

SOBRECARGA COGNITIVA: UMA REFLEXÃO SOBRE APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS EM DISCIPLINAS DO EIXO BÁSICO DAS ENGENHARIAS

COGNITIVE OVERLOAD: A STUDY ON THE APPLICATION OF ACTIVE METHODOLOGIES IN COMMON DISCIPLINES OF ENGINEERING

Camila Fukuda Gomes Santos¹, Izabela Patrício Bastos², Priscila Brentan Praxedes³

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v39p215-222.2020

RESUMO

Neste artigo, será realizada uma reflexão sobre aplicação de metodologias ativas em disciplinas do eixo básico das Engenharias da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), enfatizando a sobrecarga cognitiva ocorrida na implementação da nova Matriz Curricular da Escola Politécnica. Verificou-se que a escolha equivocada das atividades formativas e somativas contribui para essa sobrecarga assim como a quantidade de avaliações somativas. A análise demonstrou que é papel do professor encontrar a melhor metodologia ativa para contribuir no processo de aprendizagem do estudante, considerando a carga cognitiva intrínseca, evitando assim uma sobrecarga externa. Quando esse equilíbrio é atingido, o estudante entende seu papel como o agente do processo de aprendizagem e consegue compreender como e onde deve chegar para atingir os resultados da aprendizagem ao final das disciplinas. Dessa forma, não é gerada uma carga cognitiva desnecessária nem ao estudante nem ao professor.

Palavras-chave: sobrecarga cognitiva; metodologias ativas; educação na engenharia.

ABSTRACT

This paper presents some concerns and conclusions about the implementation of active methodologies in common disciplines of Engineering at Pontifícia Universidade Católica do Paraná, emphasizing the cognitive overload that occurred during the implementation of the new curriculum of Polytechnic School. During the implementation process of the new subjects, it was found that improper choices of formative and summative activities contribute to a cognitive overload in the students. Another fact that create an overload cognitive is the numbers of summative assessment created. The analysis showed that it is the professor's role to find the best active methodology to contribute to the student's learning process, considering the intrinsic cognitive load to avoid an external overload. When this balance is reached, the student understands his role as the agent of the individual learning process and he can understand how to get there to reach the learning results in the end of the subject. Thus, an unnecessary cognitive load is not generated for both student and neither to professors.

Keywords: cognitive overload; active methodology; engineering education.

¹Professora, Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, camila.fukuda@grupomarista.org.br

²Professora, Mestre em Matemática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, izabela.patricio@puc.br

³Professora, Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, priscila.praxedes@grupomarista.org.br

INTRODUÇÃO

Em 2018 a Escola Politécnica da PUC-PR começou a implementar a nova grade curricular com foco nas competências e não mais no conteúdo. Para tal, os cursos de Engenharia foram reestruturados de forma que os dois primeiros anos se tornam iguais para todos os cursos e as disciplinas foram remodeladas para que o estudante seja avaliado por competência e não mais por conteúdo. Essa decisão vai de encontro às novas diretrizes curriculares da Engenharia que estão sendo discutidas amplamente pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE).

Neste artigo serão apresentados dados e reflexões sobre as disciplinas do primeiro período: Matemática, Física, Química e Ciência dos Materiais, que foram reestruturadas para atender ao estudo por competência. Além disso serão apresentadas constatações e percepções sobre as mudanças que foram feitas, aliadas a relatos, com o objetivo de se analisar a sobrecarga cognitiva nos estudantes do primeiro período do curso de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná que já passaram pelo processo de aprendizagem por competência.

REFERENCIAL TEÓRICO

Matriz por competências

Segundo a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), as diretrizes são normas que orientam o projeto e o planejamento de um curso de graduação. Isso significa que as diretrizes nacionais curriculares devem apresentar necessariamente certa flexibilidade para se adequar aos diversos contextos espaciais e temporais, sem tolher, no entanto, a melhoria contínua ou a inserção de inovações decorrentes, por exemplo, de novas tecnologias e metodologias. Ao contrário, as diretrizes nacionais curriculares devem servir de incentivo a essas ações inovadoras.

