

## SEÇÃO: ARTIGOS

# RELATOS DE EXPERIÊNCIA DE INSERÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE ENGENHARIA

Ana Brandão Belisário<sup>1</sup>, Débora Goulart Faria<sup>2</sup>  
Diego Henrique de Souza Chaves<sup>3</sup>, Gustavo Matheus de Almeida<sup>4</sup>  
Marcelo Cardoso<sup>5</sup>

### RESUMO

O ensino de Engenharia tem sido bastante repensado, discutido e modificado, tendo como um dos principais focos o desenvolvimento de aprendizagens ativas, cooperativas e baseadas em desenvolvimento de projetos. Este trabalho propõe discutir metodologias alternativas de aprendizado, fundamentadas na implementação pedagógica das tecnologias digitais no ensino de Engenharia, visando a tornar estudante e professor agentes comuns e colaborativos na busca e na construção do conhecimento. O Laboratório de Operações Unitárias, do curso de graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais, vem desenvolvendo uma série de mudanças para transformar o processo de ensino-aprendizagem de seus estudantes. Tais modificações são baseadas em projetos de inclusão de ferramentas ciborgues, o que aumenta, assim, a importância e o interesse no desenvolvimento do produto, intensificando também outras formas de acesso à informação além das apresentadas pelo professor.

**Palavras-chave:** Aprendizado baseado em projetos. Ensino de Engenharia. Laboratório de acesso remoto. *Sites* educacionais.

#### Como citar este documento – ABNT

BELISÁRIO, Ana Brandão; FARIA, Débora Goulart; CHAVES, Diego Henrique de Souza; ALMEIDA, Gustavo Matheus de; CARDOSO, Marcelo. Relatos de experiência de inserção de tecnologias digitais no ensino de Engenharia. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 10, e015139, p. 1-18, 2020 DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2020.15139>.

Recebido em: 11/09/2019

Aprovado em: 06/11/2019

Publicado em: 04/02/2020

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2647-949X>. E-mail: [anabelisario@gmail.com](mailto:anabelisario@gmail.com).

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2643-6844>. E-mail: [deboragfariaa@gmail.com](mailto:deboragfariaa@gmail.com).

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4611-9256>. E-mail: [diegohschaves@outlook.com](mailto:diegohschaves@outlook.com).

<sup>4</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2898-5177>. E-mail: [galmeida@deq.ufmg.br](mailto:galmeida@deq.ufmg.br).

<sup>5</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8345-8890>. E-mail: [mcardoso@deq.ufmg.br](mailto:mcardoso@deq.ufmg.br).

## RELATOS DE EXPERIENCIA DE INSERCIÓN DE TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

### RESUMEN

La educación en Ingeniería se ha repensado, discutido y modificado ampliamente, y uno de sus principales enfoques es el desarrollo de aprendizajes activos y cooperativos, respaldado en el desarrollo del proyecto. Este trabajo propone discutir metodologías alternativas de aprendizaje, basadas en la implementación pedagógica de las tecnologías digitales de enseñanza en Ingeniería para transformar al estudiante y al maestro en agentes comunes y colaborativos en la búsqueda y la construcción del conocimiento. El Laboratorio de Operaciones Unitarias del curso de pregrado en Ingeniería Química de la Universidad Federal de Minas Gerais, ha estado desarrollando una serie de cambios para transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje de sus estudiantes. Estas modificaciones se fundamentan en proyectos para la inclusión de herramientas cyborg, lo que aumenta, así, la importancia y el interés en el desarrollo del producto, intensificando también otras formas de acceso a la información, además de las presentadas por el profesor.

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en proyectos. Enseñanza de Ingeniería. Laboratorio de acceso remoto. Sitios educacionales.

## EXPERIENCE REPORTS OF DIGITAL TECHNOLOGIES DEPLOYMENT IN ENGINEERING EDUCATION

### ABSTRACT

Engineering education has been widely rethought, discussed and modified, having as one of its main focuses the development of active, cooperative and project-based learning. This paper discusses alternative learning methodologies, based on the pedagogical implementation of digital technologies in Engineering education, aiming to make both students and teachers into common and collaborative agents in the search and building of knowledge. The Unitary Operations Laboratory, from the Undergraduate course in Chemical Engineering at the Federal University of Minas Gerais, has been developing some changes to transform the teaching-learning process of its students. Such modifications are based on inclusion projects of cyborg tools, which increases the importance and interest in the product development, as well as intensifies other forms of access to information besides those presented by the teacher.

**Keywords:** Project-based learning. Engineering teaching. Remote access laboratory. Educational websites.

## INTRODUÇÃO

Em um mundo de desenvolvimento tecnológico muito acelerado, de geração e transmissão de informações em alta velocidade a um custo muito baixo, seja via internet, seja via fóruns de discussões ou bibliotecas digitais, é importante buscar compreender o papel do ensino, procurando desenvolver metodologias educacionais compatíveis com o cenário atual. Diante disso, este trabalho propõe discutir metodologias alternativas de aprendizado fundamentadas na implementação pedagógica das tecnologias digitais no ensino de Engenharia, visando a tornar o estudante e o professor agentes comuns e colaborativos na busca e na construção do conhecimento. Essas metodologias se baseiam na integração entre estudantes, professores, sala de aula, laboratório e tecnologias digitais, a partir das quais projetos como protótipos com acesso remoto, aplicativos, sites educacionais, videoaulas, entre outros, são desenvolvidos.

A tecnologia digital está cada vez mais presente no cotidiano de todas as pessoas e no futuro deve conquistar ainda mais espaço, o qual também inclui o mercado de trabalho. Estarão em alta profissões decorrentes da aliança com o computacional, como especialistas em inteligência artificial, aprendizado de máquina, grandes bancos de dados, automação de processos e em segurança da informação. Logo, é exigida a implementação de tecnologias digitais na formação de futuros profissionais do mercado de trabalho.

