


**INDÍCIOS DA ATIVAÇÃO DO PENSAMENTO METACOGNITIVO  
EM ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL: UMA  
EXPERIÊNCIA DIDÁTICA APOIADA NA APRENDIZAGEM  
BASEADA EM PROJETOS**  
**INDICATIONS OF METACOGNITIVE THINKING ACTIVATION IN  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDENTS: A DIDACTIC EXPERIENCE  
SUPPORTED BY PROJECT-BASED LEARNING**

Cleci Teresinha Werner da Rosa<sup>1</sup> 

Adriano Ineia<sup>2</sup> 

Nancy Nazareth Gatzke Corrêa<sup>3</sup> 

**Resumo:** Este artigo parte da premissa de que o ensino de engenharia necessita reestruturar seu currículo, para atender as necessidades da atualidade. A investigação ocorreu em uma disciplina do curso de engenharia ambiental organizada didaticamente a partir da Aprendizagem Baseada em Projetos. A pesquisa de natureza qualitativa busca indícios de manifestações da ativação explícita do pensamento metacognitivo, por meio de falas e registros obtidos com questionários, observação de aula e diários de aprendizagem, analisados a luz do referencial teórico da metacognição e identificados nas descrições de manifestações do pensamento metacognitivo nas componentes: conhecimento do conhecimento e controle executivo e autorregulador. Foram encontrados indícios de reflexões de natureza metacognitiva, com a ativação do pensamento metacognitivo. Estes resultados corroboram para a inserção de metodologias ativas no ensino de engenharia.

**Palavras-chave:** Aprendizagem baseada em projetos. Ensino de Engenharia. Metacognição.

**Abstract:** This article is based on the premise that engineering education needs to restructure its curriculum to meet current needs. The investigation was conducted in a discipline of the environmental engineering course organized didactically based on Project-Based Learning. The qualitative research seeks evidence of manifestations of the explicit activation of metacognitive thinking, through statements and records obtained through questionnaires, classroom observation and learning diaries, analyzed in light of the theoretical framework of metacognition and identified in the descriptions of manifestations of metacognitive thinking in the components: knowledge of knowledge and executive and self-regulatory control. Evidence of reflections of a metacognitive nature were found, with the activation of metacognitive thinking. These results corroborate the insertion of active methodologies in engineering education.

**Keywords:** Project-based learning. Engineering Education. Metacognition.

---

<sup>1</sup> Cleci Teresinha Werner da Rosa - Doutora no Programa de Pós-Graduação em Educação e Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade de Passo Fundo, RS.

<sup>2</sup> Adriano Ineia - Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Educação - Universidade de Passo Fundo, RS.

<sup>3</sup> Nancy Nazareth Gatzke Corrêa - Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina, PR.

# 1 INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura o ensino de engenharia sinaliza a necessidade de uma educação antropocena e integrativa (Leichenko; O'Brien, 2020), demandando uma ressignificação no seu ensino, tendo como foco a atuação profissional contemporânea dotada de resiliência, humanização, cidadania, iniciativa, autonomia e compatível com as particularidades regionais em perspectivas de sustentabilidade.

Na busca por evidências que corroborem com a ressignificação do ensino de engenharia, este artigo busca analisar de forma qualitativa as contribuições da abordagem: “Aprendizagem Baseada em Projetos” (ABP), utilizada em uma disciplina da engenharia ambiental, averiguando se a modelo favorece à ativação do pensamento metacognitivo, utilizando das declarações manifestadas pelos estudantes a partir de três instrumentos de coleta de dados: questionários, observação e diários de aprendizagem.

Observa-se que as Instituições de Ensino Superior (IES) tem buscado alternativas que possam contribuir com a formação contemporânea do engenheiro. Tendo a ênfase na aprendizagem do estudante surge a possibilidade da inserção de metodologias visando estratégias que mobilizem o aprender a aprender e com isso uma aprendizagem que propicie ao estudante se relacionar com os saberes de forma a extrapolar a academia e os cursos de engenharia, atingindo um processo de aprendizagem que seja contínuo e ao longo da vida.

Nesse contexto, as discussões oriundas da psicologia cognitiva contribuem para repensar às práticas pedagógicas, as metodologias ativas, por exemplo, anunciam uma maior apropriação e divisão das responsabilidades no processo ensino-aprendizagem, realçando aspectos como as relações interpessoais e o desenvolvimento da autoaprendizagem (Mota; Rosa, 2018). Esse é o caso da Aprendizagem Baseada em Projetos, que remete a estruturação de situações-problemas que levem o estudante a buscar alternativas por meio de soluções criativas, alinhadas a valores humanos e sustentáveis oriundos de reflexões a partir de problemas vinculados a realidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A atuação profissional de um engenheiro compatível com as demandas da sociedade, é cada dia mais desafiadora (Stock; Kohl, 2018). Diante deste panorama, uma aprendizagem significativa e o desenvolvimento de múltiplas competências tornaram-se um desafio para os docentes e estudantes.

A Comissão Europeia de Educação recomenda aos futuros engenheiros, o desenvolvimento de novas competências sociais e auto competências mínimas, como: liderança, inovação, gestão de pessoas, comunicação, criatividade, *lifelong learning*, responsabilidade social/ambiental entre outras (Comissão Europeia, Competências Essenciais - Educação e Formação, 2021).

Diante da realidade de mudanças dinâmicas e aceleradas, surgem demandas por novas estratégias de ensino, visando capacitar os educandos para seu futuro profissional. Evidenciando assim as estratégias de aprendizagens ativas, pois elas estimulam os estudantes a construir seus conhecimentos, protagonizarem suas descobertas desenvolvendo habilidades e competências (Bhat *et al.*, 2020). Segundo Hake (1998), os educandos submetidos a aulas apoiadas em metodologias ativas apresentam maiores ganhos na construção do conhecimento, enquanto os estudantes inseridos em contextos de ensino tradicional tendem a não desenvolverem habilidades intrínsecas ao processo de resolução de problemas (Hake, 1998; Chi, 2009).

Sunthonkanokpong (2010), Senay (2015) e Rajkumar *et al.* (2021), trazem a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), como uma opção de abordagem metodológica para o ensino de engenharia. O aspecto central trazido por essas pesquisas está no fato de que essa abordagem estimula a autonomia da aprendizagem, possibilitando revisar conhecimentos já adquiridos, favorecendo o ensino entre pares, a criticidade, a criatividade e a conversão de conhecimento em aplicação técnica e científica (Davis; Nunes; Nunes, 2005; Chi, 2009; Pasqualetto; Veit; Araujo, 2017).

