Integre a conformidade com os regulamentos.	Desconstrua os vieses de alguém.
5) Avaliar		Avaliar + <i>Fatual</i>	Avaliar + <i>Conceitual</i>	Avaliar + <i>Procedural</i>	Avaliar + <i>Metacognitivo</i>
Faça julgamentos com base em critérios e padrões.		Checar por consistência entre várias fontes.	Determine a relevância dos resultados.	Julgue a eficiência das técnicas de amostragem.	Refleta sobre o progresso de alguém
6) Criar		Criar + <i>Fatual</i>	Criar + <i>Conceitual</i>	Criar + <i>Procedural</i>	Criar + <i>Metacognitivo</i>
Junte elementos para formar um todo coerente; reorganizar em um novo padrão ou estrutura.		Gere uma lista das atividades diárias.	Monte uma equipe de especialistas.	Projete o fluxo de trabalho do projeto eficiente.	Crie um portfólio de aprendizado

Fonte: Fonte bibliográfica inválida especificada.

O fato de as categorias na Tabela de Taxonomia estarem organizadas numa escala de complexidade e abstração pode conferir a elas um tipo de hierarquia de modo que, para que um objetivo classificado, por exemplo, na célula 4-B, seja cumprido, é preciso que o estudante tenha sido ensinado gradualmente através de objetivos que estariam classificados nas categorias inferiores; neste exemplo, possivelmente em todas células inferiores à linha B e à coluna 4. Essa característica hierárquica orientará a distribuição de objetivos instrucionais nas disciplinas, módulos ou trilhas de aprendizado.

Utilizar a taxonomia revisada de Bloom na definição do nível de exigência para cada uma das competências permite explicitar de modo mais objetivo o perfil do profissional, definindo não só as áreas de atuação, mas também o tipo de atividades que o egresso poderá realizar em cada uma dessas áreas.

Índice h/CK

A taxonomia auxilia o NDE na priorização e definição da importância de cada um dos temas/áreas/conteúdos para a formação do perfil do egresso. Cada uma das áreas pode ser mais bem definida utilizando-se a tabela de cognição x conhecimento (CK). Visando auxiliar na transposição da definição de importância para a formulação da estrutura curricular em si, foi idealizado um indicador h/CK - horas por cognição-conhecimento. Esse indicador visa contabilizar a transferência da importância de cada uma das áreas para o quantitativo de horas presentes na estrutura curricular.

Uma habilidade definida como 4C (cognitivo 4 - analisar e conhecimento C - procedural) cobre 12 espaços na tabela CK. Uma outra habilidade que tenha sido definida como 3A (cognitivo 3 - aplicar e conhecimento A - fatos) cobre uma área de 3 espaços. A segunda habilidade possui uma área 4 vezes menor, de modo que é esperado que o total de horas alocadas para a segunda habilidade seja 4 vezes menor que as horas alocadas para a primeira habilidade.

No entanto, a utilização desse índice, com essa interpretação, depende de algumas premissas:

- No ensino deve-se passar por todos os níveis de cognição, não sendo possível atingir um nível de maior ordem sem passar pelo de menor ordem.
- A quantidade de horas necessária para atingir um determinado nível de cognição no aprendizado é diretamente proporcional à área da tabela.

- Uma mesma disciplina pode contribuir para o desenvolvimento de mais de uma habilidade simultaneamente.
- Para atingir níveis cognitivos mais altos não basta aumentar a quantidade de carga horária. Os tipos de atividades requisitados aos alunos também devem ser adequados.
- Em caso de a carga horária estar dividida em mais de uma disciplina os docentes devem estar cientes da divisão, do fluxo, do nível e da responsabilidade em cada disciplina.

Dos itens elencados acima, a linearidade entre a área e a quantidade de carga horária é um dos mais subjetivos. Deste modo, apesar de esta suposição ser a base para a formulação da ferramenta h/CK, os resultados de sua utilização devem ser analisados com cautela. O valor numérico do índice em si não é crucial, o importante na análise é que esse índice esteja uniforme entre as várias áreas/habilidades/competências analisadas.

Foram observadas duas limitações nesta análise: competências que possuem uma grande quantidade de conceitos, mas que não necessariamente são aprofundados, apresentam um valor muito maior que a média, devido à quantidade de horas destinadas à apresentação dos vários conceitos; e competências que são abordadas em diversas disciplinas, sem necessariamente serem aprofundadas também possuem um alto índice

Isto aconteceu na estrutura curricular da eletrônica para as competências de cálculo, física e química. A princípio não são demandadas em grande profundidade, quando visto pelo ponto da TRB, mas pela grande quantidade de conteúdos acaba possuindo um índice quase 3 vezes maior que as demais competências.

A disciplina de simulação é um exemplo do segundo caso. Ela é recorrente em quase todas as áreas da eletrônica: analógica, digital, potência, modelagem, telecomunicações, mas nunca é aprofundada por si própria. Como ela é abordada diversas vezes, a quantidade de horas dedicadas à esta competência leva à um índice maior que as demais competências.

Para as outras competências não houve muita discrepância na análise dos índices. A análise inicial de carga horária alocada por habilidade da grade atual foi base importante para o planejamento da nova estrutura curricular.

Incremento gradual na responsabilidade do aluno

Por fim, o último dos três pilares pedagógicos utilizados para definição da estrutura do curso é o uso de metodologias ativas de aprendizagem no currículo e o incremento de responsabilidade no aprendizado que estas geram por parte do discente.

Por metodologia ativa entende-se os processos nos quais o aluno realiza atividades nas quais ele é o ator do processo, em contraponto à passividade nas aulas tradicionais. **Fonte bibliográfica inválida especificada..** As metodologias ativas podem variar em níveis de envolvimento dos alunos, complexidade das atividades e tempo de desenvolvimento nas mesmas.

As vantagens das metodologias ativas são bem documentadas na literatura, seja na melhoria no aprendizado. **Fonte bibliográfica inválida especificada.** **Fonte bibliográfica inválida especificada.** **Fonte bibliográfica inválida especificada.,** na redução da evasão **Fonte bibliográfica inválida especificada.**, no engajamento dos alunos **Fonte bibliográfica inválida especificada.** ou ainda no melhor uso de espaços físicos da instituição **Fonte bibliográfica inválida especificada..**

Das várias metodologias ativas disponíveis, optou-se por focar em PBL. Os motivos da escolha foram dois: a facilidade de implementação, visto que parte do corpo docente já os utiliza, e a aderência dos métodos com as competências esperadas para o egresso, principalmente as competências de trabalho em equipe, gestão de projetos, projetista, comunicação e autoaprendizagem.

Para estruturar o currículo, utilizou-se o modelo PETRA de formação **Fonte bibliográfica inválida especificada.,** simplificando o processo de especificação dos níveis das disciplinas e em quais deles seriam adotados cada um dos métodos.

É importante ressaltar que nem todas as disciplinas farão uso de tais métodos. Como os alunos não estão acostumados com eles, é necessário um processo de adaptação.

Aprendizado baseado em projeto (PBL)

Miao, Y., Samaka, M. e Impagliazzo, J. afirmam que “a razão pela qual PBL é bem-sucedida é porque enfatiza o significado e o entendimento, em vez de aprender e memorizar em rotina”. O componente ativo no aprendizado melhora as taxas de retenção de conhecimento, que de outra forma

poderiam ser “muito pobres e tão baixas quanto 5%” **Fonte bibliográfica inválida especificada.**

A abordagem PBL também fornece aos alunos habilidades que os ajudarão em sua vida profissional como capacidade de resolver problemas, habilidades de equipe, adaptabilidade à mudança, habilidades de comunicação, aprendizado autodirigido e habilidades de autoavaliação **Fonte bibliográfica inválida especificada.** Estas competências são consonantes com o perfil do egresso.

De modo geral, eles precisam se organizar em equipes tentando entender o problema proposto (a partir de demandas da sociedade e da indústria) e encontrar soluções com o conhecimento que eles têm. Esse processo é exatamente o mesmo usado pelos engenheiros no desenvolvimento de novos projetos ou produtos **Fonte bibliográfica inválida especificada.**

É importante que os projetos sejam abertos, ou possuam partes não definidas pelo professor. Isto permite que os alunos, entendendo esta liberdade de decisão, se apropriem do projeto pelas escolhas que vierem a fazer, solidificando o conhecimento adquirido e consolidando as competências desenvolvidas.

PETRA

No PETRA são aplicadas técnicas para promover no aluno as qualidades pessoais que são desejadas pelas empresas. Estas qualidades estão organizadas em cinco conjuntos, classificados como: organização e execução do trabalho, comunicação interpessoal, autodesenvolvimento, autonomia e responsabilidade e resistência à pressão.

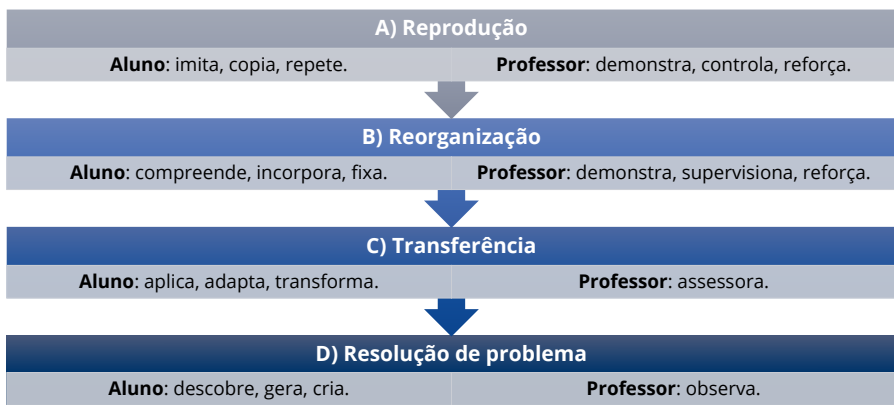
A utilização do modelo PETRA serve como estrutura de preparação dos alunos, principalmente no que tange à questão de competências, de modo a fazer melhor uso das ferramentas de PBL como atividade motivadora e de integração de conteúdos teóricos e práticos.

Durante o desenvolvimento do projeto, cabe ao professor, entre outras responsabilidades, aplicar diversas técnicas para promover no aluno, enquanto indivíduo ou enquanto participante de um grupo, cada uma das qualidades pessoais acima mencionadas.

O perfil de desempenho do aluno no PETRA é um conjunto de desempenhos técnicos. Já o perfil de saída contempla tanto a capacitação técnica quanto a de qualidades pessoais. Desta forma, são definidos quatro níveis: (A) reprodução, (B) reorganização, (C) transferência e (D) resolução de problemas. O aluno passa progressivamente de uma a outra etapa à medida que sua responsabilidade no aprendizado cresce, conforme Figura 1.

Em termos de projeto pedagógico, a implementação do modelo será importante para definir que, à medida que o aluno progride em uma área (ou trilha) do conhecimento, ele adquire maior responsabilidade no processo de aprendizado. As disciplinas iniciais serão modeladas de acordo com a primeira camada do PETRA com abordagem similar ao método tradicional de ensino. As disciplinas da segunda camada (B) poderão fazer uso de instrução por pares. À medida que o aluno avança em uma área ou trilha, as disciplinas serão alocadas em camadas superiores, aumentando sua responsabilidade no aprendizado.

Figura 1 Responsabilidades de alunos e professores no PETRA



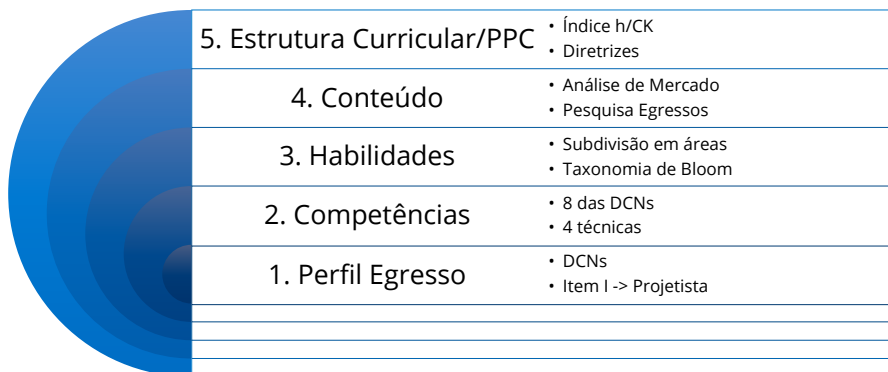
Fases da confecção do PPC da Engenharia Eletrônica

O desenvolvimento do novo PPC foi um processo iniciado em 18 de maio de 2018, vislumbrando a primeira proposta das novas DNC encaminhada pela Abenge/MEI/CNI para o ME/CES/CNE em 07 de março de 2018.

Em 13 de agosto de 2018 foi formada uma comissão com a participação dos três NDEs do instituto (Engenharia de Computação, Controle e Automação e Eletrônica) para a formulação de uma proposta para o programa PMG Capes/Fulbright.

A Figura 2 apresenta a abordagem geral utilizada na construção deste PPC.

Figura 2 Fases da confecção do PPC da Engenharia Eletrônica



5. Estrutura Curricular/PPC	<ul style="list-style-type: none"> • Índice h/CK • Diretrizes
4. Conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de Mercado • Pesquisa Egressos
3. Habilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Subdivisão em áreas • Taxonomia de Bloom
2. Competências	<ul style="list-style-type: none"> • 8 das DCNs • 4 técnicas
1. Perfil Egresso	<ul style="list-style-type: none"> • DCNs • Item I -> Projetista

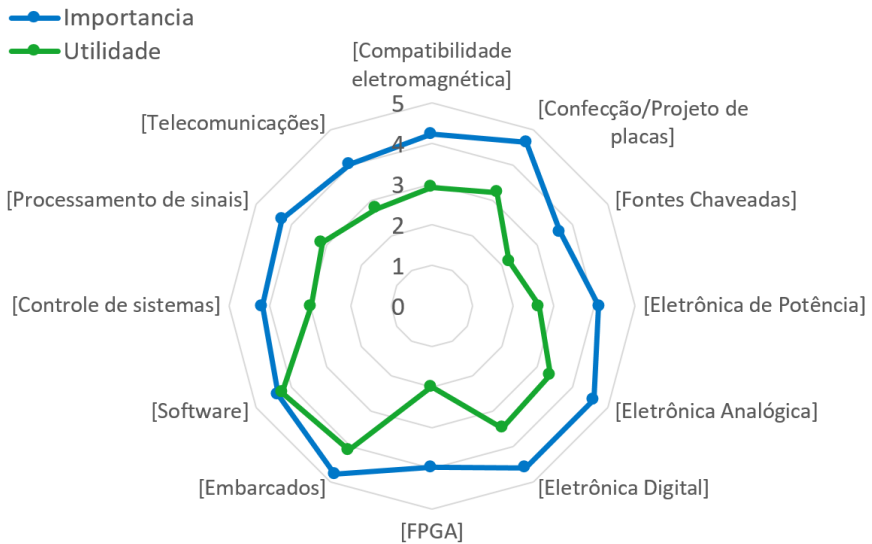
Nos tópicos a seguir são apresentadas as etapas principais do trabalho realizado.

Definição do perfil do egresso

O primeiro passo na formulação do PPC foi definir o perfil do egresso. Para isso, optou-se por listar as competências desejadas para o profissional de Engenharia Eletrônica. Visando buscar informações acerca do perfil profissional, foi realizada uma pesquisa com os ex-alunos buscando entender como o curso havia ajudado na sua formação. No total foram 34 respostas, atingindo 51% dos alunos formados até 2018.

O item mais interessante foi sobre a importância e utilidade percebida pelos alunos em cada uma das áreas de conhecimento do curso, na visão dos egressos. Os resultados são apresentados na Figura 3.

Figura 3 Importância e utilidade de cada uma das áreas para os egressos



Pode-se perceber que há, para a maioria das áreas, uma discrepância entre a importância percebida pelos alunos e sua utilização prática nas atividades que estes realizam.

Além das informações levantadas, foram consultados vários professores e pesquisadores das diferentes áreas de conhecimento da Engenharia Eletrônica para entender a direção do desenvolvimento científico da área e as expectativas para médio e longo prazo.

A definição do perfil culminou no texto apresentado na seção 0, quando o NDE tomou a decisão de focar a formação profissional num perfil de engenheiro de desenvolvimento, adotando apenas o item I do artigo 5º das DCNs:

"I - atuação em todo o ciclo de vida e contexto do projeto de produtos (bens e serviços) e de seus componentes, sistemas e processos produtivos, inclusive inovando-os."

Definição das competências

Para melhor especificar o perfil do egresso desejado, as competências esperadas que o discente desenvolva durante sua graduação foram especificadas. As competências se diferenciam das habilidades em seu

escopo e abrangência. A competência, no contexto deste PPC é formada por um conjunto de habilidades. Pode-se entender as competências técnicas como uma grande área de formação ou posição de trabalho a qual o egresso poderá assumir.

Inicialmente buscou-se atender as competências listadas na DCN. Essas competências têm um caráter menos técnico, voltado mais para a formação pessoal e interpessoal. As competências técnicas foram então definidas pelo NDE, levando-se em conta o perfil do egresso, as pesquisas com egressos, entrevistas com profissionais da área, pesquisas de mercado e as áreas de competência do corpo docente da instituição.

Definição das habilidades

Cada uma das competências técnicas foi subdividida em habilidades. Esta divisão segue aproximadamente as áreas de conhecimento de cada competência. É importante que a divisão seja realizada tendo em vista primeiramente o perfil do egresso e em segundo lugar as áreas de conhecimento dos profissionais da instituição.

Cada habilidade contribui de modo particular e com diferente intensidade para a formação do perfil do egresso. O modo escolhido de apresentar essas diferenças foi por meio da TRB, permitindo ao NDE definir de modo mais objetivo os requisitos e expectativas e contribuições de cada habilidade para o perfil do egresso.

Um aviso importante é de lembrar que o uso da TRB nesta definição difere um pouco daquele tradicional, utilizado dentro das disciplinas na classificação de objetivos de aprendizagem e de avaliação. Os conceitos são os mesmos, mas o foco é maior nas áreas de competência que o discente deverá atingir em determinada área.

Isto acontece, pois, para conseguir desenvolver uma competência até um determinado nível, é necessário ter disciplinas em quantidades suficientes para cobrir todas as níveis. Não é possível atingir o nível de criar (6) sem que em algum momento tenha se desenvolvido todas as outras 5 camadas. De modo mais específico, é necessário que a primeira disciplina que versará sobre a competência que se quer atingir nível de criação, inicie-se com atividades de nível 1 e 2, memorizar e entender apenas. O crescimento deve ser gradual para permitir aos alunos acompanhar o desenvolvimento do conhecimento.

Definição dos conteúdos obrigatórios

Para cada habilidade, o NDE especificou o conjunto de conteúdos que o profissional deverá conhecer para conseguir executar as atividades em acordo com o nível esperado para aquela habilidade, segundo a TRB.

Utilizou-se como base as ementas das disciplinas da estrutura curricular de 2015. A manutenção, remoção ou inclusão de conteúdos, em comparação com a estrutura curricular anterior, foi pautada inicialmente pelo nível de importância de cada habilidade e pelo perfil do egresso. Isto foi feito visando manter uma coerência entre o perfil, as competências, as habilidades e os conteúdos abordados. Um terceiro balizador foram as sugestões dos professores de cada área visando modernizar alguns conceitos, principalmente em áreas mais técnicas.

Após a definição dos conteúdos, estes foram organizados, levando-se em conta o tempo necessário para ensinar cada um deles segundo a profundidade definida na TRB, em disciplinas, gerando uma primeira proposta de estrutura curricular.

Formulação da estrutura curricular

O primeiro passo na criação da estrutura curricular foi formular um conjunto de 5 diretrizes que norteassem a criação das disciplinas, apresentadas no Quadro 1. Foram utilizadas, sempre que possível, abordagens transversais para garantia de formação das competências.

Quadro 1 Diretrizes definidas para balizar a implementação da estrutura curricular 2021 da ELT

1. Redução da carga horária em sala de aula:
 - Carga horária total: menor ou igual à 23 horas-aula/semana;
 - Carga horária de disciplinas teóricas: menor ou igual à 14 horas aula/semana;
2. Flexibilização da formação do aluno:
 - Máximo de 6 disciplinas por semestre;
 - Aumentar a carga horária de optativas;
 - Prever espaço na estrutura curricular, por semestre, para as disciplinas optativas;

- Criar predefinições de trilhas, permitindo o aluno se especializar em determinado assunto;
- Migrar disciplinas muito específicas para optativas;
- Finalizar as disciplinas obrigatórias em 8 semestres;

3. Ênfase nas atividades práticas:

- Fazer uso de metodologias ativas desde o 1º semestre;
- Iniciar com uma abordagem mista, com maior ênfase nas aulas tradicionais;
- Utilizar a escala PETRA para definir a quantidade de metodologia ativa nas disciplinas;

4. Foco na formação por competências:

- Balancear o índice h/CK;

5. Estruturar a formação pessoal dos discentes

- Criar uma trilha de conteúdos de formação pessoal e não técnicos, com pelo menos 1 disciplina por semestre;
- Apresentar o conceito de auto aprendizado e como este se integra à metodologia científica e tecnológica;
- Criar uma disciplina inicial para ajudar o aluno a entender o processo de aprendizagem;
- Criar uma disciplina para apresentar o conceito de desenvolver produtos para pessoas, entendendo como a sociedade se organiza e evolui, inculcando no discente o sentimento de empatia e a capacidade de entender outros pontos de vista.

A criação de uma disciplina preconiza o atendimento de, pelo menos, uma competência ou habilidade e um conteúdo. Disciplinas que não contribuíam para a formação de nenhuma competência foram removidas da estrutura curricular ou, quando eram necessárias como base teórica, tiveram seu conteúdo migrado para outras disciplinas, de modo a sempre parear no mínimo um conteúdo com uma competência. A distribuição de carga horária entre as habilidades e competências foi feita de modo a balancear o índice h/CK.

Por fim, definiu-se, para cada disciplina, a expectativa do que o aluno precisa atingir, fazendo uso da TRB, com a intenção de auxiliar os docentes no processo de avaliação dos alunos.

Interação com universidades dos EUA

A maior parte da interação com as universidades americanas se deu nas visitas dos professores Minadene Waldrop, John Hunt, John Piletz e Mei-Chi Piletz do Mississippi College à Unifei. Esta parceria permitiu iniciar um processo de formação de conhecimento do corpo docente da instituição

acerca das questões de metodologias ativas e também para auxiliou na validação dos métodos e propostas levantadas para o novo projeto pedagógico do curso, inclusive na validação de uma ferramenta desenvolvida para a confecção do PPC.

A ferramenta desenvolvida é baseada na taxonomia revisada de Bloom, e visa comparar a atribuição de importância de cada uma das competências em quantidades de horas no currículo. Espera-se que competências mais importantes para o perfil possuam mais horas alocadas. Ao aplicar esta ferramenta no currículo atual foi percebida uma grande disparidade entre as diversas áreas.

Cerca de 25 professores foram formados na visita, abrangendo docentes da área técnica e básica.

Resultados

Quatro resultados importantes foram obtidos em 2019: a criação de um espaço novo para uso de metodologias ativas, a estruturação da parceria Unifei-Mississippi College, o fechamento do perfil do egresso desejado para o engenheiro eletrônico e a formulação de uma ferramenta de análise de currículo baseada em competência.

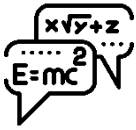
Perfil profissional do egresso

O NDE do curso de Engenharia Eletrônica optou por adotar como perfil do egresso exclusivamente o item I das DCNs, como área de atuação de seu egresso. Essa opção se deu no intuito de focar os esforços numa vertente que condiz melhor com o verificado nas pesquisas com os egressos, na análise de relatórios do mercado e nas discussões com demais professores do curso. Em termos de competências o Quadro 2 resume as decisões do NDE e os requisitos das DCNs adotados para o engenheiro eletrônico da Unifei.

Quadro 2 Competências do perfil do engenheiro eletrônico da Unifei



Usabilidade (competência 1 do art. 4 das DCN): formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto;



Matemática, Física e Química (competência 2 do art. 4 das DCN): analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação;



Projetista (competência 3 do art. 4 das DCN): conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos;



Gestão de Projeto (competência 4 do art. 4 das DCN): implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia;



Comunicação (competência 5 do art. 4 das DCN): comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica;



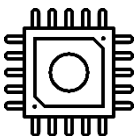
Trabalho em Equipe (competência 6 do art. 4 das DCN): trabalhar e liderar equipes multidisciplinares;



Legislação e Ética (competência 7 do art. 4 das DCN): conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão;



Autoaprendizagem (competência 8 do art. 4 das DCN): aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da



Desenvolvimento de Hardware (definida pelo NDE): conceber, projetar, fabricar e testar produtos eletrônicos, escolhendo os melhores processos, métodos e técnicas para o desenvolvimento de um



Programação de Dispositivos (definida pelo NDE): organizar, codificar, programar, implementar e testar algoritmos para microcontroladores e lógicas para FPGAs, escolhendo os melhores processos, métodos e técnicas para o desenvolvimento de



Instrumentação (definida pelo NDE): implementar, escolher e testar circuitos para leitura de sensores, conhecendo os princípios de instrumentação e condicionamento de sinais;



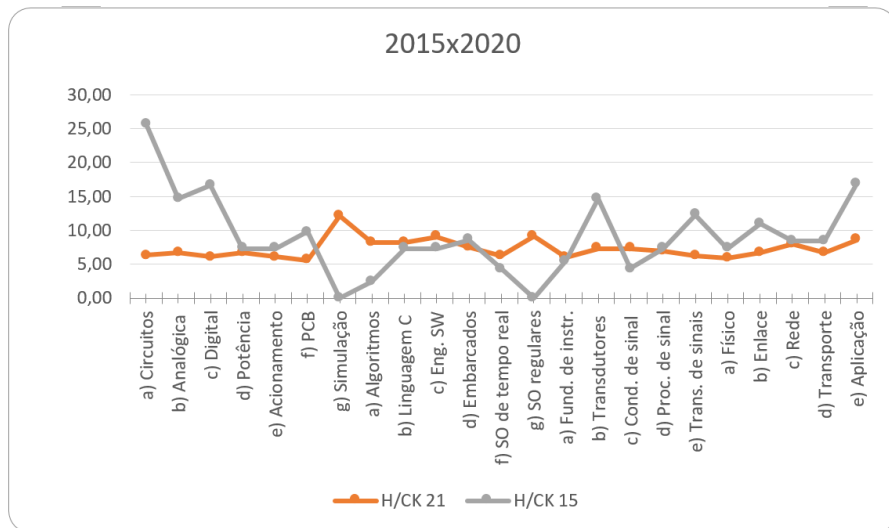
Conectividade (definida pelo NDE): implementar, escolher e testar sistemas de comunicação, conhecendo os princípios de redes e transmissão de dados.

Projeto da Estrutura curricular

Todas as diretrizes definidas foram implementadas na estrutura curricular. A única exceção é a quantidade de disciplinas no 8º período. No entanto a quantidade de carga horária de teorias é de apenas 12 ha/semana, de modo que o impacto da disciplina extra é pequeno.

Para a adequação da quantidade de carga horária por área com o perfil do egresso, utilizou-se o índice h/CK . Comparando-se a distribuição deste na estrutura curricular de 2015 com a estrutura curricular proposta, obtém-se a Figura 4.

Figura 4 Comparação do índice h/CK entre as estruturas curriculares de 2015 e 2021

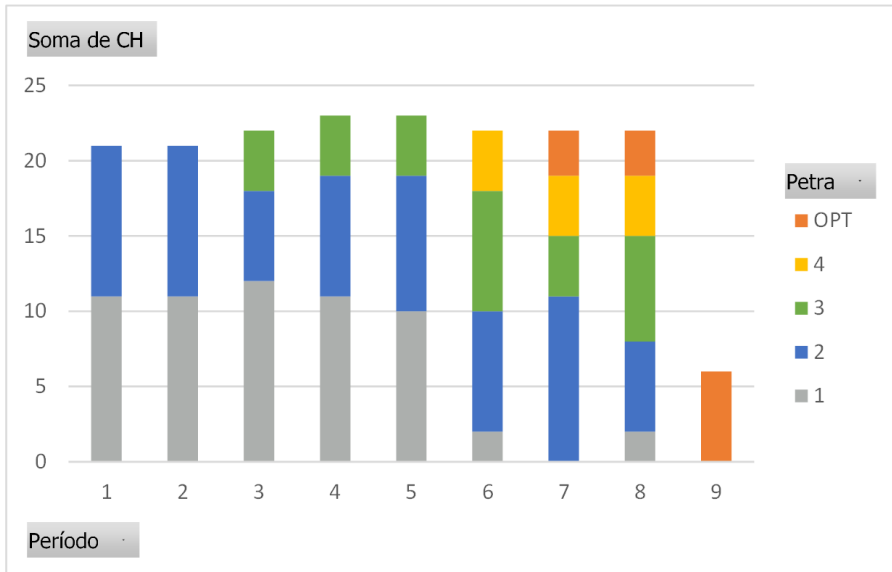


Pode-se perceber pela curva laranja que há uma diminuição na variabilidade/disparidade entre as áreas analisadas.

Com relação à adoção de metodologias ativas, optou-se por um modelo gradual, que ao longo do curso leva o aluno a ter maior nível de responsabilidade em seu aprendizado. A Figura 5 apresenta esta evolução na quantidade de carga horária alocada em cada nível PETRA ao longo da formação do aluno. Pode-se notar que os níveis mais altos são reservados para os últimos semestres. Em laranja estão as cargas das disciplinas optativas, que podem assumir qualquer nível PETRA dependendo da escolha do discente.

A carga horária alocada para disciplinas básicas foi reduzida em 441 horas. Já nas disciplinas profissionalizantes a redução atingiu 483 horas. Em contraponto a área de formação humanística e pessoal cresceu 46 horas; as disciplinas baseadas em projeto foram incrementadas em 117 horas e a quantidade de optativas cresceu 44 horas. Considerando de modo geral, a carga horária alocada para disciplinas obrigatórias reduziu de 3154 horas para 2393 horas.

Figura 5 Distribuição de carga horária (CH) de disciplinas por nível PETRA



Para dar ao estudante de engenharia o contato com técnicas de projeto desde o primeiro dia de aula, quatro cursos do primeiro ano foram adaptados, integrando em sua metodologia de ensino a instrução por pares. Isto ajuda a aumentar a motivação dos alunos, reduzindo a evasão e formando uma base sólida de conhecimentos. Estas são as disciplinas de nível PETRA 2 do primeiro ano.

Dos quatro cursos, dois são no primeiro e dois no segundo semestre. Por sua vez, cada semestre possui um curso de cunho técnico e um não técnico. Isto permite atingir um conjunto maior e mais abrangente de habilidades e competências com esta metodologia.

A primeira disciplina técnica é a ELTA00, que versa sobre circuitos e eletrônica analógica. O nível técnico é baixo, sendo uma evolução natural dos conceitos do ensino médio com a adição de alguns conceitos simples de amplificadores operacionais, modelados como ideais. Uma boa formação destes conceitos será fundamental para todas as demais disciplinas da linha de eletrônica. A segunda disciplina técnica é a ELTA01. Ela é a continuidade de ELTA00, mas agora os circuitos já demandam uma análise matemática mais profunda.

A primeira disciplina não técnica é a ELT101. Esta disciplina contempla em seu núcleo os conceitos de metodologia científica. A este

conceito é agregado a teoria do aprendizado, visando despertar no aluno as habilidades metacognitivas, fazendo-o ciente de seu próprio processo de aprendizagem e como ele é inserido dentro do contexto da estrutura curricular do curso de Engenharia Eletrônica. A instrução por pares se encaixa perfeitamente no sentido de criar comunidades de aprendizado na sala de aula, fazendo com que os alunos, em algum momento, se apropriem do papel de professor de seus colegas. Isto permite aos alunos adquirir uma visão diferenciada do processo de aprendizagem, àquela do professor. Com isso pretende-se gerar uma postura diferente dele como discente que carregará ao longo do curso.

A segunda disciplina não técnica é a EDU012. Esta disciplina versa sobre a interação homem-máquina, as limitações cognitivas do ser humano e o entendimento do processo de uso de dispositivos pelas pessoas. Por tratar das estruturas cognitivas esta disciplina permite continuar os conceitos apresentados na ELT101. Ao analisar o processo de uso de dispositivos, o foco passa do desempenho do equipamento ao entendimento da facilidade de uso. Para atingir esta facilidade é necessário entender a estruturação do pensamento das pessoas, levando em conta seu histórico, cultura, formação e crenças. Esta abordagem cria um sentimento de empatia quando se passa a perceber algumas situações não apenas como falhas de uma pessoa, mas como uma falta de simplicidade do dispositivo. Esta empatia se traduz em um modo distinto de se entender e interagir com o mundo. A utilização da instrução por pares permite potencializar a formação destas competências, permitindo que os alunos compartilhem experiências e ampliem a sua visão de mundo.

As disciplinas baseadas em projeto

No terceiro período a disciplina PBLE00 apresenta a primeira abordagem com um projeto de escopo aberto. O objetivo é desenvolver um sistema de proteção físico para um equipamento eletrônico que possua alta robustez mecânica ao mesmo tempo que permita que o calor gerado pelo produto possa se dissipar para o ambiente.

As próximas duas disciplinas, PBLE01 e PBLE02 possuem uma sinergia no que tange ao produto a ser desenvolvido. A primeira foca no desenvolvimento do hardware de um produto e a segunda visa a implementação do software para o mesmo.

As ferramentas utilizadas no curso, tanto a placa eletrônica quanto o ambiente de desenvolvimento de software, são escolhidas entre as utilizadas pela indústria, sendo atualizadas ano a ano. Dessa forma, os alunos podem ter contato com o desenvolvimento de software / firmware

e sentir que estão aprendendo coisas que realmente usarão em sua vida profissional. Os alunos são organizados em grupos de três membros e iniciam o projeto de acordo com um conjunto inicial de requisitos. Esse conjunto de requisitos mínimos é necessário para que as equipes possam utilizar o protótipo na próxima disciplina.

Já a disciplina de PBLE02 é dedicada ao desenvolvimento de firmware, que foi dividido em duas partes. Na primeira, os alunos foram solicitados a construir uma ferramenta de autoteste que pudesse ajudar na linha de produção a testar os produtos. Nesta fase cada um dos requisitos de hardware proposto em PBLE01 é testado por uma rotina de software. Já a segunda visa implementar a solução completa de interface humano-computador.

A quarta disciplina (PBLE03) apresenta como proposta um sistema de medição com transmissão do sinal em corrente. O aluno deve implementar o sistema de sensoriamento utilizando apenas componentes analógicos, tomando cuidado com as limitações de consumo de loop de corrente. Também serão analisadas as questões de precisão, estabilidade e reprodutibilidade dos sensores utilizados e o impacto dos circuitos utilizados na medição. Esta disciplina está intimamente ligada às competências de projeto envolvendo circuitos, instrumentação e eletrônica analógica.

A quinta disciplina (PBLE04) faz uso de um sistema baseado em FPGA para o desenvolvimento de um protótipo de rádio definido por software (SDR - Software Defined Radio). Este projeto apresenta um nível de complexidade adequado para o período que os alunos se encontram e traz conceitos de modulação de sinais e teoria de telecomunicações para um ambiente real de aplicação. Também permitem que o aluno faça uso das tecnologias de FPGA fortalecendo tanto a competência da área de telecomunicações quanto da área de firmware.

Por fim, a última disciplina (PBLE05) visa apresentar de modo mais formal a gestão de projetos e o processo de abertura e gerenciamento de uma empresa que possua produtos baseados em hardware. Esta disciplina visa trazer o contexto de desenvolvimento de produtos para dentro do contexto empresarial, fomentando o empreendedorismo e apresentando as relações entre o setor de desenvolvimento e os setores de administração, produção e marketing. Também serão abordadas as metodologias de gestão de projeto.

Padronização na criação de planos de ensino

Para auxiliar os professores na formulação dos planos de ensino foi desenvolvido o Quadro 3, apresentando um modelo de como as informações devem ser apresentadas no ementário.

Quadro 3 Modelo de plano de ensino das disciplinas

Disciplina	Nome da disciplina teórica (Sigla Teó.) e Nome da disciplina prática (Sigla Prat.)
Período	É o período definido pelo NDE para que o aluno regular curse a disciplina. O aluno, no entanto, pode adiantar ou reestruturar sua estrutura curricular para cobrir eventuais situações particulares.
Carga horária	É definida em horas-aula, cujo valor é de 55 minutos. Também é apresentada a carga horária total em horas. Pode ser dividida em teórica e prática na mesma disciplina ou em disciplinas conjuntas.
Requisitos	Definem as restrições para cursar a disciplina, que podem ser: <ul style="list-style-type: none"> • <i>pré-requisitos</i> - exigindo a aprovação na disciplina anterior, • <i>pré-requisitos parciais</i> - exigindo que o discente tenha pelo menos 3 na disciplina anterior • <i>co-requisito</i> - exigindo que o aluno curse ambas simultaneamente.
Ementa	Define os tópicos gerais a serem abordados na disciplina.
Objetivos	Apresenta o que se espera que a o aluno esteja apto a realizar ao fim da disciplina. Organizado por objetivos de aprendizagem. Os objetivos devem ser relacionados às habilidades e competências e serem passíveis de mensuração para servirem como balizador nos processos de avaliação dos discentes. Os objetivos serão descritos em ordem hierárquica de complexidade segundo a TRB e não necessariamente em sequência cronológica que devem ser apresentados.
PETRA	O nível de responsabilidade do discente no processo de aprendizado segundo a escala PETRA.
Competências e habilidades	Lista quais competências e habilidades serão desenvolvidas nesta disciplina, relacionando o nível esperado o discente esteja no início e ao final da disciplina
Certificados	Também lista para quais certificados de competência esta disciplina é contabilizada.
Metodologias	São apresentadas as diferentes metodologias que deverão ser utilizadas pelo docente na condução da disciplina, principalmente quando a disciplina tiver competências não técnicas que devem ser desenvolvidas pelos alunos.
Avaliação	Os processos de avaliação serão especificados para as disciplinas que possuem abordagem distinta do modelo tradicional, visando auxiliar discentes na escolha das disciplinas e docentes na padronização das atividades.
Conteúdo Teoria	Apresenta o detalhamento do que será abordado na disciplina, descrevendo quantidade de horas a serem alocadas em cada tópico ou subtópico da ementa.
Conteúdo Prática	Havendo parte prática (na mesma ou em disciplina conjunta) os conteúdos serão listados aqui.
Bibliografia Básica	Livros utilizados como referência na disciplina pelo corpo docente.
Bibliografia Complementar	Livros para o aluno dar prosseguimento nos seus estudos ou para cobrir alguma deficiência prévia.

Considerações finais

A mudança de uma estrutura baseada em conteúdo para um currículo baseado em competências deve, antes de tudo, definir o perfil do egresso. Isto deve ser o ponto inicial de todo o planejamento, de modo que a grade reflita isso com clareza. O perfil deve ser validado em pelo menos três vertentes: egressos, mercado e corpo docente. A primeira apresenta uma visão sobre a utilidade e importância daquilo que estudou e está colocando em prática. Já a segunda visa direcionar para as necessidades atuais das empresas e da sociedade. Por fim, o terceiro grupo visa indicar as tendências do desenvolvimento da área, principalmente quando se considera que o currículo proposto só terá impacto completo para os formandos daqui 5 anos.

Além do perfil, deve-se definir de modo objetivo as competências e habilidades, tanto as humanas quanto as técnicas. Mais do que definir estas listas, é importante descrever também qual a profundidade de exigência para cada uma. Para isto, a estrutura do CDIO e a TRB se mostram ferramentas muito interessantes e práticas, reduzindo um pouco a subjetividade deste processo.

A abordagem hierarquizada traz ainda outra vantagem: simplifica o processo de discussão sobre os conteúdos a serem abordados. Por partir inicialmente de conceitos mais filosóficos, como o perfil do egresso e das competências esperadas, consegue-se chegar a um consenso mais rápido das habilidades necessárias, que por sua vez se traduzem nas áreas de conhecimento. Esta definição, aliada ao índice h/CK permite, de modo mais objetivo, fazer uma primeira definição sobre a quantidade de horas a ser alocada em cada área, exibindo facilmente qualquer discrepância no processo.