Além disso, ainda conforme a ABENGE, as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia foram estabelecidas pelo Conselho Nacional de Educação pela

Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002. O seu art. 5º dispõe sobre a organização do curso de Engenharia, cujo fundamento é o seu projeto político pedagógico, que deve demonstrar, claramente, como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das suas competências e habilidades esperadas. A ênfase deve ser dada, portanto, à redução do tempo dedicado à sala de aula, de forma que este seja empregado para o desenvolvimento dos trabalhos extraclasse, tanto individuais quanto em grupos.

Com base no cenário atual, nota-se que a atuação do engenheiro, além de estar pautada em sólidos conhecimentos técnicos, deve estar associada a saberes não técnicos, para que sejam alcançados os objetivos e anseios da sociedade e do mercado de trabalho. No entanto, a pergunta a ser feita é: as alterações propostas para o perfil do egresso de Engenharia, a ser alcançado pelas Instituições de Ensino Superior (IES), são compatíveis com o perfil necessário à prática do engenheiro? (CARVALHO, 2017)

Observa-se que a noção de competência está associada a elementos como o trabalho em grupo, a comunicação, a responsabilidade e a ética, uma vez que o aumento da complexidade das situações vividas pelo indivíduo, na maioria das vezes, impossibilita que ele atue de forma isolada, sendo necessária, para alcançar seus objetivos, a atuação em equipe (CARVALHO, 2017).

Portanto, uma matriz por competências está focada no perfil do egresso, o qual deve desenvolver competências que vão além dos conteúdos abordados nos livros e também desenvolver a capacidade de resolver problemas reais de uma vivência da vida profissional de um engenheiro, de tal forma que o estudante consiga trabalhar em equipe demonstrando autonomia, criatividade e capacidade técnica para solucionar as mais diversas situações-problema.

Carga cognitiva (natural, externa e intrínseca)

Entende-se por carga cognitiva a quantidade de conceitos que o estudante é capaz de processar cognitivamente. O termo “cognitivo” está relacionado ao o processo de aquisição de conhecimento (cognição). A cognição envolve fatores diversos como o pensamento, a linguagem, a percepção, a memória, o raciocínio, que fazem parte do desenvolvimento intelectual do indivíduo.

A quantidade de conceitos a serem trabalhados em sala de aula bem como a forma de aquisição da informação implica numa compreensão sobre como o estudante adquire padrões organizados de conhecimento; são esses padrões que possibilitam a automação do aprendizado (SWELLER, 1994). Isso é importante para a conceituação do que se constitui dificuldade para o aprendizado assim como para a realização de atividades intelectuais.

Dessa forma, a carga cognitiva é dividida em três classificações: intrínseca, natural e externa. Entende-se por carga cognitiva intrínseca aquela imposta pela complexidade dos conceitos trabalhados na disciplina. Carga cognitiva natural é aquela carga cognitiva relevante imposta pelas atividades baseadas nas metodologias ativas que contribuem para a aprendizagem dos conceitos. Por fim, a carga cognitiva externa é aquela carga irrelevante que não interfere no processo de aprendizagem, por consequência, desperdiça recursos mentais limitados que poderiam ser usados para auxiliar a carga natural.

Portanto, é fundamental que o professor avalie como cada uma das ferramentas e metodologias utilizadas em sala de aula vão influenciar no processo de aprendizagem do estudante, de forma que não exista uma sobrecarga cognitiva externa imposta a ele.

Avaliações somativas e formativas

Enquanto processo, todo o ato avaliativo inclui as seguintes ações: i) tomada de decisão sobre o que é relevante fazer para determinado

fim definido (fase da planificação que dá sentido à intencionalidade do processo avaliativo escolhido); ii) recolha de informação; iii) interpretação da informação recolhida; e iv) desenvolvimento de uma ação fundamentada dela decorrente (SANTOS, 2008). Essas etapas não se desenvolvem obrigatoriamente de forma linear e sequencial; por exemplo, pode existir a necessidade de se voltar atrás caso não haja informação suficiente ou ajustada para a interpretação que se deseja (SANTOS, 2016).

Dessa forma, com o objetivo de o estudante perceber onde estão suas dificuldades no processo de aprendizagem, utiliza-se as atividades formativas. Algumas vezes, as atividades formativas podem até apresentar um nível de dificuldade maior do que as somativas. Independente disso, é com elas que o estudante realmente se prepara para o momento em que deverá realizar a atividade somativa, que é a avaliação que mensura o quanto das competências foi apropriado pelo estudante. Portanto, cronologicamente, as atividades somativas devem ocorrer após algumas atividades formativas, para que o estudante já tenha obtido o *feedback* necessário para conseguir atingir o resultado de aprendizagem esperado.