A evolução das ferramentas e das práticas interativas e de colaboração humano-maquínica fundem atributos característicos do humano com habilidades maquinais, trazendo como efeito principal a produção de um novo modo de ser e estar no mundo: o ciborgue. O estudante que cresce imerso no mundo tecnológico desenvolve uma simbiose humano-maquínica, assim ele pode achar incompreensíveis as atividades didáticas que não possuem práticas digitais, dado que se torna cada vez mais difícil existir pessoas imersas na contemporaneidade cibercultural que se distanciam da rede tecnológica digital. Segundo David R. Tavares (2013), o discente cibernético busca, junto ao mundo cibernético, aquilo que lhe agrada, tornando-se autodidata no aprendizado de seu interesse. De modo concomitante, ocorre o seu distanciamento do ensino formal, ao procurar o conhecimento vivo e voltado à aplicação prática. Há atualmente uma vertente que discute a ciborguização dos cursos de graduação. O currículo ciborgue consiste em criar matrizes curriculares híbridas compostas de práticas analógicas e práticas digitais (SALES; LEAL, 2018). Dessa forma, é possível contemplar as diferentes formas de aprendizado, deixando a detenção de conhecimento mais individualizada.

As novas formas de se relacionar com os mundos analógico e digital podem contribuir, positivamente, para o desenvolvimento acelerado de habilidades, como agilidade de raciocínio, capacidade de aprendizado, pensamento estratégico e naturalidade ao lidar com

o cibernético (ABRANCHES, 2017). Portanto, torna-se cada vez mais relevante uma formação educacional capaz de orientar e despertar inteligências individuais.

Nesse sentido, os processos de ensino-aprendizagem devem demandar provocação e desenvolvimento de habilidades críticas e competências práticas, em prol do aproveitamento da tecnologia digital como ferramenta e objeto de construção de soluções para questões humanas. Assim, para atingir o objetivo deste trabalho, três relatos de experiências são apresentados: Uso de tecnologias digitais da informação e comunicação em laboratório de ensino – uma parceria entre o Laboratório de Operações (LabOP) e a empresa Júnior Mult Jr; Aplicação de novas metodologias de ensino aliadas ao aproveitamento de tecnologias digitais na disciplina de Operações Unitárias A, do curso de graduação em Engenharia Química da UFMG; e por último Modernização de plantas didáticas como forma de inserção de sistemas cibernéticos e inteligentes no ensino de Engenharia Química.

### **O ENSINO FORMAL DE ENGENHARIA**

Fazendo um recorte para o ensino de Engenharia, a organização curricular originária de 1795, na ocasião da fundação da Politécnica de Paris, ainda é a forma mais comumente observada nos currículos, com poucas mudanças significativas. Em geral, a estrutura dos cursos ainda é guiada pela distribuição das disciplinas em ensino básico e ensino de Engenharia, com conteúdos fragmentados e descontextualizados (OLIVEIRA, 2005).

A capacitação para a docência em Engenharia não ocorre de maneira formal, porém, em geral, a partir das experiências do sujeito professor, inicialmente como estudante, e, em seguida, com a própria prática (DANTAS, 2014). A ausência de formação específica para a docência minimiza as oportunidades de reflexões e análises críticas acerca da adequação de métodos e conteúdos de ensino no contexto contemporâneo, cuja consequência é a replicação de práticas antiquadas, pautadas em aulas expositivas e práticas laboratoriais (LINSINGEN, 1999).

Nesse âmbito, os processos tradicionais de ensino se baseiam na linguagem verbal, no raciocínio abstrato e na construção de conhecimento dedutivo e sequencial, bem como na transmissão de conteúdo, em que os estudantes recebem as informações de forma passiva. Contudo, sob a perspectiva do aprendizado, os processos mais recorrentes no que tange ao acúmulo de conhecimento, via de regra, são aqueles baseados na linguagem visual e no raciocínio concreto e sensitivo, em que a assimilação de informações é indutiva e realizada de forma ativa, quando o aprendiz é um participante importante no próprio processo de aprendizagem (FELDER; SILVERMAN, 1988).

Como resultante, se observa que os processos de ensino mais usuais estão distantes do contexto atual e em descompasso com métodos de aprendizado intrínsecos aos seres humanos (BELHOT, 2005). Tendo em vista a evolução e a incorporação tecnológicas, o

desenvolvimento da cultura e de práticas sociais e a revolução do setor industrial e de serviços, o sistema educacional precisa ser revisto e recontextualizado. O ensino deve ser compatível com o momento histórico e estar vinculado à sociedade e à tecnologia digital.

Com foco no ensino de Engenharia, novas possibilidades educacionais precisam ser pensadas de modo a se reduzir a distância entre a quantidade e o alcance do conhecimento disponível e entre a quantidade e a aplicabilidade do conhecimento transmitido pelas disciplinas. Essas perspectivas de transformação passam pela flexibilização e pelo remodelamento dos papéis e das relações entre professores e estudantes, transformando-os, respectivamente, em orientadores-educadores e em aprendizes-colaboradores, em uma relação mais horizontalizada.

Em termos gerais, três princípios básicos de possibilidades e de objetivos didáticos poderiam ser propostos. O primeiro seria a adequação do ensino aos diferentes métodos de aprendizado, procurando atingir alta capacidade de compreensão e interpretação do conhecimento pelos diversos indivíduos-aprendizes. O segundo seria a criação de oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional dos estudantes, incentivando o surgimento e a manutenção da motivação intrínseca da busca pelo saber e pelas inovações. O terceiro princípio seria a vinculação do processo de ensino-aprendizagem às necessidades, expectativas e demandas por cidadãos participativos e capacitados para uma sociedade em constante evolução.