O escalonamento da responsabilidade do aluno nas disciplinas ao longo do curso é fundamental para que os discentes consigam se adaptar melhor ao uso das metodologias ativas sem causar um estresse inicial. A metodologia PETRA apresenta uma ótima ferramenta para graduar a utilização das metodologias e apresentar ao docente o que é esperado em cada nível.

Por fim, a definição de diretrizes objetivas auxilia na geração final da estrutura curricular em quatro momentos: na apresentação da proposta ao corpo docente da instituição, na estruturação da grade em si, na validação dos objetivos propostos e no acompanhamento da evolução da grade.

Agradecimentos

Agradecemos a participação dos NDEs da Engenharia de Controle e Automação, da Engenharia da Computação e da Engenharia Elétrica, principalmente no processo de unificação das disciplinas comuns e no compartilhamento de recursos.

Agradecemos a colaboração de todos os professores do Instituto, sobretudo nas definições das áreas e no apoio à estruturação de cada uma das disciplinas.

Por fim, é preciso agradecer o apoio e o financiamento recebido através do Projeto Institucional de Modernização, no âmbito do Programa Capes PMG - EUA, processo nº 88881.302193/2018-01, da Comissão Fulbright Brasil e da Embaixada e Consulados dos EUA.

Alguns ícones foram disponibilizados gratuitamente pela flaticon.com e desenvolvidos por dDara, Eucalyp, Freepik, GoodWare, Itim2101, Surang, Wanicon e Wichai.wi.

Referências Bibliográficas

- BRASIL, **Lei Nº 13.005, Plano Nacional de Educação - PNE**, 25 Junho 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm>. Acesso em: agosto de 2020.
- CNE-CES, **Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira, Conselho Nacional de Educação - Câmara de Educação Superior**, 18 12 2018. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=104251-rces007-18&Itemid=30192>. Acesso em: agosto de 2020.
- L. L. G. VERMAAS, P. C. CREPALDI e I. A. LEVENHAGEN, **Fundamentos da Metodologia PETRA e sua Aplicação na Formação do Profissional de Engenharia**, em Cobenge, Ouro Preto, 2000.
- R. M. A. ALMEIDA, R. P. RODRIGUES, J. A. FERREIRA e E. L. MULLER, **Problem based learning methodology applied on teaching electronic products development**, em Active Learning for Engineering Education, Caxias do Sul, 2014.
- ME/CNE/CES, **Resolução Nº 2, Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Engenharia**, Diário Oficial da União, p. 43, 24 Abril 2019.
- E. F. CRAWLEY, **The CDIO syllabus: a statement of goals for undergraduate engineering education**, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- L. W. Anderson, D. Krathwohl, P. Airasian, K. A. Cruikshank, R. E. Mayer, P. Pintrich, J. Raths e M. C. Wittrock, **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A**

- revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**, Educational Horizons, pp. 154-159, 2001.
- A. HOUAISS, M. VILLAR e F. M. DE MELLO FRANCO, **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**, Objetiva, 2009.
- Iowa State University, **Revised Bloom's Taxonomy**, Disponível em: <http://www.celt.iastate.edu/teaching/effective-teaching-practices/_revised-blooms-taxonomy/>. Acesso em 03 01 2020>.
- C. Bonwell e J. Eison, **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**. Information Analyses -, ERIC Clearinghouse Products, 1991.
- S. e. a. Freeman, **Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics.**, Proceedings of the National Academy of Sciences., vol. 111(23), pp. 8410-8415, 2017.
- R. R. Hake, **Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses.**, American Journal of Physics, , vol. 64, nº 66, 1998.
- C. Hoellwarth e M. J. Moelter, **The implications of a robust curriculum in introductory mechanics.**, American Journal of Physics, vol. 79, p. 540, 2011.
- President's Council of Advisors on Science and Technology, **Engage to excel: Producing on million additional college graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics.**, 2012. [Online]. Available: Retrieved from whitehouse.gov.
- M. Marrone, M. Taylor e M. Hammerle, **Do International Students Appreciate Active Learning in Lectures?**, Australasian Journal of Information Systems, vol. 55, 2018.
- P. Baepler, J. Walker e M. Driessen, **It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms**, Computers & Education, vol. 78, pp. 227-236, 2014.
- Y. Miao, M. Samaka e J. Impagliazzo, **Facilitating teachers in developing online PBL courses**, em In Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), 2013 IEEE International Conference, 2013.
- D. R. Woods, **Problem-based learning: How to gain the most from PBL.**, Waterdown: DR Woods., 1994.
- T. Markham, Project Based Learning, Teacher Librarian, vol. 39, nº 2, pp. 38-42, 2011.
- S. M. Osborne, **Product development cycle time characterization through modeling of process iteration**, Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 1993.

anterior

Engenharia de Controle e Automação da PUCPR (PR)

próximo

Projeto Institucional de Modernização da Engenharia de Controle e Automação da PUCPR

Ricardo Alexandre Diogo, Anderson Luiz Szejka, André Luiz Alcântara Castilho Venâncio, Emerson Donaisky, Rodrigo Pierezan, Eduardo de Freitas Rocha Loures, Andreia Malucelli*

**r.diogo@pucpr.br*



Projeto Institucional de Modernização da Engenharia de Controle e Automação da PUCPR

Institutional Modernization Project of the PUCPR Control and Automation Engineering Undergraduate Program

Ricardo Alexandre Diogo, Anderson Luiz Szejka, André Luiz Alcântara Castilho Venâncio, Emerson Donaisky, Rodrigo Pierezan, Eduardo de Freitas Rocha Loures, Andreia Malucelli

RESUMO *O Projeto Institucional de Modernização (PIM) da Engenharia de Controle e Automação (ECA) da PUCPR coincide com a execução das inovadoras propostas de Projetos Pedagógicos de Cursos da Escola Politécnica, com matrizes curriculares para a formação por competências e uso intensivo de metodologias ativas de aprendizagem. Este capítulo foca nos objetivos do PIM, no seu planejamento e metodologia. Também mostra como tem sido feita a interação com as universidades dos Estados Unidos, que são referências para o Ensino em Engenharia (Engineering Education). Por fim, os resultados parciais mais relevantes do PIM são apresentados, como a evolução da implementação e operação da matriz curricular e dos novos laboratórios de aprendizagem ativa para a ECA, a aproximação com o setor produtivo em disciplinas intermediárias da graduação e a consultoria oferecida por um especialista.*

ABSTRACT: *The Institutional Modernization Project (PIM) of Control and Automation Engineering (ECA) at PUCPR matches with the execution of the innovative proposals for Pedagogical Projects for Courses at the Polytechnic School, with competence curricula and intensive use of active learning methodologies. This chapter focuses on the PIM objectives, its planning and methodology. It also shows how interaction with universities in the United States has taken place, which are references for Engineering Education. Finally, the most relevant partial results of the PIM are presented, such as the evolution of the implementation and operation of the syllabus and of the new laboratories of active learning for ECA, the approach with the productive sector in intermediate courses of the undergraduate programs and the consultancy offered by an expert.*

Introdução

O Projeto Institucional de Modernização (PIM) da Engenharia de Controle e Automação (ECA) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) é um dos oito projetos participantes do Programa de Modernização Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG - EUA) (CAPES-CNE-COMISSÃO FULBRIGHT, 2018). O PMG surgiu em um época muito propícia para o curso de ECA, que na verdade, iniciou a sua modernização no ano de 2016, seguindo o Plano de Desenvolvimento da Graduação (PUCPR, 2016), com a inovação nos Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) da área de engenharia. Essa demanda veio acompanhada de um pedido de modernização das matrizes curriculares e desfragmentação das disciplinas, além do uso intensivo de metodologias ativas de aprendizagem, para a formação de competências nos estudantes de engenharia. Mas antes de entrar em detalhes sobre o PIM, é interessante contar um pouco da história da ECA na PUCPR.

O Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação da PUCPR surgiu apenas em 2011, quando o Conselho Superior Universitário publicou a Resolução Nº 29/2011 – CONSUN (PUCPR, 2011). Mas a história do curso é muito mais longa. A concepção do curso foi iniciada em 1996, com um grupo de professores que atuava na graduação, em disciplinas nas áreas de Engenharia de Controle, Instrumentação Industrial, Informática Industrial, Automação da Manufatura, Eletrônica Digital e Analógica e Eletrotécnica. Ainda em 1996, o Laboratório de Engenharia Integrada foi criado e vinculado ao curso de Engenharia Elétrica. No mesmo ano, o Laboratório de Automação da Manufatura foi implementado no curso de Engenharia Mecânica. Esses foram os marcos iniciais da criação da infraestrutura necessária. Os laboratórios foram integrados dentro de uma mesma estrutura e passaram a compor o Laboratório de Automação e Sistemas (LAS), que assumiu o papel de ser a unidade organizacional de referência para os projetos na área de Engenharia de Controle e Automação.

Em 1997, foi publicada a Resolução do CONSUN que oficializou o curso de Engenharia de Controle e Automação na PUCPR, um dos mais tradicionais da área no Brasil. Contudo, no ano de 2000, com a atualização do PPC, e entendendo que a proposta curricular estava alinhada a um perfil de formação moderno para a época, o curso passou a se chamar Engenharia Mecatrônica. Passados 10 anos, a Portaria Nº 2075 do MEC, de 1 de dezembro de 2010 (SESU, 2010), que tratou da Renovação de Reconhecimento do Curso de Engenharia Mecatrônica, também alterou a denominação do curso, que voltou a se chamar Engenharia de Controle e Automação.

No ano seguinte, 2011, a Escola Politécnica demandou a atualização curricular aos seus cursos, prezando pela qualidade no ensino com forte base de conteúdos de engenharia. Especificamente, a Engenharia de Controle e Automação atendeu ao pedido, propondo um PPC com base sólida e comum aos outros cursos, mas também seguindo as atualizações para a área. O Núcleo Docente Estruturante (NDE) estava atento às demandas impostas pela Transformação Digital, também mais conhecida como a Indústria 4.0 (BRASIL, 2017; HENNING, KAGERMANN, WOLFGANG, WAHLSTER, JOHANNES, 2013; LYDON, 2016; RÜBMANN et al., 2015). Aos poucos, os planos de ensino da formação específica começaram a conter temas de estudo sobre Transformação Digital. E no último ano, foi inserida uma disciplina obrigatória chamada *Smart Factories* (Fábricas Inteligentes), com o objetivo de formar egressos já atualizados para o contexto da Indústria 4.0.

Durante esses mais de 20 anos de história, a infraestrutura do curso cresceu, chegando a 9 Laboratórios de Automação e Sistemas, com constantes atualizações de tecnologias e cada vez mais sendo compartilhados com os outros cursos de engenharia da Escola Politécnica. A proposta curricular também sofreu diversas atualizações para atender às demandas tecnológicas e de mercado. Contudo, a Transformação Digital não atingiu apenas as tecnologias e o setor industrial. Ela vem causando transformações no setor comercial, no relacionamento das pessoas e, obviamente, na educação básica e superior. O perfil do estudante é diferente atualmente e não é único. As universidades precisam se modernizar para abraçar as mais diversas culturas. O ensino precisa ser personalizado para cada tipo de estudante. Os cursos precisam estar atentos a solucionar não somente problemas de engenharia, mas problemas sociais (GRAHAM, 2018). A Educação em Engenharia precisa estar aliada à Educação Inteligente e à Educação 4.0 (CIOLACU et al., 2017).

Nesse contexto, uma nova demanda de reforma curricular foi solicitada pela PUCPR com características para formação integral do engenheiro, sendo um cidadão comprometido com o desenvolvimento sustentável da sociedade. As matrizes curriculares devem propor disciplinas integradoras e com o uso intensivo de metodologias ativas de aprendizagem. Isso favorece o trabalho em equipe, inovação, criatividade e empreendedorismo. Para tanto, a ECA envidou esforços de mapeamento de competências de mercado (AUTOMATION FEDERATION, 2018) e para o futuro (SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, 2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e, 2014f, 2014g, 2014h, 2014i, 2014j). Com este trabalho, percebeu-se duas trilhas de formação: uma de Controle e Automação, voltada para o projeto de **processos** ciber-físicos; e outra de

Mecatrônica, para **sistemas** ciber-físicos. Assim, as matrizes curriculares para a Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Mecatrônica foram concebidas e projetadas durante os anos de 2016 e 2017. Ainda em 2017, as matrizes começaram a ser implementadas. Finalmente, no início de 2018, elas entraram em operação, com o ingresso das primeiras turmas do novo PPC.

Portanto, percebe-se que a modernização do Ensino em Engenharia está no escopo do PIM e da nova proposta curricular da Escola Politécnica. Sendo assim, a próxima sessão irá tratar dos objetivos da proposta de modernização, seguida do planejamento e metodologia do projeto, interação com universidades dos EUA, principais resultados obtidos e considerações Finais.

Objetivos da proposta de modernização

O curso propôs o seguinte objetivo geral para o PIM: “Modernizar o Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Controle e Automação, promovendo o empreendedorismo, a criatividade e a inovação, em equipes colaborativas e com pensamento crítico.”

A criatividade e inovação são qualidades que devem fazer parte das competências do egresso do curso, buscando pela solução dos problemas complexos de engenharia. O empreendedorismo deve estar onipresente no dia-a-dia dos engenheiros, que não irá trabalhar sozinho, mas sim em equipes multidisciplinares e colaborativas. As competências desenvolvidas nos profissionais também devem proporcionar a busca por soluções sustentáveis para os problemas sociais no cenário regional e no internacional, fazendo uso do pensamento crítico.

Para atingir o objetivo geral do PIM, alguns objetivos específicos foram traçados. Eles estão relacionados abaixo, com uma breve descrição para justificá-los.

- i) *Projetar e executar duas salas de aprendizagem ativa, ligadas ao Laboratório de Automação da Manufatura e de Processos.*: As novas formas de ensinar engenharia, com suporte de metodologias ativas de aprendizagem, exigem adaptação dos espaços de ensino, saindo de salas de aula tradicionais para ambientes flexíveis, inteligentes e integrados a outros espaços. A estrutura monodisciplinar das escolas de engenharia precisa ter os muros derrubados (GRAHAM, 2018), para promover a flexibilidade e multidisciplinaridade das diversas áreas da

engenharia e, ainda, buscar a transdisciplinaridade. A Indústria 4.0 requer integração de tecnologias, processos e pessoas.

- ii) *Ampliar e consolidar parcerias com instituições norte-americanas reconhecidas pela inovação e modernização do ensino em engenharia:* A Educação em Engenharia está consolidada nas universidades dos Estados Unidos e pode ser usado como modelo para as instituições de ensino superior (IES) no Brasil. A importância do tema é tamanha, que as melhores universidades daquele país possuem departamentos de *Engineering Education* fornecendo serviços e melhores práticas para que os seus cursos de engenharia sejam cada vez melhores.
- iii) Identificar especialistas norte-americanos e definir calendário de visitas, para conduzir cursos, treinamentos, palestras ou seminários: Os especialistas das universidades dos EUA são peças fundamentais no processo de modernização da educação em engenharia no Brasil. São eles que possuem o know how das melhores práticas no ensino. E além disso, os especialistas podem colaborar com o PIM com a proposição de novos Mas eles também propõem modelos de gestão e avaliação dos cursos, tanto na esfera discente como na administração.
- iv) *Definir calendário das missões do Grupo Gestor e das visitas de curta duração dos assistentes, para a realização de atividades de cooperação em educação em engenharia nos EUA:* As missões do Grupo Gestor e dos assistentes requerem definição de calendário específico que possa atender aos anseios do curso na PUCPR e dos parceiros norte-americanos. Ambas as partes precisam ser beneficiadas em todo o processo para que realmente haja a cultura de cooperação nas parcerias desejadas do objetivo (ii).
- v) *Atualizar as metodologias de ensino, considerando a avaliação por competências, que incluem o pensamento crítico, autonomia intelectual, comunicação, trabalho em equipe, inovação e empreendedorismo:* Um profissional de engenharia deve ser competente no ciclo de desenvolvimento de projetos. Para tanto, um curso de engenharia deve estar atualizado para a formação de competências, e não apenas transmitir conhecimento, sem contextualizar e aplicar os temas de estudo. Esse formato de ensino requer que os estudantes pensem criticamente, tenham autonomia na busca por novos conhecimentos, tenham habilidades de comunicação em diversos contextos do dia-a-dia profissional e trabalhem em equipe. Somado a tudo isso, durante o curso de graduação, o estudante deve desenvolver uma cultura de inovação. Isso fará com que ele crie conhecimentos a partir daqueles apreendidos de forma ativa e autônoma no processo de

ensino aprendizado. Isso fará com que o empreendedorismo também permeie o cotidiano, fazendo com que negócios prosperem e sejam competitivos.

- vi) *Segmentar a governança do curso, dividindo em eixo comum das engenharias sob responsabilidade de um coordenador geral e a gestão do eixo específico, a cargo do coordenador específico do curso:* A proposta curricular dos cursos da Escola Politécnica da PUCPR é ter uma base sólida em engenharia, seguida pelas especificidades de cada área. Esses alicerces devem ser comuns a todos os cursos de engenharia. Portanto, não faz sentido haver coordenadores únicos para cada curso, sendo que todos estariam gerindo uma mesma parte comum dos cursos. Pensando nisso, foi proposto um modelo com coordenador para o núcleo comum das engenharias e outros para grupos de cursos com similaridade.
- vii) *Promover capacitação docente em metodologias ativas e ensino híbrido voltada para o ensino em engenharia, considerando o eixo comum e o eixo específico:* Se o perfil atual dos estudantes é diferente e novas metodologias de ensino são necessárias para fazer com que eles sejam ativos nos processos de ensino-aprendizagem, também é necessário preparar os docentes para encarar essa nova realidade. E como um dos anseios da ECA é promover o ensino híbrido, os professores deverão estar aptos a aplicar as metodologias ativas tanto no ambiente presencial de salas flexíveis e inteligentes, como nos ambientes virtuais de aprendizagem.
- viii) *Estabelecer e consolidar parcerias com o setor produtivo, para a formação de recursos humanos capacitados para a inovação, o empreendedorismo, a pesquisa, o desenvolvimento e a produção:* A indústria representa hoje menos de 10% do PIB do Brasil. Esse cenário já foi de mais de 20% na década de 80. Isso representou uma queda gigantesca do país no Índice Global de Inovação e no Índice Global de Competitividade da Manufatura (BRASIL, 2020). Entretanto, entende-se que esse cenário poderia ser melhor com a modernização da engenharia no Brasil, promovendo pesquisa de ponta, desenvolvimento de novos produtos e serviços criativos e inovadores. Para tanto, é necessário entender quais são as perspectivas do setor produtivo para aumentar a sua competitividade. A ECA entende que é necessário possuir parcerias com o setor produtivo, no sentido de sempre estar em busca da melhoria na formação dos egressos que comporão a força de trabalho da indústria.
- xi) *Disseminar e multiplicar as experiências do PIM para outros cursos e IES brasileiras, de forma a retribuir à sociedade o investimento concedido e ampliando o impacto do programa no país:* As experiências, metodologias e melhores práticas precisam ser

divulgadas para que outras IES as tomem como exemplo e conduzam suas próprias modernizações. A ECA optou por fazer isso em eventos que concentrem grande representatividade, como congressos, simpósios e eventos das associações e conselhos de classe.

Planejamento e metodologia do projeto

Planejamento do Projeto

Visando o uso racional dos recursos disponibilizados pelo PMG, a ECA optou por dividir o planejamento do PIM em duas fases, cada uma com duração de quatro anos. Na primeira fase (2019-2022), foram sugeridas as seguintes atividades:

- i) *Reuniões do Grupo Gestor*: O Grupo Gestor é responsável pela condução do PIM e as 11 atividades seguintes. É composto basicamente por 8 docentes atuantes no curso de ECA e Núcleo de Excelência Pedagógica (NEP) da Escola Politécnica. O Grupo Gestor também conta com o apoio de outros recursos humanos da PUCPR, que envolvem o Agente de Internacionalização (AGI) da Politécnica, o setor PUC Internacional, o decanato, a secretaria e o Escritório de Projetos. Para organizar as atividades de todos os envolvidos, se fazem necessárias reuniões periódicas, para que o PIM seja conduzido adequadamente. Também foram lançadas atividades através de interface online de gestão para planejamento.
- ii) *Aproximação com Instituições nos EUA*: Com o auxílio do Escritório Internacional, o Grupo Gestor faz contato com as instituições norte-americanas que já fazem parte do portfólio de parcerias internacionais da PUCPR. Mas como o objetivo também é estabelecer novas parcerias, universidades estratégicas para a educação em engenharia têm sido consultadas ou serão, como a University of North Carolina – Charlotte, Virginia Tech, Kent State University, Arizona State University, Michigan State University, University of Minnesota, Purdue University, University of Illinois Urbana-Champaign e University of Texas (Austin e Arlington).
- iii) *Projeto das Salas de Metodologias Ativas*: Os laboratórios do curso precisam ser atualizados para incorporar as metodologias ativas de aprendizagem. Mas também precisam ter o seu uso físico e agenda otimizados. A ociosidade deve ser diminuída, portanto, os espaços não podem ser mais especializados em poucas áreas de Controle e Automação. Precisam possuir maior flexibilidade para abrigar as novas metodologias de ensino, mas também diversas áreas do conhecimento. No PIM, foi previsto que esses laboratórios precisam

estar integrados aos laboratórios de Automação da Manufatura e Automação de Processos, considerando que precisam abrigar mais de uma turma em aula ao mesmo tempo. Colocando um olhar para este cenário, percebe-se que os espaços precisam se tornar em ambientes inteligentes de aprendizagem (*Smart Labs*), no contexto da Transformação Digital.

Para o projeto das salas, foi considerado que há a necessidade de passar por uma etapa de concepção junto aos membros do Grupo Gestor e os responsáveis pelos projetos arquitetônicos da PUCPR. Para a concepção foram colocadas algumas premissas e requisitos para se atingir os objetivos de privilegiar a inovação, criatividade e empreendedorismo, com o uso de aprendizagem baseada em projetos (PjBL). A etapa seguinte é a de projeto, para ajustes na arquitetura e definições de infraestrutura, uma vez que há necessidade de adequar a climatização, a rede de energia elétrica e a rede lógica (cabeados e Wi-Fi). A etapa seguinte será a de implementação, que deverá ocorrer em período de férias ou recesso escolar, para não interferir nas aulas em andamento. Por fim, a etapa de operação dos novos espaços, quando receberão as primeiras turmas a usufruir da infraestrutura atualizada. Nesta última etapa, se fazem necessários ajustes que só poderão ser observados quando os laboratórios estiverem em operação.

- iv) *Seleção de Especialistas Visitantes*: O Grupo Gestor precisa identificar quem são os especialistas norte-americanos que poderão colaborar para a modernização da ECA. Apesar de parecer uma tarefa simples, ela se torna extremamente complexa, na medida que a logística de mobilidade internacional requer tempo suficiente para a definição de um calendário adequado tanto para o PIM, como para os especialistas. Estes são referências no que fazem e podem ter uma agenda demandada. Além disso, será necessário antes apresentar os objetivos do PIM e verificar o real interesse dos especialistas em se tornarem parceiros, não somente no período de visitas a PUCPR, mas também durante todo o período do PMG. A agenda dos especialistas será definida pelo Grupo Gestor em conjunto com o PUC Internacional.
- v) *Seleção de Assistentes*: Os assistentes do PIM são estudantes bolsistas de doutorado ou pós-doutorado. Devido a quantidade vagas por ano e a limitada quantidade de bolsistas, a seleção foi aberta a todos os programas de doutorado da PUCPR. De certa forma, espera-se que a multidisciplinaridade seja aumentada. Para que haja adesão, o Grupo Gestor fará a divulgação do PIM e do Edital de Seleção de Assistentes aos coordenadores dos programas de pós-graduação. É esperado que através de equipes

multidisciplinares, iniciem-se pesquisas voltadas para a Educação em Engenharia.

O Plano de Trabalho de um assistente é definido após o processo seletivo, levando em conta o perfil de atuação e a proposta de tese. Isso é necessário para otimizar o tempo de pesquisa do assistente, considerando que as atividades no PIM sejam para agregação de experiências para o título de doutor. Ainda no seu Plano de Trabalho, deve constar a missão de curta duração, preferencialmente nas universidades norte-americanas dos especialistas parceiros do PIM. Desta forma, é esperado que haja continuidade de ações sugeridas pelos especialistas.

- vi) *Missões do Grupo Gestor*: O 1º ano de missões do Grupo Gestor esteve focado na prospecção de novas parcerias para o PIM e um olhar para o que as instituições norte-americanas de referência propõe para a Educação em Engenharia de excelência. A primeira missão foi determinada com a participação de membros do Grupo Gestor no *2019 ABET Symposium*, em Dallas, considerando que é um evento repleto de instituições de ensino que buscam pela melhoria contínua dos seus cursos de engenharia. A ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*) propõe uma série de procedimentos e práticas para a busca pela excelência no Ensino em Engenharia. Isso faz com que os cursos tenham procedimentos de melhoria contínua, na esfera de gestão do curso e sempre estejam em contínua avaliação do rendimento dos estudantes. A participação em Dallas pode promover a expansão da rede de relacionamento internacional da PUCPR com outras IES.

A segunda missão do 1º ano do PIM foi planejada em conjunto com os outros PIMs do PMG, Fulbright, CAPES, Conselho Nacional de Educação e Embaixada dos EUA. Também serviu de prospecção nas instituições visitadas sobre o que eles têm feito em prol do Ensino em Engenharia.

A partir do 1º ano, as missões precisam estar focadas em dar continuidade nas ações que venham a ser sugeridas pelos especialistas norte-americanos. Após a visita deles e a consultoria dada, será necessário planejar as missões do Grupo Gestor para a universidade de cada especialista dando continuidade ao ciclo de modernização.

- vii) *Aproximação com o Setor Produtivo*: O setor produtivo é chave para a modernização do curso. De nada adianta modernizar o currículo, se este não estiver conectado às necessidades do mercado. Dentro do programa de acreditação internacional que o curso de ECA promove, também há objetivos de aproximação com o setor produtivo. Duas principais ações já têm sido realizadas: o Trabalho de Conclusão de Curso na Empresa e o *Industry Advisory*

Board (IAB). Com apoio do Escritório de Projetos, termos de cooperação entre a PUCPR e empresas locais em sido celebrados. Desta forma, termos aditivos são incorporados para que o TCC seja desenvolvido em empresas, permitindo que os estudantes apliquem o conhecimento adquirido em campo, nos problemas reais de engenharia e não meramente acadêmicos. O estudante ganha em termos profissionais, mas a empresa também, pois pode ter um problema resolvido. Já o IAB se reúne semestralmente para tratar da formação dos estudantes e egressos da ECA, no âmbito das *hard* e *soft skills*. Ele é composto por profissionais reconhecidos no mercado de trabalho, egressos e professores do curso. Em conjunto com a equipe de acreditação internacional, o PIM pretende somar esforços para ampliar os projetos acadêmicos com empresas e reforçar o IAB, já que o que é tratado está totalmente ligado aos objetivos de ambos.

- viii) *Disseminação do PMG e PIM*: A disseminação ocorrerá pela participação do Grupo Gestor em eventos, congressos, simpósios e encontros de associações e conselhos de classe. Pois estes são formados por representantes do setor produtivo, mas também contém representatividade docente e discente de diversas universidades brasileiras. Os eventos, geralmente anuais ou bianuais, são ambientes propícios para a disseminação e multiplicação das ações do PIM. Os eventos elencados são: COBENGE, Congresso Brasileiro de Automática, Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, ISA *District Leadership Conference*, Fórum de Docentes e Discentes do CREA-PR e Encontros Nacionais da Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII). Outros eventos não elencados também podem fazer parte do portfólio, se for identificado que o momento pode ser ideal para a divulgação do PIM e de suas ações.
- ix) *Workshops do PIM*: Os workshops foram pensados para reunir toda a comunidade acadêmica do curso, com o objetivo de escutar o que se enxerga a respeito do PIM, o que precisa ser melhorado no processo de modernização, como tem sido a experiência de uso do novos ambientes de aprendizagem e sobre as metodologias ativas. Para os workshops serão convidados os estudantes, professores da PUCPR, funcionários, membros do IAB, membros das associações e conselhos e professores externos. Serão realizados semestralmente, com o objetivo de se ter um horizonte de tempo focado sempre no último semestre.
- x) *Aplicação dos recursos de manutenção*: Os recursos de manutenção, fornecidos pela CAPES, serão aplicados integralmente para a operação dos novos ambientes de aprendizagem. O material de consumo, material de baixo valor

agregado e peças de reposição são necessários para disciplinas que usam os novos laboratórios. O plano de gastos contém a previsão de aquisição de material de escritório, peças de reposição de prototipadoras de circuito impresso, manutenção de impressoras 3D e placas de prototipagem eletrônica para suporte em aulas práticas e de PjBL). A prototipagem consome recursos rapidamente. Por exemplo, as placas de prototipagem eletrônica, apesar de poderem ser reaproveitadas, são frágeis e podem ter seus aspectos físicos e funcionais alterados, dependendo da característica de um protótipo.

Os recursos de manutenção fornecidos pela CAPES foram pensados para os primeiros 4 anos do PIM, o que combina com a execução do 1º ao 5º ano do curso de ECA, mesmo que a matriz da ECA tenha sido iniciada um ano antes do início do PIM. Para a segunda metade do PIM, a PUCPR deve fornecer os recursos financeiros como contrapartida referente aos 4 primeiros anos do PIM. Contudo, o planejamento desse gasto só será possível no 2º semestre de 2022.

- xi) *Análise da implementação da modernização*: A análise da implementação do PIM usará o mesmo sistema de medição e de melhoria contínua do processo de acreditação internacional. Há um processo em andamento desde 2017, mas para o PPC de 2013. Para o PPC de 2018, no qual o PIM está vinculado, adaptações são necessárias, pois o currículo foi pensando para o uso de metodologias ativas e formação por competências. Contudo, a equipe de acreditação internacional já possui o *know-how*.

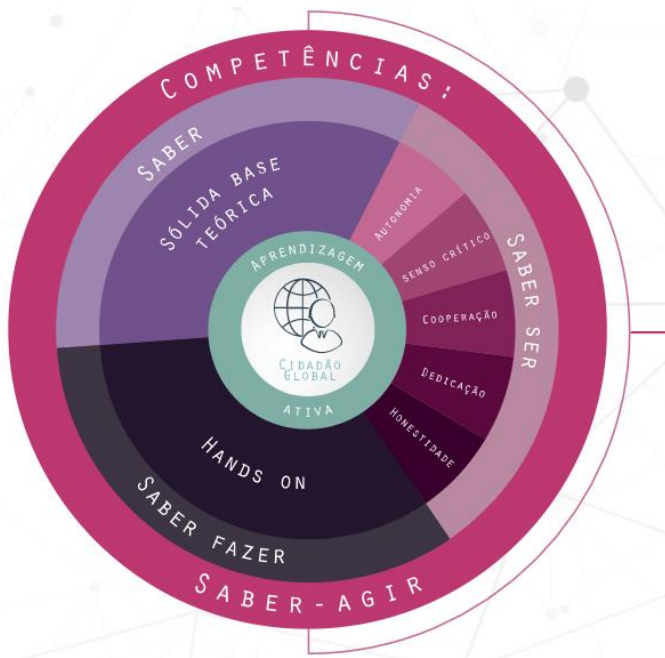
Os resultados a serem extraídos do sistema de medição servirão como entrada para o planejamento da segunda fase do PIM (2023-2026), que deverá ser realizado no 2º semestre de 2022. O Grupo Gestor considera que o planejamento da segunda fase precisa ser detalhado apenas após a análise dos resultados da primeira, quando a primeira turma do PPC 2018 estará se formando. Senso assim, optou por não apresentar planejamento detalhado para o período de 2023 a 2026.

Metodologia do Projeto

A Escola Politécnica da PUCPR tem implantado a formação por competências, considerando que as habilidades técnicas e comuns devem ser aplicadas a um contexto, produzindo resultados impactantes. Formar competências exige que o estudante seja ativo em todo o processo de ensino-aprendizagem e que elas sejam avaliadas de forma adequada. Assim, metodologias de aprendizagem, como por exemplo, a *hands-on*, aprendizagem baseada em problemas ou em projetos (PBL e PjBL), têm sido

aplicadas nas novas matrizes curriculares. Consequentemente, a avaliação passa a ser por competências, em uma dimensão em que é necessário avaliar alguns saberes (Figura 1): o **saber-saber**, que exige a avaliação da sólida base teórica que um estudante de engenharia precisa ter; o **saber-fazer**, que é avaliação se o estudante realmente consegue aplicar a base sólida e conhecimentos específicos em problemas reais de engenharia; e o **saber-ser**, onde são avaliadas as dimensões de autonomia, senso crítico, cooperação, dedicação e honestidade (VOSGERAU e colab., 2017).

Figura 1. Os 3 saberes (Fonte: PUCPR, 2016).



Como uma competência é uma dimensão ampla a ser avaliada, os temas de estudos, antes avaliados de forma individual, agora passam a ser agrupados e integrados de forma a definir as disciplinas das matrizes curriculares. Mas antes disso, uma competência é dividida em elementos de competência, que possuem os seus resultados de aprendizagem. Por fim, estes são avaliados com indicadores de desempenho. Um exemplo de como isso é feito está no mapeamento da Figura 2.

Aliado a esse processo, a ECA definiu suas competências específicas, de acordo com o mapeamento realizado em modelos e documentos balizadores para acreditação internacional (ABET, 2019) e o modelo de competências organizados em camadas (AUTOMATION FEDERATION, 2018; ISA, 2012), aliado às tendências da área de engenharia, muitas impelidas pela Indústria 4.0 (HENNING, KAGERMANN, WOLFGANG, WAHLSTER, JOHANNES, 2013; LYDON, 2016; MCKINSEY, 2015; RÜBMANN et al., 2015; SCHWAB; MIRANDA, 2019; WUNDRACK et al., 2017). A modernização curricular da ECA também propõe elementos de competência definidos e alinhados com o CDIO (CRAWLEY, 2001; CRAWLEY et al., 2011). Mas, para que o curso fique de acordo com a legislação vigente, outros documentos também precisam ser constantemente consultados e aplicados. É o caso das Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2019; OLIVEIRA, 2019). O curso também precisa verificar quais serão as atribuições concedidas pelo Conselho de Classe, no caso o CREA-PR (CONFEA/CREA, 1973; CREA-PR, 2014).

Figura 2. Exemplo de mapeamento de competências (Fonte: SPRICIGO, 2019).
Legenda: C (Competência); EC (Elemento de Competência); RA (Resultado de Aprendizagem).



Os temas de estudo, sugeridos pelos diversos documentos balizadores, precisam ser agrupados em disciplinas, que são mapeadas junto aos Elementos de Competência, através dos Resultados de Aprendizagem. As cores definem quando um EC é introduzido (cor amarela na Figura 2) ou mobilizado (cor laranja). A cor vermelha define quando uma competência é certificada.

Ainda, considerando que a formação por competências para as engenharias deve ter uma base sólida, dividiu-se os cursos de engenharia

da Escola Politécnica em Núcleo Comum e Específicos. O primeiro trata das competências da base sólida da engenharia. E o segundo, de competências específicas para cada trilha do conhecimento das engenharias. Cabe ressaltar, que mesmo na parte específica, muitos cursos ainda apresentam grande similaridade, como é o caso da Engenharia de Controle e Automação com a Engenharia Mecatrônica. Outros exemplos são as trilhas de eletricidade e controle, compartilhadas entre os dois cursos já citados e com a Engenharia de Computação, Engenharia Elétrica e Engenharia Biomédica.

Interação com universidades dos EUA

O Grupo Gestor iniciou algumas tratativas com 6 universidades norte-americanas, mirando as possibilidades que podem surgir a partir da expansão e consolidação de parcerias. São elas: Kent State University (KSU), Virginia Tech (VT), University of Texas at Arlington (UTA), University of Texas at Austin (UT-Austin), University of Illinois Urbana-Champaign (UIUC), Purdue University e University of North Carolina at Charlotte (UNCC).

A KSU possui parceria com a PUCPR e um programa chamado American Academy. Este programa promove a mobilidade de estudantes entre os dois países e com formação no conceito do Liberal Arts Education. O modelo educacional está focado no desenvolvimento de competências para o século XXI. Durante os primeiros anos da graduação, o estudante pode explorar diferentes áreas do conhecimento antes de trilhar uma carreira definitiva, desenvolvendo uma postura ética, com pensamento crítico e criatividade. Sendo assim, estará apto a trabalhar em qualquer profissão.

A escola de engenharia daquele país é nova e já conta com mobilidade de estudantes entre as duas universidades. Aliado ao modelo do *Liberal Arts Education*, os cursos de engenharia da KSU e PUCPR podem crescer e se modernizar juntos, expandindo a cooperação já existente.

A VT possui cooperação de longa data com a PUCPR, mantendo o intercâmbio de estudantes ativo. Já o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) mantém contatos na VT, devido às pesquisas conjuntas que realizaram no passado. Como a VT possui um departamento de *Engineering Education*, conversas foram iniciadas para análise de possíveis cooperações futuras na área.

Para as próximas 4 universidades, não há cooperação firmada com a PUCPR. Contudo, são universidades reconhecidas pelo que fazem na área de Educação em Engenharia. A primeira delas é a UTA. Nesta universidade, membros do Grupo Gestor puderam ver in loco o Innovation Day da Escola de Engenharia. A feira é patrocinada por empresas com sedes nos EUA e coloca em

exposição os projetos de estudantes de engenharia (senior design, pesquisas da graduação e projetos de mestrado e doutorado). Durante o desenvolvimento dos projetos, os estudantes podem contar com recursos provindos dos patrocínios. Este modelo sustentável para desenvolver os projetos está sob o radar do Grupo Gestor para tentar aplicar nos cursos de Engenharia da Escola Politécnica. Sendo assim, iniciou tratativas com a UTA para aprender com as melhores práticas de um bom relacionamento com o setor produtivo.

Algo parecido é feito na UT-Austin. Contudo, lá os projetos, além de patrocinados, podem ser inseridos em uma competição na qual a melhor equipe é premiada. Uma característica das equipes é que elas são multidisciplinares. São formadas por estudantes de engenharia e outros da Escola de Negócios. Enquanto a solução de engenharia é desenvolvida, um modelo de negócio é feito paralelamente. Este é outro exemplo de iniciativa que poderia ser replicado nas universidades brasileiras.

Passando para a modernização na gestão dos cursos, um modelo interessante é o da UIUC, desenvolvido no curso de Bioengenharia. Os pesquisadores desse curso desenvolveram um modelo de avaliação baseado na pirâmide de competência para engenharia e alinhados com os processos de acreditação internacional. O modelo cruza dados da avaliação do curso com o desempenho acadêmico dos estudantes nas competências que precisam ser desenvolvidas. E através de dashboards, o desempenho nas competências pode ser medido para o curso e individualmente para os estudantes, comparando os resultados com as metas planejadas. O sistema pode indicar as dificuldades individuais de cada um dos estudantes. Como a ECA almeja ser acreditada internacionalmente e usou como modelo de competências a pirâmide da Automation Federation, o Grupo Gestor está em contato com a pesquisadora responsável para tentar replicar o modelo no Brasil.

A Purdue University é considerada referência na Educação em Engenharia. Com um departamento muito forte na área, possui diversos especialistas a serem consultados. Dentre as possibilidades estão o modelo do *hands-on continuum*, projeto final multidisciplinar, avaliação da dimensão ética em projetos de engenharia e outros. O primeiro trata primeiramente sobre a tecnologia para soluções de engenharia, fazendo um caminho contrário até se chegar à matemática e física. O projeto final multidisciplinar é muito similar ao que se acontece no mercado de trabalho: equipes multidisciplinares. Portanto, é outro modelo a ser estudado. E para a avaliação da dimensão ética, a Purdue University possui um grupo de pesquisa sobre o tema.

Por fim, a UNCC possui especialista com vasta experiência na área de engenharia de controle. Com projetos desenvolvidos em parceria com a NASA e outras empresas do ramo aeroespacial, o especialista conseguiu

tornar o ensino em engenharia de controle atrativo. Devido a alta complexidade matemática da área, muitos estudantes tendem a estar desmotivadas com o eixo, preferindo o eixo de automação. Contudo, as duas trilhas são complementares uma com a outra e não podem ser desvinculadas. Portanto, o especialista tende a contribuir muito com o PIM.

Para finalizar esta sessão, é importante ressaltar que a mobilidade dos especialistas, Grupo Gestor e assistentes foi cessada, devido a pandemia causada pelo novo coronavírus. Isto causou relativos atrasos na interação com as instituições dos Estados Unidos. A pandemia também afetou alguns resultados do PIM, que serão descritos na sessão seguinte.