ABP é uma abordagem didática “que procura desenvolver competências relacionadas com a responsabilidade social, o uso de novas tecnologias e a aplicação do conhecimento em novos contextos” (Mota; Rosa, 2018, p. 271),

mas, sobretudo, que favorece a autonomia do estudante, sendo este o aspecto que entendemos estar alinhado ao desenvolvimento do pensamento metacognitivo. Consiste na abordagem dos conteúdos programáticos por meio de situações reais e desafiadoras, fazendo o estudante conceber suas próprias ideias e hipóteses, refinando-as pelo aprender fazendo (Larmer; Mergendoller; Boss, 2015).

Podemos entender que a ABP oportuniza aos estudantes, frente as situações-problemas, a realizarem questionamentos de natureza metacognitiva, como: Sou consciente de como aprendo? O que preciso para aprender? Quais competências e habilidades preciso desenvolver para solucionar este problema? Nesse contexto, tem-se a metacognição, entendida como à consciência e ao automonitoramento do processo de aprender, que derivam da capacidade humana de refletir e autorregular os processos cognitivos (Ribeiro, 2003; Dantas; Rodrigues, 2013).

Flavell (1976), que é o pioneiro nos estudos sobre metacognição, embora inicialmente relacionados à memória, parte da compreensão de que “os seres humanos são capazes de refletir sobre suas experiências cognitivas e, particularmente, no campo educacional, quando se busca saber em que medida isso pode lograr êxito nos processos de aprendizagem” (Rosa et al., 2021). Assim, a reflexão passa a ser a palavra coadjuvante ao termo metacognição, uma vez que ela representa uma reflexão do sujeito sobre seus próprios conhecimentos e ações. Ao definir essa reflexão como cerne do pensamento metacognitivo, Flavell (1979) infere um modelo de monitoração cognitivo no qual articula quatro aspectos: conhecimento metacognitivo, experiências metacognitivas, objetivos cognitivos e ações ou estratégias cognitivas.

No campo histórico, as investigações sobre metacognição iniciadas por Flavell avançaram com a contribuição de outros pesquisadores como a psicóloga Ann L. Brown (1987), que mapeando o desenvolvimento do processo metacognitivo, introduz os conceitos de controle e autorregulação realizados no planejamento, monitoramento e avaliação; assim como a noção de pensamento sobre o próprio pensamento descrito por Hacker (1998), e também Nelson e Narens (1994) com as definições das ações de monitoramento e controle. Rosa

*et al.* (2020) ao expressarem os componentes que têm sido anunciados nos estudos mais recentes como integrantes dos processos metacognitivos, anunciam três componentes básicos: conhecimento metacognitivo, habilidades metacognitivas e experiências metacognitivas. Cada qual com um conjunto de elementos que possibilitam analisar de forma mais específica o modo como cada componente se manifesta nos processos de aprendizagem.

É importante destacar que enquanto a cognição pode ser entendida como um mecanismo interno que uma pessoa usa para perceber, assimilar, armazenar e recuperar informações (Moreira, 1999), a metacognição refere-se aos pensamentos que não surgem de uma realidade externa imediata, mas das representações mentais internas que as pessoas fazem sobre a realidade (Rosa, 2011), um pensar sobre o próprio pensamento, provocado pelo contato com o outro, consigo mesmo ou com o mundo (Côrrea; Passos; Arruda, 2018).

Em termos didáticos, Rosa (2011, p. 57) aponta que a “Metacognição é o conhecimento que o sujeito tem sobre seu conhecimento e a capacidade de regulação dada aos processos executivos, somada ao controle e à orquestração desses mecanismos”. Nesse entendimento, duas componentes passam a ser destacadas, cada qual com três elementos que serviram de base para a análise dos dados do presente estudo: Conhecimento do conhecimento referente a pessoa, a tarefa e a estratégia e Controle executivo e autorregulação com relação a planificação, ao monitoramento e a avaliação.

Em seu estudo sobre a eficiência das estratégias de aprendizagem, Carrasco (2004) sugere um conjunto de ações que podem potencializar os processo de aprendizagem, a saber: 1) selecionar a estratégia adequada para solucionar determinado problema; 2) liderar e focar a atenção na resolução do problema; 3) saber descontinuar uma atividade em caso de inviabilidade; 4) compreender o que está interpretando através da leitura e escuta; 5) revisar estratégias, competências e princípios aprendidos, para resolver outros problemas; 6) determinar metas e objetivos coerentes com as próprias capacidades; 7) dominar meios para atingir as metas e objetivos propostos e (8) conhecer suas competências e capacidades, além de saber compensar suas mazelas.

Sobre as estratégias, é importante salientar que Flavell, Miller e Miller (1999) apontam um limiar tênue entre as de natureza cognitivas e as metacognitivas, uma vez que uma pode em determinado momento ou para determinada pessoa, estar atuando como apropriação de conceitos (cognitiva) e em outro de forma a promover reflexões sobre os processos pelos quais se está aprendendo (metacognitivas). Corrêa (2023) diferencia a aprendizagem no campo da cognição, da metacognitiva. A primeira definida a partir de Illeris (2013) como o produto da interação com o mundo, com o outro e consigo próprio e que transforma as experiências em um repertório de conhecimentos disponíveis para próximas interações; a segunda, por sua vez, acontece ao avançar para situações que promovam as experiências de nível superior, uma consciência reflexiva “envolvendo os conhecimentos explícitos e implícitos, estrutural e semântico, de interação da memória de forma a facilitar as recordações e reconstruções de informações e processos” (Corrêa, 2023, p. 3).

Acredita-se que o desenvolvimento das habilidades metacognitivas é essencial para que os futuros engenheiros alcancem a independência intelectual e o exercício profissional ético, criativo, responsável e adequado às demandas da contemporaneidade. Com esse propósito as IES podem projetar currículos para os cursos de engenharia que ao mesmo tempo trabalhem com os conhecimentos específicos inerentes a profissão, e prepare os discentes para uma atuação profissional integral, ética e que contribua positivamente com a sociedade na perspectiva de um desenvolvimento sustentável.

Pensando na engenharia, entende-se que a necessidade da conjuntura atual e bem-estar social é um dos princípios que deve permear e orientar a atuação profissional dos futuros engenheiros. Nessa perspectiva, Almeida (2018) propõe uma sistemática que subsidia o planejamento estratégico do ensino da engenharia, a partir de um sistema participativo, cíclico e vivo, representado na Figura 01. O autor propõe uma sistemática metacognitiva de Educação em Engenharia, por meio do ensino inovador, da necessidade da conjuntura atual e bem-estar social e ao analisar os interesses dos envolvidos no processo.