Quando os estudantes percebem a distância entre a quantidade e o alcance do conhecimento disponível e entre a quantidade e a aplicabilidade do conhecimento transmitido pelas disciplinas, é comum percebê-los desmotivados com as aulas, com o curso e até mesmo com a própria carreira profissional (BELHOT, 2005). Nesse ponto, o ensino de Engenharia, em particular, requer que o envolvimento com tecnologias digitais atuais e emergentes seja elevado e, ao mesmo tempo, que as atividades presenciais demandem mais colaboratividade e multidisciplinaridade. Nessa lógica, seja consciente ou inconscientemente, aprendizes e educadores começam a incorporar práticas alternativas de ensino e aprendizagem.

### **A INTRODUÇÃO DA TECNOLOGIA DIGITAL NO ENSINO DE ENGENHARIA**

A busca por práticas não convencionais decorre das necessidades voláteis do século XXI por um ensino mais dinâmico e ativo, que seja estimulante, motivador e provocativo para os aprendizes. O desenvolvimento de autonomia sobre o próprio processo de aprendizagem é um passo importante para o processo de construção de práticas pedagógicas não convencionais. Nesse sentido, busca-se a formulação de problemas, passando por análises, sínteses, aproveitamento de potencialidades das redes e do mundo on-line, até a proposição de soluções.

Estudos teóricos e práticos no campo da educação em Engenharia têm ganhado algum destaque em todo o mundo. Em linhas gerais, as discussões e as propostas de modificações do ensino são pautadas em processos educacionais efetivos, eficientes, sustentáveis e capazes de extrapolar o contexto em que foram inicialmente implementados. As principais abordagens passam pelo desenvolvimento de aprendizagens ativas, cooperativas e baseadas em resolução de problemas (GARCÍA-PEÑALVO; COLOMO-PALACIOS, 2015).

Howard S. Barrows (1986), em estudo acerca da formação de médicos, ressaltou tópicos que devem estar presentes em modelos de ensino que sejam adaptáveis às transformações sociais e tecnológicas. Esse estudo pode ser transposto para o ensino de Engenharia, sendo que alguns pré-requisitos podem ser destacados como relevantes para a elaboração de novas formas de se fazer educação: os sujeitos precisam ser sensíveis ao próprio processo de aprendizagem, desenvolver capacidades de autoavaliação, de direcionamento e redirecionamento da proposta de estudo e de adaptação de metodologias ao aprendizado individual; o raciocínio aplicado à resolução de problemas precisa passar pelo método científico, para que a solução proposta seja consciente e inconsistente; a estruturação e a organização das experiências e dos conhecimentos devem servir à aplicação em contextos reais; a importância do trabalho desenvolvido deve ser clara, a fim de que a motivação intrínseca ao aprendizado esteja presente; e, por fim, as roupagens e as temáticas dos desafios propostos pelo processo educacional necessitam ser flexíveis e abertos à incorporação de tendências contemporâneas e de maior interesse por parte dos aprendizes.

Dentro desse cenário, alguns exemplos de metodologias que dialogam com os anseios contemporâneos e que são aplicadas em uma variedade de contextos podem ser citados. Um primeiro exemplo é a transição entre um modelo do tipo *"Pour it in"* para modelos do tipo *"Keep it Flowing"*. No primeiro caso, o conhecimento passa do professor para o estudante de maneira artificial, sem qualquer transformação de ambos (esse seria, salvo algumas exceções, o modelo vigente em cursos de graduação em Engenharia); o segundo caso visa a tornar estudante e professor agentes comuns e colaborativos na busca e na construção do conhecimento. Enquanto o estudante investiga e executa, o professor realiza um trabalho de mentoria, protagonizando os estudantes e fazendo o conhecimento circular por uma rede de contribuintes com igual importância (SMITH *et al.*, 2005).

Outro exemplo são os cursos on-line oferecidos por professores e profissionais qualificados. Essa atividade atende um grande número de estudantes ao mesmo tempo, com pouco ou nenhum pré-requisito de participação, sendo altamente acessível, já que todos os seus módulos de ensino são on-line e, em geral, trazem conteúdo de aprendizado bem definido e focado na resolução de problemas específicos (WULF *et al.*, 2014). Os formatos digitais em que as relações ensino-aprendizagem se apresentam, de certo modo, concorrentes ao formato presencial, tendem a atrair os educandos mais focados e motivados.

A “sala de aula invertida” aproveita, ao mesmo tempo, as vantagens do ensino a distância e o valor das possibilidades práticas do ensino presencial. De forma resumida, ela consiste no alinhamento das tecnologias da informação ao relacionamento interpessoal com vistas à aprendizagem (BAKER, 2000). Essa abordagem transfere para os recursos computacionais a tarefa de armazenamento e repetição dos conteúdos teóricos de ensino. O maior tempo disponível em sala de aula pode então ser usado para tarefas interativas, de aprendizado ativo e colaborativo. Assim, o professor é deixado livre para exercer seu papel humano de mentor-orientador.

Um exemplo que está configurando-se como tendência é a utilização de desafios como objeto central para a organização de sistemas de ensino-aprendizagem. Esse tipo de estratégia se concentra na proposição de experiências voltadas à resolução de problemas, à criatividade e ao pensamento crítico, podendo ser identificada como “Aprendizado Baseado em Problema e Projeto”, do inglês *Problem and Project Based Learning* (PBL) (GUERRA; ULSETH; KOLMOS, 2017). Dentro desse campo, existe uma gama de metodologias e ambientes educacionais, cujo principal ponto em comum entre eles é o aprendizado centrado no estudante, nutrido de significado, muito ligado à prática e propício ao desenvolvimento de habilidades não-técnicas (relacionamento intra e interpessoal, comunicação, atitude e caráter – “*soft-skills*”). Esse leque de possibilidades abre portas para que combinações de propostas e de objetivos didáticos possam ser sugeridas, trabalhadas e alcançadas, incluindo reflexões sobre e com a sociedade.