Principais resultados obtidos até 06/2020

Os principais resultados são referentes a: modernização dos ambientes educacionais; implementação e operação da nova matriz curricular; visita do especialista da UNCC; e aproximação com setor produtivo. O período dos resultados parciais é o do início do PIM, fevereiro de 2019, até o mês de junho de 2020.

Modernização dos ambientes educacionais

Dos 9 Laboratórios de Automação e Sistemas (LAS), o LAS 08 é o de Automação da Manufatura e Automação de Processos. Uma aula de Robótica, por exemplo, bloqueava todos os recursos do laboratório. Vizinhos ao LAS 08, estão o LAS 06 e 07. Basicamente se pareciam com laboratórios de informática, em formato tradicional de ensino, com mesas e computadores enfileirados. Usando os recursos da capital disponibilizados pela Fulbright, o projeto arquitetônico, de energia e lógica foram implementados no LAS 06 e LAS 07, que passaram a se chamar, Dick Morley e James Watt, em homenagem aos inventores do Controlador Lógico Programável e do controlador centrífugo por esferas da máquina a vapor, respectivamente. Os novos leiautes privilegiam PjBL), a criatividade, a inovação e o empreendedorismo. Cada laboratório possui 5 mesas para trabalho em equipes, com tampo em laca, permitindo a escrita com pincéis de quadro branco. Também possuem Android TVs para interação com os grupos de trabalho e carrinhos de ferramentas para a montagem de experimentos flexíveis e móveis. Os equipamentos maiores de controle e automação permaneceram no LAS 08, mas que tem acessos internos e rápidos ao Dick Morley e James Watt. Ainda, com o auxílio de um almoxarifado próximo, os estudantes podem emprestar diversos equipamentos para os experimentos e notebooks para uso durante o

período das aulas ou para o desenvolvimento de outras atividades acadêmicas. No almoxarifado, também há a prestação de serviços de prototipagem eletrônica e impressão 3D, que usa os materiais e peças de reposição oriundos dos recursos de manutenção fornecidos pela CAPES.

Todos os cursos de engenharia da Escola Politécnica foram beneficiados, pois a disciplina de Instrumentação, Transdutores e Medição é componente curricular obrigatório nas matrizes e tem as suas aulas executadas nos dois novos espaços. A disciplina também usou de placas de prototipagem eletrônica (ex.: Arduino) e impressão 3D. Uma noção de como os espaços ficaram organizados e como eles são usados pode ser vista na Figura 3.

Figura 3. Laboratórios Dick Morley e James Watt. a) leiaute; b) integração com o LAS 08; c) PjBL com destaque para prototipagem 3D e trabalho em equipe; d) mesa para criatividade. (Fonte: os autores)



Implementação e Operação da Nova Matriz Curricular

A matriz curricular baseada na formação de competências teve a sua implementação organizada por grupos de trabalho. Nesses grupos de trabalho, alguns assistentes estiveram presentes para acompanhar a sua evolução dos resultados. Basicamente, os GTs trabalharam na construção do Planos de Ensino para as disciplinas, de forma a ficarem de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2019). Os encontros foram semanais e em semestres que antecederam a operação das disciplinas.

As metodologias de aplicação das disciplinas foram definidas pelos professores que as colocaram em operação, assim como os indicadores de desempenho para os resultados de aprendizagem (Figura 2).

Ao final de junho de 2020, a ECA e os outros cursos da Escola Politécnica já tinham finalizado o 5º período de cada uma das novas matrizes curriculares, restando a outra metade para ser implementada e operada nos semestres seguintes. Especificamente para a ECA, também houve formação de GTs para elaborar os planos de ensino das disciplinas específicas durante o 2º semestre de 2019 e 1º semestre de 2020. A implementação das disciplinas específicas se iniciou apenas no 2º semestre de 2020, para o 6º período da matriz curricular. Um exemplo do mapeamento dos elementos de uma competência específica pode ser visto na Tabela 1. A expressão “Internaliza” significa que o estudante está conhecendo temas de estudo e precisa durante o processo de aprendizagem absorver o conhecimento. Já a expressão “mobiliza” é usada quando o estudante deve resgatar o conhecimento antes internalizado. Por fim, uma competência é certificada, quando o estudante demonstra que é capaz de mobilizar todos os elementos de competência para a solução de um problema complexo de engenharia.

Tabela 1. Mapeamento dos elementos de competência específica.

Legenda: (1) saber-saber; (2) saber-fazer e (3) saber-ser.

Competência		(1) PROJETAR PROCESSOS ciber-físicos, (2) conforme requisitos dos clientes e restrições pertinentes de ordem política, ética, de saúde, segurança, manufaturabilidade e sustentabilidade, (3) de forma colaborativa, atualizada e com questões contemporâneas.				
Elementos da Competência		<i>Conceive (C)</i>	<i>Design (D)</i>	<i>Implement (I)</i>	<i>Operate (O)</i>	<i>Soft Skill</i>
		Conceber soluções de sistemas, entendendo as necessidades dos <i>stakeholders</i> .	Elaborar projeto.	Implementar sistemas.	Analisar sistemas.	Demonstrar comportamento profissional, colaborativo e ético
Disciplinas	Concepção e Design de Sistemas de Controle	Internaliza	Internaliza			
	Implementação e Operação de Sistemas de Controle			Internaliza	Internaliza	
	Gestão Socioambiental					Internaliza
	Projeto de Circuitos Eletrônicos	Internaliza	Internaliza			Internaliza
	Internet das Coisas Industrial			Internaliza	Internaliza	
	Gestão de Projetos de Engenharia	Mobiliza	Mobiliza	Mobiliza	Mobiliza	Mobiliza
	Engenharia de Dados			Mobiliza	Mobiliza	
	Smart Factories			Certifica		

Aproximação com o Setor Produtivo

O Grupo Gestor sugeriu ampliar a aproximação com o setor produtivo, além do IAB e o TCC na Empresa, convidando alguns *stakeholders* para dentro das disciplinas, já em períodos anteriores ao Projeto Final. Um modelo similar ao da UTA e UT-Austin. Uma primeira tentativa foi realizada no Projeto Integrador em Controle e Automação II (matriz antiga) junto a uma empresa de transformação digital de processos térmicos. Este *stakeholder* lançou um desafio real de engenharia para que os estudantes do 8º período de ECA tentassem solucionar. A empresa ofereceu suporte técnico de sua equipe de engenheiros para explicações sobre o cenário real e fornecer premissas e requisitos para a solução. No dia das avaliações finais dos projetos, a banca examinadora, composta por professores e representantes da empresa, elegeu a melhor proposta de solução, que foi premiada com patrocínio a participar de uma Jornada de Desenvolvimento, Inovação e Empreendedorismo (as inscrições no evento, estadia, alimentação e deslocamento foram pagas pelo *stakeholder*). Todo este cenário desenvolveu o espírito de trabalho em equipe multidisciplinares, criatividade e inovação, mas o mais importante, aplicar os conhecimentos em projeto real de engenharia. Além disso, os estudantes também usaram a nova infraestrutura dos laboratórios e o material de consumo da CAPES.

Outro exemplo significativo foi desenvolvido na disciplina de Computação Ubíqua, do 5º período, da Engenharia de Produção. Uma empresa focada em Transformação Digital de processos industriais aceitou ser o *stakeholder* na disciplina. Nesse caso, não houve premiação, pois 10 problemas reais de engenharia foram propostos, um para cada grupo de estudantes. Contudo, a empresa também forneceu suporte de sua equipe de funcionários. Durante a disciplina, as seguintes metodologias de ensino foram usadas: *blended learning*, *flipped learning*, *PjBL* e *hands-on*. Também foi utilizado o ciclo do CDIO para a sequência de desenvolvimento dos projetos. As aulas começaram presencialmente, mas o *hands-on* acabou sendo interrompido pela pandemia da Covid-19. Apenas um estudante de cada grupo ficou com um kit de prototipagem eletrônica (Arduino ou ESP 32 e acessórios). Os grupos que começaram presenciais nos novos laboratórios, tiveram que se organizar de forma remota e desenvolver os projetos no tempo das aulas e através de webconferências. O ciclo de operação do CDIO foi prejudicado, por não haver oportunidade de aplicar os protótipos em campo, devido ao distanciamento social. Contudo, o *stakeholder* considerou que os projetos foram validados através da apresentação da prova de conceito e implementação nas condições que tinham. Os projetos também utilizaram recursos da CAPES, como as placas

de prototipagem eletrônica. Alguns grupos ainda conseguiram realizar prototipagem 3D.

A disciplina de Computação Ubíqua também contou com a presença de um assistente do PIM. O papel dele foi o de observar, fazer anotações e dar suporte aos estudantes durante as aulas. Após o fim da disciplina, ele também precisa relatar sobre as metodologias aplicadas, a presença do *stakeholder* e outros fatos que foram importantes.

Visita do Especialista da UNCC

O Professor Doutor Yogendra Kakad foi indicado a participar do PIM como especialista. Sua extensa experiência lecionando disciplinas da área de Controle trouxe excelentes dicas para tornar o ensino de engenharia atrativo para essa área. Apesar dos temas de estudo de Controle terem aspectos tradicionais de ensino, o Prof. Kakad compartilhou seu programa de aulas e a sua forma de ensinar, considerada exemplo na UNCC. O prof. Kakad ainda sugeriu algumas ações a fim de aprimorar a modernização no ensino. Uma delas é que o projeto final poderia ser utilizado para modernizar experimentos de controle existentes nos laboratórios, projetando e fabricando interfaces digitais. Essa seria uma solução barata e engajadora. Ele também sugeriu que, embora possa ser um objetivo de muito longo prazo, os projetos finais sejam financiados pelas indústrias. Ainda comentou sobre a diferença entre a estrutura de uma aula no Brasil e nos EUA. O corpo docente no Brasil tem carga de trabalho elevada, devido ao fato de não dispor de assistentes de ensino. Isso faz com que não sobre tempo para o desenvolvimento de laboratórios, currículos, preparação da acreditação internacional e mais pesquisas.

A próxima fase após a visita do especialista será enviar um membro do Grupo Gestor e ao menos um assistente do PIM para a UNCC, com o objetivo de manter o canal aberto e prospectar uma cooperação formalizada, com foco na pesquisa para o Ensino em Engenharia na área de controle.

Considerações finais

O PIM da ECA pode ser considerado que ainda está em sua fase inicial. Foram apenas dezoito meses de trabalho, com maior tempo focado no planejamento dos 4 primeiros anos do PMG e previsão de replanejamento para os 4 anos seguintes. Contudo, alguns resultados parciais puderam ser observados, como a implementação e operação parcial da matriz curricular,

a conclusão dos novos laboratórios, a aproximação do setor produtivo aos cursos de engenharia e a visita de um professor visitante.

Contudo, alguns pontos merecem atenção. É necessário acelerar a ampliação e consolidação de parcerias com as universidades dos EUA. É fato que as ações foram alteradas em função da pandemia da Covid-19, mas os trabalhos não podem cessar. Sendo assim, é preciso redefinir o calendário de visitas de especialistas, missões do Grupo Gestor e dos assistentes para os anos seguintes do PIM. Outro ponto que precisa ser acelerado é o estabelecimento de parcerias com o setor produtivo. Os exemplos do Projeto Integrador e da Computação Ubíqua são embrionários. Se faz necessário que o setor produtivo entenda o seu papel como alicerce na formação de recursos humanos qualificados e o patrocínio dos projetos desenvolvidos no meio acadêmico.

A proposta da matriz curricular da ECA está alinhada ao modelo de formação por competências e preocupada com as tendências da área de engenharia, como as da Indústria 4.0. Contudo, há a necessidade de contínuo aprendizado, acompanhamento e avaliação das novas matrizes curriculares. Como elas têm sido implementadas desde o início de 2018, é necessário acompanhar o desempenho dos estudantes. Por fim, é preciso realizar análises da evolução do PIM. Para isso pretende-se usar as ferramentas de medição e de melhoria contínua propostas pelo processo de acreditação internacional.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com financiamento de Projeto Institucional de Modernização pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes), no âmbito do Programa Capes PMG - EUA, processo nº 88881.302193/2018-01, e com financiamento da Comissão Fulbright Brasil.

Bibliografia

- ABET. Criteria for Accrediting Engineering Programs. **ABET**, 2019. Disponível em: <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2019-2020/>.
- AUTOMATION FEDERATION. **Employment and Training Administration Automation Industry Competency Model**. 2018. Disponível em: <https://www.careeronestop.org/CompetencyModel/competency-models/automation.aspx>. Acesso em: 24 abr. 2020.

BRASIL. **Estratégia Brasileira para a Transformação Digital**. [s.l: s.n.].

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia **Ministério da Educação - Conselho Nacional de Educação - Câmara de Educação Superior**, 2019. Seção Resolução nº2, de 24 de Abril de 2019, p. 1–6.

BRASIL. **Agenda brasileira para a Indústria 4.0**. 2020. Disponível em: <<http://www.industria40.gov.br/>> Acesso em: 24 abr. 2020.

CAPES-CNE-COMISSÃO FULBRIGHT. **Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG - EUA)** - Edital nº 23/2018. [S. l.], p. 1–17, 2018. Disponível em: <https://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/11062018-Edital_23_PMG_EUA2.pdf> Acesso em: 24 abr. 2020.

CIOLACU, Monica; SVASTA, Paul Mugur; BERG, Waldemar; POPP, Heribert. Education 4.0 for tall thin engineer in a data driven society. **2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2017 - Proceedings**, [S. l.], v. 2018- Janua, p. 432–437, 2017. DOI: 10.1109/SIITME.2017.8259942.

CONFEA/CREA. Resolução Nº 218, De 29 De Junho De 1973. **Conselho Federal de Engenharia e Agronomia**, [S. l.], p. 5, 1973. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/downloads/0218-73.pdf>> Acesso em: 24 abr. 2020.

CRAWLEY, Edward F. **The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education** CDIOUSACDIO, , 2001. DOI: 10.1.1.34.1082.

CRAWLEY, Edward F.; LUCAS, William A.; MALMQVIST, Johan; BRODEUR, Doris R. The CDIO Syllabus v2.0. **7th International CDIO Conference**, [S. l.], p. 41, 2011.

CREA-PR. **DELIBERAÇÃO - Crea-PR CEEE 39/2014**, 2014.

GRAHAM, Ruth. **The global state of the art in engineering education**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://jwel.mit.edu/assets/document/global-state-art-engineering-education>> Acesso em: 24 abr. 2020.

HENNING, KAGERMANN. WOLFGANG, WAHLSTER. JOHANNES, Helbig. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 WG**. [s.l: s.n.]. DOI: 10.13140/RG.2.1.1205.8966.

ISA. **Topics and Curriculum for a BS Degree Automation Engineering — Model Curriculum**, 2012.

LYDON, Bill. Industry 4.0: Intelligent and flexible production. **InTech**, [S. l.], 2016. Disponível em: <<https://www.isa.org/intech/20160601/>> Acesso em: 24 abr. 2020.

MCKINSEY. **Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector** McKinsey Digital. [s.l: s.n.].

OLIVEIRA, V. F. **A Engenharia E As Novas Dcns - Oportunidades Para.** [s.l.] : LTC, 2019. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id= G4AyQEACAAJ](https://books.google.com.br/books?id=G4AyQEACAAJ)> Acesso em: 24 abr. 2020.

PUCPR. Resolução No 29/2011 - CONSUN2011.

PUCPR. **Plano de Desenvolvimento da Graduação.** Curitiba: PUCPress, 2016. Disponível em: <https://www.pucpr.br/estatico/pdg/assets/files/plano_de_desenvolvimento_da_graduacao.pdf> Acesso em: 9 jul. 2020.

RÜBMANN, Michael; LORENZ, Markus; GERBERT, Philipp; WALDNER, Manuela; JUSTUS, Jan; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael. **Industry 4.0: World Economic ForumThe Boston Consulting Group.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf> Acesso em: 24 abr. 2020.

SCHWAB, K.; MIRANDA, D. M. **A Quarta Revolução Industrial.** [s.l.] : Edipro, 2019. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=XZSWDwAAQBAJ>>.

SESU. **Portaria No 2075/2010, de 1o de dezembro de 2010**Diário Oficial da União, , 2010.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Meio Ambiente.** v. 11 ed. Curitiba: FIEP, 2014. a. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Energia.** v. 6 ed. Curitiba: FIEP, 2014. b. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Construção Civil.** v. 5 ed. Curitiba: FIEP, 2014. c. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Papel e Celulose.** v. 9 ed. Curitiba: FIEP, 2014. d. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Metal-mecânico.** v. 1 ed. Curitiba: FIEP, 2014. e. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Tecnologia da Informação e Comunicação.** v. 8 ed. Curitiba: FIEP, 2014. f. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Turismo.** v. 12 ed. Curitiba: FIEP, 2014. g. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Agroalimentar.** v. 2 ed. Curitiba: FIEP, 2014. h. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Saúde.** v. 7 ed. Curitiba: FIEP, 2014. i. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

SOUZA, MARILIA DE (ORG.); RUTHES, SIDARTA (ORG.); VALENÇA, Raquel (org. .. **Perfis profissionais para o futuro da indústria paranaense: Produtos de Consumo.** v. 4 ed. Curitiba: FIEP, 2014. j. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/perfis/resultados---downloads-1-26463-422917.shtml>> Acesso em: 24 abr. 2020.

CURRÍCULO POR COMPETÊNCIAS. Direção: Cinthia Bittencourt SPRICIGO. Brasil: PUCPR, 2019.

WUNDRACK, Regina; AIRES, Amaral; MOREIRA, Fernanda Kempner; DE, Patricia; FREIRE, Sá. Indústria 4.0: Competências requeridas aos profissionais da Quarta Revolução Industrial. *In*: VII CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO 2017, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu

← anterior

Engenharia Ambiental da UFRJ (RJ)

próximo →

Modernização do ensino de graduação de Engenharia Ambiental da UFRJ - Programa PMG/CAPES/FULBRIGHT

Monica Pertel, Isaac Volschan Jr, Heloisa T. Firmo, Ofélia Q. F. Araújo, Ana Lúcia N. da Silva, Leila L. Y. Visconte, Elen B. A. V. Pacheco, Lídia Yokoyama, Marcio Nogueira de Souza, Cláudia do Rosário Vaz Morgado*

*monicapertel@poli.ufrj.br



Modernização do Ensino de Graduação de Engenharia Ambiental da UFRJ – Programa Capes/Fulbright

Modernization of Environmental Engineering Undergraduate Course at UFRJ - Capes / Fulbright Program

Monica Pertel, Isaac Volschan Jr, Heloisa T. Firmo, Ofélia Q. F. Araújo, Ana Lúcia N. da Silva, Leila L. Y. Visconte, Elen B. A. V. Pacheco, Lídia Yokoyama, Marcio Nogueira de Souza, Cláudia do Rosário Vaz Morgado

RESUMO: *O Projeto Institucional de Modernização (PIM) foi criado com o objetivo de fomentar a modernização do ensino superior brasileiro, alinhando-o com as reformas educacionais desenvolvidas pelas universidades dos Estados Unidos na área das Engenharias, contemplado no Edital CAPES-Fulbright (Edital Nº 23/2018). A Proposta Institucional de Modernização do curso de Engenharia Ambiental da UFRJ (EA-UFRJ) foi contemplada entre os 8 (oito) finalistas de um total de 50 propostas submetidas ao Edital em todo o país, obtendo o 4º lugar na Classificação. O objetivo principal da proposta do curso EA-UFRJ é a modernização do currículo do curso de Engenharia Ambiental para proporcionar uma formação mais eficiente e que leve a um aprendizado dinâmico, ressignificando o mecanismo ensino-aprendizado com base nas experiências das universidades americanas. O presente trabalho visa apresentar o Projeto Institucional de Modernização da EA-UFRJ, fornecendo um panorama atual do curso, bem como a proposta de modernização do curso EA-UFRJ.*

ABSTRACT: *The Institutional Modernization Project (PIM) was created with the aim of promoting the modernization of Brazilian higher education, aligning it with the educational reforms developed by the universities of the United States in the area of Engineering. The Institutional Proposal for the Modernization of the Environmental Engineering course at UFRJ (EA-UFRJ) was included among the 8 (eight) finalists out of a total of 50 proposals submitted to the CAPES-Fulbright Public Notice (Public Notice No. 23/2018) across the country, getting 4th place in the Classification. The main objective of the EA-UFRJ course proposal is to modernize the curriculum of the Environmental Engineering course, providing more efficient training that leads to dynamic learning, as well as an innovative teaching-learning mechanism, based on the experiences at American universities. The present work aims to present the Institutional Modernization Project of EA-UFRJ, providing a current overview of the course, as well as the proposal to modernize the EA-UFRJ course.*

Introdução

O curso de Engenharia Ambiental (EA) da UFRJ

O curso de Engenharia Ambiental (EA) da UFRJ surgiu em 2004, na Escola Politécnica. O EA/UFRJ é um curso criado pela integração entre três Unidades – Escola Politécnica, Escola de Química e COPPE/UFRJ e, por isso, trata-se de um curso interdisciplinar e interunidades, cuja governança é realizada pelo Núcleo Docente Estruturante (NDE), com participação de representantes das três Unidades. O corpo docente é majoritariamente composto por doutores. O ingresso dos alunos no curso, desde então, ocorre no primeiro semestre de cada ano.

O currículo do curso EA/UFRJ está estruturado em sete grandes grupos, totalizando 230 créditos, que são: Disciplinas Básicas; Disciplinas Introdutórias da Engenharia Ambiental; Impactos Ambientais – Causas; Impactos Ambientais – Efeitos; Ações de Mitigação e Remediação; Gestão Ambiental Pública e da Produção; Técnicas de Suporte; e Disciplinas de Formação Humanística. Dos 230 créditos, 199 são referentes a disciplinas obrigatórias; 24 de disciplinas eletivas; 4 créditos eletivos restritos à área de ciências humanas e 3 créditos de escolha livre pelos alunos. Atualmente, os participantes do programa devem completar 10% da carga horária do curso em atividades de extensão, de acordo com a legislação federal vigente.

É importante ressaltar que o curso de Engenharia Ambiental da UFRJ foi eleito o melhor classificado no Brasil pela Folha de São Paulo em 2017 [2], o segundo melhor pelo mesmo ranking em 2018 [3] e o quarto lugar geral no mesmo ranking de 2019 [4]. Essa discreta piora sucessiva no ranking geral (ainda que no quesito “Qualidade de Ensino” a UFRJ tenha se mantido em primeiro lugar) é um indicador de que o curso precisa de uma reforma como essa que está sendo implementada, de maneira a modernizar as relações ensino-aprendizagem e melhorar a inserção do egresso no mercado de trabalho. Atualmente, 40 novos alunos são admitidos todos os anos, além de estudantes transferidos de outras instituições ou cursos e intercambistas. Dados até 2018 mostram que 650 alunos participaram do curso, incluindo alunos de outros países. A média de graduados por ano é de 21,1. O prazo médio de conclusão é de 5,76 anos e, desde 2006, mais de 70 intercambistas foram matriculados no curso, inclusive alunos de intercâmbio com duplo diploma. Em pesquisa realizada com os egressos, verificou-se que cerca de 62% dos engenheiros formados no curso encontram-se empregados atualmente. Destes, 36% ocupam cargos de engenheiros, 30% são analistas ambientais e 17% são pesquisadores. A média salarial dos empregados varia entre R\$ 5.000,00 e R\$ 7.000,00. A Tabela 1 apresenta um panorama geral do curso.

Tabela 1. Panorama geral do curso EA/UFRJ

Ano	Média do tempo de conclusão (anos)	Média do tempo de abandono (anos)	Tempo médio de conclusão de curso sem transferidos (anos)	Total de alunos contabilizados	Total de abandono	Total de intercambistas	Total de não analisados	Total de concluintes	Total de abandonos pós transferência	Total de concluintes vindos de transferência	Total de ativos	Porcentagem de abandono por ano (excluindo intercambistas e não) (%)	Porcentagem de concluintes por ano (excluindo intercambistas e não) (%)
2004	5,93	2,50	-	26	3	0	0	23	1	0	0	12	88
2005	5,43	3,00	5,36	26	6	0	0	20	0	2	0	23	77
2006	5,48	1,80	5,38	29	5	1	0	23	1	3	0	18	82
2007	6,16	5,75	6,20	26	4	0	0	22	1	2	0	15	85
2008	5,89	2,71	5,95	45	7	3	2	32	1	4	1	18	80
2009	6,32	2,63	6,24	43	8	2	1	28	1	3	4	20	70
2010	6,05	1,71	6,00	53	12	5	0	30	3	3	6	25	63
2011	6,08	2,30	6,03	39	10	2	0	19	1	4	8	27	51
2012	5,61	1,65	5,67	50	13	3	5	9	3	3	20	31	21
2013	4,80	1,48	5,00	64	21	13	1	5	4	2	24	42	10
2014	-	2,21	-	63	12	22	1	0	0	0	28	30	0
2015	-	1,19	-	49	21	9	1	0	1	0	18	54	0
2016	-	1,14	-	57	13	7	3	0	0	0	33	28	0
2017	-	0,75	-	43	6	2	2	0	0	0	33	15	0
2018	-	0,50	-	48	2	5	3	0	0	0	38	5	0
Total	5,77	2,09	5,75	661	143	74	19	211	17	26	213	-	-

Fonte: Elaboração Própria, 2018.

O curso também conta com o suporte técnico dos seguintes laboratórios:

- CEGN – Centro de Excelência em Gás Natural;
- CESA - Centro Experimental de Saneamento Ambiental;
- LEMA - Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente;
- GESTORE – Núcleo de Pesquisa em Sistemas e Gestão de Engenharia;
- H2CIN – Laboratório de Engenharia de Processos e Termodinâmica Aplicada;
- LABTARE – Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes;
- LCPA – Laboratório de Controle da Poluição do Ar;
- LTA – Laboratório de Tecnologia Ambiental;
- NERDES – Núcleo de Excelência em Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável.

Apesar da excelência do curso EA/UFRJ, em pesquisa realizada com ex-alunos, foram abordados alguns pontos de necessidade de melhorias, tais como a sobreposição e repetição de conteúdos disciplinas e, muitas vezes, uma grade não sequencial de matérias; pouco conteúdo sobre energia, Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde (QSMS), desenvolvimento sustentável, geotecnia, mudanças climáticas, e transportes; excessivo foco em recursos hídricos; pouca integração com o mercado de trabalho, assim como da ligação da teoria à prática; dificuldade de estagiar pela forma como a grade curricular é montada hoje e os requisitos exigidos para o estágio; pouco uso de laboratórios, de ferramentas computacionais aplicadas ao mercado de trabalho e durante a graduação e de visitas de campo ou técnicas [5]. Diante desses pontos elencados, o curso EA/UFRJ identificou a necessidade de elaborar mudanças curriculares. Dentro deste contexto, o PMG-CAPES/FULBRIGHT se constitui em excelente oportunidade para contribuição para alavancar a reestruturação do curso de Engenharia Ambiental da UFRJ.

Objetivos da Proposta de Modernização

Estudo sobre Ensino de Engenharias: fortalecimento e modernização, elaborado pela Confederação Nacional da Indústria - CNI (CNI, 2018) [6]

conclui que o Brasil precisa modernizar sua base curricular com foco em resultados e prática, aprimorar a formação de docentes e conectar academia e setor produtivo para possibilitar transformações de melhorias para o país, relacionadas à geração de conhecimentos, tecnologias e inovações, sendo de grande relevância promover iniciativas direcionadas à melhoria da qualidade do ensino dos cursos de Engenharia do país. Neste sentido, o Programa PMG-CAPES/FULBRIGHT vem ao encontro dos objetivos já existentes na UFRJ, e que já vêm sendo planejados e/ou executados, em maior ou menor grau, por algumas de suas instâncias, como é o caso de alguns Cursos da Escola Politécnica, tal como o curso de Engenharia Ambiental.

O objetivo do Projeto Institucional de Modernização é possibilitar ao estudante adquirir os conhecimentos técnico-científicos pertinentes e torná-los capazes para identificar necessidades e desenvolver alternativas criativas para solucioná-las. Para isso, os alunos precisam ter liberdade para implementarem suas ideias, adquirindo, assim, maior confiança e responsabilidade na sua formação, visto que o aluno será desestimulado a perpetuar a tendência passiva de apenas reproduzir o conhecimento repassado pelo professor, adotando uma postura mais proativa.

O objetivo geral do curso EA/UFRJ é de formar um profissional com perfil para compreender o mundo complexo e dinâmico, inovar e liderar projetos, em escalas locais e global, com base em fundamentos de ciências e engenharia. A modernização do currículo é fundamentada na reconhecida tradição dos cursos precursores da Engenharia Ambiental, que são os cursos da Escola Politécnica, da Escola de Química da UFRJ e da COPPE/UFRJ. Assim, o PIM em Engenharia Ambiental (PIM-EA) está alinhado com o objetivo de reunir, desenvolver e transmitir conhecimentos em ciências, tecnologias, sistemas e gestão para a solução de desafios ambientais atuais e futuros, com padrão internacional. O PIM-EA enfatiza a visão de sistemas complexos para formar um Engenheiro Ambiental capaz de compreender e projetar processos, infraestruturas e cidades sustentáveis; por meio de métodos sustentáveis, sociais, além de proteger biomas, fazendo uso de tecnologias inovadoras, combinando teoria, experimentos e modelagem para resolver problemas complexos.

Para viabilizar o objetivo geral, o PIM-EA contempla os seguintes objetivos específicos:

- i) *Modernizar o currículo do curso de Engenharia Ambiental: A elaboração de um currículo que privilegie o processo de “aprender” do aluno frente ao de “ensinar” do professor. As aspas são no sentido de que o ensino-aprendizagem seja interativo e, assim, depende*

fortemente das posturas de quem ensina e de quem aprende. Isto coloca sobre o aluno uma maior responsabilidade na sua formação, pois terá que abandonar a tendência passiva de apenas reproduzir o conhecimento repassado pelo professor, adotando postura proativa. Espera-se, ao criar um ambiente que facilite essa mudança de postura do aluno (e dos professores), estimular o empreendedorismo e a capacidade de resolver problemas de forma dinâmica, mais compatível com a realidade atual, quando a maioria dos problemas requer soluções criativas e interdisciplinares. Objetiva-se proporcionar uma formação mais eficiente, que leve a um aprendizado dinâmico, ressignificando o processo ensino-aprendizagem.

- ii) *Continuidade na formação.* Integrar o curso de Engenharia Ambiental com o Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental da UFRJ. A iniciativa promove a capacitação dos alunos para a realização de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias e soluções voltadas para as questões que afetam os setores industriais e sociais.
- iii) *Fortalecer o caráter multidisciplinar da Engenharia Ambiental.* Alunos e professores estarão contribuindo, de forma efetiva, para o fortalecimento da vinculação institucional aos interesses da sociedade civil, por intermédio de projetos de extensão.
- iv) *Modernizar ferramentas didáticas.* Introduzir o estudo e o desenvolvimento de ferramentas de Ensino a Distância (EaD) para apoio às atividades presenciais. Este objetivo requer iniciativas paralelas para a ampliação da infraestrutura existente visando adquirir equipamentos para melhoria das salas de aula.
- v) *Desenvolvimento de projetos baseados em estudo de casos.* Buscam-se projetos com atuação de empresas. Essa interação aluno/empresa facilitará sua inserção nos programas de estágio dessas empresas, além de permitir aos alunos uma visão do mercado de trabalho e suas diversas responsabilidades ainda durante a graduação. Pretende-se formar engenheiros mais bem preparados e com um olhar diferenciado para o mercado.
- vi) *Valorizar a formação do aluno-empendedor.* Focar em metodologias de aprendizagem baseada em Projetos, por exemplo, CDIO (Conceive, Design, Implement and, Operate).
- vii) *Valorizar o professor.* Promover aperfeiçoamentos, cursos, viagens, treinamentos em processos pedagógicos, dentre outras iniciativas.
- viii) *Estabelecer parcerias com universidades internacionais.* Várias atividades serão contempladas, como, por exemplo, a realização de eventos com participação de alunos da UFRJ e professores de universidades americanas e a UFRJ na forma presencial e,

atualmente, devido à recente pandemia da COVID-19, com ênfase na forma de webinars.

- ix) *Promover aproximação do curso com a sociedade*: O curso empenhará esforços para que as disciplinas com conteúdo de APRENDER FAZENDO envolvam segmentos da sociedade comprometidos com a solução de desafios ambientais: indústrias, órgãos de regulação, agências ambientais, governos, ONGs, associações, escolas, dentre tantos outros. O aluno terá uma formação participativa e integrada à sociedade.

Planejamento e Metodologia do Projeto

As mudanças curriculares propostas no PIM-EA têm por objetivo criar uma maior sintonia com a sociedade, aumentar a internacionalização para fortalecer a formação em questões ambientais globais e explorar o ambiente de pesquisa na UFRJ - Mestrado e Doutorado em Engenharia Ambiental – para capacitação integrada Graduação/Pós-Graduação, promovendo ambiência para inovação. A proposta de melhoria prevê nove novos grupos, a saber: 1) Fundamentos Básicos; 2) Fundamentos de Engenharia; 3) Impactos Ambientais – Causas e Efeitos; 4) Ações de Mitigação e Remediação; 5) Gestão Ambiental Pública e da Produção; 6) Técnicas de Suporte; 7) Disciplinas de Formação Humanística e Global; 8) Aprender Fazendo e 9) Conhecimentos Escolhidos. Essas mudanças foram elaboradas com base na avaliação da grade curricular atual, conforme mostra a Figura 1.

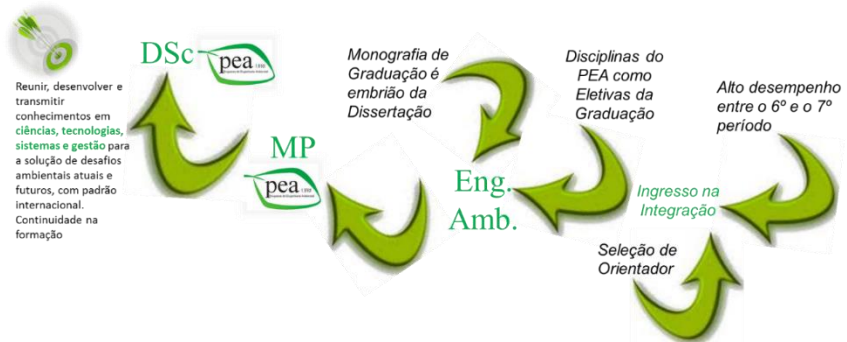
O novo currículo contemplará 7 (sete) grandes eixos de formação por projetos, que estarão alinhados com os chamados Projetos de Sistemas Ambientais (PSAs). Os PSAs são projetos transversais integradores que serão desenvolvidos de forma a permitir a(o) aluno(a) relacionar os conteúdos das disciplinas com problemas reais. O discente escolherá no elenco de disciplinas optativas aquelas de formação direcionada ao eixo de formação selecionado:

- 1) Energia;
- 2) Água e saneamento;
- 3) Tecnologias sociais;
- 4) Tecnologias de gerenciamento de resíduos sólidos;
- 5) Bioeconomia;
- 6) Cidades sustentáveis: planejamento e mobilidade;
- 7) Ecologia Industrial.

A proposta do PIM-EA envolve, basicamente, uma reformulação curricular baseada em 3 linhas de ação.

- 1) *APRENDER FAZENDO*: implementação dos PSAs.
- 2) *INTEGRAÇÃO GRADUAÇÃO e PÓS-GRADUAÇÃO*: obtenção dos créditos necessários em disciplinas optativas sendo cursadas pelo elenco de disciplinas do Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFRJ (PEA). Nesse cenário, o PIM-EA passa a integrar a formação profissional de graduação com a pós-graduação. Destaca-se que o Trabalho de Conclusão de Curso, nesta integração, será uma Monografia de Final de Curso, avançando na pesquisa de dissertação, sob a mesma orientação. O esquema representativo da Figura 2 mostra a relação entre as disciplinas do PEA como eletivas da graduação, com o foco na formação de mestres e doutores em Engenharia Ambiental.

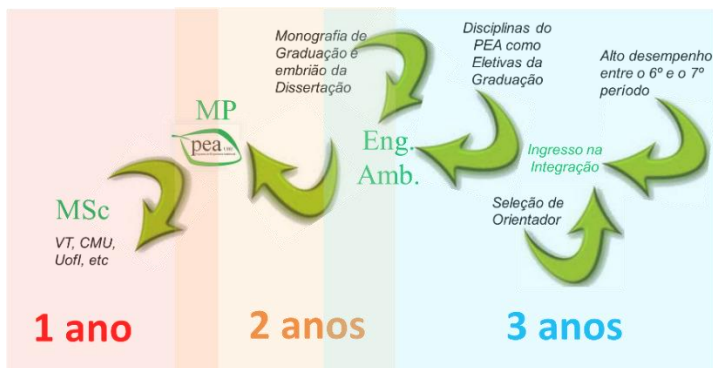
Figura 2: Representação esquemática da relação entre as disciplinas do PEA como eletivas da graduação. (Fonte: Elaboração Própria, 2018)



Na Figura 2, observa-se a possibilidade de acomodar a integração graduação/pós-graduação nas disciplinas optativas a partir do 6º período. As disciplinas de pós-graduação são de 3 créditos, com 12 horas por crédito. Portanto, para a integração proposta, 180h equivalem a 5 cursos de 36 horas.

O futuro da integração a ser iniciada no PIM-EA com consolidação de parcerias internacionais é a oferta de Programa de Duplo Mestrado Acelerado, em cooperação com universidades americanas, conforme mostra a Figura 3.

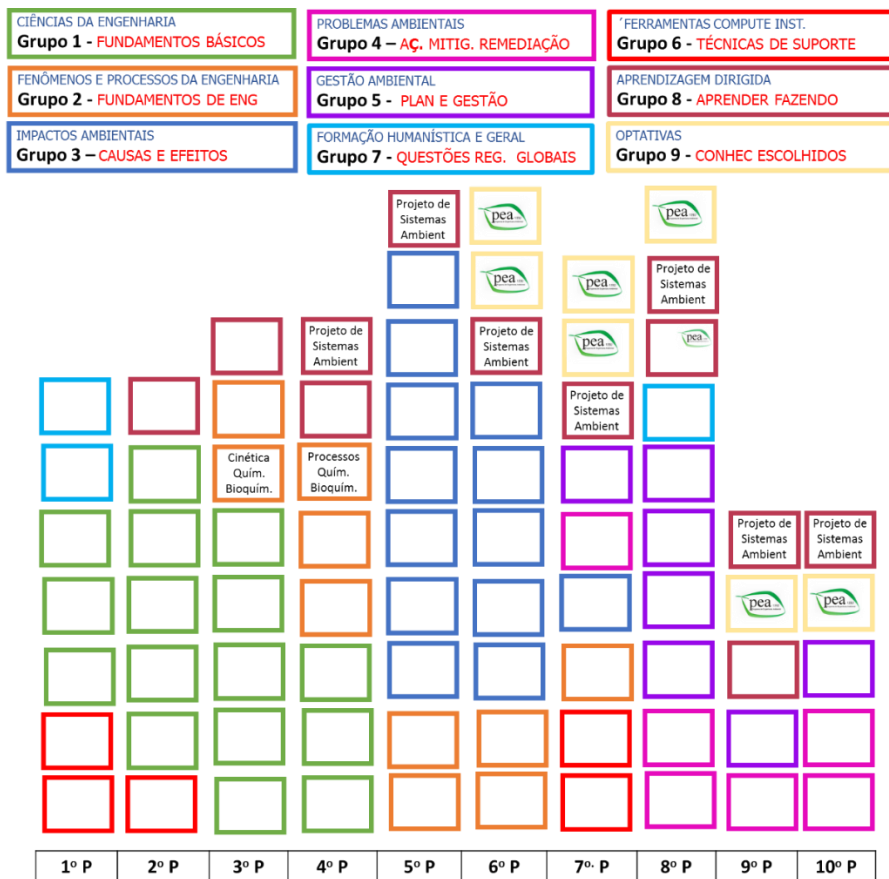
Figura 3: Programa duplo mestrado acelerado: 3+2+1. (Fonte: Elaboração Própria, 2018)



3) **APRIMORAMENTO DO CURRÍCULO:** Através da Sintonia de Disciplinas com o objetivo de reduzir a repetição/sobreposição de conteúdos nas disciplinas oferecidas nos Grupos 4 e 5.