**Figura 01** – Resolução comum de necessidades, por meio de sistemática metacognitiva.



**Fonte:** Adaptado de Almeida (2018).

Para (Staniski; Katilute, 2016), a sustentabilidade deve estar no centro das estratégias de ensino e nas políticas educacionais das IES. No ensino tradicional de engenharia, a otimização das soluções é pautada pelo aspecto econômico. Nesse viés, hoje, a atuação dos engenheiros além de solucionar problemas, incluindo aspectos sociais e ambientais, tem gerado um novo conceito denominado “responsabilidade de engenharia”, que é sustentado por valores que a direcionam a uma conjuntura de sustentabilidade (Guerra, 2017; Palacin-Silva *et al.*, 2017).

Considerando o cenário brasileiro, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos que incluem a sustentabilidade na engenharia. Esse assunto ganhou maior notoriedade a partir de 1980, em todos os níveis de ensino a ponto de ser inserida na legislação vigente. A Lei nº 6938/81 (Brasil, 1981), preconiza que a educação ambiental deve fazer parte de todas as modalidades de ensino. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira nº 9.394/96 (Brasil, 1996) estabeleceu a educação ambiental como diretriz na educação brasileira. Entretanto, somente com a Lei nº 9.795/99 (Brasil, 1999), que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental, que o assunto ganhou relevância e maior inclusão. Todavia, muitas dificuldades e obstáculos precisam ser superados para um ensino de engenharia de qualidade e sustentável.

Pode ser notado que, muitos conceitos e conhecimentos oriundos de outras áreas da educação, vem sendo empregado na área de ensino de desenvolvimento sustentável. Para tanto, se utiliza de termos tais como: multidisciplinaridade (pessoas de áreas distintas trabalham juntas para solucionar um problema), interdisciplinaridade (pessoas de diferentes áreas trabalham juntas para criar um novo conhecimento) e transdisciplinaridade (abordagem holística, que ultrapassa limites das áreas do conhecimento, ocasionando a integração de diferentes conceitos) (Guerra, 2017; Rampasso *et al.*, 2018).

Diante de um contexto global complexo, a multidisciplinaridade se destaca no ensino de engenharia, uma vez que se diferencia do que hoje é ofertado aos discentes, pois integra disciplinas e estreita laços entre as áreas dos conhecimentos. Atualmente, as maiores lacunas são a falta de material didático, resistências docentes as premissas e inclusão da sustentabilidade, os aspectos sociais e regionais, dissonância do ensino de sustentabilidade aprendido nas universidades e no que é praticado no mercado de trabalho, sobrecarga dos docentes em tarefas administrativas, escassez de recursos e comprometimento das universidades e sua constância em seus propósitos de sustentabilidade (Rampasso *et al.*, 2018).

### **3 METODOLOGIA**

O presente estudo caracteriza-se pela natureza qualitativa e descritiva, seguindo o proposto por Bogdan e Biklen (2010), consiste em examinar o mundo com a ideia de que nada é trivial, e que tudo tem potencial de compor uma pista que permita uma compreensão esclarecedora do objeto motivo de estudo. Nessa lógica, a descrição funciona como um método que extrai dados de forma minuciosa, para que nenhum detalhe escape da análise. Além disso, identificamos a investigação como “estudo de caso”, considerando o recorte estabelecido. O estudo de caso, como anunciado por Bogdan e Biklen (2010) consiste na observação detalhada de uma situação, contexto ou indivíduo, a partir de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico

que, no presente caso, é representado pelo conjunto de aulas analisada, como veremos na continuidade.

A pesquisa contou com um grupo de 13 estudantes (sete do gênero feminino e seis do gênero masculino), matriculados na disciplina optativa com carga horária de 30 horas/aula, denominada “Custos e Marketing Ambiental” do curso de Engenharia Ambiental de uma universidade comunitária localizada ao norte do Rio Grande do Sul. A disciplina foi ofertada no primeiro semestre de 2021 e os 13 acadêmicos matriculados eram oriundos de diferentes níveis/períodos acadêmicos do curso (oitavo, nono e décimo). O professor titular da turma um engenheiro ambiental com titulação de doutor, que no semestre em análise teve a colaboração de um acadêmico do curso de Mestrado em Engenharia Civil na condição de estagiário docente.

O percurso da disciplina de Custos e Marketing Ambiental, inicia com a Fase de Estruturação do Projeto e Introdução à Disciplina (Encontros 1-3). Nesta fase, os estudantes são introduzidos a ementa, aos objetivos da disciplina e à metodologia ABP, formam grupos, definem problemas e objetivos para seus projetos e elaboram um cronograma inicial. A Fase de Desenvolvimento do Projeto e Conceitos de Custos Ambientais (Encontros 4-7) aprofunda a compreensão sobre os diferentes tipos e métodos de valoração de custos ambientais, incluindo a Análise de Ciclo de Vida (ACV), e como a gestão desses custos influencia a tomada de decisão. Em todas essas etapas, a dialogicidade entre docente e alunos é incentivada, e os diários de aprendizagem são utilizados como ferramentas contínuas de reflexão e registro do processo de construção do conhecimento.

Na sequência, a Fase de Desenvolvimento do Projeto e Conceitos de Marketing Ambiental (Encontros 8-11) aborda os fundamentos do marketing ambiental, as estratégias dos 4 Ps Verdes, a comunicação ambiental transparente e a importância de evitar o *greenwashing*, além de explorar o marketing de causa e o engajamento de *stakeholders*. A Fase de Apresentação Parcial, Refinamento e Ética (Encontros 12-13) permite que os grupos apresentem o progresso de seus projetos, recebam feedbacks construtivos e discutam aspectos éticos cruciais em pesquisa e marketing. Finalmente, a Fase de Apresentação Final

dos Projetos e Reflexão (Encontros 14-15) culmina com a apresentação completa dos trabalhos, a defesa das propostas perante os professores e colegas, possibilitando uma reflexão abrangente sobre todo o processo de aprendizagem, consolidando os conhecimentos adquiridos e a importância da interdisciplinaridade na Engenharia Ambiental.

