



AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DE ENSINO DE ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3990

Jefferson Lins da Silva - jefferson@sc.usp.br
Universidade de São Paulo

Luciana Montanari - montanar@sc.usp.br
Universidade de São Paulo

Maximiliam Luppe - maxluppe@sc.usp.br
USP

Vera Lúcia Arantes - vera@sc.usp.br
Universidade de São Paulo

Vilma A Oliveira - voliveira@usp.br
Universidade de São Paulo

Zilda de Castro Silveira - silveira@sc.usp.br
Universidade de São Paulo

Resumo: *Os laboratórios de atividades práticas são ambientes de aprendizagem necessários para cursos de Engenharia. Através desses ambientes, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar experiências que se aproximam do contexto real da Engenharia, quer seja pelo desenvolvimento de atividades projetuais em grupo, pela manipulação de instrumentos e equipamentos, observação do fenômeno físico e as suas variáveis e análise dos resultados. A vivência dessas experiências contribuem com o desenvolvimento de competências estabelecidas para o egresso do curso como, por exemplo, trabalho em equipe, criatividade, inovação e comunicação. Além dos benefícios aos estudantes, o desenvolvimento de atividades práticas propicia a cooperação e troca de experiência entre os docentes. Dentro desse contexto, são apresentadas iniciativas de três cursos de engenharia da EESC-USP, Engenharia de Materiais e Manufatura, Engenharia de Computação e Engenharia Civil, para a criação e a readequação de ambientes de aprendizagem voltados para atividades práticas. São descritas as principais características de cada laboratório e os benefícios das práticas desenvolvidas.*

Palavras-chave: *ambientes de aprendizagem, ensino de engenharia, laboratórios*





didáticos



AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DE ENSINO DE ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

Os ambientes de aprendizagem são espaços, existentes ou a serem adaptados/construídos na instituição de ensino, destinados às atividades educacionais e ao apoio para docentes, profissionais envolvidos com a formação e estudantes. Esses espaços podem ser, por exemplo, salas de aula, ambientes de estudo, bibliotecas, laboratórios de ensino, auditórios e labmakers. A utilização de diferentes cenários de ensino/aprendizado permite ao estudante conhecer e vivenciar situações variadas da organização e da prática do trabalho em equipe. Os cenários de ensino/aprendizado podem utilizar ambientes de aprendizagem dentro da instituição de ensino e até mesmo fora.

Com o objetivo principal de formação baseada em competências, segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Engenharia, promulgadas em 2019 (BRASIL, 2019), as quais são constituídas de seus respectivos conhecimentos, habilidades e atitudes, os espaços de aprendizagem devem ser capazes de proporcionar a integração de todas as ações de ensino/aprendizagem, de modo que o estudante possa ser o protagonista na construção de seu perfil de egresso, conforme descrito no Projeto Pedagógico do Curso (PPC).