O impacto das três LINHAS de reforma na estrutura curricular é apresentado na Figura 4. A logomarca do PEA é colocada nas disciplinas do Grupo 9 (Optativas), destacando-se que esta situação só se aplica a discentes que tenham alcançado alto desempenho acadêmico e que sejam aceitos pela Comissão de Coordenação do Curso de Graduação e pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação. A solicitação poderá ser apresentada entre o 5º e 6º períodos letivos.

Figura 4: Estrutura curricular com o PIM-EA. As cores das bordas das células em branco são relativas aos Grupos que serão incorporados em cada período. (Fonte: Elaboração Própria, 2018)



É importante ressaltar que, apesar ainda da aplicação de métodos de ensino mais tradicionais, o atual Curso de Engenharia Ambiental da UFRJ vem inovando no sentido de incentivar os alunos a participarem de práticas e atividades complementares, tais como:

- Iniciação Científica - engloba atividades acadêmicas de pesquisa, realização intelectual e estudo aprofundado;
- Estágio não obrigatório - experiência pré-profissional sob supervisão;

- Participação em eventos - neste item destaca-se o evento organizado pelos alunos de graduação, chamado “UFRJ Ambientável”, que ocorre anualmente desde 2005 e envolve diferentes atividades, além da presença de palestrantes e demais participantes que discutem, ampliam o diálogo e fortalecem o conhecimento em torno de uma temática central;
- Atividades de intercâmbio - consiste na criação de um grupo de recepção a alunos de intercâmbio, formado por alunos do curso de Engenharia Ambiental em parceria com a Coordenação de Relações Internacionais, visando uma melhor recepção aos estudantes estrangeiros em intercâmbio;
- Trabalhos de extensão - participação dos alunos em trabalho de voluntariado ou comunitário;
- Administração de Empresas Junior - corresponde à aplicação prática de conhecimentos teóricos (Projetos);
- Viagens Técnicas - são práticas supervisionadas em condições especiais de realização.

A metodologia de ensino proposta visa, além de manter as atividades complementares acima descritas, cujos métodos de ensino têm se mostrado satisfatórios no aprendizado dos alunos do Curso de Engenharia Ambiental, inserir novos métodos capazes de ampliar seus conhecimentos. Isso será possível uma vez que a estrutura do curso proposta, baseada em projetos semestrais, faz uma conexão direta com os conceitos apresentados nas disciplinas dos semestres e uma interface com disciplinas que estão por vir, no caso dos primeiros semestres, cujos conteúdos são básicos e distanciam um pouco o estudante da temática ambiental.

A nova metodologia de ensino proposta para Curso de Engenharia Ambiental tem por meta ser uma metodologia diferenciada, de modo que o estudante busque, dentro do curso, sua vertente de aprendizado, conforme o que foi proposto no novo modelo de currículo. O ensino focado em estudos de casos e desafios de empreendedorismo, cujas atividades serão realizadas em grupo para desenvolver o trabalho em equipe e a busca de soluções conjuntas. Neste contexto, serão formados Engenheiros gestores, comprometidos com o mercado e com a sociedade, uma forma de aprender construtiva, inclusiva e inovadora.

Essa nova forma de ensino e de avaliação tem o estudante como protagonista do processo de ensino, gestor das atividades práticas com o apoio e supervisão do professor e de tutores. As avaliações serão conjuntas e conforme o atendimento das metas de cada equipe/projeto: avaliação da

própria equipe com o atendimento das metas, avaliação da eficiência em desenvolver a atividade – tutores e professores.

Na multiplicação das experiências do PIM-EA, visando tornar essa iniciativa de reforma do curso de Engenharia Ambiental da UFRJ uma referência no ensino de Engenharia Ambiental nacional, faz-se necessário maior empenho em:

- 1) Cursos de capacitação para universidades brasileiras nas estratégias de modernização curricular;
- 2) Promoção de mobilidade de discentes e docentes entre as IES - Instituições de Ensino Superior do país;
- 3) Publicação, em página eletrônica do curso, de material didático para ser utilizado por instituições interessadas na modernização de seus currículos;
- 4) Disponibilização de cursos EAD para integrar e facilitar o acesso ao conteúdo para interessados de diversas instituições;
- 5) Publicação de livros textos e material multimídia para disciplinas de Engenharia Ambiental;
- 6) Oferta de cursos gratuitos de curta duração para a sociedade, ministrados pelo corpo discente e docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental;
- 7) Cursos práticos nos laboratórios já existentes e a serem criados ao longo do PIM-EA: Centro Experimental de Saneamento Ambiental (CESA), Aproveitamento de resíduos sólidos, LaVAPer (Laboratório de agroecologia e permacultura), Energia (Proposto), Hidrologia (Proposto), dentre outros que irão compor as etapas práticas e de inserção dos estudantes de Engenharia Ambiental no mercado e na sociedade;
- 8) Promover seminários de ensino de Engenharia Ambiental, buscando trocas com outras instituições, crescimento mútuo e melhoria do ensino de forma mais ampla.
- 9) Criar uma cultura de protagonização do estudante em sua formação acadêmica, desde os primeiros meses na universidade
- 10) Criar e manter indicadores com a participação de ex-alunos, co-responsáveis pela consolidação dos esforços de melhoria da formação.

Integração com as Universidades dos Estados Unidos

A integração entre o curso de Engenharia Ambiental/UFRJ com as universidades americanas tem como meta revisar e propor uma ampla reformulação do currículo de Graduação em Engenharia Ambiental da UFRJ, promovendo o intercâmbio cultural, educacional e acadêmico; colaboração e intercâmbio técnico entre as partes educacionais envolvidas.

O grande objetivo é fornecer uma estrutura para a cooperação entre as partes para identificar e alcançar metas e objetivos de modernização, além de facilitar e desenvolver um processo de intercâmbio educacional e de pesquisa genuínos e mutuamente benéficos.

Os resultados esperados a serem alcançados através da integração com as universidades americanas são:

- Intercâmbio de materiais em educação e pesquisa, publicações e informações acadêmicas, especialmente os referentes à Engenharia Ambiental;
- Facilitar a articulação de cursos em ou entre as duas universidades;
- Pesquisa colaborativa e publicação conjunta de artigos, capítulos de livros etc;
- Organização conjunta de conferências, seminários e/ou outras reuniões acadêmicas;
- Organização conjunta de treinamento técnico e programas administrativos;
- Desenvolvimento conjunto e entrega de cursos e programas.

As instituições que apoiam o PIM-EA são:

- 1) Department of Earth and Environmental Engineering, Columbia University in the City of New York;
- 2) Department of Chemical Engineering, Carnegie Mellon University;
- 3) Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University;
- 4) Department of Computer Engineering, University of California, Santa Cruz.

Atualmente, o curso de Engenharia Ambiental da UFRJ já mantém intercâmbios com universidades americanas, destacando-se as seguintes:

- 1) *Columbia University* – Department of Earth and Environmental Engineering

- 2) *Carnegie Mellon University* Department of Chemical Engineering e Department of Civil and Environmental Engineering
- 3) *University of California* – Department of Computer Engineering

Principais Resultados obtidos

O primeiro ano do PIM-EA foi destacado pela realização da 1ª Missão, quando professores da Engenharia Ambiental tiveram oportunidade de visitar universidades nos Estados Unidos, que já implementam as práticas de modernização em seus currículos. Além disso, teve também destaque a participação do grupo Gestor do PIM em workshops, congressos e seminários, com a apresentação do projeto PIM-EA para empresas e para a comunidade acadêmica do Brasil e de outros países.

A seguir serão apresentados os eventos em que o PIM-EA participou ou organizou em 2019.

- 1) Reunião CAPES-FULBRIGHT sendo que primeira reunião CAPES/FULBRIGHT foi realizada em Brasília, no dia 07 de fevereiro de 2019. Neste evento, participaram representantes da Comissão CAPES/FULBRIGHT e dos grupos gestores das universidades ganhadoras do Edital – Modernização do Ensino Superior CAPES-CNE-COMISSÃO FULBRIGHT.
- 2) Palestras com professores convidados pelo PIM-EA de outros cursos de Engenharia da UFRJ e de universidades de outros países que já implementam em seus cursos programas do tipo PBL (*Project Based Learning*).

Os professores foram unânimes em enfatizar a importância da mudança de paradigmas através da implantação de processos de modernização dos cursos de Engenharia. Segundo os palestrantes, tais processos envolvem tanto o desenvolvimento de docentes motivadores como também a implementação de mudanças curriculares, com disciplinas que inspirem o gosto pela Engenharia através de projetos.

- Professor Édison Renato Pereira da Silva, Engenharia de Produção/UFRJ, em 11 de abril de 2019, Escola Politécnica/UFRJ;
- Professor Benoît Escrig, Toulouse - Institut National Polytechnique, em 11 de junho de 2019, Escola Politécnica/UFRJ;
- Professor Salvador Espinosa, San Diego State University, 26 de junho de 2019, na COPPE/UFRJ;
- Professor Raad Yahya Qassim, COPPE/UFRJ, 30 de outubro de 2019, na COPPE/UFRJ.

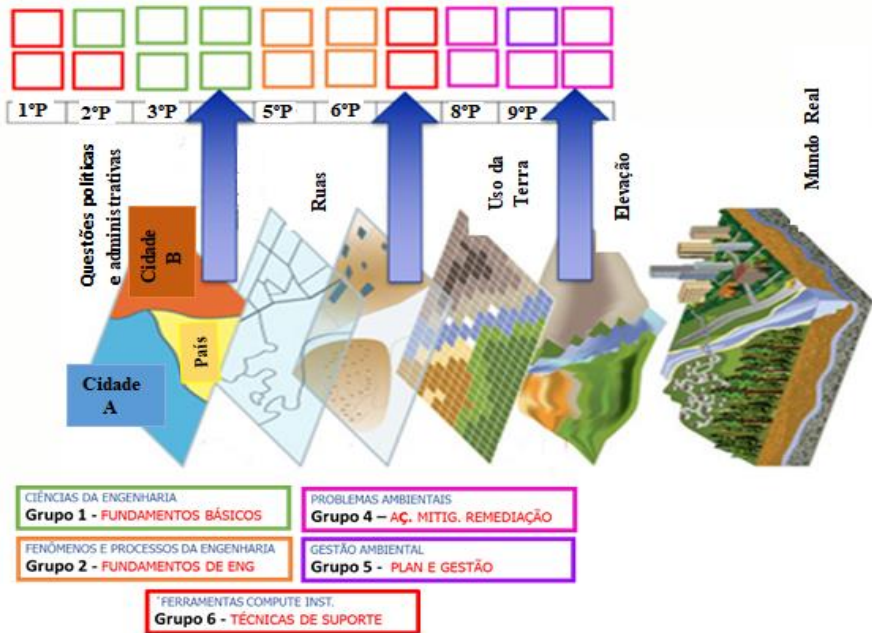
- 3) Organização do Evento PIM no *5th Workshop on Environmental Engineering*. Este evento vem sendo realizado pelo PEA/UFRJ desde 2015 e tem como principal objetivo trazer profissionais do Brasil e do exterior, atuantes nas diversas áreas Ambientais, proporcionando informações e conhecimentos atualizados aos participantes, além de complementar a formação dos estudantes de mestrado e doutorado do Programa. Na Edição de 2019, realizada no período de 27 a 31 de maio, no Centro de Tecnologia/UFRJ, o dia 29 foi destinado às apresentações do PIM/UFRJ, com o tema: **Desafios Ambientais e Inovações no Ensino de Engenharia**. Nesta oportunidade, foram realizadas as seguintes apresentações:
- Prof. Dr. Kartik Chandran – Columbia University - “Global Grand Challenges and Development Goals as Opportunities for Environmental Engineering”
 - Prof. Dr. Monica Pertel - Escola Politécnica / Programa de Engenharia Ambiental (PEA/UFRJ) - “PIM/PMG – Projeto Institucional de Modernização do Ensino Superior Engenharia Ambiental - UFRJ”.
 - Prof. Dr. Alessandro Fernandes Moreira – UFMG - “O Programa ENG2000 e a criação de uma incubadora de projetos pedagógicos”.
 - Prof. Dr. Irineu Giansi – Instituto INSPER/SP - “Experiência em modernização de cursos”.
 - Prof. Dr. Leandro Torres - Escola Politécnica / Programa de Engenharia Ambiental (PEA/UFRJ) - “Projeto SHS (Solução Habitacional Simples): uma experiência em ensino-pesquisa-extensão-inovação baseada na metodologia PBL/ABP”.
- 4) Participação do Congresso COBENGE – 2019. No período de 17 a 20 de setembro de 2019 foi realizado o XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e o 2º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE (Associação Brasileira de Educação em Engenharia), no Centro de Eventos – Fábrica de Negócios, localizado na cidade de Fortaleza/CE. Nesta oportunidade, a professora Heloisa Firmo, do Grupo Gestor PIM/EA, em sessão especial reservada para o PIM, apresentou o trabalho intitulado: “Programa de modernização do Ensino de Graduação - PMG/CAPES/FULBRIGHT: Engenharia Ambiental da UFRJ”
- 5) Primeira Missão PIM. Na segunda quinzena do mês de setembro foi realizada a primeira missão PIM, durante a qual várias universidades dos EUA foram visitadas por representantes dos grupos gestores das oito universidades contempladas pelo programa. Os representantes do PIM-EA foram os Professores Monica Pertel e Isaac Volschan. As

instituições visitadas durante o período da missão foram: Harvard, Illinois University, Pittsburg, Olin, e Rice. Os sistemas constituídos pelas universidades localizadas no Texas (*University of Texas System - UTS*) também foram visitadas pelos Grupos Gestores.

Os resultados obtidos até o momento são:

- Integração com os participantes das universidades vencedoras do edital CAPES-FULBRIGHT;
- Troca de experiências através das palestras com professores da UFRJ e de outras universidades, com a apresentação de suas vivências na implementação de atividades inovadoras em seus cursos;
- Amadurecimento das ideias propostas originalmente na concepção do projeto. Após discussões internas e participação nos eventos, professores do grupo gestor, contando com a colaboração de colegas, formularam uma proposta de revisão curricular que materializa alguns objetivos almejados. Sendo assim, e entendendo que uma forma consistente de tratar problemas ambientais é a análise de bacias hidrográficas, elaborou-se um plano apresentado no COBENGE, onde a sequência das disciplinas será construída por intermédio de *layers* de um Sistema de Informações Geográficas de um espaço geográfico correspondente a uma bacia hidrográfica. Nos primeiros períodos, serão confeccionadas *layers* mais simples, tais como características físicas e dados de vegetação. Com o avanço do estudante no curso, as *layers* vão se tornando mais sofisticadas, tais como ocupação urbana, sistemas de drenagem da água. Finalmente, layers que também contemplem aspectos sociais e econômicos serão adicionadas. Ao fim do curso, o(a) aluno(a) terá percebido a evolução da complexidade de uma região sujeita a problemas ambientais (poluição, erosão, problemas sociais, etc). Transversalmente a essa sequência, serão estudados os PSAs, mencionados anteriormente, que permitem conjugação e interrelação entre os conteúdos abordados nas diversas disciplinas. A Figura 5 ilustra as ideias aqui descritas.

Figura 5: A construção das layers de uma bacia hidrográfica ao longo do novo curso (ilustrado com as caixinhas coloridas) de Engenharia Ambiental. As setas verticais azuis superpostas à figura representam alguns PSAs transversais e integradores. (<https://inyo-monowater.org/resources/giswhat/layers/>)



- Aquisição de maior conhecimento acerca dos processos envolvendo atividades do tipo APRENDER FAZENDO, bem como das ferramentas necessárias para a modernização do ensino EAD;
- Oferta de disciplina eletiva com participação de ex-aluno da Ambiental e primeiro colocado no concurso do IBAMA, Tomás Bredariol, sobre licenciamento ambiental na indústria de petróleo e gás. Inovador ao trazer um ex-aluno para ministrar aulas como convidado, o curso teve lotação esgotada e permitiu aos alunos atuais um contato com ex-aluno, trazendo essa proximidade com o mercado de trabalho e um compromisso do ex-aluno de auxiliar na formação dos estudantes atuais. A experiência permitiu também uma espécie de retribuição do Tomás à universidade que o formou, reforçando um vínculo pessoal tão importante para a consolidação de laços de pertencimento à comunidade dos profissionais e

estudantes egressos da EA/ UFRJ, elementos que contribuem para a cultura da protagonização do aluno em sua formação;

- Introdução de ferramentas EAD para apoio às atividades presenciais. Este objetivo requer iniciativas paralelas para a ampliação da infraestrutura existente visando adquirir equipamentos para melhoria das salas de aula.
- Lançamento do Edital de seleção dos assistentes do PIM-EA e seleção de três alunos de Doutorado e de um pesquisador Pós-Doutorando.

Considerações Finais

A Graduação em Engenharia Ambiental da UFRJ é um curso relativamente recente, passível de mudanças e com espaço para as modernizações.

Estar entre os oito Projeto Institucional de Modernização (PIM) selecionados corrobora a excelência do curso de Engenharia Ambiental da UFRJ e do projeto de modernização que foi aprovado.

Para o sucesso da proposta é necessário um diálogo aberto entre a governança do curso que envolve, a saber: a direção, o Núcleo Docente Estruturante (NDE), a coordenação, e o grupo gestor. Além disso, é essencial manter transparência e diálogo construtivo com os professores e os alunos.

Sem dúvida, há muito a ser realizado nos próximos sete anos de projeto, numerosos desafios a enfrentar e muitas dificuldades inerentes a um curso que pertence a uma grande Universidade, com diversas unidades distintas que atuam nas disciplinas da grade curricular. Se, por um lado, o tamanho e a dimensão dos desafios intimidam, por outro lado, a perspectiva da mudança ampla e plena por intermédio da incorporação de formas inovadoras de aprender e ensinar estimulam a carreira docente. Espera-se entregar à sociedade brasileira por intermédio do curso de graduação em Engenharia Ambiental da UFRJ, uma formação moderna, instigante e eficiente para os alunos, como resultado desse longo processo.

O Programa de modernização do Ensino de Graduação (PMG) é uma excelente oportunidade, uma vez que vai ao encontro das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), viabilizando o processo de modernização que será necessário pelas novas regras nacionais e possibilitando conjuntamente a capacitação de parte do corpo docente.

Referências Bibliográficas

- CAPES-CNE-COMISSÃO FULBRIGHT. **Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG - EUA)** - Edital nº 23/2018. [S. l.], p. 1-17, 2018. Disponível em: <https://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/11062018-Edital_23_PMG_EUA2.pdf> Acesso em: 01 out. 2020.
- FOLHA DE SÃO PAULO, **Ranking Universitário Folha - 2017**. São Paulo, ano 2017, 18 de setembro de 2017. Disponível em: <<http://ruf.folha.uol.com.br/2017/perfil/ranking-de-cursos/engenharia-ambiental/>> Acesso em: 01 out. 2020.
- FOLHA DE SÃO PAULO, **Ranking Universitário Folha - 2018**. São Paulo, ano 2018. Disponível em: <<https://ruf.folha.uol.com.br/2018/ranking-de-cursos/engenharia-ambiental/>> Acesso em: 01 out. 2020.
- FOLHA DE SÃO PAULO, **Ranking Universitário Folha - 2019**. São Paulo, ano 2018. Disponível em: <<https://ruf.folha.uol.com.br/2019/ranking-de-cursos/engenharia-ambiental/>> Acesso em: 01 out. 2020.
- VERÍSSIMO, E. Y. J. **Ensaio sobre ensino na Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro: reflexões sobre possibilidades de transformação**. Monografia – Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10030307.pdf>> Acesso em 01 out. 2020.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **CNI - Confederação Nacional da Indústria**, São Paulo, ano 2018. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>> Acesso em: 01 out. 2020.

anterior

Engenharia de Materiais da UFSCar (SP)

próximo

Movimenta Materiais: Transformação da Educação em Engenharia e seu transbordamento no Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da UFSCar

Alessandra de Almeida Lucas, Bráulio Salumão de Oliveira, Carlos Henrique Scuracchio, Conrado Ramos Moreira Afonso, Daniel Rodrigo Leiva, Gustavo Figueira, Helder Vinicius Avanço Galetti, Leonardo Pollettini Marcos, Lidiane Cristina Costa, Luiz Fernando de Oriani e Paulillo, Marco Aurélio Liuthevicene Cordeiro, Mariana Rodrigues Pezzo, Rafael Vargas Maginador, Sheyla Mara Baptista Serra*

* alucas@ufscar.br



Movimenta Materiais: transformação da Educação em Engenharia no Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da UFSCar

Movimenta Materiais: transformation of engineering education at the UFSCar Center for Exact Sciences and Technology

Alessandra A. Lucas, Bráulio S. de Oliveira, Carlos H. Scuracchio, Conrado R. M. Afonso, Daniel R. Leiva, Gustavo Figueira, Helder V. A. Galetti, Leonardo P. Marcos, Lidiane C. Costa, Luiz F. O. Paulillo, Marco A. Liuthevicene Cordeiro, Mariana R. Pezzo, Rafael V. Maginador, Sheyla M. B. Serra

RESUMO: *O Movimenta Materiais nasceu de propostas de modernização da graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar e foi consolidado após sua seleção no edital do Programa de Modernização da Graduação (PMG) patrocinado pela CAPES e Fulbright. Entre as principais propostas estão a implementação de duas trilhas do conhecimento denominadas "Inovação Tecnológica e Empreendedorismo" e "Engenharia de Materiais Computacional", iniciativas para formação docente e para identificação dos estudantes com a Engenharia de Materiais, além da reformulação do projeto curricular do curso e da maior aproximação com os setores empresarial e industrial. A operação do Projeto é realizada por 6 grupos de trabalho, compostos por docentes, técnico-administrativos e assistentes do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da UFSCar e de outras áreas de apoio, além de um conselho consultivo, que inclui representantes dos alunos, e um conselho gestor. Mesmo com a interrupção de atividades presenciais em março de 2020, diferentes atividades foram realizadas, fruto do planejamento inicial do Projeto e das primeiras missões de trabalho e visitas de curta duração realizadas em 2019. Destacam-se como principais resultados a realização de oficinas de capacitação docente, compartilhamento de experiências tanto das parcerias com instituições nos EUA quanto na temática Mulheres na Engenharia, acolhimento dos calouros e iniciativas de integração e desenvolvimento profissional dos alunos. Como previsto nos objetivos do PMG, ações de transbordamento das iniciativas e lições aprendidas para os demais cursos de Engenharia da UFSCar também se encontram em andamento e serão concomitantes com o progresso do projeto para, futuramente, transbordarem a todos os campi e cursos da UFSCar e outras instituições.*

ABSTRACT: *The Movimenta Materiais Project was idealized from proposals to modernize the undergraduate course in Materials Engineering at UFSCar and was consolidated after its selection in CAPES and Fulbright Graduation Modernization Program (PMG). The main proposals include the implementation of two paths of knowledge establishing secondary fields in the student formation, as "Technological Innovation and Entrepreneurship" and "Computational Materials Engineering", initiatives for faculty training, and the identification of students with Materials Engineering, in addition to the reformulation of the curricular project of the course and closer approximation with the corporative and industrial sectors. The Project's operation is carried out by 6 working groups, composed of teachers, administrative technicians, and assistants from the UFSCar Center for Exact Sciences and Technology and other support areas, in addition to an advisory and a management board. Even with the interruption of presential activities in March 2020 due to the COVID-19 pandemic, different activities were carried out, as a result of the initial planning of the Project and the first work missions and short-term visits carried out in 2019. Results include the execution of training workshops for faculty members, sessions for sharing experiences both from partnerships with institutions in the USA and from the Women in Engineering thematic, welcoming freshmen, and initiatives for the integration and professional development of students. As foreseen in the PMG objectives, actions to spread out the initiatives and lessons learned for the other engineering courses at UFSCar are also in progress and will be concomitant with the progress of the Project to, in the future, spread out to all UFSCar campuses and courses and for other institutions.*

Introdução

Na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), o curso contemplado pelo edital de modernização do ensino de graduação foi o de Engenharia de Materiais (EMa), que teve início em 1970 no Campus de São Carlos. Pioneiro na América Latina, o curso de EMa da UFSCar é historicamente reconhecido por sua excelência, e de sua busca por melhorias constantes surgiu o interesse em participar do programa estruturado pela CAPES em conjunto com a Comissão Fulbright. O projeto recebeu o nome fantasia de Movimenta Materiais, expressando a inquietude e a constante renovação do curso ante a novas necessidades e caracterizando movimentos em diversas frentes educacionais. Além disso, é previsto que o Movimenta Materiais continue atuando mesmo após a finalização do Programa Institucional de Modernização (PIM), tornando-se parte do funcionamento do curso. Reconhecendo o papel fundamental de outros departamentos sobre o curso de EMa e visando o transbordamento das ações de modernização para outros cursos de Engenharia e Ciências Exatas da UFSCar, o projeto tem atuado constantemente em conjunto com o Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET) da UFSCar, tomando o nome de Movimenta CCET para as ações em nível institucional. No longo prazo, se espera o transbordamento das iniciativas e aprendizados deste projeto para todos os campi e cursos da UFSCar. A Figura 1 apresenta o logotipo criado para representar os projetos.

Figura 1: Logotipos do Movimenta Materiais e Movimenta CCET.



Objetivos da proposta de modernização

No projeto submetido à CAPES, foram elencados alguns pontos gerais e específicos a serem desenvolvidos durante a execução da iniciativa, relacionados a: projeto curricular do curso, formação docente, aproximação com o setor empresarial e industrial e disseminação da iniciativa.

Considerando o projeto curricular do curso, a iniciativa de modernização enfatiza a manutenção de uma formação técnica sólida e de excelência em Ciência e Engenharia de Materiais — dado o corpo docente altamente especializado e a qualidade e interesse dos estudantes — que, aliada a uma formatação clara de objetivos e de competências a serem desenvolvidas, deve resultar em uma visão forte para o futuro do curso. Considerando a formação a ser proporcionada, entende-se que é de suma importância desenvolver uma visão crítica pelo estudante sobre como suas atividades profissionais se mostram frente a aspectos sociais, ambientais e econômicos, uma vez que os profissionais formados certamente enfrentarão dilemas envolvendo tais aspectos.

Além disso, está prevista maior flexibilização no currículo do curso, dando a oportunidade para que os alunos escolham alguns pontos de interesse em sua formação. Nesse aspecto, está programada a criação de duas trilhas de conhecimento distintas das quais os alunos poderão escolher participar para complementar sua formação. Tais trilhas serão compostas por um conjunto de atividades curriculares optativas integradas que desenvolvam um certo conjunto de competências e conhecimentos técnicos.

A primeira dessas trilhas de conhecimento foi denominada Engenharia de Materiais Computacional e prevê o desenvolvimento de conhecimentos mais profundos sobre como a computação pode ser aliada à Ciência e Engenharia de Materiais tradicional para facilitar ou, até mesmo, acelerar tarefas comuns. Por exemplo, softwares de seleção de materiais, em conjunto com os de simulação computacional de processos e desempenho, permitem um incremento ímpar na formação de profissionais de Engenharia de Materiais. Isto porque, para ajustar os parâmetros de entrada da simulação, é preciso conhecer muito bem aquilo que se pretende avaliar baseando-se em dados experimentais e casos reais, e então, a partir dos resultados da simulação, aprende-se ainda mais com a interpretação dos resultados para aplicá-los na tomada de decisões nos projetos de engenharia.

A segunda trilha proposta foi denominada Inovação Tecnológica e Empreendedorismo e busca proporcionar aos estudantes o desenvolvimento de competências referentes a gestão tecnológica, gestão

de negócios e inovação. Esta parte do pressuposto de que um conjunto de técnicas, métodos e atitudes podem ser empregados em qualquer campo de atuação do engenheiro, seja na criação de uma *start-up*, uma *spin-off*, ou mesmo no meio corporativo em uma grande empresa; bem como de que as habilidades trabalhadas na educação empreendedora trazem a possibilidade de amadurecimento do profissional nos seus aspectos pessoais (*soft skills*) e profissionais.

Com relação à formação docente, o projeto ressalta a necessidade de agregar mais conhecimentos pedagógicos aos docentes envolvidos com o curso de EMa, além de muni-los com uma maior variedade de métodos de ensino e de avaliação. Para tanto, alguns recursos já existentes na Universidade são utilizados, e outros tipos de atividades (como workshops e palestras) são propostos de acordo com a necessidade e a disponibilidade dos professores parceiros no exterior. Assim, espera-se que a docência seja aprimorada para suportar os objetivos estabelecidos para o currículo do curso.

Visando uma maior aproximação com o setor empresarial e industrial, ações estão sendo delineadas considerando-se três estratégias. A primeira delas envolve expandir as atividades de pesquisa em parcerias com empresas, já tradicionalmente realizadas no Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) desde o início de suas atividades, aproveitando o credenciamento recente da UFSCar como uma nova unidade da EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) na área de Materiais e Processos Sustentáveis.

A segunda envolve a aproximação e troca de experiências entre os alunos do curso de Engenharia de Materiais da UFSCar e o setor produtivo através da formalização de parcerias com empresas, possibilitando a presença e exposição da marca em eventos internos, e da expansão da DEMa-Experience. A DEMa-Experience é uma atividade promovida pela associação de ex-alunos do curso (DEMaEx), que convida egressos para ministrarem aulas em determinadas disciplinas, contextualizando os conhecimentos da aula com suas atividades do dia-a-dia profissional.

A terceira e última estratégia é a de despertar o interesse dos alunos pelo empreendedorismo, que ocorrerá através da criação da já mencionada trilha de conhecimento em Inovação Tecnológica e Empreendedorismo. Além da experiência acumulada no DEMa e no CCET, o desenvolvimento desta trilha contará com a extensa experiência de docentes da UFSCar na área, além do aconselhamento dos coordenadores do MBI (*Master in Business Innovation*) Pegasus UFSCar, cuja trajetória prevê a educação empreendedora em três níveis: auto-inovação (*self-innovation*),

microempreendedor (*startup innovation*) e empreendedor corporativo (*corporate innovation*).

No que diz respeito à disseminação do projeto e de seus resultados, foi proposto divulgar amplamente os resultados e desenvolver materiais informativos em ambientes digitais, notavelmente em um site dedicado, que se encontra em construção. Também foi proposta a elaboração de cursos com aprendizados do projeto para disponibilização no Portal de Cursos Abertos da UFSCar (PoCA). Foi estipulada uma forte presença em congressos da área de Ciência e Engenharia de Materiais (como o CBECiMat, Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência de Materiais) e da área de Educação em Engenharia (como o COBENGE, Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia) para a apresentação e discussão dos resultados do projeto e para ministrar cursos e workshops envolvendo os aprendizados. Por fim, a extensa rede de contatos do DEMa, oriunda de seu pioneirismo na área de Engenharia de Materiais, também será utilizada para a promoção e multiplicação dos resultados observados.

Planejamento e metodologia do projeto

No primeiro ano do projeto Movimenta Materiais, as atividades foram divididas entre cinco grupos, sob a coordenação de um Grupo Gestor composto pelos coordenadores do curso de Engenharia de Materiais e pelo diretor do CCET. O Grupo 1 - **Métodos** ficou responsável por ações visando a formação docente e a análise e atualização do projeto pedagógico. Ao Grupo 2 - **Infraestrutura** foi atribuída a tarefa de administrar e discutir a destinação dos recursos recebidos. O Grupo 3 - **Beneficiários** ficou encarregado pelos editais e seleção dos Assistentes e, após a realização da primeira seleção, passou a contar com a participação dos selecionados. Já o Grupo 4 - **Missões** se encarregou dos editais para as missões de trabalho de intercâmbio de docentes. O Grupo 5 - **Comunicação** foi encarregado de relatar as atividades e auxiliar na divulgação das iniciativas¹, bem como pensar e concretizar estratégias para a ampliação da visibilidade da área de Engenharia de Materiais.

Ao fim deste primeiro ano, percebeu-se a necessidade de algumas mudanças, como a separação do Grupo 1 em duas frentes, devido ao grande número de tarefas, e a criação do Grupo 6 - **Desempenho Discente**, composto pelos coordenadores das engenharias, visando estudar estratégias para apoio ao aprimoramento do desempenho discente, como parte do transbordamento das iniciativas do projeto para outros cursos da UFSCar. Este novo grupo é responsável por analisar os processos e

problemas comuns a todos os cursos de Engenharia da UFSCar, em especial os ligados ao ciclo básico. É apresentado na Figura 2 um resumo sobre a composição e tarefas dos grupos de trabalho.

Figura 2: Resumo dos grupos de trabalho do projeto Movimenta.

Grupo 1 Método	A) Formação docente: fornecer ferramentas e metodologias B) Projeto pedagógico: planejar a nova proposta do projeto
Grupo 2 Infraestrutura	Planejar aquisições e necessidades dos laboratórios de ensino
Grupo 3 Beneficiários	Seleção e acompanhamento de beneficiários
Grupo 4 Missões	Planejamento das parcerias, visitas e missões
Grupo 5 Comunicação	Registro das atividades e divulgação do projeto
Grupo 6 Desempenho discente e Transbordamento	Estudos e estratégias de melhoria de desempenho discente

Principais resultados obtidos até Agosto de 2020

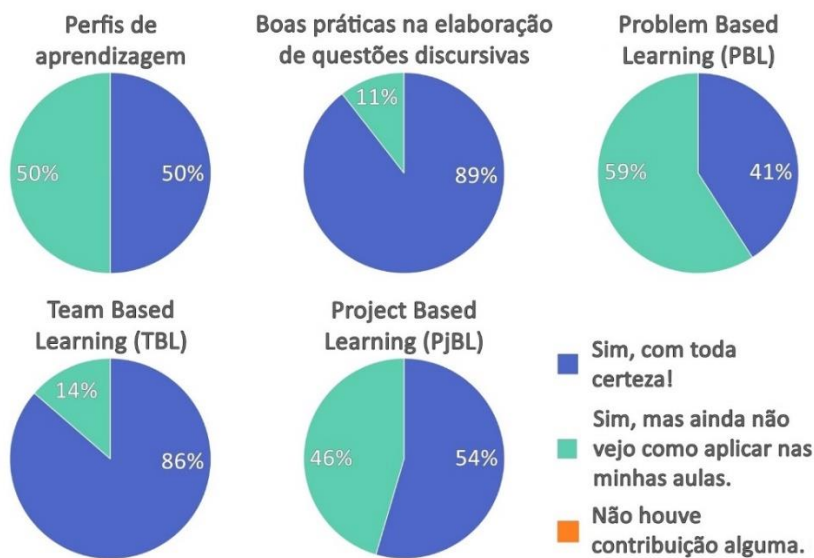
A seguir serão apresentados os principais resultados do projeto nestes primeiros 18 meses, divididos principalmente de acordo como os grupos de execução do previamente apresentados.

Ciclo de Oficinas em Metodologias Ativas e Estratégias de Avaliação

Entre 9 e 11 de março de 2020, o grupo Metodologia Ativa e Avaliação (MetAA) da UFSCar promoveu um Ciclo de Oficinas sobre metodologias ativas para 40 docentes do CCET. Foram três dias intensos de atividades

presenciais para discutir de forma ativa as metodologias de aprendizagem baseada em problemas (PBL), projetos (PjBL) e equipes (TBL), além de boas práticas para elaborar questões discursivas e a apresentação de diferentes estilos de aprendizagem. Após o evento, os participantes foram consultados a fim de avaliar se os temas apresentados os motivaram a incrementar os seus respectivos planejamentos pedagógicos. Cerca de metade dos participantes responderam à consulta e, apesar de todos os participantes se mostrarem inclinados a utilizar as metodologias ativas introduzidas nas oficinas, uma parcela considerável ainda não conseguia elaborar formas de incluir tais metodologias nas suas disciplinas (PBL: 59%; PjBL: 46%; TBL: 14%). A metodologia com maior aceitação entre os docentes foi a TBL, que dentre as três é a que requer menos recursos e alterações no planejamento pedagógico para a sua implementação, além de ser adequada a turmas com muitos alunos. Tal resultado aponta para a necessidade de intensificar a troca de experiências entre os docentes e multiplicar os meios de formação a fim de viabilizar a chegada das metodologias ativas à sala de aula. Os resultados detalhados sobre a avaliação do Ciclo de Oficinas podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3: Avaliação parcial dos participantes sobre os temas apresentados no I Ciclo de Oficinas sobre Metodologias Ativas e Estratégias de Avaliação.



Uma semana após o Ciclo e no início do semestre letivo, as atividades acadêmicas foram paralisadas devido à pandemia de Covid-19. Em nova consulta aos professores participantes, a maior parte (93%) afirmou recorrer aos conhecimentos adquiridos no Ciclo de Oficinas para estruturar suas aulas ao migrar para o ensino remoto. Os principais conceitos empregados pelos professores foram os de diferentes perfis de aprendizagem (71%) e boas práticas para elaboração de questões discursivas (43%), com as metodologias ativas aparecendo em segundo plano ou não sendo aplicadas na sua integralidade, pois estas são estruturadas para o ensino presencial. Dentre as discussões sobre a melhor maneira de retomar e estruturar o ensino, surgiu a Semana do Ensino Remoto para as Ciências Exatas e Tecnológicas (SERCET 2020), evento descrito a seguir (do qual todas as atividades foram gravadas em material que pode ser encontrado no canal do Youtube da SERCET UFSCar²).

Semana do Ensino Remoto para as Ciências Exatas e Tecnológicas (SERCET 2020)

A SERCET 2020 foi um evento proposto pelos coordenadores de curso das engenharias, com participação do corpo docente das engenharias e ciências básicas da UFSCar e organizado pelo Grupo 6 (Desempenho Discente e Transbordamento). O objetivo principal foi o de informar e formar os docentes do CCET a respeito das inúmeras ferramentas de ensino não presencial, plataformas e suas potencialidades, planejamento de atividades, elaboração de conteúdos, técnicas de avaliação e registro de frequência. Além dos docentes, a Semana contou com a presença dos discentes. Tal proposta veio ao encontro da necessidade da UFSCar ofertar disciplinas no formato remoto no ano de 2020 e nasceu do entendimento de que era necessário prover aos docentes momentos formativos para que pudessem realizar tais atividades. Assim, um evento com direcionamento ao ensino de ciências exatas e engenharias ganhou grande ressonância dentro do CCET, destacando sua relevância e a articulação com outros eventos sobre o ensino de engenharias promovidos pelo Movimenta CCET. O logotipo utilizado na divulgação do evento é mostrado na Figura 4.

Figura 4: Logotipo utilizado na divulgação do SERCET, sobre o Ensino Não Presencial Emergencial (ENPE).



Os impactos da Covid-19 no âmbito social, econômico e sanitário acarretaram transformações em diferentes setores da sociedade e, conseqüentemente, trouxeram um novo olhar para o modelo de Ensino Não Presencial. Este torna-se, além de uma solução para a retomada das atividades remotas, uma grande oportunidade para o estudo de ferramentas alternativas e/ou complementares de ensino, aprendizagem e avaliação.

Neste evento, foram abordadas a evolução do Ensino a Distância (EaD), passando pelos MOOCs (*Massive Open Online Course*), e suas perspectivas para o futuro. Com base nas necessidades e experiências impostas pelo cenário atual, relacionadas a esse método de ensino relativamente novo, nota-se que a tendência é que o sistema de aprendizagem não presencial, que vem ganhando força, se articule ao ensino presencial em um mesmo curso de graduação.

O evento, online, ocorreu na segunda semana de agosto de 2020, entre os dias 10 e 14, e foi formado por 5 módulos com pautas que englobam a conjuntura atual, tratadas através de palestras e mesas redondas virtuais:

MÓDULO 1 – Do Ensino Presencial Para o Ensino Remoto

MÓDULO 2 – Organização de Tempo e Planejamento da Carga Horária

MÓDULO 3 – Conteúdos e Aplicações do Ensino Remoto nas Engenharias e Exatas

MÓDULO 4 – Aprendizagem Ativa e Simulação no Ensino Remoto nas Engenharias e Exatas

MÓDULO 5 – Perspectivas e Infraestrutura Institucional

A SERCET 2020 fez parte das “Celebrações dos 50 Anos da UFSCar - ‘a pequena notável’”, bem como dos 50 Anos do Curso de Engenharia de Materiais (EMa) da UFSCar, o que coincide com os 50 Anos da Ciência e Engenharia de Materiais no Brasil e em toda a América Latina.