Quando se trazem essas aplicações de inovações para o contexto real do ensino de estudantes de Engenharia, a primeira reação é de estranhamento; afinal, toda a formação básica ainda é, na maioria dos casos, bastante clássica. As barreiras do tradicional precisam ser rompidas e o papel do professor é fundamental no suporte à transição ao desconhecido, sendo importante o desenvolvimento de atividades que apresentem e ensinem requisitos básicos sobre perspectivas de novos caminhos.

Em matéria de envolvimento tecnológico, emergem abordagens de ensino que criam problemas e projetos de aproximação positiva, seja física ou virtual, entre pessoas e autômatos. Alguns cenários de evolução da relação estudante-tecnologia digital são: laboratórios remotos e simulados, robótica, realidade aumentada, visualização de dados complexos, aplicações móveis, impressão 3D, controles inteligentes, nanotecnologia e internet das coisas.

Nas próximas seções, são apresentados alguns exemplos de inovações no ensino, com integração entre estudantes, sala de aula, laboratório e tecnologias digitais, que recentemente ocorreram no curso de graduação em Engenharia Química da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. O primeiro relato retrata as possibilidades de aprendizagem e de aproveitamento de ferramentas disponíveis na

internet, especialmente voltadas para uma comunicação eficaz, quando o professor concede a gestão de um laboratório de ensino a estudantes de graduação. No segundo, são descritas algumas metodologias aplicadas a uma disciplina de graduação em que a incorporação e o aproveitamento de utilidades on-line fazem parte do processo de aprendizagem. Por fim, o terceiro relato de experiência apresenta uma abordagem prática de uma metodologia ativa de aprendizagem e busca aproximar o ensino às tecnologias de automação e controle usuais em indústrias. Os três relatos abordam como as tecnologias digitais podem ser inseridas no contexto de ensino em Engenharia com foco no desenvolvimento de projetos.

### **RELATO DE EXPERIÊNCIA 1: uso de tecnologias digitais da informação e comunicação em laboratório de ensino – uma parceria entre o LabOp e a Mult Jr**

Conforme estudado por Barrows (1986), para a potencialização do processo de ensino-aprendizagem, os tópicos a serem ensinados devem estar inseridos nos modelos de ensino adaptáveis às transformações sociais e tecnológicas de seu tempo. Assim, uma possibilidade para a introdução de tecnologias do século XXI em laboratório de ensino de Engenharia se dá pelo envolvimento dos próprios estudantes, que têm grande proximidade com o mundo digital. Esses estudantes, corresponsáveis pelo desenvolvimento da transformação digital do laboratório também são colocados em posição de gerenciamento do uso do espaço e de seus recursos, ampliando as oportunidades de desenvolvimento de competências e habilidades não-técnicas. O presente registro foi produzido em 29 de agosto de 2018, a partir de um relato de um estudante de Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), responsável pela gestão do Laboratório de Operações (LabOp) e cujas iniciais são I. M. F. G.

As Operações Unitárias são um dos elementos base da Engenharia Química. Diante de tamanha importância, o Laboratório de Operações Unitárias se apresenta como um ambiente de aplicações práticas desta área, fornecendo a estrutura adequada para a realização de experimentos e projetos. O LabOp é aberto a todos os estudantes e professores da Engenharia Química, e as ações de sua equipe de gerenciamento visam a democratizar e otimizar o local (LABOP, 2019).

O LabOp é um laboratório de ensino do Departamento de Engenharia Química da UFMG que foi reformado e reformulado com o objetivo de aumentar a participação dos estudantes na utilização do espaço e de seus recursos, possibilitando novas condições e oportunidades de aprendizado. Para aumentar a presença dos estudantes no espaço, desde o segundo semestre de 2016, a responsabilidade pela sua gestão foi concedida à empresa júnior do curso (Mult Jr – Consultoria e Projetos). Dessa forma, os estudantes tomaram para si a responsabilidade de ocupar e gerir o laboratório, desenvolvendo vínculo indivíduo-lugar e estratégias de monitoramento, cuidado e incorporação do espaço em seus cotidianos. Como resultado desse novo modelo de gestão, foi criado um ambiente de aprendizado ativo de habilidades e conteúdos diversos.



## Relatos de experiência de inserção de tecnologias digitais no ensino de Engenharia

Ana Brandão Belisário, Débora Goulart Faria, Diego Henrique de Souza Chaves,  
Gustavo Matheus de Almeida, Marcelo Cardoso

Nesse processo de concessão, organização e definição do modo como o LabOp seria utilizado, envolveram-se estudos e aplicações de múltiplas técnicas. A começar, era imprescindível uma comunicação eficiente entre as pessoas diretamente envolvidas na gestão e no uso do espaço físico, a saber, o professor responsável, a equipe da empresa júnior, os professores de disciplinas afins e os estudantes do curso em geral e de outros cursos. Além disso, o diálogo com o público externo e a realização de cursos e outras atividades também deveria ser incentivada. Para atingir todas essas demandas, a integração de diferentes ferramentas, especialmente aquelas computacionais, apresentou um papel muito importante.

A comunicação formal de assuntos internos e de organização estratégica, quando assuntos paralelos deveriam ser minimizados e não era necessária a participação do público em geral, realizava-se por meio de plataformas específicas de comunicação e gestão: Slack® e Trello®. Quando o foco de discussão envolvia o interesse de um maior número de pessoas, mais voltado a assuntos comuns, em que o desvio de atenção já não seria tão prejudicial à gestão do laboratório, empregaram-se como veículos de comunicação o WhatsApp® e as aplicações do Google®. Já quando a conversa tinha um caráter de divulgação, ou seja, o foco era o público mais externo, outras redes sociais participavam como agentes de comunicação, como o Facebook® (FIGURA 1) e o YouTube® (FIGURA 2). Vale ressaltar que todas as ferramentas utilizadas são gratuitas.

Todas essas maneiras de trocar informações demonstram como os estudantes conseguem se apoderar, eficiente e harmoniosamente, de variados veículos on-line de comunicação, conseguindo extrair as principais potencialidades e utilidades de cada um deles.