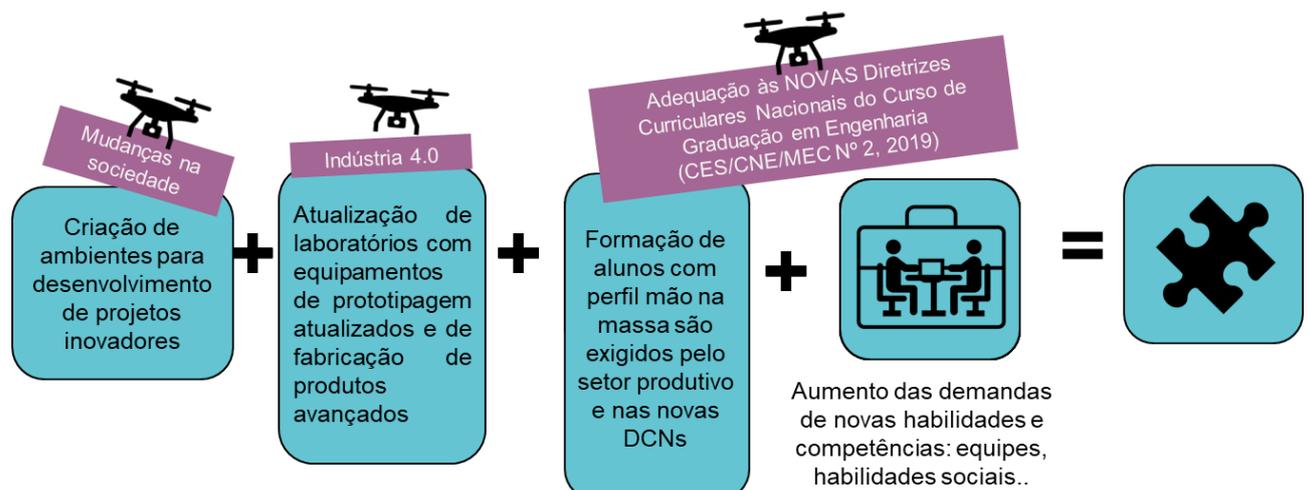
Quando se trata do emprego de metodologias ativas no processo de ensino/aprendizagem é fundamental que os espaços de aprendizagem sejam adequados para o desenvolvimento desse processo. De forma complementar, fatores externos como iluminação, ventilação, acessibilidade e condições ergonômicas influenciam de forma significativa na capacidade individual de aprendizagem. A proposta deste trabalho é discorrer, refletir e mostrar ambientes de aprendizagem para o ensino de engenharia na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), considerando as práticas realizadas em três cursos de graduação, a saber: Engenharia de Materiais e Manufatura, Engenharia de Computação e Engenharia Civil.

2 ENSINO PRÁTICO DE EDUCAÇÃO

Diferentes práticas pedagógicas podem ser empregadas em direção à nova realidade do ensino, com a inserção de aulas baseadas no aprender fazendo e o emprego de metodologias ativas, como sala de aula invertida, aprendizagem baseada em problema ou projeto, em inglês Project/Problem Based Learning (PBL), estudo de caso, aprendizagem entre pares ou times e jogos. O desafio quanto aos espaços físicos didáticos é que esses devem se adequar às práticas para permitir incluir adequadamente, em disciplinas de projetos e atividades extracurriculares, soluções em engenharia com casos reais e parcerias com empresas que estimulem as interações entre equipes, facilitando a cooperação entre os docentes e contribuindo para a prática de cocriação e a troca de experiências (Figura 1). A utilização de práticas que simulam ou permitem o estudante vivenciar a experiência da Engenharia, realizadas em ambientes adequados, contribuem com o desenvolvimento de competências declaradas no perfil do egresso dos Cursos de Engenharia da EESC-USP: comunicação; perfil inovador; criatividade e trabalho em equipe. Para que a experiência das aulas práticas seja de sucesso, são necessárias ações

pedagógicas condizentes, ou seja, é fundamental o emprego de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem e que a ação projetual desenvolvida pelos estudantes assuma um lugar de destaque.

Figura 1 – Ações pedagógicas inovadoras.



Fonte: Próprios autores.

Dentro do contexto de ambientes de aprendizagem para aulas práticas, são apresentadas iniciativas dos cursos de Engenharia de Materiais e Manufatura, Engenharia de Computação e Engenharia Civil da EESC-USP. Observando que como há integração entre os estudantes dos cursos e, muitas vezes, o contexto dos ambientes de aprendizagem são interdisciplinares, estudantes de outros cursos também são beneficiados com essas inovações.

2.1 Ambiente do curso de Engenharia de Materiais e Manufatura

Com o advento da quarta revolução industrial ou pela Indústria 4.0 (I4.0), as áreas de Engenharia de Materiais e Manufatura passaram por mudanças expressivas e quebras de paradigmas. As técnicas de manufatura aditiva e a demandas por técnicas de fabricação sustentáveis, com o mínimo de descarte de matéria-prima, exigiram atualização dos laboratórios didáticos, assim como uma transformação no processo de ensino-aprendizagem.