Considerando que o sistema avaliativo deve abranger os aspectos cognitivos, a aquisição de habilidades e a postura atitudinal dos estudantes de forma coerente com o perfil desejado dos egressos – parte constituinte das diretrizes curriculares e dos projetos pedagógicos –, o mais adequado a se afirmar é que as avaliações, formativas e somativas, são complementares e não antagônicas.

Para que o estudante compreenda esse processo de avaliação, uma analogia que pode ser repassada para eles é a comparação com competições esportivas: durante um tempo os atletas devem se preparar para as partidas oficiais, nesses momentos eles podem errar, corrigir e aprimorar o desempenho. Porém, quando entram em campo, para uma competição, esse é o momento de demonstrar todo o esforço que foi realizado durante as etapas preparatórias. É essencial que os estudantes reconheçam a importância de

realizar as atividades formativas com seriedade e comprometimento.

Metodologias Ativas

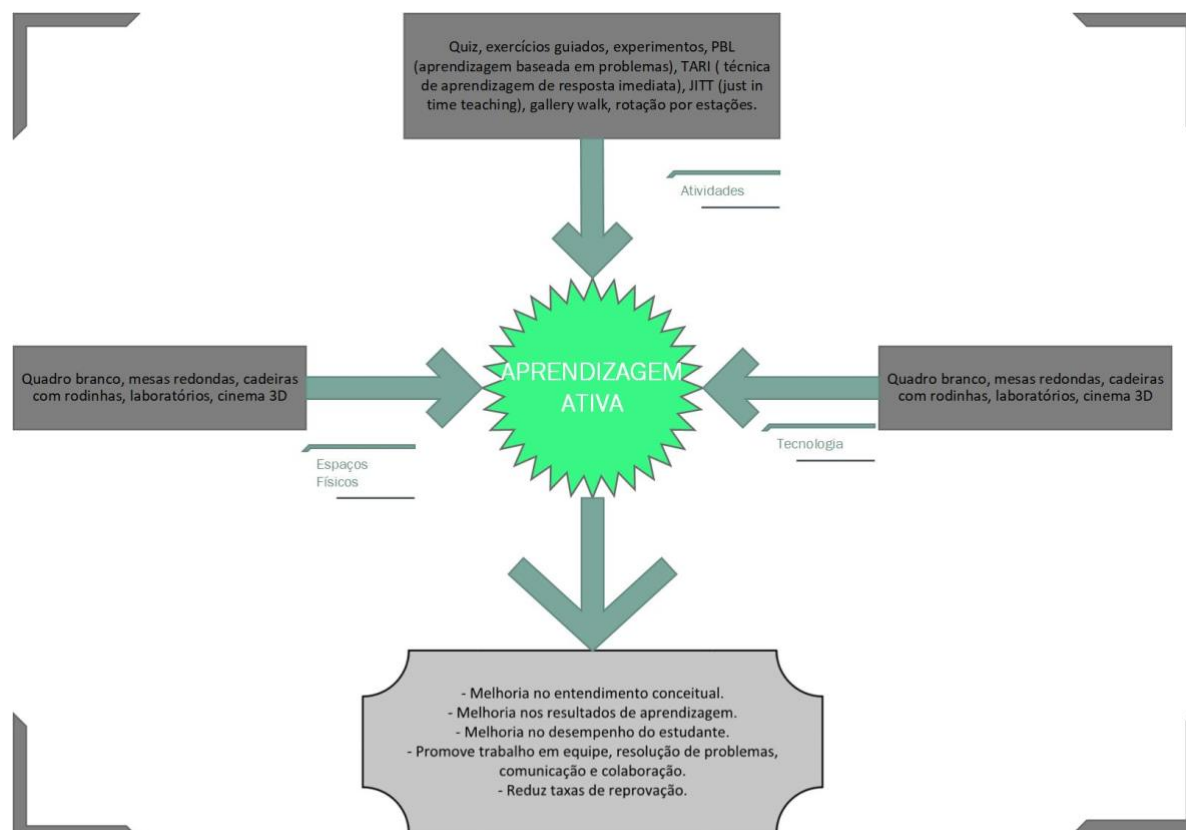
De acordo com o Ambrose et al. (2010), o aprendizado é um processo e não um produto, que acontece na mente humana. No entanto, só podemos avaliar o aprendizado através dos produtos e performances geradas pelos nossos estudantes. Ainda de acordo com os autores, o aprendizado não é algo que o professor faz para os estudantes, mas sim algo que os estudantes devem fazer para eles próprios.