The image shows a Facebook post from the page 'Lab OP' (@labopufmg). The post is a certificate of participation for a minicourse on Mining and ETES held on July 10, 2018, in Belo Horizonte. The certificate is signed by Ana Brandão Belisário and Leonardo Castro. The post has 341 likes, 34 shares, and 56 clicks. The certificate text reads: 'CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO A MULT JR E O GRÊMIO DE ENGENHARIA LOURENÇO MENICUCCI SOBRINHO CERTIFICAM QUE Laboratório de Operações e Processos PARTICIPOU DO MINICURSO SOBRE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES, COM DURAÇÃO DE 2H, NO DIA 20/06/2018. Belo Horizonte, 10 de julho de 2018.' The certificate also lists the organizers: Ana Brandão Belisário (Presidente - G12345) and Leonardo Castro (Presidente - Mult Jr). The post includes a map of the location and a 'Promover negócio local' button.

**Figura 1** – Página do Facebook® do LabOp, com a postagem do certificado de participação do minicurso ocorrido no Laboratório  
Fonte: elaborada pelos autores (2019).



**Figura 2** – Conta do LabOp no YouTube®, veículo de divulgação de vídeos e videoaulas  
Fonte: elaborada pelos autores (2019).

Diante do exposto, é importante observar que essas aplicações de recursos ligados à internet permitiram aumento de agilidade na gestão e diminuição de excedentes, causando melhoria dos resultados e da efetividade operacional das tarefas realizadas. A cada dia, torna-se mais inviável pensar em atividades didáticas em que a utilização de ferramentas ciborgues não sejam incentivadas nessa nova dinâmica que está se consolidando como uma necessidade formal no ensino de Engenharia.

Além da presença autônoma dos estudantes membros da empresa júnior, os estudantes que cursam a disciplina de Operações Unitárias A (OPA) também são incentivados a se envolverem com o laboratório na criação e no desenvolvimento de projetos que produzam melhorias contínuas e permanentes no espaço. Tal incentivo decorre das propostas de trabalho sugeridas e avaliadas pelo professor.

---

**RELATO DE EXPERIÊNCIA 2: aplicação de novas metodologias de ensino aliadas ao aproveitamento de tecnologias digitais na disciplina de Operações Unitárias A, do curso de graduação em Engenharia Química da UFMG**

Sobre a disciplina Operações Unitárias A: A disciplina tem como objetivo integrar o estudante com o conhecimento teórico fundamentado e aplicado de fluidodinâmica de sistemas particulados de forma a torná-lo capaz de: compreender os processos físicos envolvidos; efetuar balanços globais e diferenciais de massa e de energia em sistemas particulados diversos; selecionar e dimensionar sistemas para cominuição, classificação, separação, mistura e processamento de sólidos particulados; levantar e organizar informações para a modelagem e simulação de fluidodinâmica de partículas em diversos sistemas (UFMG, 2019).

Dentro do contexto de novas estratégias educacionais, o modelo “*Keep it Flowing*” e o de “Ensino baseado em Projetos” (PBL) são as metodologias utilizadas para o desenvolvimento das aulas da disciplina. A aplicação do modelo “*Keep it Flowing*” se dá na forma cooperativa, em que o conhecimento deve ser compartilhado; e a metodologia PBL possui como componente fundamental o projeto, sendo que a aplicação dessa metodologia vai desde a constituição do seu cenário, passando pela identificação de elementos, hipóteses e processos, até a aplicação propriamente dita. Nesse contexto, os responsáveis pelo LabOp, do curso de graduação em Engenharia Química da UFMG, estão desenvolvendo uma série de mudanças para provocar essas transformações no processo de ensino-aprendizagem de seus estudantes. As principais mudanças passam pela inclusão de tecnologias digitais, como por exemplo: gestão do laboratório pelos estudantes membros da empresa júnior, com o uso de ferramentas computacionais para comunicação e inserção do laboratório nas redes sociais, como LinkedIn®, YouTube® e Facebook®; identificação dos principais equipamentos com a implantação de códigos QR (*Quick Response Code*); e gravação de vídeos para promoção da melhoria do aprendizado dos estudantes.

A disciplina se estrutura colocando o estudante como sujeito de um sistema colaborativo e aberto a inovações. Ao longo do semestre, o discente desenvolve as atividades de duas maneiras: individual e em grupo. As aulas são ministradas em dois ambientes: a sala de aula e o LabOp. A prioridade é o desenvolvimento de trabalhos que permitam discussões e elaboração de resultados práticos.

As aulas em sala de aula são intercaladas com explanações do conteúdo teórico e resoluções de exercícios em grupo. As discussões acerca dos conteúdos intra e inter-grupos são estimuladas pelo professor-mentor, e a utilização de *notebook*, calculadora e *smartphone* é incentivada no sentido de auxiliar os estudantes no desenvolvimento de projetos. Nos três primeiros meses, esse formato é o que prevalece, sendo que, no final de cada mês, uma avaliação individual no valor de 20 pontos é realizada. Em paralelo, devem ser levantadas informações e materiais a serem utilizados no desenvolvimento do projeto.

Na sequência, a construção do projeto, que deve estar relacionado à integração de tecnologias digitais ao LabOp, torna-se prioridade. Cada grupo escolhe um tema de projeto a ser desenvolvido durante o período. Essa abordagem pode ocorrer de várias formas: com o desenvolvimento de protótipo de equipamento para o laboratório; com a otimização dos equipamentos existentes; e com a inclusão de sensores para medições de parâmetros operacionais (vazão, temperatura, pressão, entre outros) etc. A utilização do LabOp é incentivada durante todo o período, e a documentação do trabalho se faz geralmente por meio de vídeos, que podem ser postados no canal do YouTube<sup>6</sup>, em rede social ou em *site* educativo.