Webinários: Discussão das novas DCNs

Com a publicação das Novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de Engenharia no início de 2019 pelo Conselho Nacional de Educação, uma discussão acentuada acerca do tema surgiu, e diversos atores envolvidos se mostraram dedicados a esse debate, desde atores da indústria, participantes por meio da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e outras instituições; outros dedicados ao ensino de engenharia, por meio da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE); passando por atores que participam do credenciamento e regulação de atuação através do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA); até as próprias universidades. Este cenário gerou oportunidades de reflexão aprofundada sobre como reformular os currículos de Engenharia no âmbito da revolução da indústria 5.0, que emerge em uma sociedade altamente digitalizada e de rápida comunicação, focada na resolução de problemas e criação de valor, diversidade, descentralização, resiliência e sustentabilidade. Adicionalmente, como forma de integrar metodologias ativas de ensino e aprendizagem para que o aluno tenha maior protagonismo em sua formação (em uma alteração de formação com base em conteúdo para formação por competências), deve-se considerar o alto grau de inovação e de desenvolvimento contínuo do campo de ação da Engenharia, além de contemplar uma maior capacidade dos alunos sobre empreender em um ambiente econômico cada vez mais dinâmico.

Algumas iniciativas e discussões sobre como implementar as novas DCNs surgiram no âmbito dos cursos de graduação do CCET, buscando observar experiências externas e reflexões próprias à realidade da UFSCar. Nesse sentido, o departamento e o curso de Engenharia Civil e o Movimenta CCET se uniram para que essas discussões pudessem ser ampliadas e a reflexão pudesse abraçar todos os cursos de Engenharia do CCET. Assim, uma sequência de webinários sobre as novas DCNs começaram a ocorrer em meados de 2020, com o propósito de reunir a comunidade do CCET em uma imersão no debate sobre como atuar mediante as novas diretrizes e

como pensar o processo de reformulação curricular, aproveitando as experiências externas e verificando como as oportunidades locais e a realidade do CCET permitiriam alcançar tal objetivo. A proposta vai além de uma sequência de webinários, com um resultado intermediário na forma de um documento produto desses momentos de interlocução, que possa servir de guia aos departamentos e cursos do CCET envolvidos na discussão. Tais mudanças propostas vão ao encontro de vários propósitos de modernização dos cursos de Engenharia e permitirão uma conjugação entre as ações do Movimenta CCET, na proposta do transbordamento, com as experiências vivenciadas no exterior pelo Movimenta Materiais, e a necessária reformulação com diretrizes que regulam os cursos de Engenharia no âmbito nacional. Tal engajamento, interno ao CCET, que busca a criação de espaços de trocas e a construção de currículos acadêmicos mais enriquecidos, permitirá uma sequência de ações articuladas em torno da inovação e modernização propostas pelo PIM.

Interação com universidades dos EUA

Em relação às missões aos Estados Unidos, após processo de seleção, docentes e assistentes foram alocados em dois grupos. O primeiro, chamado de PMG Study Tour, contou com a participação de dois docentes do curso de Engenharia de Materiais. O PMG Study Tour foi uma iniciativa da Comissão Fulbright, CAPES e Embaixada Americana para visitas a instituições nos EUA com notória atuação em diversos temas de interesse do programa. Já o segundo grupo de assistentes e docentes dedicou-se, juntamente aos Grupos 3 e 4, à prospecção de instituições, centros e grupos de pesquisa/difusão de destaque no ensino e aprendizagem na graduação. Ressalta-se que, em sua fase inicial, o projeto de modernização tem um caráter mais abrangente e de planejamento, de modo a se reunir informações, analisar e estudar os principais processos/metodologias em execução nos EUA, e compará-los com as necessidades e realidades nacionais, em especial às do DEMa/UFSCar. Embora de curta duração (entre 15 e 60 dias), as missões foram acompanhadas pelos gestores durante toda a sua execução, de forma que se pudesse intensificar as experiências e contornar possíveis dificuldades no decorrer do processo.

Outra fundamental estratégia dos profissionais (docentes e assistentes) em missões nos EUA foi a posterior vinculação destes às equipes de trabalho do projeto, por pelo menos um ano após a volta ao País. Esse procedimento teve como objetivo a incorporação dos aprendizados adquiridos nos EUA, além da consolidação de um relacionamento mais ativo e perene com as instituições norte-americanas.

Por outro lado, com o advento da situação de pandemia de Covid-19, os intercâmbios presenciais de profissionais entre Brasil e EUA foram paralisados, o que se deve prolongar até o final do primeiro semestre de 2021, quando se espera uma normalização por imunização. De modo a não deixar que os esforços de interação entre os grupos no Brasil e EUA sejam mitigados, está em processo de organização uma série de workshops, seminários e palestras isoladas de profissionais norte-americanos por meios virtuais, baseando-se nos temas iniciais de interação.

Ainda em relação às viagens que puderam ser concretizadas, foram elencados pontos comuns das missões realizadas que evidenciaram o que poderia ser trazido para a realidade da UFSCar. Após o término das missões, docentes e assistentes participaram de ciclos de palestras para apresentar as primeiras reflexões acerca das experiências adquiridas para toda a comunidade universitária, formando importantes fóruns de discussões temáticas.

Os docentes e assistentes que participaram das missões trouxeram contribuições para as discussões do projeto resumidas na Figura 5. Dentre elas, destacam-se as iniciativas que visam o ensino focado no aluno, notoriamente com o uso de **metodologia ativas** (por exemplo, *Inquiry-based learning, Expeditionary Learning, Differentiated Instruction and Assessment* etc.), tendo o discente como o agente fundamental da sua própria aprendizagem. Além disso, foram recorrentes reflexões sobre o **empreendedorismo**, visando a diminuição do hiato entre os conhecimentos tecnológicos e acadêmicos e a sociedade; **aspectos sociais**, com o melhor entendimento das características geracionais dos discentes e suas correlações com a comunidade acadêmica, além da importância da inclusão das diversas populações historicamente excluídas no ambiente universitário e as vantagens da diversidade cultural e social; bem como sobre os **soft skills** a serem trabalhados, sendo estas habilidades comportamentais e de comunicação primordiais para o trabalho colaborativo em equipe, visadas no mercado de trabalho.

Outro importante aspecto evidenciado é o uso de novas tecnologias, classificado em dois grupos. O primeiro é o uso da tecnologia como ferramenta de aprendizado, como no uso de salas inteligentes e sistemas pessoais de resposta (*clickers*) ou através de aplicativos acionados pelos celulares. O segundo grupo consiste na tecnologia como foco de estudo em si, como o aprendizado de linguagens de programação, aprendizado de máquina, uso de programas de simulação, robótica, dentre outros. Por último, mas não menos importante, destaca-se a importância dos Professores Assistentes (*Teaching Assistants*), pós-graduandos que auxiliam no ensino, garantindo que os alunos obtenham o máximo benefício das atividades de aprendizagem, de acordo com o planejamento do docente

Desempenho Discente e Transbordamento

Uma das propostas do Movimenta CCET, para a atuação no Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, é viabilizar o transbordamento das experiências adquiridas pelo Movimenta Materiais para outros cursos de engenharia, ciências exatas e áreas do conhecimento correlacionadas na UFSCar, conforme previamente colocado. Para que esse movimento ocorra, são necessárias tanto uma disposição e a participação dos cursos para construir uma proposta inovadora de modernização dos currículos, quanto a identificação de problemas e de discussões presentes em pautas internas da própria universidade, e pautas externas, do mercado de trabalho, da sociedade e dos órgãos reguladores e avaliadores dos cursos. A convergência para que um grupo de trabalho do CCET possa discutir esses pontos não é uma tarefa simples e uma condução guiada e com ação efetiva dos atores torna-se, portanto, um desafio que deverá conduzir a um processo de enriquecimento acadêmico dos cursos de graduação.

Algumas discussões em torno de dificuldades e pautas internas dos cursos de graduação em exatas e engenharias transcorriam na UFSCar no ano de 2019, porém sem uma articulação que envolvesse um objetivo maior para transformação mais ampla dos cursos. Tais movimentos, então dispersos, acabaram configurando uma excelente oportunidade para o trabalho de transbordamento que o Movimenta CCET estava propondo. Essa oportunidade concretizou-se na união de um grupo de coordenadores dos cursos de Engenharia do CCET que, estimulados por dificuldades crescentes que os cursos vinham apresentando, iniciaram discussões e tentativas de encaminhamentos para a melhoria do ambiente acadêmico e curricular para os estudantes destes cursos. Inicialmente, os principais pontos de discussões giravam em torno do crescente número de reprovações em disciplinas; do agravamento de problemas relativos à saúde mental e a sofrimento psicológico dos discentes; falta de contextualização e integração dos conteúdos de disciplinas básicas com áreas específicas das engenharias; limitação das ofertas de vagas em disciplinas; emprego de metodologias de ensino restritivas e pouco inovadoras pelos docentes; além da falta de monitoramento sobre o progresso do aluno ao longo da vida acadêmica. Tais discussões começaram a ocorrer entre os cursos e logo os departamentos envolvidos foram sendo posicionados e trazidos para dentro delas, em espaço de diálogo e moderação fomentado pelo CCET, o que, por um lado, permitiu iniciativas para dar vazão a certas necessidades dos cursos e, por outro, fez com que as discussões que emergiram inicialmente pudessem ser aprofundadas, gerando novos debates e propostas de encaminhamento.

Ao final do ano de 2019, o grupo gestor do Movimenta criou o Grupo 6, ou G6, denominado grupo de Desempenho Discente e Transbordamento, que, para além de transbordar as experiências de modernização vivenciadas pelo Movimenta Materiais, busca tratar destas dificuldades identificadas pelas coordenações de cursos internamente à UFSCar. Aliado a isso, outras demandas crescentes emergiram a partir do cenário externo, como a implementação das novas DCNs para os cursos de Engenharia, a internacionalização dos cursos, as discussões ampliadas com todos os departamentos do CCET para reformulação dos currículos, os desafios criados pela necessidade do ensino remoto no contexto da pandemia de Covid-19, bem como oportunidades de ensino híbrido (presencial e remoto). Todas essas propostas tiveram encaminhamentos concretos ao longo do ano de 2020, com uma experiência inovadora de aplicação coordenada da disciplina de Cálculo 1 para Engenharias por um grupo de professores do Departamento de Matemática; projeto de acolhimento e acompanhamento dos alunos ingressante (calouros); a série de webinários sobre as novas DCNs já detalhada na seção 4.3; propostas de ampliação de dupla diplomação dos cursos de graduação, por meio de convênios com instituições estrangeiras; e a realização da SERCET (seção 4.2). Dessa forma, considerando o objetivo de transbordamento da iniciativa do Movimenta Materiais para os demais cursos de graduação da UFSCar – especialmente outros cursos de Engenharia e outros vinculados ao CCET –, está prevista a multiplicação das ações em âmbito próprio de cada curso, sendo então denominadas como Movimenta Produção (para o curso de Engenharia de Produção), Movimenta Química (para o curso de Química), e assim por diante.

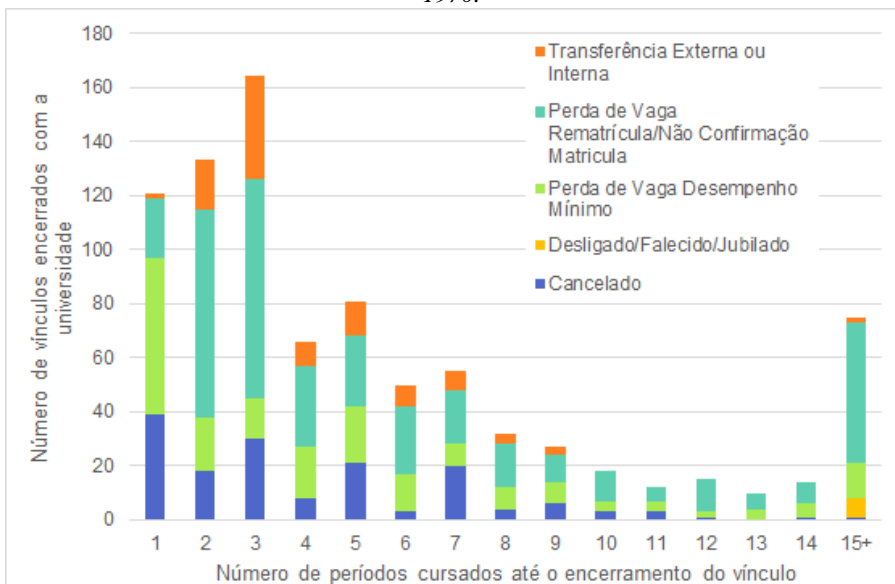
A idealização do Projeto de Acolhimento – A Jornada do Aluno no Ingresso à Universidade

Inspirado em anseios da coordenação do curso EMa, nas novas DCNs, no instrumento de avaliação de cursos do MEC e na missão PMG Study Tour, foi idealizado um projeto de acolhimento aos calouros de 2020. O objetivo do projeto é auxiliar a transição dos ingressantes do Ensino Médio à Universidade, promovendo a sensação de pertencimento ao ambiente universitário por meio de encontros com docentes dos cursos de Engenharia, do fortalecimento dos vínculos com seus colegas, com o Departamento e, conseqüentemente, com a Universidade.

A EMa- UFSCar tem uma taxa de evasão de cerca de 20%, o que pode ser considerado um índice baixo para um curso de engenharia A Figura 6 mostra um levantamento interno sobre a evasão de alunos do curso de EMa

da UFSCar, com base nos dados registrados na Diretoria de Gestão e Registro Acadêmico (DiGRA) da Pró-Reitoria de Graduação da UFSCar. É evidente a concentração da evasão nos três primeiros períodos do curso, ainda mais considerando aquelas ocorrências vinculadas ao desempenho e ao cancelamento da matrícula, sugerindo dificuldades dos alunos na adaptação ao ambiente universitário. Nesse sentido, o projeto de acolhimento se mostra como uma importante ferramenta para iniciar o combate à evasão do curso.

Figura 6: evasão de alunos do curso de EMa em razão do número de períodos cursados, considerando os alunos ingressantes a partir da fundação do curso, em 1970.



O projeto contou com a co-criação e participação direta da equipe do Departamento de Assistência à Saúde (DeAS) da UFSCar e dos alunos veteranos do curso de Engenharia de Materiais, através do Centro Acadêmico da Engenharia de Materiais (CAMA) e de alguns Assistentes do PIM. Uma dinâmica denominada “Shake-down de Problemas (sacudir para derrubar)” foi inicialmente realizada em três sessões com um grupo de discentes dos cursos das Engenharias de Materiais (EMa) e de Produção (EP) para levantar a Jornada do Aluno no 1º ano na Universidade. A partir do levantamento dos principais problemas enfrentados pelos calouros no

1º ano, foram elencados 8 temas para os encontros ao longo de todo ano de 2020:

- 1) Chegada - Boas Vindas! Vamos nos conhecer,
- 2) Gestão de Tempo para Estudos,
- 3) Lidando com a Ansiedade,
- 4) A Bioquímica do Bem Estar,
- 5) E pra você: o que é Engenharia de Materiais?
- 6) Auto-conhecimento,
- 7) Trabalho em Equipe e
- 8) Falando sobre Assédio, Preconceitos e Diversidade.

O projeto foi idealizado para ser realizado na modalidade presencial, sendo um encontro mensal tutorado por 2 docentes da EMA para grupos de até 10 alunos ingressantes e seus respectivos padrinhos. Aqui, é importante mencionar não apenas a co-criação do projeto com os alunos veteranos da EMA, mas também a participação direta dos mesmos no acolhimento dos calouros, que também apadrinharam seus colegas ingressantes. Como mencionado, o projeto foi idealizado para ser realizado no formato presencial, mas, devido à pandemia da Covid-19, está sendo redimensionado para que ocorra no formato remoto, através do Google Meet e outras ferramentas. Os 4 primeiros temas foram elencados para 4 encontros virtuais durante o primeiro período do ensino remoto na UFSCar (ENPE). Todos os docentes voluntários e discentes (calouros e padrinhos) se encontrarão para uma sessão de cerca de 20 minutos sobre o tema do encontro e, na sequência, se dividirão em grupos menores para a criação de um espaço seguro de partilha, onde todos tenham privacidade e possam se sentir à vontade para compartilhar suas dificuldades daquele período. Este projeto está nucleando uma nova iniciativa a ser desenvolvida com os alunos veteranos, na qual serão trabalhadas outras habilidades pessoais, ou *soft skills*, de forma a melhor preparar os alunos para a vida profissional. Esta iniciativa estará permeada à trilha de Empreendedorismo que se deseja estabelecer na matriz curricular do curso de EMA, que envolve o intraempreendedorismo como ponto de partida para o microempreendedorismo (*startup*, *spin-offs*) e o empreendedorismo corporativo, conforme já mencionado.

Projeto “Se liga, bixo”, pré-acolhimento

No contexto de atividades remotas, o acolhimento dos alunos ingressantes contou também com um projeto idealizado e executado entre maio e julho de 2020 pelos alunos de graduação das três principais atividades extracurriculares do DEMA/UFSCar: o CAMa, a Materiais Jr. (Empresa Júnior) e o jornal A Matéria. O projeto foi nomeado “Se liga, bixo!”, como são conhecidos os calouros na UFSCar, e as atividades consistiram na produção e divulgação de textos informativos sobre o curso e em encontros virtuais semanais para a apresentação e discussão de temas referentes à vida acadêmica e na profissão em Engenharia de Materiais. O foco foi para os calouros recém ingressados na Universidade e no curso, que tiveram pouco ou nenhum contato com o Departamento, docentes, técnico-administrativos e colegas de graduação e pós-graduação, devido à paralisação das atividades presenciais decorrente da pandemia de COVID-19. Os encontros foram divulgados para toda a comunidade do Departamento e contaram também com a participação de veteranos. Os textos e gravações dos encontros online se encontram disponíveis nas páginas de redes sociais dos grupos estudantis responsáveis. Assim, serão utilizados também para atividades de acolhimento e integração nos anos seguintes.

Os seguintes temas foram escolhidos para estes encontros online (organizados e executados pelos integrantes do CAMa e Materiais Jr.):

- A Engenharia de Materiais no combate à Covid-19, com a participação das professoras do DEMA e pesquisadoras da área de polímeros Alessandra de Almeida Lucas e Lidiane Cristina Costa.
- Caminhos que um Engenheiro de Materiais pode seguir, com a participação do coordenador do programa de estágios, professor Tomaz Toshimi Ishikawa, e o doutorando Bráulio Salumão de Oliveira, membro da DEMaEx - alumni da Engenharia de Materiais da UFSCar e Assistente do PIM.
- Possibilidades de intercâmbio durante a graduação, com a participação do professor do DEMA Guilherme Koga, que cursou seu doutorado na França, e do aluno Vitor Ferrari, que visitou instituições na Alemanha e Estados Unidos durante a iniciação científica.
- A importância de extracurriculares no mercado de trabalho, com a participação dos ex-alunos: Ana Paula Ciscato – supervisora de projetos na Saint-Gobain, Talyta Torrezan - pesquisadora sênior na Suzano Papel e Celulose e Vitor Covre – ex-trainee e *service delivery manager* na Ericsson.

- **LGBTQI+ na Engenharia**, com a participação de Isadora Dibo – analista de logística na Heineken, e Yuri Trigo – Vice-presidente de negócios na Brasil Júnior.
- **De bixo a CEO: a trajetória de um Engenheiro de Materiais**, com a participação de Sérgio Mazzer Rossitti, ex-aluno de graduação, sócio fundador e CEO da Grupo Metal.

Abaixo, elencamos alguns títulos e temas dos textos informativos escritos e publicados pelos integrantes do jornal *A Matéria*, para enfatizar a importância do trabalho que o grupo desenvolve:

- **Informações iniciais aos calouros: Tudo o que você precisa saber para entender como funcionam a materiais e a UFSCar.**
- **Atividades complementares: O que são? Para que servem?**
- **Iniciação Científica: Todos os detalhes das atividades mais comentadas da graduação.**
- **O ensino de cálculo na Universidade: entrevista com o Professor João Carlos Sampaio.**
- **Tutorias do PAAEG (Programa de Atendimento Acadêmico aos Estudantes de Graduação): Como funcionam? Como ter acesso?**
- **Oportunidades de intercâmbio: Estudar em um outro país durante a graduação.**
- **Onde aprender idiomas gratuitamente em São Carlos?**

Grupo Mulheres na Engenharia – Criação de um grupo de Afiliação Universitária da SWE (Society of Women Engineers) na UFSCar

O estímulo à participação de mulheres nos cursos de Ciências Exatas e Tecnológicas tem sido tema de debate há algum tempo a nível mundial. O *Gender Global Gap Report 2017*³, publicado pelo Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum*) traz em seu prefácio que “Para construir economias futuras que sejam ambas: dinâmicas e inclusivas, devemos assegurar que todos tenham oportunidades iguais. Quando mulheres e meninas não são integradas - tanto como beneficiárias como formadoras - a comunidade perde habilidades, ideias e perspectivas que são pontos críticos para enfrentar os desafios globais e aproveitar as novas oportunidades”. Assim, o estímulo à participação das mulheres na oferta de soluções para os problemas mundiais tem crescido ano a ano. Desta forma, a nossa comunidade tem se organizado para contribuir com este debate e criar espaços de acolhimento e discussão das questões entre as mulheres e

outras minorias dos cursos de engenharia da UFSCar, extensivo num futuro breve às discentes dos cursos de exatas como um todo.

O objetivo é criar propostas que promovam o fortalecimento das mulheres discentes dos nossos cursos e estratégias para a divulgação da participação das mulheres nas áreas de exatas, estimulando assim meninas para que optem por profissões de acordo com suas verdadeiras aptidões e não de acordo com estereótipos sociais. Assim, o grupo “Mulheres na Engenharia” foi tema da missão da Assistente do PIM Bruna Scanavachi nos EUA e com a participação de alunas e ex-alunas da EMA está sendo criado um núcleo de Avaliação Internacional da SWE - *Society of Women Engineers*. Vale ressaltar que um número crescente de empresas tem reconhecido o importante papel de mulheres para o desenvolvimento e crescimento de suas corporações. São empresas que promovem a inclusão da diversidade em seu quadro de funcionários e reconhecem as suas contribuições não apenas no ambiente de trabalho, mas na produtividade das empresas como um todo. A existência destes espaços conecta as mulheres recém formadas com os seus futuros empregadores, que muitas vezes afirmam ter dificuldade em encontrar os talentos femininos para preencher uma vaga de emprego com a rapidez exigida.

Mini-curso Gestão de Carreiras

O minicurso “Gestão de Carreiras para Engenheiros de Materiais” foi idealizado e realizado em conjunto com a coordenação de curso e do Centro Acadêmico da Engenharia de Materiais. O minicurso contou com 80 inscrições de alunos de todos os anos da graduação, com destaque para uma participação expressiva dos alunos com perfis dos dois primeiros anos. As atividades foram divididas em 9 encontros online semanais, com duração de 1 hora cada, que foram gravadas e disponibilizadas em nuvem para consulta posterior. Os encontros foram divididos em 3 partes principais e nos seguintes temas:

- 1) Valorizando nossa profissão
 - O que é Engenharia de Materiais?
 - Como a profissão evolui no Brasil?
 - Quais os desafios do presente e do futuro?
- 2) Construindo um perfil profissional
 - Onde encontrar oportunidades?
 - Quais as competências mais valorizadas?

- O que podemos fazer ainda na Universidade?
- 3) Processos Seletivos e mudanças de planos.
- Currículos e redes sociais.
 - Dinâmicas de grupo e entrevistas.
 - Mudanças de planos

Ao final de cada um dos 8 primeiros encontros, os alunos tinham como tarefa proposta procurar informações de boa qualidade sobre cada tema, fazer uma análise a ser compartilhada com os colegas, ou mesmo exercitar a elaboração de uma parte de seus currículos. Antes do encontro da semana seguinte, o compilado das respostas era disponibilizado aos participantes para consultas futuras. O último encontro contou com a participação de ex-alunos de graduação e pós-graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar representando os perfis industrial-corporativo, acadêmico-pesquisador e empreendedor, que permitiu aos participantes o contato com diferentes histórias de carreiras e suas mudanças de planos e caminhos profissionais. O *feedback* do evento foi bastante positivo com a perspectiva de se tornar uma atividade a ser realizada novamente nos próximos anos.

Disciplina Estudantes Embaixadores do Curso de Engenharia de Materiais da UFSCar

Na UFSCar, disciplinas podem ser ofertadas como uma Atividade Curricular de Integração entre Pesquisa, Ensino e Extensão (ACIEPE⁴), atividades eletivas que buscam estreitar a relação entre a universidade e a sociedade por meio de projetos que envolvem a participação de professores, servidores técnico-administrativos e estudantes. Em 2019, foi criada como ACIEPE a disciplina “Estudantes embaixadores do curso de engenharia de materiais da UFSCar”, sendo a atividade ofertada pela primeira vez no segundo semestre do mesmo ano.

Tal disciplina tinha como objetivo capacitar os estudantes participantes para atividades de divulgação científica e profissional envolvendo o escopo de atuação de formados em engenharia de materiais, para que pudessem fazer visitas em escolas de ensino médio (preferencialmente aquelas onde os próprios alunos cursaram o ensino médio) visando uma divulgação do curso. Dessa forma, os participantes da ACIEPE conseguiram divulgar a profissão em engenharia de materiais ao público pré-vestibular em uma linguagem acessível e próxima à realidade desses estudantes.

Considerações finais e Atividades previstas a serem trabalhadas nos próximos meses

O Movimento Materiais, PIM do ensino de graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar, trouxe nova dinâmica tanto para o curso de Engenharia de Materiais quanto para a comunidade do CCET-UFSCar, com um transbordamento natural de todas as suas atividades. Embora o curso de Engenharia de Materiais tenha sido tradicionalmente reconhecido como de excelência, avanços importantes foram notados no que diz respeito às novas práticas pedagógicas utilizando metodologias ativas de ensino, agora traduzidas para o ensino remoto, integração curricular e implementação de novas trilhas de aprendizagem no Projeto Pedagógico do Curso da Engenharia de Materiais. Assim, docentes dos cursos de engenharia têm saído de sua zona de conforto para entender o seu papel neste processo de modernização do curso, num mundo em transformação cada vez mais exigente, cuja participação das habilidades e competências dos engenheiros se faz primordial. As interações com as universidades americanas, através do PMG Study Tour ou das missões docentes e assistentes, inspiraram muitas propostas que trarão importantes contribuições não apenas para a modernização do curso, mas para a formação integral dos nossos engenheiros, facilitando a discussão e a implementação das novas DCNs. Esta interação inspirou todas as atividades transformadoras descritas ao longo deste capítulo e ressaltamos aqui que é apenas o começo, sendo o segundo de oito anos de projeto.

Até o final do ano de 2020, duas metas principais se colocam para o Movimento Materiais: o planejamento das trilhas de Inovação Tecnológica e Empreendedorismo e de Engenharia de Materiais Computacional, e a formação do conselho consultor. O planejamento das trilhas envolve a definição de disciplinas ou atividades extracurriculares obrigatórias e optativas de cada trilha, seus planos de ensino e a definição de docentes responsáveis, assim como de áreas de apoio e de recursos físicos e humanos. Como o curso de Engenharia de Materiais da UFSCar já possui suas ênfases por áreas de conhecimento (materiais metálicos, materiais cerâmicos e materiais poliméricos), as novas trilhas devem se integrar ao currículo básico e profissionalizante sem penalizar a proposta de sólida formação técnica esperada aos egressos do curso.

Por fim, como previsto na proposta inicial de organização e gestão do Projeto, o conselho consultor será formado por egressos e profissionais de referência em diferentes áreas de atuação em Engenharia de Materiais no Brasil. Cientes das demandas de competências desejáveis para os profissionais recém-formados e mais próximos dos desafios corriqueiros da

profissão, espera-se que os membros desse conselho sejam ativos em contribuir com propostas e na implementação de melhorias no curso de graduação. Através dos mesmos, também espera-se promover a aproximação com o setor produtivo, empreendedor e de excelência em pesquisas industriais e acadêmicas, que serão fundamentais para a formação dos alunos atuais, oportunidades para os egressos e a manutenção da excelência da Engenharia de Materiais e da UFSCar.

Referências Bibliográficas

- PEZZO, M. **Engenharia do Futuro**. Revista UFSCar, São Carlos, ano 3, n. 4, p.14, dezembro de 2019. Disponível em: [http:// http://revista.ufscar.br/edicoes-online/04/mobile/index.html#p=14](http://revista.ufscar.br/edicoes-online/04/mobile/index.html#p=14)
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **I Semana do Ensino Remoto para Ciências Exatas e Tecnológicas**, 2020. Disponível em <https://www.youtube.com/channel/UCooPQqBonjCsMNe6teSqWeg>>. Acesso em: dezembro de 2020.
- SCHWAB, K. et al. **The Global Gender Gap Report 2017**, The World Economic Forum, 2017. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-global-gender-gap-report-2017>>. Acesso em: dezembro de 2020.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **Atividade Curricular de Integração entre Ensino, Pesquisa e Extensão (ACIEPE)**, 2020. Disponível em <http://www.prograd.ufscar.br/estudantes-de-graduacao/arquivos-estudantes/aciepes>>. Acesso em: dezembro de 2020.

Redesenho do Currículo a partir da análise de *Stakeholders* no curso de graduação em Engenharia de Produção da UFRGS

*Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco**, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, Carla Schwengber ten Caten, Joana Siqueira de Souza, Angela de Moura Ferreira Danilevicz, Christine Nodari, Diana Ramos Lima, Camila Costa Dutra, Istefani Carísio de Paula, José Luis Duarte Ribeiro

*macannarozzo@gmail.com



Redesenho do Currículo a partir da análise de Stakeholders no curso de graduação em Engenharia de Produção da UFRGS

Curriculum Redesign from Stakeholders Analysis in Undergraduate Program of Industrial Engineering at UFRGS

Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco; Luiz Carlos Pinto da Silva Filho; Carla Schwengber ten Caten; Joana Siqueira de Souza; Angela de Moura Ferreira Danilevicz; Christine Nodari; Diana Ramos Lima; Camila Costa Dutra; Istefani Carísio de Paula; José Luis Duarte Ribeiro

RESUMO: O presente capítulo apresenta as atividades que levaram à definição do Design Conceitual que está embasando a proposição de um novo currículo para o curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Esse é um resultado parcial do Projeto Institucional de Modernização (PIM) em desenvolvimento na Escola de Engenharia da UFRGS, no âmbito do Programa de Modernização da Graduação em Engenharia (PMG) fomentado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela Comissão Fulbright. Para geração do referido Design Conceitual foram desenvolvidas 3 atividades fundamentais: i) identificação e análise de expectativas dos stakeholders; ii) definição dos requisitos necessários/desejados para o novo currículo e iii) redesenho do currículo com base nos requisitos estabelecidos, nas competências desejadas para o perfil de egresso definido para o curso, e nos insights derivados das interações e benchmarking com universidades norte-americanas parceiras do programa PMG. Dentre os principais resultados atingidos destaca-se a estruturação do novo currículo em blocos de conhecimento fundamentais relacionados às áreas tronco da Engenharia de Produção, associada à adoção de uma estratégia de atribuição de certificados parciais pela finalização de cada bloco. Além disso, a nova proposta curricular inclui diversos projetos integradores, que adotam o Project-Based Learning e oferecem uma oportunidade qualificada para implantar a curricularização da extensão. Através dos projetos integradores se objetiva, ainda, fomentar a interdisciplinaridade, desenvolver competências transversais, e estimular os alunos a se engajarem em problemas reais provenientes de demandas do mercado ou da sociedade. Por fim, cabe destacar que o Design Conceitual do novo currículo se orientou por alguns conceitos considerados estratégicos para promover melhorias no ensino de engenharia: (i) a adoção de um currículo mais flexível; (ii) o estímulo ao emprego de práticas pedagógicas inovadoras e embasadas na aprendizagem ativa; (iii) o estabelecimento de um currículo sistêmico e interdisciplinar e, (iv) a incorporação de temáticas atualizadas nas atividades de ensino, identificadas a partir dos contatos efetuados com stakeholders ou das interações com as universidades parceiras.

ABSTRACT: *This chapter presents the activities that led to the definition of the Conceptual Design that subsidizes the new curriculum of the undergraduate degree on Industrial Engineering at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS). This is a partial result of the Institutional Modernization Project (PIM) under development at UFRGS' School of Engineering, in the scope of the Program for Modernization of Engineering Undergraduate degrees (PMG) fostered by CAPES and Fulbright Commission. To generate the Conceptual Design 3 activities were undertaken: (i) identification and perception analysis of stakeholders, (ii) definition of the desired/necessary requirements for the new curriculum and (iii) redesign of the curriculum based on the defined requirements, competencies for the envisioned alumni profile and insights generated from interactions and benchmarking carried out with partner US universities. Among the main results achieved, it stands out the structuring of the new curriculum in blocks of knowledge related to trunk areas of Production Engineering, together with partial certificates given on completion of each block. In addition, the new curriculum proposal includes several integrative projects, which use Project-Based Learning and offer a qualified opportunity to integrate outreach and learning activities. The adoption of integrated project activities also helps to foster interdisciplinarity, to develop transversal competencies, and encourages students to engage in real problems derived from market or society demands. The conceptual design of the new curriculum was guided by concepts consider strategic to promote improvements in engineering teaching: (i) the adoption of a more flexible curriculum; (ii) the use of innovative pedagogical practices based on active learning; (iii) the establishment of a systemic and interdisciplinary curriculum and (iv) the incorporation of emerging and current topics in teaching activities, identified from stakeholders or partner universities.*

Introdução

O perfil que se deseja em um engenheiro do século XXI vai além do profissional com sólidas competências técnicas e engloba outras habilidades necessárias e complementares, como referido em diversas publicações e estudos que avaliam as demandas e tendências do ensino de engenharia, como Goldberg e Somerville (2014). Como cita Korman (2015), as empresas estão cada vez mais demandando um profissional que, além de ter capacidade analítica e raciocínio lógico, seja capaz de imaginar e criar a partir do inexistente, que tenha habilidades de comunicação, de articulação e de liderança.

O ensino superior de engenharia vem buscando se adequar para melhor atender a essas necessidades, de forma a preparar os engenheiros do futuro com as habilidades e conhecimentos que serão demandados para trabalhar em ambientes com alta volatilidade, marcados por mudanças rápidas, incertezas e complexidades (Meixell *et al.*, 2015). O caminho para atender essa nova realidade passa por uma abordagem sistêmica que integre e articule a formação dos alunos, a estrutura curricular do curso e

as práticas pedagógicas adotadas, como discutido em ABENGE MEI/CNI (2018).

Diante dessa necessidade, muitas universidades passaram a discutir estratégias e traçar planos para a modernização, atualização e/ou redesenho de seus currículos de graduação em engenharia. Esses projetos visam melhorar a formação e incrementar a competitividade e empregabilidade de seus egressos, por meio de uma trajetória de ensino que promova uma combinação planejada e estimulante de conhecimento técnico, experiência prática e desenvolvimento de habilidades sociais.

Nesses esforços de modernização do ensino da educação em engenharia, podem-se identificar algumas premissas relevantes que costumam ser adotadas na reestruturação de currículos, como o incentivo às abordagens interdisciplinares, a exposição tanto a questões científicas como tecnológicas, e a busca de integração de conhecimentos referentes a aspectos econômicos, políticos, éticos, sociais e ambientais.

O desenho dos novos currículos de engenharia tem que levar em conta, além das mudanças na expectativa de atuação de engenheiros, as progressivas alterações nas dinâmicas de sala de aula, na relação com o conhecimento, na psicologia de alunos e nas estratégias de ensino que estão se consolidando no século XXI.

O desafio é gerar estruturas curriculares inovadoras, que permitam equilibrar a formação técnica e social, estimular o protagonismo, fomentar a criatividade e a capacidade de formulação e resolução de problemas, propiciando um ambiente desafiador e estimulante para geração de um egresso capaz de trabalhar com problemas complexos, de forma criativa, organizada e crítica, buscando soluções ágeis e eficazes.

O redesenho dos projetos pedagógicos curriculares dos cursos de engenharia no Brasil deve, ainda, considerar as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) estabelecidas para a graduação em engenharia, de acordo com decisão do Conselho Nacional de Educação (CNE, 2019), que, entre outras questões, adota a ideia de um ensino baseado em competências.

O ensino baseado em competências se alinha à atual realidade do mercado de trabalho para o qual se necessita preparar os alunos. Cada vez mais as organizações tendem a utilizar perfis de competências para selecionar seus colaboradores, ao invés das tradicionais descrições rígidas de cargos. Como explica GATAI (2008), essa abordagem permite à gestão das empresas compreender melhor como montar times ou como ajustar as competências do seu pessoal a novas posições, o que confere mais agilidade para responder às oscilações do mercado.

O desafio que se coloca às universidades brasileiras é efetivar uma análise crítica e criativa de seus currículos, identificando as necessidades de ajuste e implantando propostas inovadoras que estimulem jornadas de aprendizagem mais flexíveis e integradoras, capazes de fomentar competências e acolher as novas necessidades de formação dos alunos, em linha com as emergentes demandas da sociedade e do mercado de trabalho para seus egressos.

Nesse contexto, deve-se destacar o caráter estratégico do PMG, promovido em conjunto pela CAPES e pela Comissão Fulbright. Esse projeto fomentou a formação de uma rede de 8 universidades brasileiras, públicas e privadas, compromissadas em implantar projetos piloto de modernização de cursos de engenharia que servem de laboratório, exemplo e inspiração para que se possa promover ações de modernização do ensino superior brasileiro, iniciando pelos cursos de engenharia.

No caso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o projeto se baseia no redesenho do currículo, das estratégias de aprendizagem e dos ambientes de ensino usados pelo curso de Engenharia de Produção. O mesmo tem sinergia com um programa institucional de promoção da Inovação, Criatividade e Empreendedorismo, Programa F(ICE), que já vinha sendo desenvolvido pela gestão da Escola de Engenharia (EE) desde 2013 e é visto como um exemplo para que se transformem todos os cursos de engenharia associados à EE. Dado o interesse pelo tema e o fato de que a UNISINOS também é participante da rede PMG, têm-se a expectativa que a partir dessas iniciativas se acelere um movimento que atinja todos os cursos de engenharia do Rio Grande do Sul.

Objetivos

O objetivo principal deste capítulo consiste em descrever as atividades e ideias que levaram à definição do *Design* Conceitual do projeto PMG/UFRGS. A definição de um *Design* Conceitual para orientar a modernização do novo currículo do curso de Engenharia de Produção da UFRGS é uma etapa fundamental na metodologia proposta para o desenvolvimento do Projeto Institucional de Modernização (PIM) concebido pela equipe envolvida na implantação das mudanças na EE/UFRGS.

De acordo com essa metodologia, a modernização da graduação em Engenharia de Produção na UFRGS será sustentada por meio de alterações curriculares, inclusão de práticas pedagógicas inovadoras e capacitação de docentes. O desafio autoimposto é ofertar novas rotas para o

desenvolvimento de profissionais, que promovam o aperfeiçoamento das competências necessárias, mapeadas com apoio dos egressos e do mercado, para enfrentar os desafios e as oportunidades advindos das mudanças rápidas, incertezas e complexidades que moldam o cenário da engenharia e da sociedade no século XXI (e.g., GRAHAM, 2012; PARASHAR; PARASHAR, 2012; MEIXELL *et al.*, 2015).

As ações chave que subsidiaram o processo de *Design* Conceitual do novo currículo foram:

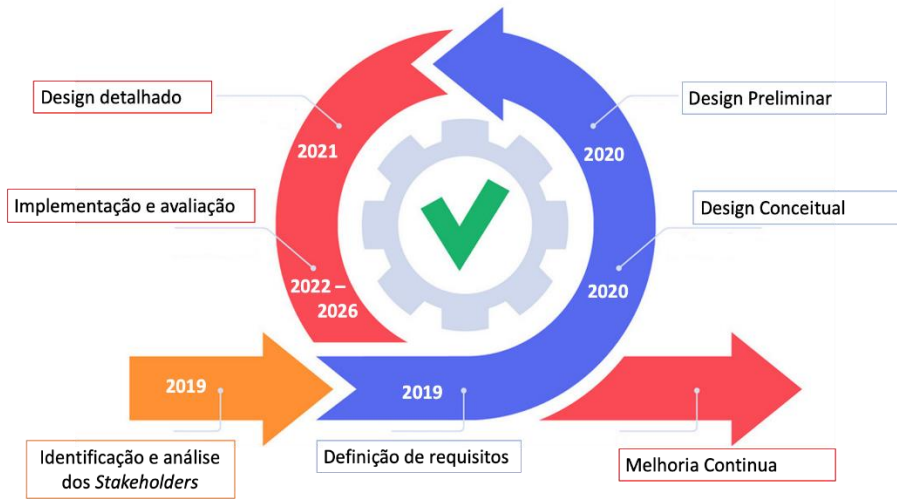
- As interações com Universidades dos Estados Unidos da América (EUA), para *benchmarking* e identificação de oportunidades para a modernização do curso.
- O mapeamento e engajamento com os *stakeholders* do processo de modernização do curso de graduação, para análise e levantamento de demandas e expectativas;
- A definição de requisitos considerados essenciais para o *Design* Conceitual do novo curso, incluindo as competências desejadas para o perfil do egresso, o emprego de práticas pedagógicas inovadoras de ensino, entre outros.