Durante o semestre foram realizados 15 encontros remotos síncronos de 2h/aula, utilizando a Plataforma do *Google Meet* em virtude do contexto da pandemia da COVID-19 vivenciado em 2020 e 2021. A metodologia utilizada na disciplina e explorada nos encontros foi a Aprendizagem Baseada em Projetos. Ao final de cada encontro em que foram desenvolvidas ações associadas a ABP, três alunos eram nomeados para responder um questionário e a redigir um diário de aprendizagem que contemplava: o registro da aprendizagem da aula; registro do objetivo das principais ideias e conceitos abordados em sala de aula; e registro do que os alunos estudaram e quais eram as suas perspectivas futuras para as próximas aulas. A escolha de três acadêmicos em cada encontro considerou as expectativas dos alunos, pois os pares que tinham objetivos mais próximos integravam o trio escolhido. Isso ocorria de forma organizada à medida que as aulas avançavam.

Os registros nos diários de aprendizagens foram produzidos de forma livre, possibilitando que os alunos retomassem e avaliassem suas aprendizagens, com liberdade para explicar seus interesses sobre o assunto e temas futuros e que poderiam ser abordados na disciplina. Ainda, como instrumentos utilizados para produção dos dados, foi utilizado a observação estruturada e o uso de questionário com os participantes. Sobre a observação estruturada, mencionase que as aulas realizadas via Plataforma do *Google Meet* foram gravadas, permitindo que fossem transcritas e analisadas posteriormente. Os questionários, apresentados no Quadro 1 a seguir, foram organizados em tópicos, para o melhor entendimento dos estudantes.

**Quadro 1 – Questionário com questões de metacognição.**

| <b>Proposta de Trabalho</b>   |
|---|
| Você foi contratado pela prefeitura da sua cidade para desenvolver uma solução a um problema da sociedade. Diante disso, seu desafio é de empregar as ferramentas abordadas em sala de aula, propondo soluções as questões sociais, econômicas e ambientais. A partir desse projeto, responda o questionário a seguir:  |
| <b>Questões de metacognição</b>   |
| a) Quais foram os conhecimentos que embasaram a construção da sua solução ao questionamento anterior?<br>b) Com base em seus conhecimentos, quais foram suas estratégias para as questões ambientais?<br>c) Com base em seus conhecimentos, quais foram suas estratégias para as questões econômicas?<br>d) Com base em seus conhecimentos, quais foram suas estratégias para as questões sociais?<br>e) Durante o processo, você encontrou alguma inconsistência? Ou a inviabilidade de execução? Se sim, qual ou quais alternativas “b”, “c” ou “d” sofreram alteração? Justifique o motivo dessa alteração?<br>f) Cite três pontos positivos das aulas e outros três a melhorar?<br>g) Em seu julgamento o que poderia ter feito melhor?<br>h) Quais <i>softwares</i> , metodologias, técnicas e propostas empregadas? Justifique.<br>i) Você adquiriu novos conhecimentos? Qual importância dessas ferramentas em sua formação?<br>j) Problemas significativos encontrados e como resolveram?<br>k) Ao final, quais foram as suas principais conquistas durante o processo de desenvolvimento da solução proposta por você? |

**Fonte:** Dos autores.

Após a coleta dos dados, foi realizada a leitura do material tendo como objetivo encontrar indícios da ativação do pensamento metacognitivo, em função da metodologia utilizada. A análise desses dados ocorreu a partir dos componentes metacognitivos “conhecimento do conhecimento” referente: a pessoa, a tarefa e a estratégia e, “controle executivo e autorregulação” com relação: a planificação, ao monitoramento e a avaliação, inspiradas no estudo de Boszko (2019). No Quadro 2 a seguir, apresenta-se como as declarações das manifestações da presença do pensamento metacognitivo foram balizadas neste estudo.

**Quadro 2** – Descrição das manifestações da presença do pensamento metacognitivo.

| <b>Componentes metacognitivas</b>   | <b>Elementos metacognitivo</b> | <b>manifestações da presença do pensamento metacognitivo</b>   |
|-------------------------------------|--------------------------------|--|
| Conhecimento do conhecimento        | Pessoa                         | *Analisa a forma de pensar e de aprender.<br>*Avalia o conhecimento prévio em consonância com o conteúdo e se define o que precisa aprender.<br>*Estabelece comparativo entre si e em relação aos outros.  |
|                                     | Tarefa                         | *Define as particularidades das atividades a serem desenvolvidas.<br>*Toma consciência do que sabe e daquilo que não sabe sobre a tarefa em discussão.   |
|                                     | Estratégia                     | *Identifica a estratégia e procedimento de execução e seus conhecimentos sobre isso.<br>*Faz uma reflexão sobre o plano e identifica quais conhecimentos deve adquirir para colocar em prática.  |
| Controle executivo e autorregulação | Planificação                   | *Organiza o método a ser implementado e os materiais necessários.<br>*Confere se tem tudo que é necessário para o desenvolvimento da atividade.<br>*Planeja cada etapas das atividades.  |
|                                     | Monitoramento                  | *Revisa o conteúdo.<br>*Identifica inconsistências e erros.<br>*Reconhece dificuldades e potencialidades na execução da atividade e do estudo.<br>*Reflete se o modo de execução pode ser alterado ou requer melhorias.<br>*Identifica informações relevantes da ação executiva.<br>*Avalia a assertividade do processo em relação a conquista dos seus objetivos. |
|                                     | Avaliação                      | *Analisa os resultados obtidos em perspectivas dos objetivos previstos.<br>*Identifica o caminho executado e a possibilidade de alternativas mais assertivas ou ajustes que aperfeiçoem o processo.<br>*Avalia os resultados encontrados e a sua compreensão sobre isso.   |

Fonte: Adaptado de Boszko (2019).

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos adotando os componentes metacognitivos anunciados para o estudo: conhecimento do conhecimento e controle executivo e autorregulador. Para tanto, foram analisados os materiais produzidos pelos acadêmicos utilizando os instrumentos mencionados anteriormente e, na sequência, realizado a classificação das manifestações desses acadêmicos frente aos componentes metacognitivos do estudo. O foco principal nesse processo é identificar a presença de momentos

de ativação do pensamento metacognitivo estabelecendo relações com a aprendizagem dos estudantes.

### **Conhecimento do conhecimento**

O conhecimento do conhecimento diz respeito aquilo que o sujeito sabe sobre a sua própria cognição (Flavell, 1976). Ou seja, é ter conhecimento do que sabe sobre o tema em discussão, sobre a atividade ou tarefa a ser executada, bem como sobre a estratégia a ser utilizada. Esse pensamento envolve a tomada de consciência do próprio conhecimento, por intermédio da identificação das capacidades e dificuldades, além de saber empregar conhecimentos adquiridos e estratégias assertivas. Sendo constituído por três variáveis: pessoa, tarefa e estratégia, definida por Rosa (2011) como elementos metacognitivos correlacionados ao campo da educação.