Durante o processo de aprendizagem por competência, o estudante é o protagonista e deve aprender a buscar estratégias, avaliando seus conhecimentos e habilidades, planejando suas abordagens e monitorando seu progresso para ajustar, caso necessário, sua estratégia.

Isso é o oposto da atitude de um aluno passivo que apenas recebe a informação do professor. Dessa forma, as estratégias e técnicas escolhidas pelo professor devem ajudar o estudante a atingir essa postura mais ativa, recolocando no indivíduo sua responsabilidade na aprendizagem.

Freeman et al. (2014) fizeram um levantamento constatando um efetivo aumento na performance dos estudantes das áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática que cursaram disciplinas que utilizaram as metodologias ativas na comparação com o processo de aulas expositivas tradicionais. Por meio desse estudo, os autores comprovaram que a possibilidade de os estudantes falharem no método tradicional é 1,5 vezes maior se comparado com a situação de estudantes que aprendem pelo processo das novas metodologias.

Figura 1 – Esquema de aplicações e resultados de Metodologia Ativa



Fonte: elaborada pelas autoras.

O esquema, Figura 1, mostra como aplicar as metodologias ativas e quais resultados o estudante irá atingir após a sua aplicação. A

sobrecarga cognitiva pode acontecer se as atividades aplicadas não forem corretamente selecionadas pelo professor. Este deve estar

atento a qual tipo de carga cognitiva sua disciplina exige, seja ela intrínseca e/ou natural, uma vez que a carga cognitiva natural deve contribuir para o processo efetivo da aprendizagem do estudante e não gerar uma carga extra, provocando assim uma sobrecarga cognitiva eterna.

Como resultado da aplicação das metodologias ativas destaca-se a melhor observação por parte do estudante na aplicação dos conceitos e ferramentas na vivência do profissional de Engenharia. Além disso, o estudante vivencia desde o primeiro período atividades em times, colaborando para o seu desenvolvimento de habilidades sociais e de gerenciamento de conflitos.

REFLEXÃO DA PRÁTICA

No estudo por competência os conteúdos não são mais somente organizados de forma linear, mas são abordados em temas de estudo de forma mais integrada e contextualizada. Através desse levantamento, para o primeiro período dos cursos de Engenharia, alguns temas de estudo de Matemática (Cálculo Diferencial) e Física foram agrupados e deram origem à disciplina de Modelagem e Simulação do Mundo Físico. As junções dos temas de Química pertinentes a todas as Engenharias juntamente com temas de Ciência dos Materiais fundaram a disciplina de Química dos Materiais. Outras disciplinas desse mesmo período também foram geradas nesse modelo, sendo elas: Concepção e *Design* e Tecnologia em um Mundo em Transformação.

No semestre anterior ao da implementação das matrizes por competências, os professores foram intensivamente capacitados para criar as disciplinas. Foram ofertados treinamentos das diversas metodologias de aprendizagem ativa na forma de oficinas geradas por um Centro de Ensino e Aprendizagem vinculado à Diretoria de Suporte à Graduação, chamado de CREARE. Essas oficinas já vinham acontecendo desde 2016 pelo CREARE, por meio de eventos com participações nacionais e internacionais de universidades renomadas (Harvard, Olin College). As coordenações se encarregaram de criar os Grupos de Trabalho,

também conhecidos como GT, compostos por professores de cursos diferentes, mas de áreas afins, para trabalharem na montagem das disciplinas. Nessa etapa foram definidos e montados os cronogramas das disciplinas e alinhados os temas de estudos para cada frente, bem como os resultados de aprendizagem e os indicadores de aprendizagem que são utilizados para mensurar o quanto que o estudante atingiu da competência pertinente àquela disciplina.