Os engenheiros cujos perfis profissionais envolvam fabricação de produtos diversos, devem apresentar conhecimento sobre todo o ciclo de fabricação de produtos na nova realidade criada pela I4.0, desde a concepção do projeto, passando pelo desenvolvimento e seleção dos materiais e processos produtivos automatizados e mais adequados com a qualidade esperada, até sua disposição final e reciclagem. Na elaboração de projetos, esse profissional deve estar apto a considerar aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais, de segurança e saúde no trabalho, a fim de atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável.

Os engenheiros de materiais e manufatura devem apresentar domínio de técnicas experimentais para caracterização de materiais, instrumentação e automação, controle e monitoramento de processos de manufatura e ferramentas computacionais para modelamento e análise estatística de dados em grande volume (Big Data).



Em função dessas exigências, fez-se necessária a criação de espaços que atendam as exigências descritas e a aquisição de equipamentos empregados na fabricação de produtos por técnicas de manufatura com manufatura aditiva e sustentáveis. A manufatura aditiva é um sistema de produção que utiliza o desenho assistido por computador, CAD (Computer Aided Design) e scanners 3D. Através da manufatura aditiva é possível obter protótipos de produtos e peças resultantes de atividades projetuais.

Através da Figura 2a é possível visualizar o Laboratório de Projetos, instalado no Departamento de Engenharia de Materiais. A Figura 2a apresenta o espaço de aprendizagem com mesas e espaços de trabalho e os equipamentos empregados na fabricação de protótipos e peças pela técnica de impressão 3D: scanner 3D e impressão 3D e a Figura 2b mostra o forno para sinterização de peças cerâmicas e metálicas lotado no Laboratório de Fornos do Departamento de Engenharia de Materiais da EESC-USP.

Figura 2 – a) Laboratório de projetos com Impressora 3D e scanner digital 3D e (b) forno para sinterização de peças cerâmicas e metálicas, de uso até 1600°C, em atmosfera controlada.



(a)



(b)

Fonte: Próprios autores.

O scanner 3D é o nome genérico para se referir a um aparelho capaz de analisar um objeto real e transformá-lo em um modelo digital. Esse equipamento escaneia a forma espacial, estrutura e cor de um objeto para obter informações sobre as coordenadas espaciais da superfície do objeto. É importante porque converte as informações 3D sobre o objeto físico em um sinal digital que pode ser processado diretamente pelo computador.



Essas informações são utilizadas pela impressora 3D, capaz de fabricar diversos tipos de produtos de maneira rápida e prática.

Embora a impressora 3D seja adequada para fabricar peças compostas por polímeros e compósitos de matriz polimérica, ou seja, que sejam compostos majoritariamente por polímeros, ela não é capaz de produzir peças metálicas e cerâmicas. Peças metálicas e compostas por cerâmicas covalentes, caso de carbetos, nitretos e silicetos, assim como de compósitos compostos por ambos materiais, podem ser fabricadas por metalurgia do pó e/ou sinterização, técnica sustentável, conhecida como a mais antiga técnica do tipo "*near net shape*", que exigem nenhuma ou pouca usinagem posterior às etapas de conformação e consolidação dos produtos produzidos.

Grande parte desses produtos exige o emprego de fornos de alta temperatura, com controle de atmosfera, dada à alta susceptibilidade desses materiais à corrosão em altas temperaturas, acima de 900°C. Para atender a essa demanda, foi adquirido um forno especial (Figura 2b), a vácuo, temperatura de uso até 1600°C e atmosfera controlada, com possibilidade de uso em atmosferas de nitrogênio e argônio.

A criação desses ambientes viabilizou a integração entre as áreas de projetos, prototipagem, manufatura e ensaios de peças compostas pelos mais diferentes materiais: metálicos, poliméricos, cerâmicos e compósitos com diferentes combinações entre esses materiais. É possível afirmar que a implantação e utilização desses novos ambientes, possibilitou aos estudantes desenvolver atividades projetuais de maneira integrada, desde o momento de criação, nível mais elevado do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom (FERRAZ e BELHOT, 2010), até a fabricação do produto ou peça. A atualização dos espaços de aprendizagem e aquisição de novos equipamentos capacitou os estudantes a ter uma visão geral do processo de criação, simulação e fabricação de novos produtos.