A “pessoa” faz referência às características pessoais dos discentes, tendo base as suas convicções sobre si mesmos, crenças, conhecimentos prévios entre outras particularidades, além do comparativo deles com os conhecimentos de seus colegas. Esse atributo é oriundo da maneira como os acadêmicos se veem perante o conhecimento. No caso do presente estudo, essas informações são extraídas das manifestações feitas em sala de aula, nos questionários e diários de aprendizagem, por intermédio dos conhecimentos prévios e reflexões provenientes dos conteúdos abordados em aula, a exemplo do realizado por Boszko (2019).

A “tarefa” é constituída pela influência e as exigências necessárias para a execução de uma determinada atividade que tem a premissa os processos para internalizar um determinado conteúdo. Também consiste em revisitar conhecimentos e procedimentos já adquiridos, como experiências anteriores e nisso poder classificar o nível de dificuldade da execução. Esse elemento, está associado a conhecimentos existentes em relação a ação e suas consequências, tanto positivas quanto negativas. As experiências anteriores ajudam a tornar as novas aprendizagens mais facilitadas, pois registros anteriores diminuem os desafios e obstáculos em atividades similares e correlatas. No estudo, esses

aspectos foram avaliados sobre o conhecimento prévio dos acadêmicos em relação a ABP e o modo como ela pode ser executada em aula.

O elemento “estratégia” é correspondente aos procedimentos de execução: o quando, onde, como e porquê se realiza algo. No estudo desenvolvido ficou restrito ao modo como as atividades e projetos da disciplina foram realizadas. Neste elemento, as manifestações estão vinculadas ao reconhecimento da estratégia selecionada e isso se realiza por meio de questionamentos que os acadêmicos fazem a si mesmos sobre a atividade.

Considerando-se isto, a análise dos dados, é possível apontar indícios de que os acadêmicos, em diferentes momentos, realizaram reflexões de natureza metacognitiva, em particular relacionadas a tomada de consciência sobre seus conhecimentos em relação ao conteúdo em discussão, a tarefa proposta e a estratégia selecionada para execução.

A seguir ilustra-se a presença desse componente metacognitivo em algumas passagens das aulas, questionário e diários de aprendizagem. A não identificação dos acadêmicos nos trechos é intencional, uma vez que o desejo é uma análise das contribuições do ABP para a ativação do pensamento metacognitivo a partir do coletivo da turma e não individualmente.

“A meu ver creio que a forma que foi dada a aula de uma maneira foi muito boa, não vejo algo que poderia ser melhorado, a não ser a questão de que ela presencial seria muito mais interessante, devido a troca da modalidade presencial”

“Espero que continuemos a trazer temas interessantes como esses das últimas aulas, e que possamos aproveitar ao máximo o tempo e de certa forma agregar na construção do conhecimento de nossos colegas”

“Eu já havia estudado sobre certificações e suas influências no meio de produção, na distribuição e na forma em que nós consumidores vemos as empresas que se preocupam com o meio ambiente e tendem a melhorar suas certificações em prol do meio em que se vive. Mas pude assimilar novas certificações que não conhecia”

“Não faria nenhuma mudança nos itens mostrados em aula. Mas creio que poderíamos empregar mais gráficos e mapas mentais, pois tenho aprendizagem facilitada por meio de imagens”

“Os professores têm uma boa explicação dos assuntos, percebemos que é algo do conhecimento deles e que tem facilidade de explicar. Só creio que poderiam empregar mais vídeos e imagens nos slides”

“(…) Conhecimentos novos em uma área de grande relevância na atualidade, o marketing ambiental e suas vantagens (...). Conhecer conceitos novos como o *Greenwashing*”.

“Seguindo na mesma linha dessa aula, que continue sendo realizada de maneira descomplicada e dinâmica, com exemplos aplicados, quando possível”

“Diversos conceitos novos, dentre os quais, o marketing dos 4 P’s, os tipos de consumidores, o *Greenwashing*, seus sete pecados, selos e certificações, as vantagens advindas do marketing ambiental e exemplos de empresas que praticam o marketing verde”

“Nessa aula eu revistei os selos e as certificações. Entretanto, pude ver quais são de proporção nacional, internacional e mista. Gostei dos exemplos propostos em aula”

Nas falas ocorridas na sala de aula, registros dos questionários e nos diários de aprendizagem os acadêmicos se mostraram reflexivos em relação a sua aprendizagem e aos mecanismos que ativaram essa aprendizagem. Em suas falas e registros os alunos fizeram menções aos conceitos e conhecimentos discutidos em aula. Vale lembrar, que as respostas deveriam ser sucintas nos questionários, eles tinham limitação no número de linhas para responder, já no diário de aprendizagem os alunos tinham maior liberdade para se manifestarem.

Nos registros dos acadêmicos, alguns mencionaram que frente a sistemática de buscar solução para os problemas apresentados, acabaram recorrendo a conhecimentos já existentes e contemplados em outras disciplinas, possibilitando uma retomada e uma ação interdisciplinar. Nesses registros há menção de que a metodologia adotada possibilitou visitar esses conteúdos e agora sob nova perspectiva expandi-los.

Nos elementos metacognitivos tarefa e estratégia percebe-se uma dificuldade em relação ao entendimento de estratégias do *Marketing* verde. Esse entendimento é complexo considerando a transição da economia clássica para a nova economia que contempla inúmeros tipos, tais como: criativa, compartilhada, social, ecológica e entre outras. Faltam conhecimentos sobre o mecanismo, princípios e funcionamento dessas modalidades, o que foi identificado pelos acadêmicos e se revela um indicativo da presença do pensamento metacognitivo.

“Aprendemos sobre novos tipos de economias como: a solidária, a ecológica, a compartilhada, a circular e entre outras. Além de conhecer novos conhecimentos como *greenwashing* e tipos de consumidores verdes (...) entretanto, para leigos elas são complexas e têm particularidades”  
“Nesta aula eu pude visitar conhecimentos já adquiridos (...). Também aprendi conhecimentos e ferramentas novas que irão agregar na minha atuação profissional futura. Mas, também percebo que preciso dominar as novas formas de economias, visando contribuir para o desenvolvimento sustentável”.