Após iniciado o semestre houve a necessidade de geração de todo o material de apoio seguindo-se o modelo das metodologias escolhidas. Um trabalho de grande demanda que gerou uma dedicação extrema por parte do corpo docente. Além disso, houve um cuidado e uma preocupação muito grande para que os estudantes compreendessem como seriam avaliados e como funcionaria todo o processo de aprender por competências, como eles seriam avaliados a partir dos resultados de aprendizagem com os indicadores de desempenho para mensurar do quanto do processo eles já tinham se apropriado.

Durante esse primeiro semestre, percebeu-se que a escolha das atividades gerou uma sobrecarga cognitiva muito grande sobre os estudantes. Isso porque as atividades somativas foram diluídas em estudos de caso, PJBL, exercícios guiados, avaliação por pares entre outras e, por consequência, cada uma dessas atividades tinham uma porcentagem da nota do estudante em cada resultado de aprendizagem.

Além disso, houve uma demanda para que todas as disciplinas fizessem um projeto com um produto final, o que fez com que os estudantes dedicassem muito tempo aos projetos e pouco tempo em praticar ferramentas básicas que são importantes para a compreensão de conceitos da Engenharia. Dessa forma, a carga cognitiva natural foi transformada numa carga cognitiva externa, dessa forma os estudantes ficaram sobrecarregados e também o professor, que não tinha tempo hábil para dar um *feedback* mais individualizado das avaliações somativas.

Um dos motivos dessa sobrecarga ocorreu devido à contínua percepção da equipe docente, ainda centrada no pensamento do aluno passivo, de que só seria possível se realizar uma

metodologia ativa em que o estudante de fato participasse se nessa atividade fosse atribuída uma nota, o que ocasionou, assim, em torno de dez avaliações somativas em cada uma das disciplinas. Houve disciplinas em que se chegou a quinze atividades somativas.

Apesar dessa contínua sobrecarga nesses estudantes pioneiros, ficou claro que o corpo docente se apresentava muito bem orientado, pois em nenhum momento os estudantes sentiram que deveriam desistir do processo. Muito pelo contrário, o engajamento alcançado no primeiro semestre da implantação da nova grade apresentou-se superior aos dos semestres posteriores. Eles participaram com extrema dedicação, inclusive nas atividades pré-aula, tornando claro naquele semestre que o estudante estava disposto a participar de forma mais autônoma. Grande parte desse comprometimento se deu pela clareza que o corpo docente tinha no caminho escolhido para suas disciplinas, mesmo pelo fato de os estudantes chegarem na Universidade sem ter vivido isso no Ensino Fundamental e Médio.

No entanto, buscando-se um equilíbrio, no segundo semestre dessas disciplinas uma modificação das atividades e dos resultados de aprendizagem foi pensada, de modo que a carga externa fosse reduzida, já que a carga intrínseca e a natural já são altas pela complexidade dos conceitos da Engenharia. Muitas das atividades que eram avaliações somativas (que valem uma porcentagem da avaliação do resultado de aprendizagem) passaram a ser avaliações formativas (que fazem parte do processo de aprendizagem para se atingir o resultado de aprendizagem). Além disso, foi feito um mapeamento com todas as avaliações somativas de todas as disciplinas do primeiro período para que não ocorresse uma concentração de avaliações numa mesma semana.

No caso particular da disciplina de Modelagem e Simulação do Mundo Físico, o projeto com produto final foi retirado, pois essa disciplina tem uma carga intrínseca muito grande, por conta da dificuldade dos conceitos trabalhados, além do fato de o estudante chegar na Universidade com muita dificuldade em matemática básica. A partir de discussões com os professores da disciplina percebeu-se que

exercícios guiados e pequenos estudos de caso são mais efetivos para que o estudante compreenda os conceitos das ferramentas e suas aplicações do que um grande projeto.

Em Química dos Materiais foi mantido o projeto final, que foi a produção de um pôster para realização da Mostra Científica de Materiais da PUC-PR, mas foram criados momentos em sala de aula para que o estudante desenvolvesse esse projeto. Para isso foram elaboradas atividades somativas parciais nas aulas práticas que culminaram no produto final que é o pôster. Além disso, uma quantidade relevante de atividades que anteriormente eram somativas foram remodeladas e passaram a ser formativas, buscando-se formar um ambiente mais seguro ao estudante para compreender e se apropriar dos conceitos com a participação nas atividades aliada aos *feedbacks* gerados ao longo do semestre. Dessa forma, a sobrecarga dos professores diminuiu e gerou um aprendizado mais efetivo aos estudantes.