O último mês do semestre é dedicado à finalização do projeto, e os estudantes passam a maior parte do tempo no LabOp. Na última semana de aula, o projeto é apresentado e o material produzido é entregue. Essa entrega, em geral, envolve a confecção de vídeos, apostilas e outros meios de divulgação.

Um exemplo de trabalho realizado no LabOp foi a instalação de *QR Code* em cada equipamento principal. O *QR Code* (*Quick Response*, ou seja, resposta rápida) é um código de barras 2D e pode ser lido facilmente a partir do celular (FIGURA 3). Basta escanear o código com um aplicativo apropriado por meio de um *smartphone*, que converte a informação contida no código em texto, *links* para *sites*, vídeos, imagens, entre outros. No caso específico do LabOp, os códigos, desenvolvidos pelos próprios estudantes e analisados pelo professor, dão acesso a vídeos explicativos sobre o funcionamento dos equipamentos, com o objetivo de facilitar a aprendizagem autônoma. Os vídeos produzidos pelos estudantes são disponibilizados no canal do YouTube<sup>6</sup> do laboratório.<sup>6</sup>



<sup>6</sup>Disponível em: <http://www.youtube.com/channel/UCeyt7jGGD5SWjIN7lk9gplg>.

**Figura 3** – Identificação de um equipamento com o código QR

Fonte: elaborada pelos autores (2019).

Desse modo, o estudante é incentivado a trabalhar com outras habilidades além daquelas tradicionalmente exigidas durante a sua formação como engenheiro, desenvolvendo capacidades técnicas e artísticas, ao confeccionar videoaulas, manuais, protótipos, entre outros. Nesse contexto, o resultado são aprendizes que, ao mesmo tempo que buscam fontes online de informações, também são geradores de conteúdo online.

As aulas despertarão a motivação dos estudantes e os deixarão mais independentes, facilitando o aprendizado e o desenvolvimento do gosto pelo estudo se os educadores souberem combinar as atividades de ensino com os recursos tecnológicos. A próxima experiência apresentada faz referência à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso dos graduandos em Engenharia Química. Em relação ao LabOp, essa disciplina é utilizada em projetos de automação e controle de seus equipamentos.

**RELATO DE EXPERIÊNCIA 3: modernização de plantas didáticas como forma de inserção de sistemas cibernéticos e inteligentes no ensino de Engenharia Química**

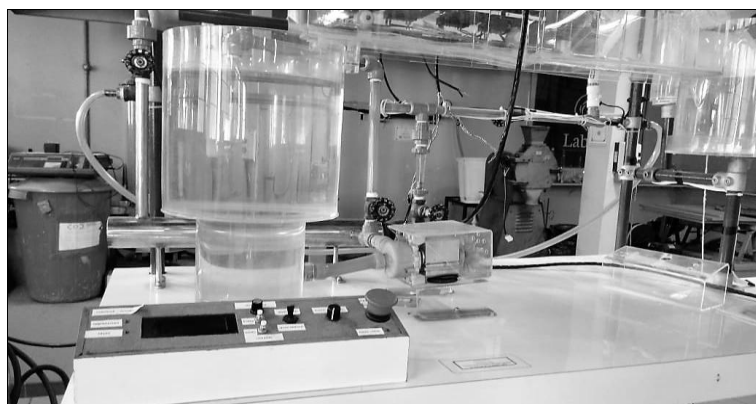
Por fim, para a contextualização do próximo relato, cabe ressaltar que a existência de uma gestão do laboratório, preocupada com sua organização, sua promoção e a divulgação dos trabalhos produzidos, bem como com a manutenção, a modernização e a criação de tutoriais dos equipamentos do laboratório, foi importante para a execução de projeto mais complexo. Este terceiro relato de experiência expõe uma aplicação prática da metodologia PBL, que é centrada no desenvolvimento de projetos. O presente registro foi produzido em 1 de setembro de 2018, a partir de relato do professor cujas iniciais são L. F. D. P., do Departamento de Engenharia Química da UFMG, orientador na disciplina Laboratório de Operações e Processo, do curso de graduação em Engenharia Química.

Sobre o Laboratório de Operações e Processos: esta disciplina visa à integração de conhecimentos teóricos e práticos adquiridos em várias subáreas de conhecimento, através do desenvolvimento experimental de um processo industrial em escala de laboratório. O foco dessa disciplina é desenvolver no estudante o conceito de metodologia científica, a partir de sua própria vivência. Em grupos reduzidos, de, em média, cinco estudantes, eles passam por todas as etapas de um trabalho científico: revisão bibliográfica, definição da metodologia a ser adotada, realização de experimentos, análise de resultados e elaboração de um relatório final, e trabalham na solução de diversos problemas frequentes na indústria ou em trabalhos de pesquisa, frente aos quais eles precisam se posicionar, se aprofundar e propor soluções. Isso, sem dúvida, propicia um maior intercâmbio da Escola e dos estudantes com a própria indústria (UFMG, 2019).

Laboratório de Operações e Processos (LOP) é uma disciplina do nono período do curso de graduação em Engenharia Química da UFMG, equivalente ao Trabalho de Conclusão de Curso. Por definição, a disciplina coloca a um grupo de estudantes a tarefa de desenvolvimento autônomo de um projeto, de maneira que diversos conceitos da Engenharia Química devem ultrapassar a teoria e serem aplicados na prática. O professor L. F. D. P., por atuar na área de controle e automação de processos industriais, propõe ao grupo de estudantes sob a sua orientação o estudo e a implementação de técnicas e tecnologias digitais de modo a transformar equipamentos tradicionais em equipamentos automatizados e inteligentes.