Abordagem Metodológica

A abordagem metodológica empregada para a modernização do curso de Engenharia de Produção da UFRGS foi baseada na sistemática do Processo de Engenharia de Sistemas discutida por Buyurgan e Kiassat (2017) e Meixell *et al.* (2015).

Essa sistemática, representada na Figura 1, permite realizar uma análise das expectativas das partes interessadas e o mapeamento de requisitos, subsidiando a geração de um processo de *design* iterativo até gerar que se atinja o *design* detalhado considerado satisfatório para o currículo, o qual é avaliado e melhorado continuamente, mesmo depois da implementação (BUYURGAN e KIASSAT, 2017; MEIXELL *et al.*, 2015). Esta abordagem já é amplamente aplicada na condução de projetos de modernização de cursos de graduação na área de engenharia (BUYURGAN e KIASSAT, 2017; MEIXELL *et al.*, 2015; MOORE e VOLTMER, 2003) e está alinhada ao *framework* teórico denominado CDIO (*Conceive-Design-Implement-Operate*), proposto por CRAWLEY *et al.* (2007), uma das principais referências no campo de modernização de ensino de engenharia.

Figura 1. Processo de modernização do curso



Fonte: Adaptado de Buyurgan e Kiassat (2017) e Meixell et al. (2015)

Para o desenvolvimento do trabalho foram gerados 7 (sete) grupos de trabalho destinados a trabalhar com aspectos chave para o desenvolvimento do projeto: gestão, infraestrutura, currículo, práticas pedagógicas, missões, stakeholders e publicações. Cada grupo contava com um docente líder, com outros docentes impulsionadores, e com discentes de pós-graduação, que atuam como assistentes do projeto. O andamento dos trabalhos está sendo harmonizado pela gestão do programa. Os grupos geraram informações e promoveram ações que abasteceram as etapas preparatórias para a geração do Design conceitual, fase inicial do ciclo de melhoria e estágio atual de implantação do projeto. O presente capítulo relata e discute os resultados das três primeiras etapas mostradas na Figura 1.

A primeira etapa envolveu a Identificação e análise dos Stakeholders e foi orientada para o levantamento de elementos-chave que devessem ser incorporados na nova proposta curricular (BUYURGAN e KLIASSAT, 2017). Durante esta etapa, foram **identificados e priorizados os diversos stakeholders** do curso, a partir do uso de ferramentas de análise e gestão de *stakeholders* (DIAS et al., 2016; NESELLO e FACHINELLI, 2017).

Consideram-se como *stakeholders* principais do curso os discentes, os docentes, a universidade, os egressos, as associações de classe (e.g., Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO; Associação Brasileira de Educação em Engenharia - ABENGE), as entidades reguladoras

(e.g., Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP; Ministério de Educação - MEC), os parceiros da indústria (empresas, Sistema S), os potenciais empregadores e a comunidade local.

Além disso, foram contemplados como *stakeholders* outras instituições parceiras e cursos de graduação em engenharia de produção no Brasil e no exterior. No âmbito do PMG, as universidades norte-americanas parceiras foram consideradas como um dos principais *stakeholders* para *benchmarking*, em termos de prospecção de ideias e iniciativas de projetos inovadores de currículo, práticas pedagógicas e infraestrutura.

Cabe destacar que o PIM da Engenharia de Produção da UFRGS adota como estratégia fundamental a busca de interações e parcerias com as universidades dos EUA, pela possibilidade de alavancagem e transferência de experiências. Por isso, investiu fortemente na realização de missões externas e promoção da vinda de especialistas à UFRGS, para desenvolvimento do programa e para estabelecimento de parcerias estratégicas de longo prazo. A ideia é trabalhar fortemente com a ideia de redes regionais, nacionais e internacionais, considerando que o processo de modernização do ensino superior está em aceleração globalmente.

Desta forma, uma das ações fundamentais nesta etapa de mapeamento e interação com *stakeholders* consistiu na realização de **missões para benchmarking**. A primeira missão, ocorrida no princípio de 2019, contemplou a *University of Central Florida* (UCF), a *University of Florida* (UF), a *University of South Florida* (USF) e a *University of Illinois at Urbana-Champaign* (UIUC). A segunda missão, ocorrida no segundo semestre de 2019, incluiu a *University of Tennessee* (UT), a *Kennesaw State University* (KSU) e a *University of South Carolina* (SC). Em todas foram feitas reuniões com pessoas chave, discussões sobre estrutura de cursos e sobre estratégias de aprendizagem dentro e fora da sala de aula, assim como visitas a espaços de ensino e de interação e acompanhamento de atividades de ensino inovadoras.

O Quadro 1 mostra uma síntese das diversas técnicas e estratégias adotadas para a coleta e análise das contribuições dos *stakeholders*. Uma abordagem mais detalhada pode ser encontrada em Tinoco *et al.* (2019).

Quadro 1 - Técnicas de coleta e análise de dados dos stakeholders

<i>Stakeholders</i>	Coleta de dados	Análise de dados
Discentes do curso	Pesquisa descritiva com 96 alunos do curso para levantamento de expectativas e demandas sobre o novo currículo.	Análises descritivas
Docentes	5 Grupos focais para análise dos pontos fortes e fracos do curso e levantamento de necessidades para o novo currículo.	Análise de conteúdo
Egressos	Pesquisa descritiva com 254 egressos do curso para avaliar a necessidade de competências no perfil do egresso.	Análises descritivas e análise de variância.
Empresas parceiras	Entrevistas semiestruturadas em 4 empresas parceiras para identificar necessidades de competências no perfil de egressos do curso.	Análise de conteúdo
Universidades norte-americanas	2 Missões para benchmarking em universidades norte-americanas.	Análise de conteúdo
Associações de classe e entidades regulamentadoras	Pesquisa bibliográfica para identificar requisitos regulamentares sobre o curso.	Análise de conteúdo

Fonte: Equipe PIM-UFRGS (2020)

A segunda etapa envolveu a Definição de Requisitos e tinha como objetivo principal **avaliar e determinar os requisitos desejados/necessários para o curso e para o profissional de Engenharia de Produção (EP)**, considerando as expectativas e demandas dos *stakeholders* e as ações de *benchmarking* realizadas na etapa anterior.

Os requisitos foram organizados em termos de competências do perfil do egresso, elementos obrigatórios do currículo, práticas pedagógicas inovadoras, métodos de avaliação de competências, requisitos de infraestrutura e outros elementos estratégicos para a modernização do curso.

As ferramentas empregadas para identificação e priorização de requisitos foram baseadas na metodologia de Gestão de Requisitos (KOTONYA e SOMMERVILLE, 2000; SOMMERVILLE, 2007), a partir do uso da técnica QFD (*Quality Function Deployment*) (Ribeiro *et al.*, 2001).

A análise e priorização dos requisitos foi realizada a partir de *workshops* com docentes do curso e membros da Comissão de Graduação e do Núcleo Docente Estruturante (NDE). Como parte da análise de requisitos, **foram definidas as competências desejadas no perfil do egresso** do curso de Engenharia de Produção, a partir da realização de um grupo focal com os docentes do NDE.

Durante o desenvolvimento desta etapa se recebeu a **visita de dois especialistas dos Estados Unidos da América**, que haviam sido contatados durante a missão de mapeamento e interação com *stakeholders* realizada no primeiro semestre do ano 2019. Esses especialistas, Dr. Luis Rabelo da *University of Central Florida* (UCF) e Dra. Katie Basinger, da *University of Florida* (UF), haviam participado do processo de modernização de cursos de engenharia em suas instituições, e foram convidados a compartilhar suas experiências relativas a estratégias para alteração curricular, implementação de práticas pedagógicas inovadoras, incorporação da cultura de colaboração universidade-indústria e capacitação e engajamento de docentes, fatores considerados estratégicos para o novo desenho do curso na UFRGS.

Os especialistas visitantes participaram de diversas reuniões com a equipe do PIM e com outros docentes do curso, propiciando um enriquecedor *benchmarking*, que levantou aspectos como posicionamento estratégico que a Engenharia de Produção da UFRGS deveria adotar, em nível de curso e em nível de formação profissional, visando garantir que os egressos possuam proficiência em conhecimentos que os valorizem e diferenciem no mercado.

Ademais, os especialistas organizaram junto aos docentes e acadêmicos da UFRGS atividades como *workshops* de capacitação docente e palestras, que favoreceram o engajamento, pela geração de um ambiente de troca de experiências, desenvolvimento de inovações e experimentação de práticas pedagógicas inovadoras, que exemplificaram como promover atividades para estimular o empreendedorismo e a liderança em graduandos de engenharia, conjugando essas *soft skills* com uma sólida base teórica e prática.

Na terceira etapa foi discutido e proposto o *Design Conceitual* do novo currículo, redesenhado a partir das competências do perfil do egresso e dos requisitos identificados nas etapas anteriores. Para tanto foram realizados dois grupos focais com docentes da Comissão de Graduação e do Núcleo Docente Estruturante (NDE).

Nesta etapa também foram realizadas entrevistas com docentes para verificar lacunas no currículo atual e pesquisa junto aos discentes para avaliação do nível de implementação das práticas pedagógicas inovadoras nas atividades acadêmicas atuais.

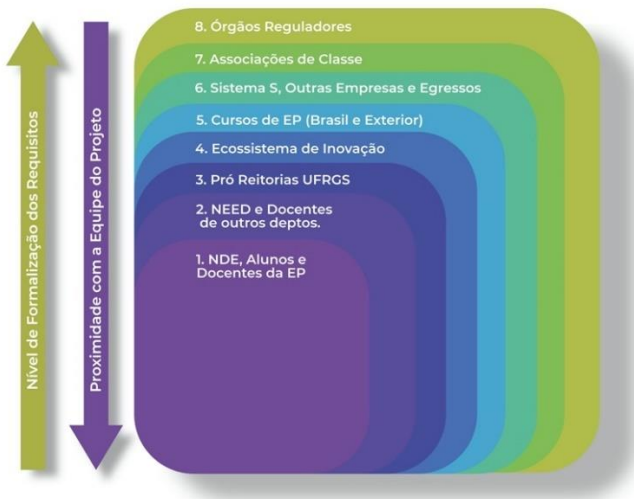
Principais resultados

Nesta seção são apresentados os principais resultados gerados nas primeiras três etapas da abordagem de modernização proposta para o PIM da UFRGS. Conforme indicado na Figura 1, as mesmas permitiram gerar o *Design* Conceitual que está orientando a proposição do novo currículo para o curso de Engenharia de Produção da UFRGS.

Identificação e Análise de Stakeholders

Buyrgan e Kiassat (2017) enfatizam que a etapa de identificação das partes envolvidas em um processo de mudança se mostra relevante para discernir sobre o grau de envolvimento e para confirmar o comprometimento e participação desses *stakeholders* nas atividades do processo de modernização do curso, bem como para levantar os elementos-chave que devem ser incorporados na nova proposta curricular. A identificação e análise dos *Stakeholders* influenciadores da mudança curricular, proposta para o PIM da UFRGS, e o levantamento de seus respectivos requisitos e percepções, foi alcançada utilizando uma abordagem multimetodológica. A Figura 2 realça os *stakeholders*-chave identificados, ordenados conforme seu nível de proximidade com a mudança curricular.

Figura 2. Stakeholders – chave da modernização do curso



Fonte: Equipe PIM-UFRGS (2020)

Como se pode perceber analisando a Figura 2, os *stakeholders* mapeados contribuem e são impactados pela modernização do curso, em diversos níveis, conforme o seu grau de proximidade, e tendem a apresentar demandas e expectativas diversas, variando em termos de relevância e formalização de requisitos (Tinoco *et al.*, 2019).

A partir dessa identificação de *stakeholders*-chave se estabelece quais atores os gestores do curso de graduação em Engenharia de Produção da UFRGS devem buscar, de forma regular e estruturada, ouvir e engajar, buscando consolidar, fortalecer e/ou estabelecer vínculos e parcerias, bem como atualizar o mapeamento de suas demandas e expectativas, que podem e devem variar ao longo do tempo, em função da emergência de novas tecnologias, conhecimentos e dinâmicas sociais.

Aprendizados e *insights* derivados da interação com universidades dos EUA

O desenvolvimento de uma abordagem colaborativa e de parceria para inspirar e sustentar o processo de reforma curricular, com participação e engajamento de *stakeholders* externos, é defendido como um elemento muito importante de programas educativos modernos (MISRA e PRIYADARSHINI, 2018; RUSTUM *et al.*, 2014; O’KANE, 2013). Essa noção orientou o delineamento da abordagem metodológica adotada no PIM/UFRGS.

Um importante marco no estabelecimento de parcerias estratégicas decorreu dos contatos pessoais efetivados pela equipe do PIM com profissionais envolvidos com a questão da modernização do ensino de engenharia nas instituições norte americanas que foram visitadas e convidadas a interagir com a rede PMG e, em particular, com a EE/UFRGS.

A identificação de professores/pesquisadores com interesse e elevada capacidade de transmissão de experiências nas universidades americanas parceiras foi fundamental para criar uma rede de apoio e “mentoria” para o PIM/UFRGS.

A interação com as universidades norte-americanas oportunizou vislumbrar possibilidades e alternativas para implantar mudanças, e experimentar atividades e espaços inovadores que induzam a essas mudanças e qualifiquem a relação de aprendizado.

Permitiu, ainda, que se ouvissem percepções sobre obstáculos e dificuldades, e quais as ações que estão sendo adotadas para superar os mesmos. A comparação entre estratégias com características variadas e complementares que acabaram orientando a rota de diferentes instituições

também fomentou importantes reflexões e aprendizados pela equipe do PIM/UFRGS.

De forma geral, ficou evidente a necessidade de um constante engajamento e comunicação entre a partes do processo dessa mudança, de forma a transformar o processo em um conglomerado de desejos e interesses convergentes, que possibilitem tornar a mudança benéfica e estimulante.

Importantes *insights* foram gerados por essas interações, sobre aspectos como (i) a relevância do comprometimento e valorização institucional da colaboração universidade-indústria, (ii) a necessidade de suporte estruturado e amplo ao docente para implementação e aculturação de práticas pedagógicas inovadoras para aprendizagem ativa e, (iii) a importância do desenvolvimento de planos de ensino a partir da lógica de desenvolvimento de competências e do uso da avaliação por rubricas (*rubrics evaluation*), visando articular explicitamente as expectativas para cada tarefa. Percebeu-se que esse tipo de avaliação por rubrica está cada vez mais sendo usado nas universidades parceiras para orientar um novo modelo de avaliação mais complexa e holística.

As interações também contribuíram para a decisão de adotar na trajetória do PIM/UFRGS um modelo de ensino e avaliação que seja orientado ao suporte de alunos na tomada de consciência e adoção de uma postura protagonista no processo de desenvolvimento de competências, alinhadas a um senso de construção de sua trajetória acadêmica-profissional, e de um desenvolvimento de um elevado senso de propósito social em sua atuação técnica.

Principais demandas e expectativas levantadas com os Stakeholders

Dentre as demandas e expectativas levantadas junto aos *stakeholders* definidos como importantes para a modernização do curso, observou-se que o desenvolvimento de características comportamentais (*soft skills*) é a única que **perpassa todos os stakeholders**.

Em relação aos **discentes**, destacam-se o anseio por um currículo mais flexível, a atualização de conteúdos e temas atuais, um ensino baseado em estudos de casos reais e o aumento da proximidade com o mercado de trabalho, que proporcione uma maior experimentação das possibilidades profissionais. Outros resultados gerados da pesquisa com discentes do curso são apresentados por Brachmann *et al.* (2020).

No que se refere aos **egressos**, as demandas apontam para um aprofundamento técnico em áreas específicas do curso, tais como ciência de dados, transformação digital, ampliação de aplicações no contexto de

serviços, e maior interdisciplinaridade, dentre outros. Maiores informações sobre os resultados da pesquisa com egressos do curso podem ser encontradas em Cordeiro *et al.* (2020).

Em relação aos **docentes**, as reivindicações e expectativas principais giram em torno de dois grandes eixos: a modernização da infraestrutura e a capacitação continuada. No primeiro eixo, destaca-se a percepção da necessidade de criação de novos espaços, com disponibilização de mobiliário flexível; instrumentos didáticos e de pesquisa; e incorporação de tecnologias digitais de apoio; entre outros. No eixo da capacitação, os anseios são por capacitações em práticas ativas e inovadoras de aprendizagem. Nota-se o desejo pela implantação de algum modelo de “centro de apoio ao docente”, como existem em algumas universidades parceiras.

Outro *insight* gerado da pesquisa com docentes está relacionado à percepção de que devem ser adotados no currículo projetos integradores que permitam associação de conhecimentos desenvolvidos ao longo do curso e geração de competências em níveis superiores de raciocínio frente a problemas (analisar, avaliar e criar) conforme a taxonomia de Bloom adaptada (ANDERSON e KRATHWOHL, 2001).

Dentre as demandas oriundas das **empresas parceiras**, uma das principais é a “ampliação da relação empresa-universidade”, expressa por ações orientadas para a geração de soluções conjuntas que equilibrem tanto questões empíricas quanto científicas, em prol do desenvolvimento social local e global. Em complemento, verifica-se um anseio para que sejam estreitadas as relações entre a academia e o mercado, e que o processo de aprendizado incorpore melhor a prática profissional, pela oportunidade de “carga horária reduzida e flexível”, para que discentes sejam o veículo de aproximação, enriquecendo e agregando valor tanto à sua formação quanto à orientação dos trabalhos em aula em problemas reais das empresas.

Os **órgãos de classe** e os **agentes reguladores**, representados especialmente pela ABENGE, ABEPRO e pelo MEC, respectivamente, se mostram bastantes alinhados em relação às suas demandas, pois ambas expressam a necessidade de adaptação aos objetivos específicos contidos nas novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o ensino de engenharia no Brasil. Dentre as demandas mapeadas com esses *stakeholders* encontram-se a “integralização da extensão” no currículo, a formação com ênfase no “desenvolvimento de responsabilidades socioambientais” e a realização de “avaliação por competências”.

Por fim, mas não menos importante, estão as demandas do **ecossistema de inovação** da UFRGS, representados pelo Núcleo de Engenharia Educacional (NEED) da Escola de Engenharia, pelo Parque

Científico e Tecnológico da UFRGS (ZENIT), pela Incubadora Tecnológica Hestia e pelo Laboratório de Inovação e Fabricação Digital da Escola de Engenharia (LIFEELAB), o *maker space* da EE criado no âmbito do Programa F(ICE), entre outros. Suas visões sobre as necessidades e formas de mudança do ensino de engenharia focam na exploração da inter-relação entre tecnologias digitais disponíveis (transformação digital) e aprendizagem, por meio de práticas pedagógicas inovadoras, como forma de se obter um perfil diferenciado de alunos com proatividade.

Considerando o conjunto de demandas identificadas junto aos *stakeholders* analisados, foi possível agrupá-las por afinidade, gerando macro categorias de requisitos que nortearam a proposta de *Design* Conceitual que visa orientar a modernização do curso: (i) currículo flexível; (ii) adoção de práticas pedagógicas inovadoras e aprendizagem ativa; (iii) currículo sistêmico e interdisciplinar e, (iv) abordagem de temáticas atualizadas.

Definição de Requisitos

Para traduzir as demandas dos *stakeholders*, levantadas na etapa anterior, em requisitos para o novo currículo, foi adotada a metodologia de Gestão de Requisitos proposta por Kotonya e Sommerville (2000) e por Sommerville (2007). O Quadro 2 sumariza os principais requisitos dos *stakeholders* e sua localização em relação às macro categorias empregadas.

Dentre os requisitos listados no Quadro 2, vale destacar aqueles associados ao desenvolvimento de *soft skills*, ampliação das interações

O atendimento ao conjunto de requisitos mapeados parece favorecer um ambiente flexível à constante mudança, bem como se constitui num estímulo à efetiva transformação do modelo de ensino e de aprendizagem, o que é uma demanda emergente, global e urgente, conforme evidências identificadas nos estudos de Sacristán (2000), Heywood (2006), Goldberg e Somerville (2014) e Korman (2015).

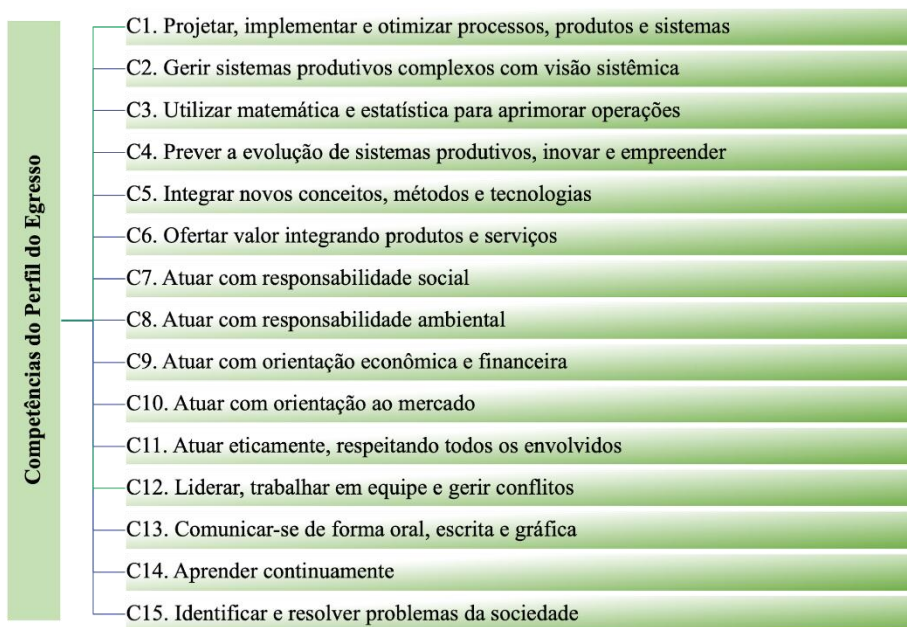
Quadro 2 - Requisitos dos Stakeholders

STAKEHOLDERS		Discentes	Docentes	Egressos	Instituições de Ensino Parceiras	Empresas Parceiras	Associações de Classe e Agentes Regulamentadores	Ecosistema de Inovação
REQUISITOS PARA O CURSO								
FLEXÍVEL	Flexibilização dos horários do currículo							
	Redução da carga horária obrigatória							
	Ampliação da carga horária eletiva							
	Oportunidade de diferentes trilhas de conhecimento							
	Uso de ferramentas de ensino online como suporte ao ensino presencial							
PRÁTICAS PEDAGÓGICAS INOVADORAS	Inclusão de práticas pedagógicas inovadoras							
	Capacitação docente em práticas pedagógicas inovadoras							
	Priorização de atividades práticas (aprender fazendo)							
	Capacitação docente em métodos de avaliação por competências							
	Capacitação docente continuada							
	Adequação da Infra-estrutura às práticas pedagógicas inovadoras							
SISTÊMICO E INTERDISCIPLINAR	Compartilhamento de saberes entre instituições							
	Ampliação de interações empresa-universidade							
	Desenvolvimento de Soft Skills							
	Ampliação da Inter e Transdisciplinaridade							
	Desenvolvimento de Competências técnicas e comportamentais da área de engenharia (DCNs)							
TEMÁTICAS ATUALIZADAS	Desenvolvimento de Competências relacionadas ao engenheiro de produção (ABEPRO)							
	Atualização dos recursos e materiais didáticos							
	Ampliação de aplicações no contexto de serviços							
	Fomento de responsabilidade socioambiental							
	Inclusão de temáticas atualizadas (e.g. Transformação digital, Inteligência Artificial)							
Disseminação de Educação étnico-racial e de Direitos Humanos								

Fonte: Equipe PIM-UFRGS (2020)

Dentre os requisitos que orientam o redesenho do currículo, as competências do perfil do egresso desejado constituem um aspecto fundamental. O Quadro 3 apresenta as competências do egresso definidas junto ao NDE/Produção, considerando as demandas dos *stakeholders* e o *benchmarking* com as universidades norte-americanas parceiras.

Quadro 3. Competências do perfil do egresso



Fonte: Equipe PIM-UFRGS (2020)

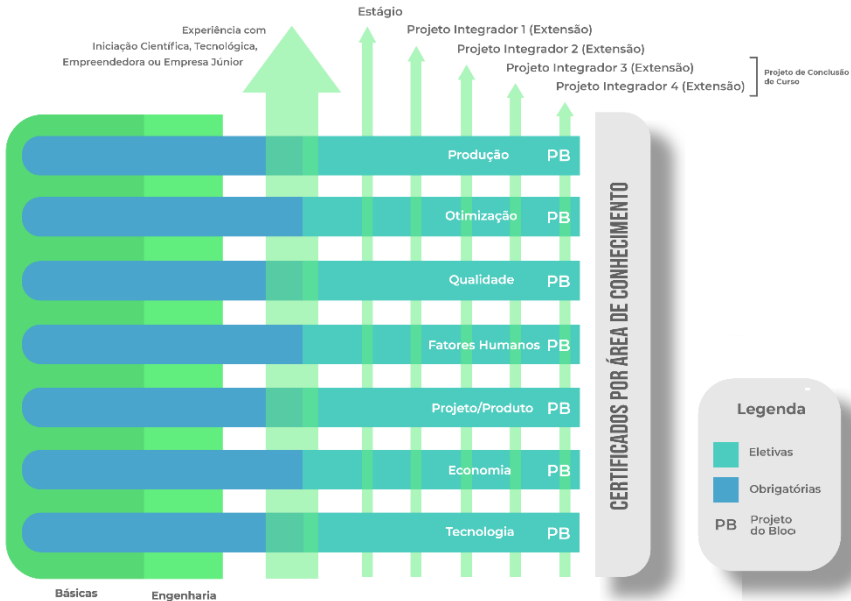
Design Conceitual

As percepções dos *stakeholders* e o conjunto de requisitos relevantes levantados nas etapas anteriores subsidiaram o processo de Design Conceitual do novo currículo do curso de Engenharia de Produção da UFRGS. O mesmo foi redesenhado tentando achar soluções para atender os requisitos elencados pelos diferentes *stakeholders*, e incorporar os *insights* derivados das interações com as universidades norte-americanas parceiras, assim como prover uma estratégia clara e auditável para o desenvolvimento das competências definidas para o perfil do egresso do curso.

Um aspecto fundamental do *Design* Conceitual envolveu a organização do currículo em "blocos" de conhecimento. O novo currículo

organiza e integra as diversas atividades de ensino a partir de sete (7) blocos relacionados a áreas consideradas fundamentais para a Engenharia de Produção, conforme a ABEPRO: Produção, Otimização, Qualidade, Fatores Humanos, Projeto/Produto, Economia e Tecnologia. A Figura 3 apresenta a estruturação por blocos de conhecimento proposta para o currículo de Engenharia de Produção na UFRGS.

Figura 3 - Estrutura do novo currículo de Engenharia de Produção da UFRGS.



Fonte: Equipe PIM-UFRGS (2020)

Acredita-se que a estruturação por blocos vai permitir uma maior integração entre as atividades de ensino relacionadas a cada área de conhecimento, que será fortalecida através de um projeto de aplicação transversal de conteúdo denominado Projeto de Bloco (PB).

Os PBs correspondem a disciplinas eletivas, que usam a abordagem de *Project-Based Learning* para resolver um problema real do setor produtivo ou da sociedade, integralizando parte da carga horária de extensão exigida na graduação.

Nesses PBs, os alunos, trabalhando em grupos, serão desafiados a identificar um problema e, a partir da análise crítica dos conhecimentos e ferramentas adquiridas nas disciplinas do bloco, propor uma solução adequada para o problema identificado. A estratégia é que os PBs fomentem a interdisciplinaridade e propiciem o desenvolvimento das competências técnicas e transversais das atividades de ensino do bloco em maior profundidade.

Além disso, está sendo previsto que ao completar as disciplinas do bloco (obrigatórias e eletivas), o aluno receba um certificado de capacidade relativo à área de conhecimento do bloco, emitido pela Comissão de Graduação. A existência de Certificados parciais como estes é bastante usada em algumas parceiras americanas e a percepção é que os mesmos serão muito valorizados pelos alunos, pois podem começar a gerar e documentar seu currículo profissional e sua rota pessoal diferenciada. Na nova proposta de currículo, os alunos precisarão obter pelo menos 2 certificados dos blocos de conhecimento ao longo de sua formação.

Para proporcionar o desenvolvimento de competências em níveis de alta ordem de cognição (análise, avaliação e criação), conforme a taxonomia adaptada de Bloom, o novo currículo prevê quatro Projetos Integradores (PI) obrigatórios que permitem a integração de conhecimentos vistos ao longo do curso para a solução de problemas ou desafios práticos. Os dois últimos PIs estão relacionados ao Projeto de Conclusão de Curso.

Enquanto atividades curriculares, os PIs permitem desenvolver as habilidades de redação, expressão e argumentação que possibilitem a fundamentação de ideias, propostas e ações com visão sistêmica, por meio da implementação de conhecimentos em âmbitos teóricos ou práticos, podendo envolver: um trabalho técnico para resolução de um problema empresarial, uma pesquisa acadêmica para publicação científica ou desenvolvimento de um modelo de negócios de uma *startup*. Assim, essas disciplinas fornecem o espaço e suporte aos alunos na realização de trabalhos aplicáveis ao contexto de atuação e interesse deles, profundamente pautados por técnicas da Engenharia de Produção e sólida base metodológica.

Além dos PBs e PIs, que naturalmente incorporarão práticas pedagógicas inovadoras, outras disciplinas estão sendo incentivadas a também incorporar essas práticas, e as iniciativas nesse sentido começam a acontecer, como demonstrado no relato de experiência de Otero *et al.* (2020), a partir da proposta de dinâmicas que propiciem o uso de práticas pedagógicas como a experiencial e colaborativa nas disciplinas do curso.

O *Design* Conceitual proposto inclui, ainda, novas disciplinas, abrangendo temáticas atuais como Ciência de Dados, Tecnologias da Indústria 4.0 e outras

atividades acadêmicas que promovam o comprometimento com a responsabilidade social e desenvolvimento sustentável.

Por outro lado, o *Design* conceitual busca incentivar o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes através da participação dos alunos em atividades de Iniciação Científica, Tecnológica ou Empreendedora, por meio de estágios não obrigatórios, participação em atividades complementares como a Empresa Júnior do curso de Engenharia de Produção, e outras atividades extracurriculares, que contribuem com o desenvolvimento de competências em níveis superiores da taxonomia de Bloom adaptada.

Para facilitar essas atividades complementares aplicadas, e facilitar o desenho de trajetórias pessoais conforme as capacidades e interesses dos alunos, o novo currículo prevê uma diminuição da carga horária obrigatória e um aumento da carga horária eletiva oferecida e exigida ao aluno para a conclusão do curso, o que gera maior flexibilidade curricular, oferecendo maiores opções para o aluno definir sua trajetória conforme o interesse e engajamento com as diversas áreas de conhecimento do curso e de outras engenharias.

Para verificar se a proposta de *Design* Conceitual atende os requisitos dos diversos *stakeholders* foi feito um mapeamento de relações esperadas, que se encontra expresso na Figura 4.

Figura 4. Design Conceitual do novo currículo para atendimento de requisitos dos stakeholders .

	1º SEMESTRE	2º SEMESTRE	3º SEMESTRE	4º SEMESTRE	5º SEMESTRE	6º SEMESTRE	7º SEMESTRE	8º SEMESTRE	9º SEMESTRE	10º SEMESTRE
BÁSICAS	MAT0183 obrigatória FIS0181 obrigatória ARQ0337 obrigatória	MAT0383 obrigatória FIS0183 obrigatória ARQ0336 obrigatória	MAT0385 obrigatória QUI01009 obrigatória	MAT0817 obrigatória FIS0182 obrigatória ARQ0333 obrigatória						
ENGENHARIA			ENC0186 obrigatória	ENC02015 obrigatória	ENG04058 obrigatória ENC0140 obrigatória	IPH01027 obrigatória ENC07015 obrigatória ENG03021 obrigatória				
PROFIÇÃO	ENG09001 obrigatória	ENG09003 obrigatória		ENG09010 obrigatória	ENG09014 obrigatória		ENG09017 obrigatória ENG09019 obrigatória	Integradora eletiva ENC09015 eletiva		
OTIMIZAÇÃO	ENG09002 obrigatória ENG09051 eletiva		ENC09001 obrigatória		MAT0169 obrigatória			TOP ESPEC eletiva	Integradora eletiva	
QUALIDADE		ENG09004 obrigatória	ENG09006 obrigatória	ENG09008 obrigatória		ENG09007 eletiva	Materiais eletiva	Integradora eletiva		
ÉTICAS HUMANAS				ENG09049 obrigatória	ENG09005 obrigatória HUM04002 eletiva	ENG09005 eletiva	ENG09044 obrigatória	DID04423 obrigatória Integradora eletiva		
INOVATIV./ PRODUÇÃO		ENG09045 obrigatória	ENG09052 obrigatória QUI9909 alternativa	ENG09009 obrigatória	ENG09018 eletiva	ENG09034 obrigatória	ENG09028 obrigatória	Integradora eletiva		
ESPECIAL. DE PRODUÇÃO				ENG09043 obrigatória	ENG09056 obrigatória	ENG09032 obrigatória ENG09047 obrigatória	ENG09023 eletiva ENG09057 obrigatória	Integradora eletiva		
TECNOLOGIA					ENG09016 obrigatória	ENG09025 obrigatória	INF01207 obrigatória	ADM0183 eletiva	Integradora eletiva	ENG09021 obrigatória
INTERMEDIÁRIAS							ENG09012 obrigatória ENG09046 obrigatória	ESTÁGIO obrigatória PCC I obrigatória PCC II obrigatória	ENG09048 obrigatória	ENG09050 obrigatória

- Sistêmico e Interdisciplinar
- Práticas Pedagógicas Inovadoras
- Temática Atualizada
- Flexível

Fonte: Equipe PIM-UFRGS (2020)

Considerações finais

Considera-se que o desenvolvimento e implantação do projeto PIM/UFRGS promoveu até o momento um forte aprendizado para toda a equipe envolvida e começa a gerar mudanças estratégicas para o ensino de engenharia na instituição.

As visitas realizadas às instituições norte-americanas parceiras ampliaram a visão dos docentes e discentes que apoiam o projeto, e permitiram que os mesmos conhecessem outras estruturas curriculares, infraestruturas de ensino, e observassem aspectos culturais e valores organizacionais adotados em diferentes instituições. A percepção sistêmica proporcionada pelos debates e exame aos currículos destas instituições foram fonte de informação e inspiração para a proposição do *Design Conceitual* do PIM/UFRGS, como relatado neste capítulo.

Complementarmente, a visita de pesquisadores à UFRGS possibilitou que as versões iniciais da proposta curricular que estavam sendo

desenvolvidas pudessem ser validadas e criticadas de forma construtiva, com um olhar externo, trazendo a experiência acumulada pelos participantes convidados.

A estrutura adotada para organizar o PIM/UFRGS, que envolveu a geração de grupos de trabalho, se mostrou efetiva, e conseguiu promover o engajamento de um grande número de docentes, que ficaram encarregados de fomentar as ações e coordenar as entregas. Ao mesmo tempo, a interação necessária entre os grupos ajudou a criar sinergia e enriquecer o debate. Observou-se um crescente engajamento dos docentes líderes dos grupos, que foram assessorados por discentes de pós-graduação, que atuaram como assistentes do programa, com muita qualidade.

O envolvimento dos alunos de graduação, de profissionais egressos, de representantes de órgãos internos da universidade e de gestores de empresas da região, todos *stakeholders* relevantes para a conceituação do currículo, foi muito rico e produtivo. A continuidade e aprofundamento dessa interação é considerada de fundamental importância para o desenvolvimento e evolução do projeto. A participação desses diferentes segmentos permite que o conceito proposto seja fundamentado tanto em requisitos de gestão acadêmica da universidade como em demandas da prática profissional e do mercado futuro de atuação dos profissionais de engenharia.

Cabe destacar que a gestão do projeto, que envolve diretamente a Direção da Escola de Engenharia, vem buscando ativamente que as experiências e aprendizados que derivaram das primeiras etapas do projeto de modernização do curso de engenharia de produção sejam disseminadas internamente, especialmente na Escola mas também para toda a UFRGS. Para tanto se estimula a geração de publicações, o convite para participação ampla de docentes nas oficinas e atividades de capacitação; a participação em eventos internos - como o Salão EDUFRGS; a divulgação das experiências em veículos e conferências acadêmicas; especialmente em eventos de ensino de engenharia, como o COBENGE 2019, ou fóruns de gestores de cursos de engenharia de produção, como o ENCEP 2019 e o ENCEP 2020.

Além disso, a equipe do PIM/UFRGS tem trabalhado na articulação de redes de compartilhamento de experiências no âmbito do programa PMG e no ambiente regional. Dentre as próximas ações previstas se incluem a elaboração de um cronograma e de um planejamento detalhado para a implantação gradual da nova proposta curricular.

Considera-se que a sobreposição natural que deve ocorrer entre o currículo vigente e o novo durante a implantação representará um desafio

de gestão, que necessita ser bem entendido e gerenciado, para evitar prejuízos aos alunos que estão no meio de sua formação.

Além disso, para a eficiente implementação da nova proposta algumas ações complementares devem ser sincronizadas, tais como a adequação da infraestrutura física; a disponibilização e treinamento em novas ferramentas, métodos e tecnologias pedagógicas; a reestruturação do Projeto Pedagógico de Curso - PPC; a formulação, teste e maturação de novas estratégias de avaliação somativas e formativas compatíveis com a nova estrutura curricular; e a contínua sensibilização dos docentes sobre a relevância e necessidade da modernização da aprendizagem em engenharia.

A discussão sobre as formas de avaliação a serem adotadas é considerada especialmente relevante. A avaliação dos resultados de aprendizagem no modelo de avaliação por competência tem sido considerada um importante avanço na qualificação do processo de ensino/aprendizagem. As competências geralmente definem as habilidades e conhecimentos aplicados que permitem às pessoas desempenhar com sucesso em contextos profissionais, educacionais e outros em outras situações cotidianas. O desafio que se impõem é tornar mensurável a avaliação das competências especificadas.

Por fim, mas não menos importante, ainda se enxerga que um grande desafio futuro consistirá em consolidar um sistema de governança para o curso que assegure a melhoria contínua da estrutura curricular, que certamente necessitará ser flexível para acomodar e se moldar às transformações cada vez mais frequentes do contexto político, econômico, social, ambiental e legal, brasileiro e do mundo. Mas considera-se que, independentemente dos desafios futuros, as perspectivas são muito positivas, pois o processo de mudança já se iniciou, com sucesso e engajamento crescentes, o que certamente terá efeito transformador e benéfico para o ensino na centenária Escola de Engenharia da UFRGS.

Agradecimentos

À CAPES e à Fundação Fulbright, pela provocação e pelo apoio na consecução do Projeto PIM/UFRGS. Aos parceiros da rede PMG, pelas inspirações e troca de experiências. Aos diversos parceiros internos da UFRGS e, em particular, aos colaboradores nas diversas universidades parceiras norte-americanas, que demonstraram em todas as interações grande generosidade e relevante espírito de colaboração.