CONCLUSÃO

Conclui-se, então, que se o estudante, desde o primeiro dia de aula e em todas as disciplinas, é motivado e induzido a ser o agente de sua aprendizagem na implementação das metodologias ativas, não há necessidade de todas as atividades serem somativas. Assim, as atividades podem ser formativas, nas quais o estudante entende tal atividade como um processo do seu aprendizado e consegue diagnosticar o quanto daquele resultado de aprendizagem ele ainda precisa consolidar.

Um melhor mapeamento dos resultados de aprendizagem e indicadores de desempenho fazem com que o estudante compreenda melhor como e onde ele deve chegar ao final do semestre. Além disso, uma melhor distribuição das atividades – não só em cada disciplina, mas no conjunto completo de todas as disciplinas do primeiro período – faz-se necessária para que a carga cognitiva externa reduza. Outro ponto importante é o tipo de atividade, sendo que cada disciplina, de acordo com a carga cognitiva intrínseca e natural, deve pensar na melhor opção dentre as metodologias para que não vire uma carga cognitiva externa.

Sendo assim, essa reflexão mostra a importância de se pensar e repensar na prática em sala de aula, colocando o estudante como o agente do processo de aprendizagem de forma que ele entenda o processo e o fim. Ademais, as atividades e avaliações devem contribuir para esse processo de forma que a sobrecarga externa seja a menor possível.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada financeiramente pelo FINEP e desenvolvida em um projeto de formação docente conduzido pelo CrEARe (Centro de Ensino e Aprendizagem) da PUC-PR.

REFERÊNCIAS

- AMBROSE, S. A et al. **How Learning Works** - Seven Research-Based Principles for Smart Teaching. John Wiley & Sons, 2010.
- CARVALHO, L. A. et al. Uma análise comparativa entre as competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo e aquelas previstas nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 829-841, 2017.
- FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **PNAS**, 111, p. 8410-8415, 2014.
- MAYER, R. **Multimedia Learning**. Cambridge: Cambridge University Press. 2001.
- SANTOS, L. M. A.; TAROUÇO, L. M. R. **A construção dos princípios da teoria da carga cognitiva para uma educação mediada pela tecnologia**. ResearchGate, 2015.
- SANTOS, L. Dilemas e desafios da avaliação reguladora. In: MENEZES, L. et al. (Org.). **Avaliação em matemática: problemas e desafios**. Viseu: Secção de Educação Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências de Educação, 2008.
- SANTOS, L. A articulação entre a avaliação somativa e a formativa, na prática pedagógica: uma impossibilidade ou um desafio? **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v.24, n. 92, p. 637-669, jul./set. 2016.
- SWELLER, J. Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. **Elsevier**, v. 4, Issue 4, p. 295-312, 1994.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



Camila Fukuda Gomes Santos é graduada em Engenharia Química (2008) pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais (2013) pela Universidade Federal do Paraná. É docente na Universidade Católica do Paraná, desde 2013, onde ministra disciplina de Química dos Materiais, nos cursos de Engenharia da Escola Politécnica. Seus principais interesses são estratégias pedagógicas e práticas construtivas de aprendizagem no ensino de Engenharia.



Izabela Patrício Bastos é graduada em Licenciatura e Bacharelado em Matemática (2010) pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Matemática Aplicada (2012) pela Universidade Federal do Paraná. É docente na Universidade Católica do Paraná, desde 2013, onde ministra disciplinas do Eixo da Matemática nos cursos de Engenharia da Escola Politécnica. Seus principais interesses são estratégias pedagógicas e práticas construtivas de aprendizagem no ensino de Engenharia.



Priscila Brentan Praxedes é graduada em Engenharia Química (2009) pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais (2013) pela Universidade Federal do Paraná. É docente na Universidade Católica do Paraná, desde 2013, onde ministra disciplina de Química dos Materiais nos cursos de Engenharia da Escola Politécnica. Ganhadora do 2º Lugar do Prêmio Inova Inovação de Processos SENAI PR (2013) e Professor Destaque PUC-PR (2018). Seus principais interesses são estratégias pedagógicas e práticas construtivas de aprendizagem no ensino de Engenharia.