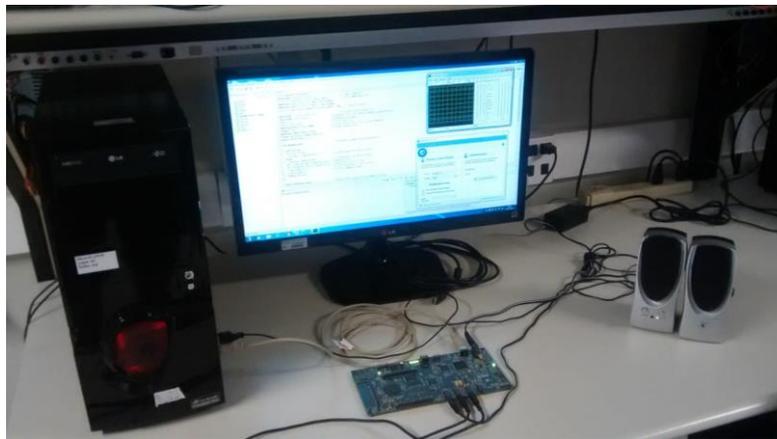
2.2 Ambiente do curso de Engenharia de Computação

A pandemia da COVID-19 trouxe a necessidade de transformar o ensino presencial em ensino com uso de tecnologias de informação, uma vez que todas as atividades didáticas presenciais foram suspensas, enquanto persistissem as restrições sanitárias necessárias para a contenção da mesma. Um dos grandes problemas enfrentados pelos cursos de Engenharia foi a impossibilidade de realização de atividades práticas que, no caso dos cursos de Engenharia de Computação, afetou principalmente as disciplinas de laboratório das áreas de Eletrônica Analógica, Sistemas Digitais e Sistemas Embarcados. Neste contexto, foi necessário adaptar infraestruturas e criar ferramentas e metodologias de ensino que possibilitassem a realização de atividades práticas de forma dinâmica e remota, e que não comprometesse o processo de aprendizagem.

Durante este período, a disciplina de Processadores Digitais de Sinais e Aplicações foi ministrada de forma totalmente remota, fazendo uso da infraestrutura já existente (LUPPE, 2021). A disciplina envolveu atividades práticas de programação de algoritmos de Processamento Digital de Sinais (PDS), utilizando um kit didático que possibilitava a conexão direta com a placa de som de um computador, que foi utilizada como entrada e saída de sinais analógicos (Figura 3). Pelo mesmo computador foi possível visualizar os sinais processados por meio de Instrumentação Virtual (IV). Assim, por meio de aplicativos de acesso remoto (Teamviewer, AnyDesk, etc.), os estudantes puderam acessar os kits pelos computadores do laboratório e realizar as atividades práticas à distância, de forma segura e sem prejuízo no aprendizado. Experiência semelhante (realização de atividades práticas por

meio de acesso remoto) também foi realizada na disciplina de Sistemas Embarcados para os cursos de Engenharia Mecatrônica e Aeronáutica.

Figura 3 – Bancada para acesso remoto, composta de computador, kit didático e caixas de som. O envio e recebimento de dados do kit são efetuados pela placa de som do computador.



Fonte: Próprios autores.