Durante a análise dos dados uma particularidade se destacou, todos os estudantes no primeiro dia de aula se apresentaram e explicaram seus desejos profissionais futuros. Os alunos que citaram o desejo de empreender no futuro,

foram alunos que se destacam na temática do Marketing verde, eles sugeriram temas práticos e estratégias de mercado nesse ramo. Isso se justifica devido a seus interesses particulares e suas perspectivas futuras, também pode-se identificar que essa era uma das suas maiores dificuldades em relação ao conteúdo. Tal identificação também pode ser um movimento de natureza metacognitiva, que é favorecida por metodologias de ensino que proporcionam espaços para que cada um olhe para si e busque identificar seus desejos e aspirações.

Outro ponto que se destacou ao analisar os registros foi de que os estudantes identificam a sustentabilidade como um requisito para a atuação dos futuros engenheiros. Eles identificam como trivial uma atuação voltada ao desenvolvimento sustentável e resiliente. Praticamente em todos os questionários os alunos afirmaram que os domínios das novas ferramentas iriam auxiliar no desenvolvimento de seus projetos e na atuação profissional.

Por fim e considerando as características apontadas por Rosa (2011) como integrantes do conhecimento do conhecimento, temos que as manifestações positivas dos acadêmicos possibilitaram verificar que o modo como foram conduzidas as aulas oportunizou a tomada de consciência deles sobre seus conhecimentos tanto os prévios como os adquiridos ao longo da disciplina. Todavia, a exemplo dos achados no estudo de Boszko (2019), é perceptível a dificuldade que os acadêmicos apresentam em relação a proceder uma reflexão sobre seu conhecimento, na forma de um autoconhecimento. Isso pode ser justificado, pois não está entre os objetivos de o ensino de engenharia fomentar o pensamento metacognitivo, embora as metodologias ativas estejam ganhando espaço considerável como estratégia de ensino.

A questão posta é que os docentes ao se utilizarem dessas metodologias ativas como é o caso do ABP, precisam ter consciência de que ela favorece o uso do pensamento metacognitivo e a partir disso oportunizar espaços para ser explicitado. Os docentes precisam estar cientes de que o uso dessa forma de pensamento possibilita lograr êxito na aprendizagem como tem sido defendido na literatura especializada (Hattie, 2009).

## **Controle executivo e autorregulador**

O controle executivo e autorregulador está relacionado a parte executiva da ação e contempla o modo como o sujeito vai atingir seus objetivos que são de natureza cognitiva. Isso se dá pela autorregulação do sujeito frente ao que precisa ser realizado. Ele é integralizado como aponta Brown (1987), por três operações que foram traduzidas por Rosa (2011) como elementos metacognitivos associados a categoria do controle executivo e autorregulador: planejamento, monitoramento e avaliação.

Os elementos metacognitivos que integram esse componente são detalhados como as etapas de operacionalização e, neste estudo, foram associados às ações dos discentes perante seu processo de aprendizagem durante o desenvolvimento de seus projetos.

O primeiro elemento desse componente é a “planificação”, que se refere ao planejamento da ação, ou seja, como os acadêmicos se articulam para atingir o objetivo por meio da ABP. Essa etapa é responsável pela previsão de etapas e reflexão sobre a estratégia adotada. Ela está intrinsecamente ligada ao conhecimento do que será necessário fazer referente a atividade. No presente estudo, a planificação foi identificada a partir dos registros dos acadêmicos quando falavam sobre o processo de desenvolvimento dos projetos.

A “monitoração” é referente ao acompanhamento da ação ou atividade, isto é, a execução. Ressalta-se que o processo analisa se o trajeto é o ideal e vem ao encontro do que foi definido como objetivo. Neste elemento, o foco está em verificar se os discentes retomaram conteúdos, conhecimentos e experiências à medida que as atividades estavam sendo realizadas e de que modo eles avaliam se chegariam ao fim e se atingiriam o objetivo.

O elemento “avaliação” está associado ao processo de reflexão entre o previsto e realizado. A premissa é de verificar se ao final dos projetos os discentes são capazes de identificar as etapas da execução, se haveria alguma otimização ou ajuste no processo e, o mais importante, se os resultados são condizentes e relevantes. Para esse estudo, os parâmetros estabelecidos estiveram associados a questões sobre as escolhas e tomadas de decisões dos alunos e se isso reverberou de forma assertiva e com êxito na elaboração do

projeto. Sobretudo, o ponto analisado foi o exercício do pensar sobre os conhecimentos adquiridos e construídos durante o processo, e se os alunos têm perspectivas de continuar inserindo esses conhecimentos em sua prática profissional futura. A seguir exemplifica-se trechos extraídos das aulas, questionário e diários de aprendizagem e que são identificados como pertencentes da categoria controle executivo e autorregulador:

“(...) Sim, ainda mais na área da engenharia ambiental é muito importante no futuro do curso enquanto estamos cursando e é importante se ter conhecimento sobre essas áreas mostradas nas aulas para quando formos para o mercado de trabalho”.

“Propor marketing de qualidade, influencia na decisão dos consumidores em adquirirem os produtos e serviços ofertados, seja ele feito pelo próprio empreendedor ou por terceiros (consumidores). Todavia, se posicionar no mercado é algo complexo e oneroso, é um processo de demanda tempo e uma estratégia robusta e bem delineada (...) é necessária uma atualização contínua”.

Sim, é um assunto importante, pois, como profissionais, poderemos orientar com maior conhecimento a empresa de que estivermos trabalhando ou oferecendo suporte e também como futuros empresários, ampliando o mercado consumidor a ser diferenciado, além de incentivar a população e o comércio a ser mais consciente em relação ao meio ambiente”.

“As aulas de marketing ambiental são sempre inovadoras, todo o conhecimento trazido é de grande valia. Para nós, futuros engenheiros, é muito importante saber todas as áreas que podemos atuar para que possamos estar sempre nos atualizando e aprendendo coisas de diferentes setores”.

“Sim. O marketing ambiental além de ser uma ferramenta que gera renda, ajuda o planeta a tornar-se um lugar melhor para viver, incentivando outras pessoas e empresas a aderir esta ferramenta”

De acordo com os registros percebe-se que os acadêmicos consideraram como necessário o domínio das ferramentas abordadas em sala de aula. Ainda, é possível verificar que alguns deles identificam a necessidade de uma articulação de modo a inserir novos conhecimentos nas suas soluções. Muitos diante da dificuldade extraíram potencialidades. Dois acadêmicos em seus projetos não separaram estratégia de planejamento, ou seja, o segundo tema foi menos explorado. Essa mistura entre identificar as estratégias frente a uma situação qualquer de modo a avaliar seus conhecimentos sobre ela (conhecimento do conhecimento) e a partir disso planejar sua ação (controle executivo e autorregulador), corrobora aos achados de Rosa (2011) referente a atividades experimentais em Física, na qual a autora explicitou essa mesma dificuldade para os estudantes.