Bibliografia

- ABENGE – MEI/CNI. **Inovação na Educação em Engenharia: Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Engenharia**, 2018. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/file/PropostaDCNABENGEMEI_CNI.pdf>. Acesso em: agosto de 2020.
- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (Eds.). **A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives**. New York: Longman, 2001.
- BRACHMANN, L. A.; CORDEIRO, P. R.; TINOCO, M. A. C.; ten CATEN, C. S. **Práticas Pedagógicas Ativas no Ensino de Engenharia de Produção: Perspectiva dos Alunos**. XXV ENCONTRO NACIONAL DE COORDENADORES DE CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Relatos de Experiências em Engenharia de produção - ABEPRO. Capítulo II, 2020. DOI: <<http://dx.doi.org/10.14488/encep.9786588212004.23-32>>. Acesso em: agosto de 2020.
- BUYURGAN, N.; KLIASSAT, C. **Developing a new industrial engineering curriculum using a systems engineering approach**. European Journal of Engineering Education, 2017. DOI: 10.1080/03043797.2017.1287665.
- CORDEIRO, F. R.; PASLAUSKI, C. A.; WACHS, P.; TINOCO, M. A. C. **Production engineers profiling: competences of the professional the market wants**, Production, vol.30, 2020. Doi:10.1590/0103-6513.20190093
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D., & Edstrom, K. **Rethinking engineering education**. The CDIO Approach, V. 302, p 60-62, 2007.
- DIAS, A. M. M.; JEUNON, E. E.; DA CUNHA DUARTE, L. **Gestão das Expectativas das Partes Interessadas: Um Estudo da Percepção dos Profissionais em Gestão de Projetos**. Revista Inovação, Projetos e Tecnologias, v. 4, n. 2, p. 208-222, 2016. DOI: 10.5585%2Fiptec.v4i2.78.
- GATAI, M. C. P. **A fragilidade da classificação das competências e a eficácia do perfil como instrumento de sua gestão**. Tese (Doutorado). Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47134/tde-28072009-102731/pt-br.php>>. Acesso em: agosto de 2020.
- GRAHAM, R. **Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change**. The Royal Academy of Engineering and Massachusetts Institute of Technology, 2012.
- GOLDBERG, D. E.; SOMERVILLE, M. **A whole new engineer: the coming revolution in engineering education**. ThreeJoy Associates, Inc. Douglas, Michigan, 2014.
- HEYWOOD, J. **Factors in adoption of change; Identity, Plausibility and Power in Promoting Educational Change**. Paper presented at 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. San Diego, CA. 2006. DOI: 10.1109/FIE.2006.322299.

- KORMAN, R.F. **Os efeitos da reforma curricular na sala de aula em um curso de engenharia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 192f., 2015. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/127890>>. Acesso em: agosto de 2020.
- KOTONYA, G., SOMMERVILLE, I. **Requirements engineering: process and techniques**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.
- MEIXELL, M. J.; BUYURGAN, N.; KIASSAT, C. **Curriculum Innovation in Industrial Engineering: Developing a New Degree Program**. 122nd ASEE Annual Conference & Exposition. American Society for Engineering Education, 2015.
- MISRA, R.; PRIYADARSHINI, R. **Stakeholder Feedback System for Curriculum Design and Improvement – A Case Study**. Journal of Engineering Education Transformations, Special Issue Jan, 2018. DOI: 10.16920/jeet/2018/v0i0/120913.
- MOORE, D. J.; VOLTMER, D. R. **Curriculum for an engineering renaissance**. IEEE Transactions on Education, v. 46, n. 4, p. 452-455, 2003.
- NESELLO, P.; FACHINELLI, A. C. **Gestão das Partes Interessadas e Inovação Aberta: Um Ensaio Teórico na Perspectiva do Gerenciamento de Projetos**. Revista de Gestão e Projetos-GeP, v. 8, n. 3, p. 50-65, 2017. DOI: 10.22533/at.ed.5311912048
- O’KANE, C. **Stakeholder Involvement for Programme Development. Teaching Fellowships**. 35, 2013. Disponível em: <<http://arrow.dit.ie/fellow/35>>. Acesso em: agosto de 2020.
- OTERO, H. R.; TINOCO, M. A. C.; DUTRA, C. C.; ten CATEN, C. S. **Proposta de Atividade de Aprendizagem Ativa na Disciplina de Engenharia de Qualidade do Curso de Graduação em Engenharia de Produção**. XXV ENCONTRO NACIONAL DE COORDENADORES DE CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2020. Relatos de Experiências em Engenharia de Produção - ABEPRO. Capítulo XI. DOI <<http://dx.doi.org/10.14488/encep.9786588212004.115-123>>. Acesso em: agosto de 2020.
- PARASHAR, A.K.; PARASHAR, R. **Innovations and curriculum development for Engineering education and research in India**. Procedia – Social and Behavioral Sciences, v.56, p. 685-690, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.704.
- RIBEIRO, J.L.D.; ECHEVESTE, M.L.; DANILEVICZ, A.M.F. **A utilização do QFD na otimização de Produtos, Processos e Serviços**. Fundação Empresa Escola de Engenharia da UFRGS, 2001.
- RUSTUS, R.; AGA, O.; ABDEL-MAGID, I.M.; BERO, R.; HARIRI, A.B.S.; FARIS, R.Q. **The development of environmental engineering curriculum: a case study from University of Dammam**. International Journal of Educational Studies, v.1, n.3, 2014. Disponível: <<https://journals.esciencepress.net/index.php/IJES/article/view/342>>. Acesso em: agosto de 2020.
- SACRISTÁN, J.G. O Currículo-: **Uma Reflexão sobre a Prática**. Penso Editora, 2000.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007.

TINOCO, M. A. C.; PASLAUSKI, C. A.; Brunetto, V.T.; de PAULA; I.C. **Modernização do ensino superior em engenharia: uma proposta para o curso de engenharia de produção da UFRGS**. Anais do XLVII COBENGE, ISSN 2175 - 957X. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, setembro de 2019.

A Experiência do SENAI CIMATEC na Modernização da Educação em Engenharia

Tarso Barreto Nogueira, Guilherme Oliveira de Souza, Marcelle Rose da Silva Minho, Sayonara Nobre de Brito Lordelo, Tatiana Gesteira de Almeida Ferraz*

**tarso@fieb.org.br*



A Experiência do SENAI CIMATEC na Modernização da Educação em Engenharia

SENAI CIMATEC's Experience in Modernizing Engineering Education

Tarso Barreto Nogueira; ; Guilherme Oliveira de Souza; Marcelle Rose da Silva Minho; Sayonara Nobre de Brito Lordelo; Tatiana Gesteira de Almeida Ferraz

RESUMO: O SENAI CIMATEC adotou como pilares, desde a sua fundação, a integração de competências e o foco na excelência e na inovação. Com essas bases, lançou-se na graduação em Engenharia, tendo na Mecânica o seu primeiro curso. Num processo contínuo de evolução, tem inovado em modelos de formação, sempre buscando referências internacionais para aprimorar seus resultados. É neste contexto que se unem o Programa de Inovação Acadêmica do SENAI CIMATEC, com o Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG - EUA). O Programa de Inovação Acadêmica defende a formação de engenheiros em trilhas, estruturadas nas vertentes: pesquisador, empreendedor e técnico-gestor. Cada uma delas de forma singular e integrada, proporciona ao estudante visões e atuação diferenciadas em uma mesma profissão, respeitando o interesse, a motivação e a identidade de cada um. O resultado final é um modelo único com uma proposta de formação conectada a um cenário desafiador, em constante transformação. A Inovação Acadêmica contempla ainda a formação de professores e a implantação de uma infraestrutura diferenciada, com ambientes adequados ao trabalho colaborativo e às práticas de metodologias ativas. O PMG contribui com essa proposta, ao proporcionar ampliação de conhecimentos e articulações com instituições de referência nos Estados Unidos. São apresentados os resultados parciais obtidos a partir da participação no programa, incluindo a missão (Study Tour) realizada em 2019 no que tange ao design curricular, metodologias ativas de aprendizagem, projetos acadêmicos, programas de capacitação de docentes, programas de incentivo e reconhecimento à atividade docente, intercâmbio de discentes e docentes e infraestrutura.

ABSTRACT: Since its establishment, SENAI CIMATEC has set up its basis on the integration of competences and a focus on excellence and innovation. Was on these pillars that it started to form Engineers, being Mechanical Engineering its first Bachelor Program. In a continuous process of evolution, it has innovated in education models, always searching for international references to improve its results. It is in this context that the Academic Innovation Program of SENAI CIMATEC merge with the Brazil-USA Modernization of Undergraduate Education Program (PMG). The Academic Innovation Program introduces trails to its Engineering programs, focused on different professional fields: researchers trail, entrepreneurs trail and technical-managers trail. Each of them in a unique and integrated way, offers the student different views and performance in the same career, respecting each one's interest, motivation and identity. The end result is a unique model with an education proposal connected to a challenging scenario, in constant transformation. The SENAI CIMATEC Academic Innovation Program also includes faculty training and development, and facilities modernization, with the implementation of environments that are suitable for collaborative work and active learning methodologies. The PMG contributes to this proposal by providing knowledge and links with leading institutions in the United States. This chapter also presents initial results obtained by SENAI CIMATEC from taking part in the PMG program, regarding curriculum design, active learning methodologies, academic projects, faculty-training programs, teaching recognition and incentive program and students and faculty exchange.

Introdução

O SENAI CIMATEC foi inaugurado em 2002 e concebido como uma proposta inovadora dentro da estrutura do SENAI em todo o país. Diferentemente das unidades tradicionais do SENAI, o CIMATEC adotara um modelo baseado na integração de competências e na operação em três negócios: educação técnica de nível médio; ensino superior, pesquisa acadêmica e extensão; e pesquisa aplicada e inovação. Portanto, tratava-se à época de um modelo capaz de criar um ambiente fértil e propício à inovação e ao empreendedorismo de base tecnológica.

Os primeiros cursos de graduação do SENAI CIMATEC, Cursos Superiores de Tecnologia, receberam suas primeiras turmas em 2005 e operaram dentro do que se pode chamar de um currículo tradicional, baseado em conteúdos e disciplinas relativamente com pouca integração. Ainda assim, naquela época o SENAI CIMATEC se preocupava em construir percursos formativos aderentes às expectativas do mercado. Por conta disso, os projetos dos cursos eram construídos a partir dos requisitos e recomendações de um Comitê Técnico Setorial, especialmente formado para esse fim e composto por representantes de empresas, organizações governamentais, associações de classe e especialistas em educação.

Em 2009, com base em um contexto de fortes perspectivas de crescimento industrial no estado e no país, o SENAI CIMATEC apresentou o primeiro Projeto Pedagógico do curso de Engenharia Mecânica, seu primeiro curso de graduação em Engenharia, implementado no início de 2011. Tratava-se de um projeto inovador cujos principais diferenciais eram: o contato com disciplinas específicas desde os primeiros períodos letivos; o papel da disciplina de Introdução à Engenharia Mecânica como um elemento central para a experiência de estudantes ingressantes; Projetos Integradores em 3 momentos do curso envolvendo disciplinas específicas de trimestres determinados; os Estágios Intermediários, que promoviam a inserção gradativa e constante ao ambiente profissional, promovida através da alternância entre períodos de teoria e prática iniciada já no segundo ano de curso; estrutura trimestral, com três períodos letivos anuais que possibilitavam a realização dos Estágios Intermediários e dinamizam o processo de ensino-aprendizagem.

O ano de 2012 foi marcado pela primeira grande ação estruturada e integrada da Instituição com foco em seus cursos de graduação. Foi realizado um criterioso trabalho de padronização de disciplinas comuns entre os cursos, envolvendo tanto cursos que já se encontravam em operação como também os que ainda estavam em fase de concepção.

Em 2013 o SENAI CIMATEC iniciou a operação de seu segundo curso de Engenharia, a de Materiais, e também tomou a decisão institucional de adotar em todos os seus cursos de graduação a metodologia Theoprax para o desenvolvimento dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC). Essa metodologia, desenvolvida pelo instituto alemão Fraunhofer ICT, busca aliar teoria e prática na resolução de problemas reais (KRAUSE e EYERER, 2008). Os alunos trabalham em grupo para resolver um problema da indústria, permitindo ao aluno experimentar uma relação real com uma empresa, como se seu fornecedor fosse. Tanto a ação de padronização de disciplinas, como a adoção da Metodologia Theoprax levaram à primeira reforma do Projeto Pedagógico do curso de Engenharia Mecânica, que ainda trazia como melhoria o aumento da quantidade e da valorização dos Projetos Integradores.

Em 2014 foram lançados os cursos de Engenharia de Controle e Automação, Engenharia de Produção, Engenharia Civil e Engenharia Elétrica. Neste ano a Engenharia Mecânica passa por uma nova mudança importante, os Estágios Intermediários foram substituídos pelas Iniciações Profissionais, atividades curriculares também adotadas por todos os outros cursos de Engenharia diurnos da Instituição. Com as Iniciações Profissionais, o SENAI CIMATEC procurou conciliar a formação de seus estudantes com a constante expansão de seu Centro Tecnológico, oportunizando a estes a participação em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação realizados na Instituição, sem impossibilitar, no entanto, a realização de estágios e Iniciação Científica, que seguiram sendo alternativas de atividades para os períodos letivos de atividades práticas.

Nos dois anos seguintes foram lançados os cursos de Engenharia Automotiva (2015), Engenharia de Computação e Engenharia Química (2016). Em 2017, a alteração de categoria administrativa foi aprovada, tornando a Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC no Centro Universitário SENAI CIMATEC.

Atualmente, a instituição oferta dez cursos de graduação em Engenharia: Automotiva, Civil, Computação, Controle e Automação, Elétrica, Materiais, Mecânica, Produção e Química, além da graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Mas, apesar desse consistente crescimento, ainda em 2016, a instituição percebeu a necessidade de mudar profundamente o projeto dos seus cursos de graduação e fomentou estudos e observações de outras instituições no país e no exterior. Como resultado, no início de 2018, foi formalizado um programa estratégico da instituição, denominado de Programa de Inovação Acadêmica, destinado a reformular o ensino de

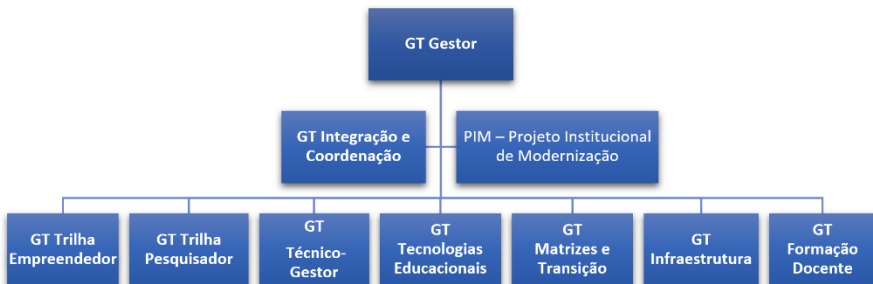
graduação. Esse programa começa a dar seus primeiros frutos no início de 2020, com a reformulação de todos os currículos e projetos pedagógicos dos cursos de graduação do Centro Universitário SENAI CIMATEC.

É importante, portanto, apresentar o Programa de Inovação Acadêmica do SENAI CIMATEC, para que melhor se compreenda as alterações que estão sendo implementadas nos cursos, com vistas a atender ao disposto nas novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2019) e acompanhar as tendências mundiais, considerando o perfil demandado para o engenheiro no Século XXI.

O Programa de Inovação Acadêmica

O Programa de Inovação Acadêmica conta com uma liderança em tempo integral e a participação em tempo parcial de mais de 50 pessoas, entre gestores, professores e pesquisadores da instituição, divididos em 9 grupos de trabalho, conforme apresentado no organograma da Figura .

Figura 1 – Organograma do Projeto de Inovação Acadêmica



Fonte: elaborado pelos autores.

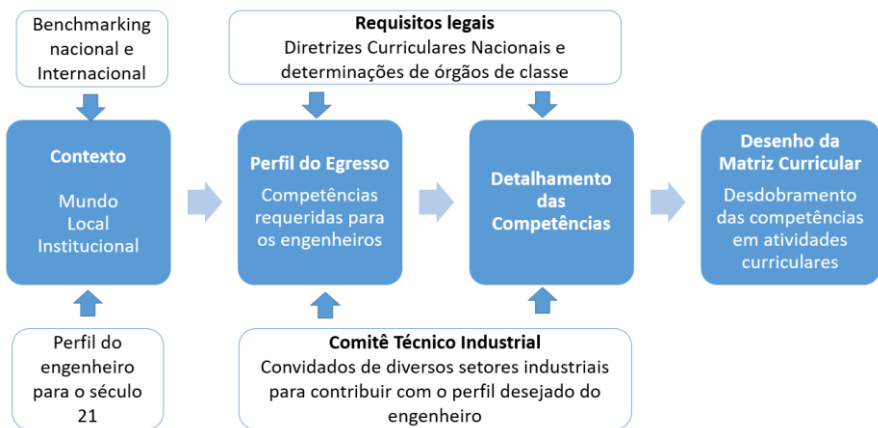
O programa tem como objetivo promover de forma estruturada as mudanças necessárias nos cursos de engenharia com vistas a formar profissionais que melhor atendam às demandas da sociedade e, de forma mais específica, do setor industrial. As mudanças envolvem, dentre outros aspectos, uma reformulação ampla das matrizes dos cursos, novos métodos e tecnologias educacionais, capacitação de professores e alterações na infraestrutura. Uma das grandes referências para reestruturação dos cursos foi a abordagem CDIO, do acrônimo, *Conceive, Design, Implement, Operate* (conceber, projetar, implementar, operar) pela qual se busca formar engenheiros com um amplo rol de competências alinhadas às

demandas da sociedade, trazendo para o processo formativo a prática da engenharia (CRAWLEY et al., 2014). O ponto de partida dessa reformulação foi o desenho do novo perfil desejado para os egressos dos cursos de engenharia:

“Engenheiras e engenheiros formados no Centro Universitário SENAI CIMATEC devem ser competentes em conceber, projetar, implementar e operar com eficiência e eficácia sistemas complexos de engenharia, atuando em contextos local e global, de forma inovadora e sustentável, empreendendo, liderando, gerindo e integrando equipes multidisciplinares com ética, respeito à diversidade, criatividade, versatilidade, rigor técnico-científico e responsabilidade socioambiental”. (Texto extraído de registros de reuniões do Projeto de Inovação Acadêmica do SENAI CIMATEC)

Na declaração acima é possível observar algumas competências chave que se pretendem desenvolver. Mas fica a questão: como transformar essas palavras em realidade? Como formar profissionais que se aproximem desse perfil? Tomando como base as recomendações da iniciativa CDIO (CRAWLEY et al., 2014), a declaração acima serviu de ponto de partida para que a instituição detalhasse as competências a desenvolver. Dessa forma, o processo ilustrado na Figura demonstra como o SENAI CIMATEC realizou o detalhamento do perfil formativo dos cursos de engenharia da instituição.

Figura 2 – Processo adotado pelo SENAI CIMATEC para detalhamento das competências e desenho das novas matrizes curriculares



Fonte: elaborado pelos autores.

As competências foram detalhadas utilizando-se como base a estrutura proposta pelo CDIO, principalmente no primeiro e segundo nível do CDIO Syllabus 2.0 (CRAWLEY et al., 2014), com adaptações ao contexto nacional e institucional. Para o detalhamento das competências genéricas, comuns a todos os cursos de engenharia, foi instituído um Comitê Técnico Industrial, envolvendo representantes de diversos setores. Este atua de forma complementar aos Comitês Técnicos Setoriais, que detalham as competências específicas para cada curso. A partir daí, foi então desenhado um novo currículo para os cursos. Os novos percursos formativos continuam estruturados em 10 semestres (5 anos), mas passam a contar com trilhas específicas voltadas ao desenvolvimento pelos alunos de projetos de engenharia. Tais projetos buscam solucionar problemas reais num contexto global, regional ou local, desde o primeiro semestre do curso. Nos dois primeiros anos, os alunos são estimulados a desenvolver projetos denominados de “Desafios”. No primeiro semestre, é apresentado um desafio com regras menos estritas, em um contexto mais lúdico, mas, ainda assim, voltado a temáticas do curso, de forma que o aluno já tenha um contato inicial com a prática da engenharia. Do 2º ao 4º semestre, o aluno é estimulado a investigar e solucionar desafios apresentados sob diferentes perspectivas: empreendedora, científica e técnico-profissional.

A experiência inicial nos dois primeiros anos visa a subsidiar os alunos com elementos que os permitam optar por uma das trilhas de formação pelas quais eles deverão passar no terceiro e quarto anos do curso. As trilhas de formação (Técnico-gestor, Empreendedor e Pesquisador) estão planejadas com atividades e acompanhamento específicos e visam aproximar o estudante de diferentes contextos de trabalho, favorecendo a construção das competências requeridas. No último ano do curso, o aluno deverá ainda desenvolver o seu TCC, que poderá ter diversos formatos a depender do seu percurso formativo e visa a consolidar as competências desenvolvidas ao longo de sua formação. A Figura 3 resume o modelo proposto para os cursos de engenharia do SENAI CIMATEC, no âmbito do Programa de Inovação Acadêmica.

Visando a garantir que todas as competências planejadas sejam desenvolvidas ao longo do processo formativo, um extenso trabalho foi realizado pelos diversos grupos do Programa de Inovação Acadêmica correlacionando as competências previstas com os diversos componentes curriculares.

Figura 3 - Modelo do currículo dos cursos de graduação em engenharia do SENAI CIMATEC



Fonte: Desenvolvido pela equipe do Programa de Inovação Acadêmica do SENAI CIMATEC.

Mas como o PIM poderia então se integrar ao Programa de Inovação Acadêmica? O objetivo precípua do Programa de Inovação Acadêmica é estabelecer um novo perfil formativo, ainda mais alinhado à realidade do mundo do trabalho e às desafiadoras perspectivas de um mundo digitalizado, e integrar aos cursos metodologias inovadoras de ensino-aprendizagem, capazes de ampliar o protagonismo estudantil. O programa integra todos os cursos de graduação da instituição e emprega referenciais externos, como os trabalhos do Olin College e do Massachusetts Institute of Technology, nos Estados Unidos, e da Coventry University, no Reino Unido, esta última com a qual o CIMATEC já opera um projeto acadêmico piloto.

Ficou claro para a instituição que a então proposta do PIM deveria naturalmente ser integrada ao Programa de Inovação Acadêmica, já que ambos possuíam objetivos comuns: o plano de ação do Programa de Inovação Acadêmica, já em execução, incluía no seu escopo a pesquisa por referenciais externos nos EUA e na Europa e a possibilidade de internalizar as boas práticas identificadas. A proposta de modernização dos cursos de graduação em parceria com instituições americanas proposta no Edital Capes/Fulbright, apresentava-se, portanto, como importante reforço aos trabalhos que já vinham sendo desenvolvidos. A proposta do SENAI CIMATEC ao Edital priorizou o curso de Engenharia Mecânica, mais antigo e com maior número de alunos, porém, pretendia-se que os resultados obtidos fossem ampliados a todos os outros 9 cursos de graduação da instituição por meio do Programa de Inovação Acadêmica.

Adicionalmente, a fim de suportar o novo modelo de formação, seria necessário prover uma infraestrutura diferenciada, criando ambientes mais adequados à ideação, ao trabalho colaborativo e às práticas de metodologias ativas e ao desenvolvimento de atividades *hands on*. Portanto, fazem parte do programa o desenvolvimento e a implantação de novos projetos para espaços de ensino-aprendizagem, como um novo laboratório *maker*, um espaço destinado a *design thinking*, uma sala destinada ao trabalho em projetos com empresas e um novo conceito de sala de aula em geral. Tais espaços hoje encontram-se em diferentes níveis de implantação.

Objetivos da proposta de modernização

O que se deseja com o PIM, alinhado aos objetivos do Programa de Inovação Acadêmica, é estabelecer um conjunto sinérgico de metodologias que considerem os contextos da digitalização da sociedade (conceito amplo de Sociedade 5.0), da Indústria 4.0, das tecnologias digitais, da sociedade em rede, da inteligência artificial e do o fluxo incessante de informações e, conseqüentemente, da mutação permanente dos saberes necessários ao trabalho e à vida.

É nesta dinâmica que os conhecimentos acadêmicos são construídos, exigindo uma proposta de ensino e aprendizagem capaz de estimular o protagonismo do aluno, autoaprendizagem, a lidar com problemas complexos e empregar a criatividade na sua solução, atuar em equipe, desenvolver o pensamento sistêmico e as competências profissionais requeridas pelo seu campo de atuação.

Para isso é preciso formar o aluno na perspectiva da aprendizagem ativa, considerando ações pedagógicas que proporcionem a contextualização dos saberes acadêmicos no desenvolvimento do perfil profissional, atividades interdisciplinares, autonomia no processo de aprendizagem, uso de espaços onde a filosofia *maker* seja aplicada, uso de ferramentas tecnológicas capazes de motivar o aluno no enfrentamento de desafios, simulações, análise e resolução de problemas, *design thinking*, elaboração de mapas conceituais, sala de aula invertida, estudos de caso, elaboração de protótipos, proposição e execução de projetos de inovação e empreendedorismo (CAVALCANTI, 2018; GOLDBERG; SACRISTAN, 2011; SOMERVILLE, 2014; YANAZE, 2015).

O uso de todas essas práticas de ensino resulta em mudanças no padrão de aprendizagem dos alunos e conseqüentemente nos processos de avaliação. As estratégias de avaliação adotadas pelo centro universitário estão centradas na avaliação formativa, cuja principal característica é

tornar o processo avaliativo uma etapa necessária à construção do conhecimento, sendo desenvolvida de modo contínuo, dinâmico e associada às competências e habilidades previstas no perfil profissional estabelecido em cada um dos seus cursos.

Sua execução deve gerar um modelo de acompanhamento que permita a identificação de ajustes durante os processos de ensino e aprendizagem, tanto do ponto de vista das ações do discente que poderá identificar as suas dificuldades e alternativas que lhe permitirão progredir na sua aprendizagem, quanto da observação dos resultados pelo docente, que deverá analisá-los criticamente e estabelecer novas rotas para que o conhecimento do aluno seja efetivamente construído (FERRAZ et. al, 2019).

Neste formato, o processo de avaliação não só permite o uso de diversos instrumentos para verificar o alcance dos objetivos propostos nos planos de ensino, tais como: provas, projetos, seminários, avaliação em pares, atividades em laboratório etc., como requer o desenvolvimento do processo de auto avaliação por parte do discente que se vê como condutor do seu processo e consciente das suas ações e escolhas em relação à aprendizagem.

Portanto, no que pese o atual uso de diversos métodos acima elencados no CIMATEC, o que se vê hoje é a predominância do ensino frontal, tendo o docente como elemento chave no processo de ensino-aprendizagem. O que se pretende com o PIM é aprofundar a discussão e conhecer práticas de sucesso no exterior, especialmente nos Estados Unidos, com o olhar focalizado na implementação de tais metodologias, com o firme objetivo de inverter o atual modelo, dando ao aluno não apenas a responsabilidade pela gestão da sua carreira acadêmica, mas, principalmente, colocando-o como protagonista do processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, o objetivo principal apresentado na proposta do PIM foi “estabelecer referenciais relevantes para a reformulação do currículo e dos métodos de ensino-aprendizado do curso de Engenharia Mecânica, por meio de intercâmbio com instituições nos EUA” e tendo como objetivos específicos:

1. “estabelecer um modelo referencial contendo métodos ativos de ensino-aprendizagem inovadores a partir das experiências exitosas em instituições dos EUA;
2. identificar em instituições dos EUA experiências exitosas em atividades acadêmicas que associem o discente, a universidade e a empresa de base tecnológica;

3. identificar oportunidades de cooperação nos EUA para operação conjunta (SENAI CIMATEC e universidade estadunidense) de projetos piloto de referência na formação de engenheiros;
4. estabelecer cooperação com instituições nos EUA para a pesquisa voltada à educação em engenharia.”.

Planejamento e metodologia do projeto

A realização do PIM está atrelada ao andamento do Projeto de Inovação Acadêmica desenvolvido em ondas conforme cronograma acompanhamento pelo Escritório de Gestão de Projetos do Cimatec. O Projeto vem sendo realizado desde 2018 e tem como etapas macro:

- **Perfil de saída e competências comuns:** atividade já realizada conforme descrito nos itens anteriores que teve como inputs referências nacionais e internacionais, estudos do CDIO e como validador o comitê técnico com a participação da indústria.
- **Revisão do Projeto Pedagógico do Curso (PPC):** atividade já realizada, consistiu na total reestruturação do projeto pedagógico a fim de contemplar o novo percurso formativo e os fundamentos da formação por competência.
- **Percurso Formativo das Trilhas:** atividade já realizada, contemplou o desenho de cada trilha de forma a oferecer aos alunos experiências de carreira ainda dentro da formação. A base da vivência proporcionada pelas trilhas é a realização de projetos com foco em cada perfil. Na trilha empreendedor, os alunos desenvolvem projetos de novos negócios desde a concepção da ideia, passando pela validação de mercado até a produção do primeiro lote. Na trilha pesquisador, os alunos desenvolvem projetos de pesquisa com possibilidade de realização de *fast track* com os mestrados da Instituição. Já os alunos da Trilha Técnico-Gestor, desenvolvem soluções para problemas reais das empresas. Todos os projetos são acompanhados por mentores que orientam os alunos e dão o suporte técnico. Integram as trilhas também, disciplinas que têm como foco desenvolver competências relacionadas aos perfis de empreendedor, técnico-gestor e pesquisador.
- **Formação de Educadores:** atividade em andamento, foi criado um Programa de Formação Docente que extrapola a visão de capacitações pontuais e se propõe a realizar uma mudança de cultura. Além da oferta anual de capacitações com foco pedagógico

e tecnológico, o programa é composto por editais para desenvolvimento de projetos didáticos, premiações, comunidades de práticas e suporte pedagógico individualizado.

- **Processo de Transição:** atividade já realizada que consistiu na criação de diretrizes para migração dos veteranos para o novo percurso formativo.
- **Infraestrutura e Custos:** atividade em andamento, constituiu uma série de mudanças na infraestrutura de forma a proporcionar espaços de aprendizagem flexíveis que favoreçam práticas pedagógicas dinâmicas e trabalhos em equipe.
- **Detalhamento de DCCs (Descritivo de Componentes Curriculares):** atividade em andamento, contempla a revisão de todos os DCCs à luz da formação por competência e de atualizações pertinentes além da identificação das competências gerais que serão trabalhadas em cada disciplina.
- **Implantação:** atividade em andamento que consiste no acompanhamento da implantação do percurso formativo e todas atividades associadas de forma a identificar oportunidades de melhorias no processo.

Interação com universidades dos EUA

A interação do Centro Universitário SENAI CIMATEC com as Universidades dos EUA tem como principal marco, até o momento, a participação no *Study Tour* promovido pela CAPES e pela Fulbright no âmbito do Programa Brasil-Estados Unidos de modernização da educação superior na graduação (PMG - EUA), para o qual foram enviados dois representantes.

E, para além de estabelecer contatos e iniciar laços institucionais, as visitas promovidas durante o *Study Tour* também foram encaradas pelos representantes do SENAI CIMATEC como momentos que permitiriam a observação *in loco* de aspectos relevantes que poderiam vir a constituir inspiração e referência para as ações de seu PIM. Foram observados aspectos relacionados com: currículo e design curricular, metodologias ativas de aprendizagem, projetos acadêmicos curriculares, programas de capacitação de docentes, programas de incentivo e reconhecimento à atividade docente, programas de intercâmbio de discentes e docentes e infraestrutura.

Integrando o grupo que visitou Universidades na Costa Leste (*East Coast*) dos EUA, a representante do SENAI CIMATEC teve a oportunidade de

iniciar contatos com: MIT - Massachusetts Institute of Technology, Harvard University, Olin College of Engineering, University of Pittsburgh e Rice University.

Dentre os aspectos relevantes observados, destacam-se, por Instituição visitada:

MIT – a Metodologia TEAL (Technology Enabled Active Learning) e a infraestrutura de suporte à sua aplicação, além do Projeto NEET (New Engineering Education Transformation);

Harvard University – a aplicação das metodologias TBL (Team Based Learning) e PBL (Problem Based Learning) pelo grupo do Prof. Eric Mazur e o programa Harvard Linc (Learning Incubator), com estímulo aos docentes para reformulação de suas disciplinas;

University of Pittsburgh – os centros CIRTL (Center for the Integration of Research, Teaching and Learning) e EERC (Engineering Education Research Center), assim como a infraestrutura de espaços maker, espaços de convivência e laboratórios com livre acesso para alunas e alunos;

Rice University – currículos com foco em comunicação e inserção estruturada de PBL (Problem Based Learning), além do Centro para Inovação em Engenharia Oshman Engineering Design Kitchen (OEDK).

Integrando o grupo que visitou Universidades na região Centro-Oeste (Midwest) dos EUA, o representante do SENAI CIMATEC teve a oportunidade de iniciar contatos com: University of Notre Dame, University of Illinois e Purdue University.

Dentre os aspectos relevantes observados, destacam-se, por Instituição visitada:

University of Notre Dame – a infraestrutura do *Duncan Student Center*, um centro de convivência para estudantes, além do *Center for the Study of Languages and Cultures* (CSLC) que presta apoio a estudantes estrangeiros na adaptação linguística e cultural, e a professores que vão lecionar ou dar palestras em outras línguas nos EUA e em outros países;

University of Illinois – o programa AE3 (*Academy of Excellence in Engineering Education*), as experiências com PBL no curso de Engenharia Aeroespacial, a disciplina ENG100 *Illinois Engineering First-Year Experience*, o projeto iDesign (*Integrated Mechanical Engineering Design Curriculum*), o projeto do curso de Bioengenharia com sua metodologia de acompanhamento do desenvolvimento de competências por parte dos estudantes, a

infraestrutura e o conceito da *Grainger Engineering Library Information Center*, com sua proposta de prover a estudantes e docentes um apoio muito mais amplo do que o de uma biblioteca convencional, além da infraestrutura para aplicação de testes em computador do CBTF (*Computer Based Testing Facility*);

Purdue University – as ações da *School of Engineering Education* de apoio ao ensino-aprendizagem nos cursos de Engenharia, a infraestrutura e os programas do CISTAR (*Center for Innovative and Strategic Transformation of Alkene Resources*), o grupo de pesquisa *Global Engineering Education Collaboratory*, a importância dada às disciplinas de Introdução à Engenharia, além da infraestrutura e modelo de gestão do Bechtel Innovation Design Center.

Ambos os representantes do SENAI CIMATEC ainda visitaram a *Cockrell School of Engineering*, da *University of Texas*, em Austin, onde, ao longo de três dias foram recebidas comitivas de outras Universidades do Sistema de Universidades do Texas (*University of Texas System*).

No *University of Texas (UT) System*, os destaques foram:

UT Austin – o programa de apoio ao estudante *Student Success Program*, a metodologia *Retrieval-Based Learning*, os projetos acadêmicos do programa *Humanitarian Engineering*, o desenvolvimento, a promoção e a divulgação dos projetos de conclusão de curso *Engineering Capstone Design and Entrepreneurship*, o programa de reconhecimento de destaques docentes *Academy of Distinguished Teachers*, além da infraestrutura do *Texas Inventionworks*;

UT Arlington – a metodologia de desenvolvimento de projetos de conclusão de curso;

UT San Antonio – o Centro de apoio ao estudante da Escola de Engenharia CoE *Student Success Center* e os projetos acadêmicos do programa EPICS (*Engineering Projects in Community Service*);

UT El Paso – o curso de bacharelado em Liderança e Inovação em Engenharia (*Engineering Innovation and Leadership*);

UT Dallas – a metodologia de desenvolvimento de projetos de conclusão de curso.

Os resultados das visitas durante o *Study Tour* foram amplamente difundidos na instituição, a todo o grupo envolvido no Programa de Inovação Acadêmica. Geraram inspiração para o detalhamento dos projetos

das salas de *Design Thinking* e para especificação dos equipamentos e modelo de operação do Espaço *Maker*.

Como desdobramento dos contatos realizados, uma professora do corpo docente do SENAI CIMATEC obteve uma carta de aceite para um período de doutorado sanduíche em Purdue, submetida em sua candidatura ao *Doctoral Dissertation Research Award Program*, da Fulbright.

Outro desdobramento importante é que o Programa de Capacitação de Docentes, vinculado aos projetos de Inovação Acadêmica e Institucional de Modernização, está sendo fortemente influenciado pela AE3 - *Academy of Excellence in Engineering Education*, da *University of Illinois*, seus programas e suas práticas.

Principais resultados obtidos até 06/2020

Os monitoramentos realizados do projeto apontam para um resultado bastante positivo não só em relação ao cumprimento das entregas previstas no cronograma, mas sobretudo nas crenças educacionais da Instituição disseminadas entre gestores, docentes e coordenadores pautadas na formação por competência, uso de metodologias ativas e aprendizagem por projetos. É notória a mudança de visão quando os docentes realizam a atualização dos DCC, na quantidade crescente de docentes com metodologias *hands on* e no relato dos alunos. Segue abaixo elencadas conquistas obtidas até o presente momento:

- Desenho de 38 competências alinhadas com CDIO com foco na formação dos profissionais do futuro;
- Novo currículo projetado e implementado;
- Aprendizagem ativa como prática incorporada em muitas disciplinas;
- Reconhecimento formal de iniciativas de estudantes, a exemplo da Empresa Junior e das organizações estudantis para participação em competições nacionais e internacionais;
- Aumento da mobilidade de estudantes e professores;
- Novos planos de cursos (objetivo, resultados de aprendizagem, pedagogia, avaliação);
- Novos ambientes técnico-pedagógicos;
- Programa de Formação Docente;

- Ação de estímulo à iniciativa docente para melhoria de suas disciplinas;
- Benchmarking em instituições internacionais.

Como o avanço da implantação e com o processo de digitalização da Instituição a tendência é que o SENAI CIMATEC desenvolva um robusto ecossistema de aprendizagem com diversos espaços de aprendizagem sejam eles virtuais ou físicos que proporcionem experiências de aprendizagem autênticas e que culminem com o desenvolvimento das competências de profissionais que atendam a demanda da sociedade.

Nesse contexto o PIM terá papel importante, proporcionando novas possibilidades de intercâmbio de saberes contribuindo para a evolução do Projeto de Inovação Acadêmica.

Considerações finais

A perspectiva da inovação pode ser considerada a marca do SENAI CIMATEC desde a sua criação em 2002. Já naquela época, o pensamento voltado à elaboração de propostas integradoras envolvendo competências em níveis diferenciados dava o norte das ações a serem propostas. Esta crença foi o ponto de partida, para a junção estratégica entre processo formativo e demandas da indústria. Esta ação, inclusive, esteve mediada pelas ideias relacionadas ao empreendedorismo, inovação e pesquisa.

O alargamento das ideias relacionadas e estes três pilares impulsionou a decisão pela oferta de cursos de graduação, cujo processo de elaboração tinha como ponto de partida os Comitês Técnicos Setoriais, sendo considerados uma instância capaz de promover o diálogo entre as ideias e proposições do SENAI CIMATEC, representantes de empresas e outros seguimentos relacionados às áreas dos cursos, além de especialistas em educação. O resultado ainda gerou cursos tradicionais, cuja performance curricular ainda estava muito centrada nos conteúdos, ainda que houvesse a proposição de projetos interdisciplinares pontuais e a imersão dos alunos na realidade prática dos seus cursos.

O entendimento sobre os movimentos de mutação nas duas últimas décadas, foi capaz de gerar no SENAI CIMATEC uma leitura mais acurada sobre a realidade e uma preocupação sobre o profissional que se formava e sua relação com o mundo do trabalho, com o conhecimento, com a sociedade, consigo mesmo e com seus pares. O contexto da sociedade do conhecimento, da valorização da ética, das relações e das competências como representação do saber relacionado ao diferencial no mundo do

trabalho, impulsionou a busca por referenciais que trouxessem *insights* e respostas capazes de reformular e inovar definitivamente os processos de formação do engenheiro do século XXI.

Nesta perspectiva o SENAI CIMATEC entende que três dimensões devem estar integradas, a saber: diretrizes curriculares, foco nas demandas da sociedade e da indústria, processo formativo para desenvolvimento de competências por meio do protagonismo do aluno.

O que se pode considerar como elemento de maior relevância em todo o processo de inovação da formação em engenharia do SENAI CIMATEC? É preciso antes de tudo entender a relação transformadora entre o conhecimento, o contexto e o indivíduo. Pensar no quão volátil é a tecnologia, compreender que na contemporaneidade, a engenharia é marcada por seu caráter dinâmico, analítico e propositivo. Esta compreensão cria um movimento de inovação educacional em que a prática de ensino deverá estar centrada na criatividade para solução de problemas, estímulo à aprendizagem ao longo da vida, trabalho em equipe, valorização da ética, da comunicação, do pensamento sistêmico, da pesquisa e do autoconhecimento.