Aproveitando as experiências de ensino-aprendizagem com uso de metodologias ativas, mais especificamente, PBL, nas práticas de Laboratório de Sistemas Digitais, de forma interdisciplinar (LIMA e LUPPE, 2017a,b), aliada à experiência de realizar as atividades práticas da disciplina de Processadores Digitais de Sinais e Aplicações, durante a Pandemia da COVID-19, de forma segura e remota (LUPPE, 2021), com utilização de IV, abriu-se a possibilidade de ampliar o oferecimento dessas disciplinas. Estas ações resultarão em melhoria da infraestrutura, estendendo os conceitos utilizados para as disciplinas práticas de Eletrônica Analógica e de Dispositivos Reconfiguráveis (FPGA), com o uso de IV e de novos kits didáticos de FPGA, com conexão direta com o computador, para controle de entrada e saída de dados (Figura 4), que também possam ser acessados remotamente. Para isso, novos kits de FPGA DE10-Lite, da Terasic, e kits de IV Analog Discovery 2, da Digilent, foram adquiridos, e um novo laboratório para as práticas de laboratório foi implantado no Prédio do curso Interunidades de Engenharia de Computação da USP-São Carlos (Figura 5).

Figura 4 – Bancada para práticas de Sistemas Digitais. Tanto o kit de FPGA, quanto a instrumentação eletrônica (osciloscópio e gerador de sinais), são controlados pelo computador, que é acessado remotamente pelo estudante.



Fonte: Próprios autores.

Figura 5 – Novo Laboratório de Eletrônica do curso de Engenharia de Computação para a implantação de práticas inovadoras de ensino-aprendizado.



Fonte: Próprios autores.

Assim, neste novo laboratório serão introduzidos novos equipamentos e novas metodologias de ensino-aprendizado para as disciplinas práticas de Sistemas Embarcados, Circuitos Eletrônicos, Sistemas Digitais, e Dispositivos Reconfiguráveis do curso de Engenharia de Computação. Como exemplo, nas atividades da disciplina de laboratório SEL0606 - Laboratório de Sistemas Digitais, será possível, por meio de uso de *PBL*, apresentar aos alunos desafios para projetar e implementar cada parte de um processador didático de 32 bits, nos kits de FPGA, associando os conceitos aprendidos nas disciplinas SEL0628 - Sistemas Digitais, vistos em semestre anterior, com os da disciplina SSC0902 - Organização e Arquitetura de Computadores, que é ministrada no mesmo semestre, tornando as atividades de laboratório mais dinâmicas, reforçando conceitos já assimilados, e auxiliando no processo de aprendizado de outras disciplinas.

2.3 Ambiente do curso de Engenharia Civil

No âmbito da Engenharia Civil, a Geotecnia tem um papel relevante no elenco dos temas necessários para a formação básica dos discentes e futuros engenheiros. As disciplinas nesta área de conhecimento explicitam alguns fenômenos físicos de que trata a Geotecnia, sendo que são necessárias a realização de visitas técnicas, práticas de laboratório e/ou ensaios em modelos físicos. No caso da área de Geotecnia, um modo que permite a aprendizagem dos estudantes por meio prático, é a realização de visitas técnicas, onde as estruturas geotécnicas são apresentadas em campo e o estudante pode visualizar, de fato, como elas se apresentam.

Já as atividades previstas em laboratório, em geral, envolvem a manipulação de objetos, equipamentos e instrumentos de medida, a observação de fenômenos, o controle de variáveis e a interpretação dos resultados e das anomalias. Desse modo, o estudante pode ter ideia de como as estruturas geotécnicas se comportam.

Em muitos casos são utilizados modelos físicos para a apresentação de fenômenos físicos. Modelos físicos, neste caso, são modelos em escala reduzida da estrutura geotécnica. Normalmente este tipo de modelagem física é utilizado para complementar os cálculos dos modelos matemáticos durante um projeto complexo. O Laboratório de Geossintéticos do Departamento de Geotecnia da EESC-USP possui alguns modelos físicos (Figura 6) que são utilizados no ensino prático das disciplinas desta temática.

Figura 6 – Exemplo de modelos físicos para análise de atrito de solos arenosos (foto à esquerda) e para construção de protótipos de muros de solos envelopados com geossintéticos (foto à direita).



Fonte: Próprios autores.