A maneira como isso se conduz aproveita e desenvolve ainda mais a proximidade dos estudantes com ferramentas tecnológicas, incentivando e fortalecendo a comunicação eficiente entre pessoas e máquinas. Em oposição às matrizes curriculares tradicionais dos cursos de Engenharia Química, essa disciplina busca atender a necessidade de inovação no ensino com o objetivo de melhor preparar o estudante para o ambiente industrial, setor onde é esperada uma revolução nos próximos anos. Essa revolução, pela forma que está se desenrolando, se caracteriza principalmente pelos sistemas cibernéticos e inteligentes. A proposta do professor L. F. D. P. é que os estudantes possam aperfeiçoar as plantas didáticas do LabOp de modo a permitir uma operação remota. Com esse objetivo, o professor propôs que alguns projetos da disciplina Laboratório de Operações e Processos deveriam inserir elementos de tecnologia da automação (TA) e de tecnologia da informação (TI).

O primeiro projeto desenvolvido buscou a automação de um trocador de calor. O grupo de estudantes desenvolveu a configuração de sensores, com acesso à internet, o que permitiu que os valores de um conjunto de variáveis fossem salvos em um banco de dados local para posterior análise. Esse histórico de dados sobre a operação do equipamento possibilita, por exemplo, o estudo da sua dinâmica operacional e, como consequência, dos fenômenos físico-químicos característicos do processo (FIGURA 4).



**Figura 4** – Trocador de calor do LabOp, com destaque para o painel de controle do equipamento  
Fonte: elaborada pelos autores (2019).

O segundo projeto aproveitou os resultados do primeiro e expandiu as formas de comunicação com o trocador de calor. Essa expansão buscou o desenvolvimento de um sistema de acesso remoto; com isso, não seria mais necessário estar no laboratório para controlar o equipamento. Assim, com o próprio dispositivo móvel conectado, como um *smartphone*, os estudantes poderiam buscar informações e intervir remotamente na operação do trocador de calor, a partir do aplicativo do sistema de supervisão também desenvolvido.

O terceiro projeto concentrou-se na programação de algoritmos para a construção de sistemas inteligentes, isto é, capazes de identificar falhas de modo autônomo e então agir de modo a reverter possíveis problemas e reportar o operador sobre o estado de funcionamento do equipamento. Tais projetos, executados na forma de trabalhos de conclusão de curso, carregam a prática da conexão humano-maquínica, na direção da melhoria dos processos de engenharia.

O processo de aprendizagem nesses casos extrapola os conteúdos teóricos e práticos do ensino tradicional de Engenharia. Ademais, o contato do estudante com equipamentos de acesso remoto em substituição a simuladores digitais produz um conhecimento mais aplicável e uma experiência semelhante a situações e contextos de processos reais (que ocorrem no cotidiano industrial), uma vez que simuladores, em geral, consideram apenas condições ideais/teóricas ou falhas pré-programadas de processos industriais. Durante a aprendizagem, os estudantes deixam de encarar os processos físico-químicos e os equipamentos como partes idealizadas e isoladas e passam a compreender que ações, reações e relações humano-maquínicas interagem em níveis mais aprofundados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, o que se observa na prática do ensino superior em geral e, de modo mais específico, nas áreas de Engenharias, é a reprodução, pelos professores, dos mesmos métodos de ensino vivenciados ao longo de sua formação. O resultado usual é a replicação do formato tradicional de ensino, pautado em aulas expositivas e práticas laboratoriais, sendo o professor detentor do conhecimento, os estudantes, aprendizes passivos, e o aprendizado, medido por meio de avaliações regulares.

Desse modo, a educação em Engenharia precisa ser mais dinâmica, ativa e centrada no estudante; deve estimulá-los a aprender, analisar, sintetizar e propor soluções; além de provocá-los para se tornarem aprendizes e mentores criativos ao longo da vida. Além disso, na conjuntura atual de um mundo tecnológico, a incorporação de ferramentas tecnológicas é fundamental para a evolução do ensino e para a colocação do estudante como alvo e

principal ator do processo educacional. O professor passa a atuar como orientador, supervisor ou facilitador nesse processo de aprendizagem.

Dentro desse contexto, uma série de mudanças têm sido inseridas ao LabOp com o propósito de provocar transformações no processo de ensino-aprendizagem de seus estudantes. Tais modificações são fundamentadas em projetos de inclusão de ferramentas ciborgues por meio do desenvolvimento de protótipos com acesso remoto, aplicativos, sites educacionais, vídeo aulas e outros.

O gerenciamento do LabOp é realizado pela Mult Jr. A utilização do laboratório é incentivada durante todo o período de desenvolvimento dos projetos da disciplina de OPA, em que a documentação do trabalho se faz geralmente por meio de vídeos em rede social ou em *site* educativo. De forma a auxiliar o acesso a tais vídeos, *QR Codes* foram instalados em cada equipamento principal com o objetivo de facilitar a aprendizagem autônoma, incorporando também o YouTube® como ferramenta educativa. Há, também, projetos com o objetivo de aperfeiçoar as plantas didáticas do LabOp de modo a permitir operação remota. Assim, com o próprio dispositivo móvel conectado, os estudantes podem buscar informações e intervirem remotamente na operação de equipamentos.

Os três relatos apresentados demonstram como a mudança de postura de professores e estudantes na relação entre si e com o laboratório permite a evolução de pessoas e do espaço. Professores que facilitam a execução de trabalhos e que colocam o estudante como também responsável pelo próprio processo de aprendizagem contribuem para o desenvolvimento de competências que vão além das exigências técnicas em termos de engenharia. Por se tratar de uma metodologia que tem como componente fundamental o projeto, o PBL promove o questionamento, além disso, também desenvolve senso crítico e postura científica. Assim, o estudante se torna protagonista, e o conhecimento gerado e difundido passa a estar vinculado aos hábitos e aos estilos de aprendizagem dos próprios estudantes.

### REFERÊNCIAS

ABRANCHES, Sérgio. *A era do imprevisto: a grande transição do século XXI*. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

BAKER, J. Wesley. The “Classroom Flip”: Using Web course management tools to become the guide by the side. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COLLEGE TEACHING AND LEARNING*, 11., 2000. Jacksonville. *Proceedings* [...] Jacksonville: Florida Community College, 2000, p. 9-17.