Um dos marcos do processo de inovação acadêmica do SENAI CIMATEC é reconhecer que existem caminhos e tendências diferentes para um mesmo profissional, considerar que a engenharia precisa de pesquisadores, profissionais empreendedores com uma incrível visão de futuro e ainda com o perfil de engenheiro que aplica os conhecimentos técnicos e tecnológicos gerando significativas transformações nos processos da sua área de atuação. Para o SENAI CIMATEC o conhecimento e a inovação, sempre foram a busca, o caminho, a transformação e o diferencial. O PIM, vem a colaborar com esse processo de transformação contínua com vistas à excelência, por meio da cooperação internacional.

Bibliografia

- BRASIL, 2019. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES nº 2**, de 24 de abril de 2019. Assunto: Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>. Acesso em 31/05/2019> Acesso em: 20 de agosto de 2020.
- CARDOSO, José Roberto. **O engenheiro de 2020 – Uma inovação possível**. Revista USP, n. 100, p. 97-108, 2014.
- CAVALCANTI, Carolina Costa; FILATRO, Andrea. **Metodologias Inovativas na educação presencial**, a distância e corporativa. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

- CRAWLEY, E. et al. **Rethinking engineering education: the CDIO approach**. 2ª ed. Editora Springer, 2014.
- FERRAZ, T. G. A.; LORDELO, S. N. B; SAMPAIO, R. R. **Avaliação dos estudantes: o que muda e como se adequar às novas diretrizes?** In: Vanderli Fava de Oliveira. (Org.). A Engenharia e as Novas DCNs: Oportunidades para Formar Mais e Melhores Engenheiros. 1ed.Rio de Janeiro: LTC, 2019, v. 1, p. 198-218.
- GOLDBERG, D. E.; SOMERVILLE, M. **A Whole New Engineer: The coming revolution in engineering education**. Douglas, Michigan: ThreeJoy Associates, 2014.
- KRAUSE, D.; EYERER, P. **Schulerprojekte managen: TheoPrax methodic in Aus- und Weiterbildung**. Bielefeld: W. Bertels - mann Verlag (WBV), 2008.
- MILITITSKY, Jarbas. **O perfil desejável do engenheiro para o século XXI**. Egatea digital: revista da Escola de Engenharia. Porto Alegre. Vol. 85, n. 1 (1999), 4 f., 1999.
- YANAZE, Leandro Key Higuchi. **Ambientes tecno-pedagógicos para o desenvolvimento de competências transversais para a inovação em engenharia**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SACRISTÁN, José Gimeno et al. **Educar por competências: O que há de novo?**. Artmed, 2011.

anterior

Engenharia Química da Escola Politécnica da USP (SP)

Detalhamento da Proposta Inicial para o Curso de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP

Ardson dos Santos Vianna Júnior, Adriano Rodrigues Azzoni, Luiz Alexandre Kulay, Moisés Teles dos Santos, Thiago Ollita Basso, Antonio Carlos Seabra, Liedi Legi Bariani Bernucci*

**ardson@usp.br*



Detalhamento da Proposta Inicial para o Curso de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP

Details of the Initial Proposal for the Chemical Engineering Course at the Polytechnic School of USP

Ardson dos Santos Vianna Júnior; Adriano Rodrigues Azzoni; Luiz Alexandre Kulay; Moisés Teles dos Santos; Thiago Ollita Basso; Antonio Carlos. Seabra; Liedi Légi Bariani Bernucci

RESUMO: *O Projeto Institucional de Modernização da Escola Politécnica da USP (PIM) será desenvolvido em 8 anos sendo que neste capítulo apresentam-se os resultados e planejamento futuro dentro dos dois anos iniciais. O texto apresenta as reflexões a visão de futuro para a educação em engenharia a partir de uma escola de engenharia, como se pretende incluir a educação para o desenvolvimento de competências, o papel do processo de acolhimento estudantil nessa nova realidade e o detalhamento das ações desenvolvidas ao longo desses dois anos e qual o planejamento para os próximos dois anos.*

ABSTRACT: *USP's Polytechnic School Institutional Modernization Project (PIM) will be developed in 8 years and this chapter presents the results and future planning from the initial two years perspective. The text presents the reflections on vision for engineering education future from an engineering school point-of-view, how to implement the educational institution for the development of competences, the role of the student welcome process in this new reality and the details of actions developed over these two years and what is the planning for the next two years.*

Introdução

A Escola Politécnica da USP (EPUSP) submeteu um projeto (PMG-2018981270P) para a Capes/Fulbright dentro do Programa Brasil-Estados Unidos de modernização da educação superior na graduação (PMG - EUA) Edital 23/2018. A proposta foi contemplada e o projeto piloto envolve o Curso de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP. Entre outros motivos, a proposta foi contemplada pelo fato de corroborar o conceito de modernização esperado para os projetos PIM – Capes/Fullbright. Neste

contexto, entende-se por modernização da educação a renovação e atualização de conteúdos, metodologias, ferramentas de ensino e infraestrutura educacional, tendo em vista as mudanças pelas quais passa nossa sociedade

Modernizar as práticas de ensino-aprendizagem em Engenharia, tendo como piloto no caso da EPUSP a Engenharia Química, implica em adequar o perfil do engenheiro formado nessa modalidade às mudanças pelas quais passa a sociedade, tornando-o apto a responder de maneira satisfatória, consistente e efetiva a desafios que transcendem os limites da Indústria de Processos Químicos, para também observar áreas de atuação nos segmentos de saúde, energia e meio-ambiente. O mesmo conceito aplica-se às outras engenharias, partindo de suas especificidades.

Visão de futuro para a Educação em Engenharia

A proposta do PIM-EPUSP incluiu uma fase inicial de aprofundamento das questões conceituais do projeto curricular. Assim, a primeira ação foi conhecer as próprias iniciativas já em andamento dentro da EPUSP. Isso foi feito através do “Seminário em Práticas Inovadoras no Ensino e Aprendizagem em Engenharia na Escola Politécnica da USP”, realizado de 27 a 31 de maio de 2019. Nesse seminário foram apresentadas 36 iniciativas já em andamento no âmbito da EPUSP, e que podem interagir efetivamente.

Os resultados desse seminário podem ser acessados no site do evento (EPUSP, 2019), que se encontra em português e em inglês.

Adicionalmente, realizou-se um workshop, envolvendo docentes e discentes, procurando responder a seguinte pergunta; “Quais os 5 eixos principais que orientarão o ensino e a aprendizagem em engenharia nos próximos 10 anos?”. A partir deste trabalho surgiram 5 diretrizes gerais:

- 1) **Estimular a Cultura do Aprender:** Para isso deve-se repensar a avaliação; capacitar os docentes; criar um alinhamento entre disciplinas; aprimorar a orientação pedagógica; melhorar a interação estudante-professor e estudante-estudante; estimular a auto-avaliação crítica/constructiva; reconhecer e incentivar o envolvimento com atividades complementares; valorizar o conhecimento.
- 2) **Promover o Desenvolvimento Humano Integral:** Para isso deve-se promover a sociabilidade e empatia; a responsabilidade individual (escolhas e gerenciamento de tempo); a visão crítica; a responsabilidade social; a visão holística; o trabalho em equipe; a

liderança; a solução de problemas; a capacidade de gestão e de inovação, o empreendedorismo, as competências específicas, a expressão (ex. gráfica); a comunicação e a habilidade de programação.

- 3) **Valorizar os Fundamentos da Engenharia:** Para isso deve-se ensinar com forte base conceitual; fomentar nos estudantes o interesse pelos fundamentos; fomentar a interdisciplinaridade; acolher e motivar os estudantes no estudo de fundamentos; incentivar o pensamento crítico/analítico em oposição ao instrumental/operacional; escolher e priorizar fundamentos, explicitando-os aos estudantes.
- 4) **Interagir com a Sociedade:** Para isso deve-se promover a inserção na cadeia de inovação, ter visão multidisciplinar, promover as responsabilidades social, ambiental e econômica e promover o comportamento ético em toda a instituição.
- 5) **Ter abertura a novos métodos de ensino-aprendizagem:** Para isso recomenda-se estabelecer um observatório para identificar novas tecnologias de aprendizagem (buscando referências em outras escolas e campos do conhecimento); realizar periodicamente evento de troca de experiências; promover o “como estudar e aprender”; estimular feiras e oficinas sobre o tema; promover a divulgação sistemática de eventos no tema; disseminar práticas que valorizem a presença e criação de vínculos durante a aprendizagem; disseminar e discutir a aplicação de práticas como PBL, CBL, CDIO e outras; discutir os novos papéis dos atores; criar um grupo de pesquisa em ensino de engenharia e se basear em evidências científicas para escolher e validar metodologias.

Para propiciar o pleno desenvolvimento de ações relacionadas a essas diretrizes, foram identificadas três premissas essenciais, a gestão institucional consistente, uma infraestrutura adequada e o acolhimento estudantil.

Tanto a gestão institucional como a adequação de infraestrutura serão tratadas especificamente para o caso da Engenharia Química. Antes porém será feita uma breve descrição das ações de acolhimento que foram planejadas e implementadas a partir de 2019.

Figura 1 – Diretrizes que devem guiar o Ensino-Aprendizagem em Engenharia.

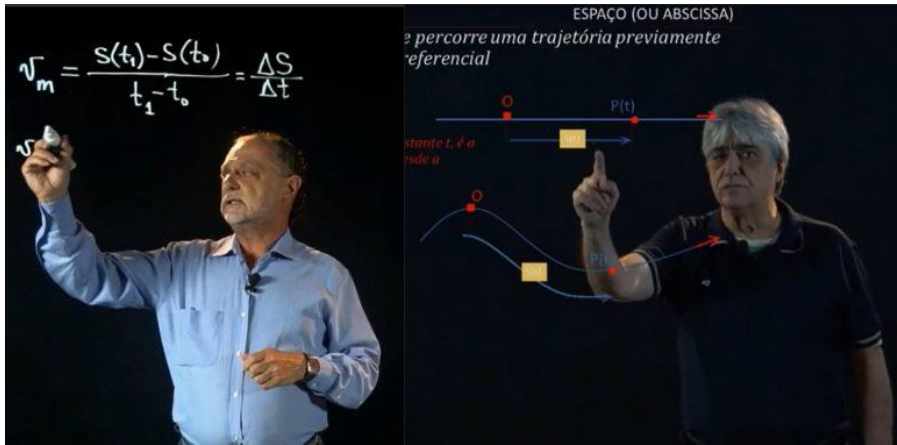


O Acolhimento como premissa para o desenvolvimento do Ensino-Aprendizagem

Um dos papéis centrais de qualquer instituição educacional é o de proporcionar a todos seus integrantes condições propícias para poder, individual e coletivamente, desenvolver o seu potencial, aprimorar seus conhecimentos e, de um modo mais amplo, reforçar as possibilidades de convívio com seus pares e com todos integrantes da comunidade. A EPUSP vem construindo desde 2019 um programa que visa melhorar o processo de integração dos novos estudantes com veteranos e docentes.

Uma primeira ação foi a disponibilização pública de videoaulas por docentes dos Institutos de Matemática (IME), Física (IF) e Escola de Engenharia (EP) da USP empregando o formato *lightboard* (lousa de vidro) como ilustra a Figura 2 (EPUSP, 2020).

Figura 2 – Aulas digitais como ponte entre o ensino médio e o ensino superior para ingressantes. Aulas disponíveis publicamente.



Essas aulas estão paulatinamente sendo desenvolvidas para os ingressantes, focando na travessia do Ensino Médio (tradicional ou profissionalizante) para o início na Escola de Engenharia, focando principalmente em cálculo e física de maneira integrada.

Uma segunda ação é o Programa de Tutoria Acadêmica (EPUSP, 2020), onde estudantes veteranos e docentes, voluntariamente e com reconhecimento institucional, são tutores de grupos de ingressantes. O processo de tutoria estimula um maior contato dos veteranos com os novos

ingressantes, permitindo a troca de experiências por pares e auxiliando os novos ingressantes com questões cotidianas, sendo essencialmente um espaço de escuta e intermediação com as estruturas institucionais.

Educação por Competências visando o Desenvolvimento Humano Integral

A novas Diretrizes Curriculares Nacionais para Engenharia (EDUCAÇÃO, 2019) estabelecem um novo paradigma na concepção curricular em engenharia ao estabelecer a educação para o desenvolvimento de competências ao invés de apoiá-la integralmente em um simples rol de disciplinas a serem cursadas.

O conceito de Competência não tem uma definição amplamente aceita na literatura (ILLERIS, 2008). Em certo sentido, o conceito de qualificação precedeu o conceito de competência. Pode-se assumir uma perspectiva histórica e observar que durante os anos 1970 e 1980 o conceito de qualificação foi paulatinamente introduzido para dar mais foco à ideia de formação acadêmica e profissional. Naquela época, esse conceito era mais aplicado ao domínio vocacional, para profissões, e portanto assumia um caráter iminentemente técnico. Houve uma expansão natural desse conceito para a ideia de qualificações gerais como responsabilidade, flexibilidade e independência. Assim, o conceito de qualificação tem, historicamente, raízes industriais e procura estabelecer conhecimentos e habilidades necessários para desempenhar determinada tarefa.

O conceito de competência se fortaleceu nos anos 1990 partindo das capacidades do indivíduo e não das tarefas que ele deve realizar, tendo sua origem na psicologia organizacional e na gestão moderna (ILLERIS, 2017, p. 127)

Assim, o conceito de competência toma uma perspectiva distinta daquela do conceito de qualificação pois não parte das demandas imediatas de mercado mas do potencial do indivíduo em mobilizar conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e engajamento (aspectos emocionais e motivacionais) para enfrentar situações incertas e imprevisíveis. A competência, portanto, mobiliza qualificações específicas mas vai além, integra outros aspectos necessários para abordar uma situação ou desafio do mundo real. Ela parte de uma visão abrangente do indivíduo, como, por exemplo, o tipo de pessoa que será capaz de lidar com determinados tipos de situação, e a partir daí identifica qualificações concretas necessárias ou que precisam ser desenvolvidas.

Embora não haja uma definição comumente aceita, é aceito que “competência” envolve a capacidade de pensar e agir apropriadamente em *situações futuras desconhecidas e imprevisíveis* no momento em que essa competência está sendo desenvolvida (ILLERIS, 2008).

As competências podem também ser categorizadas em competências específicas (*hard skills*) e competências socioemocionais (*soft skills*). Destaque-se que o termo “skill” é utilizado em inglês em vários contextos. Quando se referindo à tríade conhecimentos, habilidades e atitudes, ele assume uma dimensão de habilidade técnica; quando se referindo a competências socioemocionais, ele incorpora também valores, significados e percepções do mundo. Habilidades, quando consideradas na dimensão de elementos constituintes de competências, com elas se confundem, estando ligadas ao saber fazer e mobilizando os saberes (conhecimentos, habilidades técnicas, atitudes e valores) para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

A Base Nacional Comum Curricular brasileira, voltada aos ensinios infantil, fundamental e médio, estabelece as competências por meio de um conjunto de habilidades (no sentido mais amplo mencionado anteriormente) que devem ser harmonicamente desenvolvidas, identificando as habilidades que todos estudantes devem desenvolver (competências gerais) e aquelas afeitas a áreas específicas (competências específicas). Assim, para a Base Nacional Comum Curricular (MEC, 2018, p. 8):

Competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

Desenvolver competências nos ambientes educacionais torna-se um grande desafio que requer uma mudança de perspectiva. Não é suficiente estabelecer um currículo apenas a partir de objetivos precisos. A educação plena, dentro do ambiente educacional formal, necessita incorporar competências que mobilizem valores e aspectos socioemocionais através da aprendizagem informal proporcionada inclusive por atividades complementares.

Um curso de engenharia tem como um de seus principais objetivos preparar o estudante para o mundo do trabalho. Do ponto de vista do mundo do trabalho e do desenvolvimento econômico a OCDE (OCDE, 2016, p. 5) considera que:

Uma competência é definida como a capacidade de atender com sucesso demandas complexas em um determinado contexto por meio da mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores (cognitivos, metacognitivos, socioemocionais e práticos).

Como procedimento para identificação de competências a serem desenvolvidas através de Atividades Acadêmicas Complementares para um Currículo de Engenharia, a EPUSP está desenvolvendo em um nível abstrato as competências-chave desejadas e identificando qual a importância em separado da mobilização de conhecimentos, habilidades técnicas, atitudes, valores e engajamento e verificando cuidadosamente que elas (OCDE, 2016, p. 6):

- podem ser aprendidas e, até certo ponto, ensinadas;
- contribuem para resultados individuais altamente valorizados (emprego remunerado, renda, saúde e segurança pessoais, participação política, recursos intelectuais, redes sociais e participação cultural) e resultados para a sociedade (produtividade econômica, processos democráticos, solidariedade, coesão social, paz e direitos humanos, equidade e igualdade, sustentabilidade ecológica);
- são instrumentais para atender demandas complexas e importantes em um amplo espectro de contextos;
- são importantes para todos os indivíduos;
- envolvem um nível mais alto de complexidade mental, identificado como prática reflexiva que implica o uso de habilidades metacognitivas, habilidades criativas e tendo uma postura crítica.

Naturalmente as competências-chave devem ser detalhadas de maneira a facilitar o estabelecimento de ações educativas que visem o seu desenvolvimento. Este detalhamento pode ser feito por meio de descrições dos comportamentos desejados, primeiramente em nível de programa de curso e em seguida em nível de disciplinas, procurando empregar sempre que possível verbos de ação.

Como forma de validação desse procedimento a EPUSP está aplicando esse conceito nas Atividades Acadêmicas Complementares estabelecidas no âmbito da Universidade de São Paulo (USP, 2019).

Ações no Curso de Engenharia Química

Visando a interação entre o curso de engenharia e a sociedade, emprega-se ao longo do curso problemas reais com diferentes graus de complexidade. Entre os critérios de seleção desses problemas devem ser considerados o uso de abordagens interdisciplinares para sua solução, e a existência de situações potenciais para as quais as habilidades e capacitações do graduando do curso de Engenharia Química possam ser aproveitadas.

Como maneira de facilitar a implementação dessa abordagem, foram constituídos os seguintes eixos de trabalho:

- **Eixo 1: Conteúdo:** que acolhe os temas a serem trabalhados no projeto, bem como, a formulação dos critérios usados para a seleção daqueles a serem desenvolvidos e, posteriormente, implementados;
- **Eixo 2: Forma:** que detalha procedimentos para implementação de metodologias e ferramentas ativas de aprendizado, e coordena a aplicação destas disciplinas que perfazem o conteúdo específico da formação do estudante do DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA -EPUSP, ou a estes venham a se integrar; e,
- **Eixo 3: Infraestrutura de apoio:** que especifica e dimensiona os recursos materiais e humanos necessários para viabilizar as estratégias desenvolvidas no Eixo 2.

Metodologia

O Projeto PIM original da EPUSP estabeleceu como objetivos:

- 1) Definir e implementar a integração entre cursos, estabelecendo o aprendizado através de problemas reais com diferentes graus de complexidade, para estudantes de diferentes graus de avanço no curso.
- 2) Definir e implementar a abordagem interdisciplinar na solução de problemas de engenharia de processos.
- 3) Criar espaços físicos adequados ao ambiente de aprendizado proposto, envolvendo recursos computacionais atualizados e condições para atuação em equipes pelos estudantes.
- 4) Estabelecer a sistemática de comunicação com os setores com os quais a engenharia química conceitualmente se relaciona, como a indústria química, de alimentos, farmacêutica, meio ambiente e outras.

- 5) Estabelecer ou fortalecer vínculos com outras instituições de ensino e pesquisa no Brasil e no exterior, na área de Engenharia Química, particularmente com instituições nos EUA.
- 6) Aperfeiçoar o modelo de curso cooperativo, com a criação de relações institucionais e metodologias de acompanhamento e avaliação que resultem em vínculos mais próximos e mais intensos com empresas.
- 7) Tornar a indústria um parceiro na educação.
- 8) Desenvolver habilidades e atitudes que gerem inovação e empreendedorismo. Exemplo: saber se comunicar, trabalhar em grupo, vontade de correr risco, perseverança, pensamento criativo e autoconfiança.
- 9) Implementar o método de inovação de Stanford usado no InovaLab em disciplinas na Engenharia Química.

A partir desse objetivo foram estabelecidas as primeiras ações para atender aos propósitos do projeto piloto para a formação específica dos graduandos.

Integração entre cursos

O processo de integração entre cursos é um dos mecanismos que mais aproxima o estudante de engenharia de seu cotidiano profissional, independentemente da modalidade que tenha cursado. Por conta disso, a experiência se apresenta como um meio profícuo e oportuno para formação de um profissional moderno, em sintonia com a expectativa do próprio mercado de trabalho.

Para isso está em desenvolvimento uma estrutura onde os estudantes serão distribuídos em grupos com até quatro integrantes com perfis de formação variados dentro da engenharia e se incumbirão de produzir soluções estruturadas dentro dos vieses que lhes serão solicitados (técnico, econômico, de pesquisa, ambiental, entre outros) para cada situação em análise.

São previstos até três estudos de casos (*ou cases*) por disciplina, concebidos para propiciar graus aditivos de complexidade. A duração de cada caso está planejada para cinco semanas, sendo quatro delas dedicadas a atividades voltadas ao desenvolvimento do caso e uma semana destinada a apresentação e discussão coletiva com colegas e professores dos resultados obtidos ressaltando conceitos, estratégias, premissas e condicionantes, valores e condutas utilizados para alcançar tais soluções. Merece especial atenção o tempo de dedicação esperado para cada caso. Os

estudantes devem se dedicar à solução dos casos basicamente durante as aulas, sem excessivo acúmulo de trabalhos extraclasse.

Os casos visam estimular a sinergia entre habilitações e o processo colaborativo entre os membros da equipe, exercitando o senso crítico de cada estudante para contribuir com estratégias propostas pelos colegas e permitindo o trabalho em equipe.

O professor, mais do que ser um formador clássico, deve ser um facilitador, mediador, mentor e/ou orientador. Além desses papéis ele deve também gerenciar tempos e cuidar para que sejam produzidos resultados formais ao final de cada encontro. Dada a pluralidade de visões (e exigências) que a solução dos *cases* pode proporcionar, a presença de mais do que um docente durante as aulas (ainda que através de incursões pontuais para tratar de temáticas específicas) é bastante desejável.

Está em estudo a integração entre cursos se pela criação de até três disciplinas, que seriam oferecidas, cada qual, durante as sucessivas etapas da formação específica do estudante, respectivamente nos 3º, 4º e 5º anos. Essa forma de organização abre a perspectiva para que os casos possam conter elementos complexos de cada habilitação de engenharia envolvida, dado os graus de avanço e amadurecimentos dos estudantes com relação aos conteúdos de suas modalidades específicas.

Objetivos e metas a serem atendidos:

- Integrar conhecimentos adquiridos por estudantes de diferentes habilitações de engenharia;
- Ter contato com situações 'reais' da carreira do engenheiro dentro de variadas facetas;
- Fortalecimento da aderência entre teoria (aspectos conceituais) e prática (aspectos aplicados);
- Incentivar o trabalho em equipe;
- Fundamentar lógicas de hierarquia, organização de ações, gestão de tempos e responsabilidades;
- Estimular o uso do método Massachusetts Institute of Technology (MIT) e o senso de liderança;
- Difundir a formação transversal.

Abordagem interdisciplinar

A valorização dos fundamentos da engenharia ocorre naturalmente ao se deparar com situações reais e complexas. Em particular, a Engenharia Química exige conhecimentos em química, biologia, física e matemática

além de conhecimentos em ciências da engenharia e suas especificidades. Para identificar, descrever e aplicar tais conhecimentos em problemas originados no Eixo 1, escolheu-se especificamente a metodologia CDIO (criar, projetar, realizar e operar) (CDIO, 2020) e aprendizagem invertida (TALBERT, 2019).

Devido ao caráter integrado e sistêmico da iniciativa, algumas disciplinas se tornam, naturalmente, candidatas imediatas a incorporarem novos temas, metodologias e ferramentas. São esses os casos de disciplinas que abordem a introdução à engenharia, projetos de formatura, projeto de processos químicos, dentre outras. No entanto, no longo prazo, é desejável, oportuno e até, esperado, que os novos modelos possam ser aplicados em muitas outras disciplinas. Se as atividades realizadas forem capazes de proporcionar aos estudantes ganhos de aprendizagem conforme a Taxonomia de Bloom (1 – Lembrar, 2 – Entender, 3 – Aplicar, 4 – Analisar, 5 – Avaliar, e 6 - Criar), as experiências poderão ser validadas por meio de uma perspectiva didático-pedagógica.

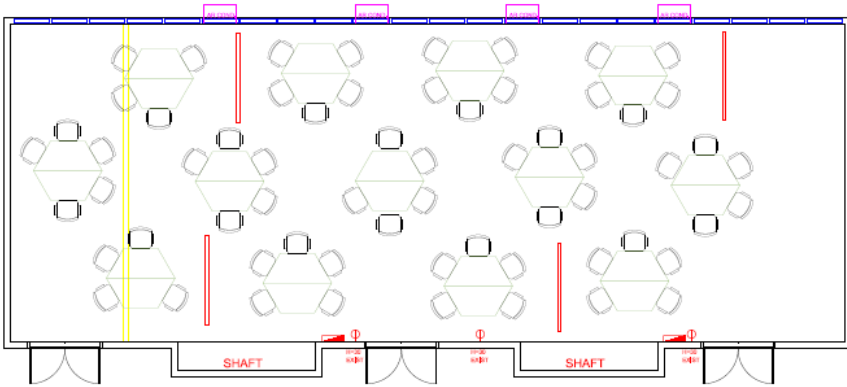
Objetivos e metas:

- Proposição dos novos temas aos estudantes e escolha das ferramentas/metodologias a serem usadas. Descrição metodológica do trabalho com divulgação das experiências em periódicos de educação em engenharia e congressos da área.
- Atração de empresas para a proposta. O tema em discussão está sendo: *Sua empresa quer ser parceira na educação em Engenharia Química?*
- Abordagem de um mesmo problema simultaneamente segundo as dimensões técnicas, sociais e ambientais.

Espaços físicos

Essa ação descreve aspectos físicos (mobiliário e materiais) e serviços utilizados durante a construção do Laboratório de Ensino no Departamento de Engenharia Química da EPUSP, com 19,44m x 7,41 m de área. O espaço tem capacidade para acomodar de maneira confortável 65 alunos, distribuídos em grupos de até cinco integrantes em conjuntos constituídos por duas mesas de formato hexagonal dispostas frente a frente como ilustra a Figura 3.

Figura 3: Arranjo de mesas hexagonais para 65 alunos sendo 5 em cada dupla de mesas.



A sala dispõe de tomadas em todas as mesas, sistemas de iluminação, som e de ar condicionado para oferecer conforto visual, acústico e térmico aos usuários, dois projetores de teto, seis lousas móveis confeccionadas em vidro e cadeiras empilháveis, que permitem comportar grupos com 2, 3 ou 5 alunos. Essa versatilidade possibilita a implementação de diversas estratégias de ensino nas quais a integração entre alunos e o trabalho em equipe são favorecidos, além de permitir maior acompanhamento do professor nos trabalhos desenvolvidos. Também favorece o desenvolvimento de um ensino descentralizado do professor, que atua mais como um mediador de discussões e gerenciador da dinâmica da aula.

Diálogo com a Sociedade

A Engenharia Química tradicionalmente se relaciona com a indústrias química, petroquímica, metalúrgica, biocombustíveis, alimentos, farmacêutica e de prestação de serviços ambientais, dentre outros. Está em discussão a participação de representantes de diversos segmentos em:

- I. Disciplinas curriculares e extracurriculares;
- II. Eventos organizados por docentes e estudantes;
- III. Oferecimento de estágios profissionais;
- IV. Oferecimento de temas e/ou casos a serem desenvolvidos em disciplinas como introdução à engenharia ou projeto de conclusão de curso;

Fortalecimento de vínculos com outras instituições de ensino e pesquisa

Para estabelecer (ou fortalecer) vínculos com outras instituições foi elaborado um programa de intercâmbio entre centros. O objetivo dessa interação é conhecer e, na medida da possibilidade, absorver, técnicas de aprendizagem atuais, vanguardistas ou diferentes das praticadas correntemente. Para tanto, previu-se que as mobilidades tenham duração média de 15 dias.

As mobilidades envolvem instituições norte-americanas de diferentes regiões que foram selecionadas pela Fulbright Brasil a partir de critérios diversos, mas que sempre se pautaram pelos objetivos do projeto junto à CAPES..

As Tabelas 1 apresenta uma relação de instituições norte-americanas cujos modelos de ensino-aprendizagem foram considerados como referência no contexto atual da formação dos engenheiros químicos daquele país.

Tabela 1 – Intercâmbios a serem realizados por Pós-doutorandos e Doutorados.

Instituição	Objetivos	Contato/Professor
Purdue University	Pesquisas de opinião junto aos alunos - <i>School of Engineering Education</i> - Escola de Educação em Engenharia	Dr. Heidi Arola
	Problem-Based Learning / Global Engineering Education	Dr. Brent Jesiek
	Cross-disciplinary ways of thinking, acting, and being	Dr. Robin Adams
University of Illinois	Data collection	Profa. Anne Lucietto
	Metodologia de Avaliação dos docentes Modernização do currículo de engenharia química	Prof. Chris Migostsky Prof. Xiao Su
University of Texas	Work in teams	Prof. Scott Evans
	Bacharelado em Inovação Liderança e Empreendedorismo em Engenharia	Prof. Raul Fernandes
North Carolina State University	Proposta do Prof. Felder com grupo de três alunos	Dr. Rebecca Brent
Stanford	Consolidar a aplicação do método Stanford	A definir

O programa de mobilidades também prevê estadias na EPUSP de docentes e pesquisadores da área de ensino de instituições dos Estados Unidos.

Aperfeiçoamento do modelo de curso cooperativo

Passados mais de 15 anos de sua implementação plena, o conceito de curso quadrimestral cooperativo se consolidou como uma solução efetiva e acertada de encaminhamento no sentido mais amplo de sua missão; qual seja: desenvolver nos estudantes, ainda durante o curso de formação, a vivência e a visão que deles se espera no mundo empresarial. A taxa anual de colocação de engenheiros químicos formados pela EPUSP em postos diversificados de trabalho supera, desde então, o limiar de 95%. Por outro lado, a Engenharia Química é praticada no país de maneira dinâmica e, assim, o modelo cooperativo precisa sofrer ajustes e adequações periódicos para permanecer em condições de acompanhar essas correções de rota, sem comprometer seus índices de excelência.

Essa linha do projeto atua na mesma interface ao fortalecer ainda mais as relações institucionais firmadas entre a EPUSP e as empresas, revendo e aprimorando o acompanhamento dos estudantes nas atividades de estágio de 40 horas semanais por 3 meses, tanto a partir da intensificação da atuação do professor supervisor, como por uma ação ainda mais participativa e integrada com o gestor do estágio que representa a organização que oferece o estágio.

A adequação constante das atividades e tarefas para cada período dessa prática foi intensificada a partir do projeto PIM em função de variáveis inerentes ao estágio como (i): o segmento de atuação da organização; (ii) setor no qual o estudante irá desenvolver as atividades ligadas ao estágio; (iii) o grau de avanço em que ele se encontra no curso de formação; e (v) as responsabilidades que lhe serão atribuídas.

Está em estudo a implantação de um Programa Piloto, que envolveria entre três e cinco estudantes, que seriam alocados em áreas diversas da organização, não necessariamente interligadas e definidas conjuntamente entre os supervisores acadêmico e profissional antes mesmo do início dos trabalhos. O Programa Piloto terá uma duração máxima de três anos, sendo que ao menos um módulo de estágio deva ser cumprido a cada ano, e sempre dentro da estruturação prevista. Essa regularidade permite explorar de forma mais efetiva o desenvolvimento e competências pelos estudantes ao longo do curso de formação. Os objetivos e metas a serem atendidos nesse caso seriam:

- Aprimoramento/atualização do curso cooperativo;
- Fortalecimento das relações institucionais entre a EPUSP e organizações de diversos segmentos.
- Valorização dos fundamentos da engenharia através da realização de atividades profissionais cotidianas do engenheiro químico;

- Concepção de estratégias, práticas e condutas que tornem essa experiência mais aderente às condições e circunstâncias do atual mercado de trabalho para o engenheiro químico; e,

Tornar a indústria um parceiro na educação

Este eixo de trabalho visa intensificar a interação com o setor produtivo por meio de três estratégias de ensino.

A primeira estratégia está amparada na Aprendizagem Orientada por Projetos – AOPj, mais especificamente por Estudos de Casos. Com este enfoque pretende-se introduzir em algumas disciplinas do curso de graduação um conjunto de casos – com amplitude maior que os usados tipicamente em sala de aula – originados, em parte, de problemas e situações de empresas parceiras da Escola. A intenção dessa abordagem é vincular bases teóricas e fundamentos a situações reais e cotidianas da organização (ou de um setor produtivo).

Como forma de gerir e estimular esse formato entre docentes, está em estudo a criação de uma comissão, composta por docentes e alunos de pós-graduação ligados ao PIM, para elaborar ou definir casos adequados ao conteúdo programático das disciplinas.

A segunda estratégia é a criação dos “Estágios em Pesquisa” onde os alunos de graduação possam realizar o módulo de estágio (ME) no âmbito de projeto de pesquisa estabelecidos a partir de colaboração entre docentes do curso e empresas parceiras. Dessa forma, intensifica-se a atuação dos docentes que já atuam como supervisores acadêmicos dos estágios, na execução dos mesmos. No Departamento de Engenharia Química da EPUSP esse processo tem ocorrido historicamente a partir de convênios estabelecidos com empresas na forma de projetos que envolvem docentes, pesquisadores e alunos. A participação dos alunos pode se dar no ambiente industrial, na universidade ou ambos, sendo o vínculo estabelecido no módulo de estágio, formalizado a partir de contrato e bolsa.

A terceira estratégia em estudo consiste em adotar o modelo de interação bastante exitoso que é praticado pela Universidade do Texas (Arlington). Em linhas gerais, esta ideia consiste em mimetizar uma relação de consultoria entre alunos e empresas. A organização propõe um problema que deve ser resolvido pelos alunos dentro de objetivos, metas, produtos (intermediários e final) e prazos definidos. Para isso, um contrato formal é realizado. Na Universidade do Texas o contrato envolve uma verba destinada a remuneração dos participantes, e/ou custeio de atividades relacionadas a iniciativa.

Ampliação do modelo INOVALab

A EPUSP dispõe de um laboratório multidisciplinar para inovação (INOVALAB, 2020) localizado na Engenharia de Produção (PRO) que oferece recursos avançados para a elaboração de projetos e prototipagem para estudantes de graduação. O INOVALab também se ocupa em desenvolver processos integrados com foco na resolução de problemas complexos de engenharia que exigem abordagem multidisciplinar.

Por meio do projeto PIM está-se viabilizando participação de disciplinas de engenharia química na construção de soluções inovadoras.

Aprendizagem invertida

A aprendizagem ativa, ao colocar o foco sobre o aluno, figura central desse enredo, desenvolve novas habilidades nos estudantes, deixando apenas de apresentar conteúdos e passando também a avaliar contextos. Uma forma de avaliar o grau de complexidade das atividades desenvolvidas pelo estudante pode ser feita, mais uma vez, empregando-se a Taxonomia de Bloom, na forma como essa se apresenta quanto à estrutura de organização hierárquica de objetivos educacionais (Figura 4).

Figura 4: Ilustração da Taxonomia de Bloom.



De acordo com essa leitura, a mera repetição de um conceito consiste do nível mais simples, ou elementar da aprendizagem. No outro extremo de pirâmide da aprendizagem, mais elaborado e complexo e próximo da realidade, aparece exatamente o exercício da criação de algo. A ambição do projeto é que se possa ampliar o processo de ensino-aprendizagem da base para o topo, por meio de um ensino moderno e interdisciplinar, capacitando

o engenheiro formado na escola a atuar em temas de interesse social da atualidade.

A informática também colaborou de maneira significativa para a evolução do processo de ensino-aprendizagem. Podem ser citados como adventos adquiridos a partir de seu aparecimento:

- Aprendizagem invertida: considera a aprendizagem síncrona e assíncrona, presencial ou não (TALBERT, 2019);
- Aprendizagem misturada ou mista (*blended learning*): quando parte das atividades é realizada online e parte presencialmente;
- Iniciativa CDIO: *Conceive - Design - Implement - Operate* (criar, projetar, realizar e operar) (CDIO, 2020);
- PBL – *Problem, Project, System Based Learning*: ensino baseado em Problemas, Projetos ou Sistemas.

Seguindo por esta perspectiva, cada professor pode adotar as ferramentas que julga serem mais adequadas para modernizar suas estratégias de aprendizagem. A título apenas de sugestão, são elegíveis algumas direções que se apresentam como sendo mais aderentes com a formação do estudante de Engenharia Química da EPUSP:

- Efetivamente implementar o método de ensino proposto pelo Prof. Felder: grupos de 03 (três) alunos em sala convencional, mas com atenção voltada ao aluno (FELDER, 2020). As referências são:
- Inserir a filosofia CDIO (*Conceive - Design - Implement - Operate*) utilizando o INOVALab;
- Permeiar atividades relacionadas com *soft skills* em todas as disciplinas.

Conclusão

Apresentou-se neste capítulo o conjunto de ações propostas e em andamento na EPUSP de 2019 a 2020 dentro do escopo do Programa de Modernização do Ensino em Engenharia promovido pelo CNE/Capes/Fulbright/Embaixada Americana no Brasil. Destaque-se em especial a mudança de foco para uma educação voltada ao desenvolvimento de competências, centrada no estudante e priorizando a capacidade de atender com sucesso demandas complexas .

Referências Bibliográficas

- CDIO. **Iniciativa CDIO : Conceive - Design - Implement - Operate**, 2020. Disponível em: <<http://www.cdio.org/>>. Acesso em: Agosto 2020.
- MEC. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. Diretrizes Curriculares - Cursos de Graduação**, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192>..
- EPUSP. **Seminário em Práticas Inovadoras no Ensino e Aprendizagem em Engenharia**, 2019. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=69411>>. Acesso em: agosto 2020.
- EPUSP. **Estou na Poli! e-Disciplinas USP, 2020**. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=72684>>. Acesso em: agosto 2020.
- EPUSP. **Programa de Tutoria Acadêmica**. Poli-USP, 2020. Disponível em: <<https://www.poli.usp.br/ingressantes2021/acolhimento-ingressantes-2021>>.
- FELDER, R. **Learner Cenered Teaching, 2020**. Disponível em: <<https://www.engr.ncsu.edu/stem-resources/legacy-site/learner-centered/>; <http://chemcollective.org/activities/info/65>; <https://www.youtube.com/watch?v=1J1URbdisYE>>. Acesso em: Agosto 2020.
- FERRAZ, A. P. M. B. R. V. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais**. Gestão & Produção, p. 17(2): 421-431, 2010. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>>.
- ILLERIS, K. **Competence Development – the key to modern education, or just another buzzword?** Asia Pacific Education Review, p. 9:(1-4), 2008.
- ILLERIS, K. **How we learn: learning and non-learning in school and beyond**. [S.l.]: Routledge, v. 2a., 2017.
- INOVALAB. **INOVALab@Poli**, São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://usp.br/inovalab/>>. Acesso em: Agosto 2020.
- MEC, M. D. E. Ministério da Educação, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**, 2018. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/7.Orienta%C3%A7%C3%B5es aos Conselhos.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/7.Orienta%C3%A7%C3%B5es%20aos%20Conselhos.pdf)>.
- OCDE, E. P. C. **E2030 Conceptual Framework: Key Competences for 2030 (DeSeCo 2.0)**, 2016. Disponível em: <<https://www.oecd.org/education/2030/E2030-CONCEPTUAL-FRAMEWORK-KEY-COMPETENCIES-FOR-2030.pdf>>. Acesso em: Agosto 2020.
- TALBERT, R. **Guia para Utilização da Aprendizagem Invertida no Ensino Superior**. Porto Alegre: Penso, 2019.
- USP, **RESOLUÇÃO CoG, CoCEX e CoPq Nº 7788, DE 26 DE AGOSTO DE 2019**, 2019. Disponível em: <<http://www.leginf.usp.br/?resolucao=resolucao-cog-cocex-e-copq-no-7788-de-26-de-agosto-de-2019>>. Acesso em: Agosto 2020.