Com a observação do comportamento do solo em diferentes situações, a inclusão de modelos físicos didáticos (Figura 6) nas disciplinas têm o objetivo de gerar motivação aos discentes, e ainda desenvolver a intuição e memorização dos conceitos explanados em sala de aula. Os estudantes podem manusear o solo, entender a relação das grandezas estimadas e verificar as possíveis diferenças entre a teoria e a prática. O intuito é tornar a aprendizagem do estudante mais fácil, divertida e visualmente interessante.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou ambientes de aprendizagem existentes e em construção no contexto de ensino de engenharia na EESC-USP, tendo como exemplos aplicações nos

Cursos de Engenharia de Materiais e Manufatura, Engenharia de Computação e Engenharia Civil.

- No Curso de Engenharia de Materiais e Manufatura foram apresentados alguns equipamentos existentes nos Laboratórios de Projetos e de Fornos, sendo que no primeiro laboratório, são utilizados Impressora 3D e Scanner Digital 3D para fabricação de peças compostas por polímeros e compósitos e no segundo laboratório é utilizado um forno para sinterização de peças cerâmicas e metálicas, respectivamente;
- No curso de Engenharia de Computação foi apresentado um novo laboratório onde os alunos terão acesso a novas tecnologias, como Dispositivos Reconfiguráveis e Instrumentação Virtual, possibilitando desenvolver projetos interdisciplinares em equipe, com uso de metodologias ativas (*PBL*), nas áreas de Sistemas Digitais, Organização e Arquitetura de Computadores, e Sistemas Embarcados, tanto local, como remotamente.
- No Curso de Engenharia Civil, na área de geotecnia abordaram-se práticas didáticas realizadas no Laboratório de Geossintéticos. Os protótipos didáticos possibilitam desenvolver a intuição e memorização dos conceitos físicos de forma fácil, divertida e visualmente interessante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a USP e a Santander Universidades pelos recursos para provimentos dos ambientes de aprendizagem por meio dos seguintes editais: *Editais PRG 01/2020-2021 Programa Laboratórios Didáticos para o Ensino de Graduação e Edital PRG/Santander Universidades: Santander e-Grad - Edição 2021*, respectivamente.

REFERÊNCIAS

BRASIL (Ministério da Educação). **Resolução CES/CNE/MEC n.º 2, de 24 de abril de 2019**. Dispõe sobre diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>. Acesso em: 13 de mai. 2022.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais**. Gestão & Produção, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

LIMA, G. K., LUPPE, M. **Improvement of the Digital Systems Laboratory for Computer Engineering**, ICAEEdu 2017, International Conference on Alive Engineering Education, 21-23 June 2017, Rio de Janeiro, Brazil

LIMA, G. K., LUPPE, M. **Aplicando PBL no Laboratório de Sistemas Digitais do curso de Engenharia de Computação**, 3º Congresso de Graduação da Universidade de São Paulo, 04 a 06 de julho de 2017 - Campus USP "Butantã" – São Paulo/SP



LUPPE, M., **Avaliação do impacto do oferecimento remoto da disciplina SEL0631 no contexto da COVID 19**, 6º Congresso de Graduação da USP, 2021.

LEARNING ENVIRONMENTS IN THE CONTEXT OF ENGINEERING TEACHING

Abstract:

Practical laboratories are learning environments used in Engineering courses. In these environments, students can have experiences that approach the actual context of Engineering with the development of group project activities by manipulating instruments and equipment, observing physical phenomena and their variables, and analyzing results. Obtaining these experiences contribute to the development of competencies established for the graduates of the course, such as teamwork, creativity, innovation, and communication. In addition to the benefits to students, the development of practical activities allows for cooperation and exchange of experience among professors. In this context, initiatives from three engineering courses at EESC-USP, Materials and Manufacturing Engineering, Computer Engineering, and Civil Engineering are presented to create and adapt learning environments aimed at practical activities. The main characteristics of each laboratory and the benefits of the developed practices are described.

Keywords: *learning environments, engineering teaching, didactic laboratories, hands-on laboratories.*