De acordo com o estudo de Rosa (2011) há uma tendência de que no momento de se identificar as estratégias e buscar reconhecer quais os conhecimentos que se tem sobre, já se proceda de forma automática o planejamento de como atingir o objetivo. Tal ação conjunta ainda que possa ser considerada como não prejudicial a ativação do pensamento metacognitivo, merece ser reforçada como distinta, mesmo porque estão localizadas em diferentes componentes e envolvem dois mecanismos de organização mental distintos: um vinculado a quem eu sou e o que sei e outro relacionado a como vou fazer.

A monitoração e avaliação já estão presentes nos trechos elencados anteriormente, entretanto, alguns relatos demonstram que a aprendizagem entre pares facilita a discussão e posterior aquisição dos conhecimentos específicos. Isso se justifica, pois, a linguagem de discente para discente é menos complicada e mais informal, o que oportuniza expressar de modo mais livre o pensamento.

“Sim. O mundo atual demanda e se interessa sempre mais por serviços ambientalmente corretos, que apresentam certificações e selos de qualidade. Mesmo que complexas, as estratégias demandam grande capacitação e conhecimento de múltiplas áreas. Um ponto muito interessante é de que quando outro colega explica, ele ensina de forma mais simplificada e, portanto, de fácil entendimento”.

Um ponto que teve destaque é de que os acadêmicos que manifestaram interesse no assunto, tiveram maior participação nas aulas. Eles abordaram casos reais e buscaram respostas para questionamentos sobre sua realidade, isso vem ao encontro do que é abordado na perspectiva da metacognição na educação em engenharia como proposta por Almeida (2018) e ilustrado pelo Figura 01. O interesse dos envolvidos quando contemplado estimula a aprendizagem por estreitar laços entre o educando e o conteúdo, além de torná-lo mais prático e relevante.

Outra manifestação dos acadêmicos que exemplifica isso está explicitada a seguir:

“Entender como aplicar o marketing, quais são as estratégias importantes para se adotar o marketing verde nas empresas ou próprio negócio e como podemos influenciar a população a buscar mais produtos que tenham de fato, essa pegada sustentável, pois, nem todas as marcas com selos verdes são produtos com valores “acessíveis”. Por exemplo, trabalho com produtos naturais (sabonetes) no momento eu não embalo os sabonetes, procuro reduzir o máximo que posso com embalagens, mas, pode ter pessoas que ficam meio assim, com o produto exposto, que preferam ele embalado, fechadinho e esse fechadinho requer um plástico ou um papel biodegradável, para não perder o objetivo de ser algo que pense no meio ambiente. Porém, esses produtos são caros e vão aumentar o valor do produto, tem pessoas que não olham para este lado, mas tem pessoas que sim”.

Em linhas gerais, a Aprendizagem Baseada em Projetos favorece o controle executivo e autorregulador considerando seus três elementos metacognitivos. Isso decorre do desenvolvimento das soluções que se tornam agentes incentivadores da ativação da metacognição. Essa, por sua vez, pode ser identificada a partir das operações executadas e planejadas pelos acadêmicos durante os encontros da disciplina em estudo e frente a abordagem didática da Aprendizagem Baseada em Projetos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo partiu do entendimento de que o ensino de engenharia necessita de novas perspectivas, visando a atuação dos futuros engenheiros em projetos de infraestruturas sustentáveis, com o desafio de atender às necessidades da sociedade sem comprometer a viabilidade de existência das gerações futuras, como assinalado por Hüge *et al.* (2018) e Soini *et al.* (2018). Nesse sentido, mostra-se fundamental o aperfeiçoamento dos currículos de engenharia, para que as IES acompanhem a evolução da sociedade possibilitando aos seus discentes uma capacitação compatível (Rampasso *et al.*, 2018).

Uma alternativa assinalada pela literatura é o emprego de ferramentas didáticas como é o caso da APB. Tal identificação, foi tomado como referência nesse estudo, de modo que uma disciplina fosse reestruturada a partir dessa abordagem analisando sua contribuição para a ativação do pensamento metacognitivo.

A produção de dados por meio de questionários, observação de aula e diários de aprendizagem, foram analisados na perspectiva da descrição das

manifestações do pensamento metacognitivo, inspirados na pesquisa de Boszko (2019). Tal produção de dados possibilitou encontrar indícios de uma mobilização metacognitiva envolvendo a consciência reflexiva dos estudantes, a partir do acionamento da memória não apenas do conhecimento de conceitos, mas também das estratégias, habilidades e processos já utilizados em outros contextos, o que leva novamente ao início do texto quando foi apontado a importância da multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino da engenharia.

Foram identificados nas falas e registros escritos, indícios de reflexões de natureza metacognitiva, relacionadas a tomada de consciência sobre seus conhecimentos em relação ao conteúdo em discussão, quando recorreram a conhecimentos já estudados em outras disciplinas por exemplo, assim como da tarefa proposta e da estratégia selecionada para execução, como foi o caso da estratégias do Marketing verde, com a identificação da dificuldade e complexidade o tema, e ainda na recorrência do desejo de empreender no futuro, não menos importante que a constatação da importância do domínio de ferramentas para o desenvolvimento de projetos.

Com relação ao controle executivo e autorregulador foi possível identificar nas declarações dos acadêmicos, a necessidade de articular os novos conhecimentos nas soluções de problemas complexos, o que exigiu do estudante a realização do planejamento, assim como a manifestação de interesse pelo tema que proporcionou intensa participação do estudante na proposta. A aprendizagem por pares possibilitou a emergência de declarações do pensamento metacognitivo, com traços de monitoramento e avaliação metacognitiva, nos diálogos entre estudantes por meio da utilização de linguagem informal.

Em linhas gerais, a Aprendizagem Baseada em Projetos se mostrou favorável a ativação do pensamento metacognitivo, o que reforça a ideia de que as inserções de ferramentas de metodologias ativas, que mobilizam a metacognição, desenvolvendo a criticidade, criatividade e auxiliando a resolução de problemas complexos, contribuem de forma efetiva com o currículo da

engenharia na formação de profissionais com múltiplas competências preparados para as atuais demandas sociais, econômicas e ambientais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. M. **Sistemática metacognitiva de educação em engenharia**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia de Guaratingueta. Universidade Estadual Paulista. Guaratingueta, SP, 2018.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

BHAT, S.; BHAT, S.; RAJU, R.; D'SOUZA, R.; BINU, K. G. Collaborative Learning for Outcome Based Engineering Education: A Lean Thinking Approach, In: World Engineering Education Forum, 9, WEEF 2019, Procedia Computer Science, 172, p. 927-936, 2020.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 2010.