BARROWS, Howard S. A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, v. 20, n. 6, p. 481-486, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>.



BELHOT, Renato Vairo. A didática no ensino de Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 33., 2005. Campina Grande. *Anais [...]* Campina Grande: UFCG, 2005, p. 1-12.

DANTAS, Cecília Maria Macedo. Docentes engenheiros e sua preparação didático-pedagógica. *Revista de Ensino de Engenharia*, [online], v. 33, n. 2, p. 45-52, 2014. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/246>. Acesso em: jun. 2018.

FELDER, Richard M.; SILVERMAN, Linda K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, [online], v. 78, n. 7, p. 674-681, 1988. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Learning-and-Teaching-Styles-in-Engineering-Felder-Silverman/a100c5a533d61342b9ce6024023608e7398f9a20>. Acesso em: jun. 2018.

GARCÍA-PEÑALVO, Francisco José; COLOMO-PALACIOS, Ricardo. Innovative Teaching Methods in Engineering. *International Journal of Engineering Education*, v. 31, n. 3, p. 689-693, 2015. Disponível em: <https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/418/1/Innovative%20teaching%20methods%20in%20Engineering.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2018.

GUERRA, Aida; ULSETH, Ronald; KOLMOS, Anette. *PBL in Engineering Education: International Perspectives on Curriculum Change*. Rotterdam: Sense Publisher, 2017.

LABOP. Laboratório de Operações Unitárias, c2018. Página Inicial. Disponível em <http://labopdeq.wixsite.com/home>. Acesso em: 27 ago. 2018.

LINSINGEN, Irlan von. A transposição didática e o ensino de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 27., 1999, Natal. *Anais [...]* Natal: UFRN, 1999, p. 677-684.

OLIVEIRA, Vanderlí Fava de. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de Engenharia. *Revista de Ensino de Engenharia*, [online], v. 24, n. 2, p. 3-12, meses. 2005. Disponível em: [exatasfepi.com.br:8088/exatas/wp-content/uploads/2013/02/Artigo\\_IEP\\_AULA2.pdf](http://exatasfepi.com.br:8088/exatas/wp-content/uploads/2013/02/Artigo_IEP_AULA2.pdf). Acesso em: 27 ago. 2018.

SALES, Shirlei Rezende; LEAL, Rafaela Esteves Godinho. Práticas pedagógicas inovadoras na formação docente: ciborguização do currículo do curso de pedagogia. *Revista Internacional de Educação Superior*, Campinas, v. 4, n. 1, p. 6-24, jan./abr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22348/riesup.v4i1.8650710>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/riesup/article/view/8650710>. Acesso em: 27 ago. 2018.

SMITH, Karl A *et al.* Pedagogies of Engagement: Classroom-Based Practices. *Journal of Engineering Education*, [online], v. 94, n. 1, p. 6-24, jan./abr. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00831.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00831.x>. Acesso em: 27 ago. 2018.

TAVARES, David Ribeiro. Pensamento cibernético na simbiose homem-máquina. A morfologia tecnológica, socioeducacional e democrática do novo discente na desverticalização do ensino pedagógico. *Ensaio Pedagógico*, Curitiba, v. 5, p. 1-17, jun. 2013. Disponível em: [www.opet.com.br/faculdade/revista-pedagogia/pdf/n5/ARTIGO-DAVID.pdf](http://www.opet.com.br/faculdade/revista-pedagogia/pdf/n5/ARTIGO-DAVID.pdf). Acesso em: 27 ago. 2018.

UFMG. Grade curricular do curso de graduação em Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da UFMG, c2015. Disponível em: <http://www.deq.ufmg.br/graduacao/grade-curricular>. Acesso em: 27 ago. 2018.

WULF, Jochen *et al.* Massive Open Online Courses. *Business & Information Systems Engineering*, Wiesbaden, v. 6, n. 2, p. 111-114, abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11576-014-0405-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12599-014-0313-9>. Acesso em: 27 ago. 2018.

**Ana Brandão Belisário**

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Minas Gerais, graduação em Engenharia Química, UFMG (2017). Desenvolve pesquisas relacionadas a aplicações de métodos para monitoramento e controle estatístico de processos. Neste campo atuou como pesquisadora na Lappeenranta University of Technology, na Finlândia. Principais interesses envolvem a aplicação da ciência de dados e o ensino de Engenharia voltado ao desenvolvimento de pessoas.

anabelisario@gmail.com

**Débora Goulart Faria**

Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Possui graduação em Engenharia Química pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2015) e em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (2012). Atuou como pesquisadora na Lappeenranta University of Technology, na Finlândia, onde desenvolveu projetos relacionados à captura e utilização de dióxido de carbono na indústria de cimento.

deboragfariaa@gmail.com

**Diego Henrique de Souza Chaves**

Professor Assistente no Instituto de Educação Continuada (IEC) da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Doutorando em Engenharia Mecânica e mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela PUC Minas. As suas principais áreas de atuação concentram-se nos temas: Secagem Spray e Controle de Processos.

diegohschaves@outlook.com

**Gustavo Matheus de Almeida**

Graduado (2000) e mestre (2003) em Engenharia Química pela UFMG e especialista em Papel e Celulose (2004). Possui doutorado em Engenharia Química (2006) pela USP e pós-doutorado na UFMG (2007-2008). Professor visitante na Universidade de Coimbra, Portugal (2011). Atualmente, professor do Departamento de Engenharia Química da UFMG. Tem interesses em monitoramento de processos, visualização de dados, estatística industrial e transformação digital.

galmeida@deq.ufmg.br

**Marcelo Cardoso**

Professor titular no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Graduado em Engenharia Química pela UFMG (1988), mestre (1991) e doutor (1998) em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. É coordenador do Laboratório de Processos Industriais da UFMG e coordenou o curso de graduação em Engenharia Química (2010-2013) da UFMG.

mcardoso@deq.ufmg.br