BOSZKO, C. **Diários de aprendizagem e os processos metacognitivos**: estudo envolvendo professores de Física em formação inicial. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Passo Fundo, RS, 2019.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) no Brasil. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=6938&ano=1981&ato=5b0UTRE50MrRVT15d> . Acesso em: 25 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 9394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm) Acesso em: 25 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 25 set. 2025.

BROWN, A. Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. Metacognition, motivation, and understanding, In WEINERT F. E.; KLUWE, R. H. (Eds.). **Metacognition, motivation and understanding**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. p. 67-116.

CARRASCO, J. B. **Estrategias de aprendizaje para aprender más y mejor**. Madrid: Rialp, 2004.

CHI, M. T. H. Active-Constructive-Interactive: a conceptual framework for differentiating Learning Activities. **Topics in Cognitive Science**, v. 1, n. 1, p. 73-105, 2009.

CORRÊA, N. N. G.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. Metacognição e as relações com o saber. **Ciência & Educação**, v. 24, n. 2, p. 517-534, 2018.

CORRÊA, N. N. G.; JUVANELLI, C.; MENEGUETE, H. S. Indícios de aprendizagens metacognitivas em uma disciplina de pós-graduação. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 30, p. e14807-e14807, 2023.

DANTAS, C.; RODRIGUES, C. C. Estratégias metacognitivas como intervenção psicopedagógica para o desenvolvimento do automonitoramento. **Psicopedagogia**, v. 93, n. 3, p. 226-235, 2013.

DAVIS, C.; NUNES, M. M. R.; NUNES, C. A. A. Metacognição e sucesso escolar: articulando teoria e prática. **Caderno de Pesquisa**, v. 35, n. 1, p. 205-230, 2005.

**European Commission, Key competences - Education and training -** European Commission, 2023. Disponível em: [https://ec.europa.eu/education/policy/school/competences\\_en](https://ec.europa.eu/education/policy/school/competences_en). Acesso 10 set. 10.

FLAVELL, J. H. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNICK, L. B. (Ed.). **The nature of intelligence**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. p. 231-236, 1976

FLAVELL, J. H. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive - developmental inquiry. **American Psychologist**, v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>

FLAVELL, J. H.; MILLER, P. H.; MILLER, S. A. **Desenvolvimento cognitivo**. Tradução de Cláudia Dornelles. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

GUERRA, A. "Integration of sustainability in engineering education why is PBL an answer?", **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 18, n. 3, p. 436- 454, 2017. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2016-0022>

HACKER, D. J. Definitions and empirical foundations. In: HACKER, D. J.; DUNLOSKEY J.; GRAESSER, A. **Metacognition in educational theory and practice**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. p. 15-38.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics

courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.  
<http://dx.doi.org/10.1119/1.18809>

HATTIE, J. **Visible learning**: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. New York: Routledge, 2009.

ILLERIS, Knud. **Uma compreensão abrangente sobre a aprendizagem humana**: teorias contemporâneas da aprendizagem. Porto Alegre: Penso, 2013.

LARMER, J.; MERGENDOLLER, J.; BOSS, S. **Setting the standard for project based learning**: a proven approach to rigorous classroom instruction. Alexandria, VA: ASCD, 2015.

MOREIRA, M. A. **Teoria de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOTA, A. R.; ROSA, C. T. W. Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 25, n. 2, p. 261-276, 2018.  
<https://doi.org/10.5335/rep.v25i2.8161>

NELSON, Thomas O.; NARENS, Louis. Why investigate metacognition. **Metacognition: Knowing about knowing**, v. 13, p. 1-25, 1994.  
<https://doi.org/10.7551/mitpress/4561.001.0001>

PALACIN-SILVA, M. V.; SEFFAH, A.; PORRAS, J. Infusing sustainability into software engineering education: Lessons learned from capstone projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 4338-4347, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.078>

PASQUALETTO, T. I.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Aprendizagem baseada em projetos no Ensino de Física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 551-577, 2017.  
<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172551>

RAJKUMAR, K.; SRINIVAS, D.; ANURADHA, P.; RAJESHWARRAO, A. Problem-oriented and project-based learning (Popbl) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. **Materials Today: Proceedings**. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.796>

RAMPASSO, I. S.; ANHOLON, R.; SILVA, D.; ORDOÑEZ, R. C.; QUELHAS, O. L. G.; LEAL FILHO, W.; SANTA-EULÁLIA, L. A. An analysis of the difficulties associated to sustainability insertion in engineering education: Examples from HEIs in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 193, p. 363-371, 2018.

RIBEIRO, C. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. **Psicologia**: reflexão e crítica, v. 16, n. 1, p. 109-116, 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0102-79722003000100011>

ROSA, Cleci T. Werner da. **A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROSA, Cleci T. Werner; CORRÊA, Nancy N. G.; PASSOS, Marinez M.; ARRUDA, Sérgio de M. Metacognição e seus 50 anos: uma breve história da evolução do conceito. **Revista Educar Mais**, v. 4, n. 3, p. 703-721, 2020.

ROSA, Cleci T. Werner; CORRÊA, Nancy N. G.; PASSOS, Marinez M.; ARRUDA, Sérgio de M. Metacognição e seus 50 anos: cenários e perspectivas para o ensino de Ciências, **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 1, p. 267-291, 2021.

SENAY, S. "On the impacts of project based learning for workplace preparedness of engineering graduates". **System of Systems Engineering Conference (SoSE)**, v. 10, p. 364-367, 2015.

SOINI, K.; JURGILE, A.; PIETIKAINEN, J.; KORHONEN-KURKI., K. Universities responding to the call for sustainability: A typology of sustainability centres. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 1423-1432, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.228>

STOCK, T.; KOHL, H. Perspectives for International Engineering Education: Sustainable-oriented and Transnational Teaching and Learning. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 10-17, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.089>

SUNTHONKANOKPONG, W. Future Global Visions of Engineering Education. **Procedia Engineering**, v. 8, p. 160-164, 2010.  
<https://doi:10.1016/j.proeng.2011.03.029>