



CIÊNCIAS DA APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: PROPOSTA DE HEURÍSTICA PARA A PRÁTICA PEDAGÓGICA ORIENTADA PELO DESIGN

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3964

Luan Matheus Moreira - luan.moreira@ifms.edu.br

IFMS

Resumo: *Um dos desafios para Educação em Engenharia contemporânea é construir ambientes de aprendizagem com mecanismos de incentivos que propicie o aprendizado integral dos estudantes, incluindo o corpo docente neste processo de autoaprimoramento. O objetivo desta pesquisa teórica foi apresentar uma heurística para a prática pedagógica na Educação em Engenharia, com o intuito de, a partir das Ciências da Aprendizagem, oferecer soluções que concretize a interação entre as Ciências da Engenharia e a Prática de Engenharia. A abordagem metodológica da pesquisa se fundamentou no Realismo Científico e, após uma investigação do referencial teórico, demarcou-se (i) a Aprendizagem Ativa como arcabouço dos realismos epistemológico, ontológico e semântico; (ii) a Aprendizagem Baseada em Design (DBL) como arcabouço do realismo ético; (iii) a Prática Informada por Evidências como arcabouço do realismo metodológico; (iv) a Pesquisa-Ação como arcabouço do realismo axiológico; e (v) a Validação Ecológica como arcabouço do realismo prático. Por fim, foi apresentado um esquema que organiza o todo em uma heurística aplicada à Educação em Engenharia.*

Palavras-chave: *Ciências da Aprendizagem, Realismo Científico, Aprendizagem Ativa*



CIÊNCIAS DA APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: PROPOSTA DE HEURÍSTICA PARA A PRÁTICA PEDAGÓGICA ORIENTADA PELO DESIGN

1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios para Educação em Engenharia contemporânea é construir ambientes de aprendizagem com mecanismos de incentivos que propicie o desenvolvimento de aprendizagens (ou competências) visando-se o desenvolvimento integral dos estudantes e, também, dos demais envolvidos (docentes, técnicos, gestão e comunidade externa).

De acordo com Crawley *et al.* (2011), as competências necessárias de engenharia são melhor definidas através do exame da prática de engenharia para a qual formamos nossos estudantes. Desde sua concepção como profissão até meados do século XX, a educação em engenharia foi baseada na prática. Com o advento, na década de 1950, da abordagem baseada na ciência da engenharia para a educação em engenharia, a formação de engenheiros tornou-se mais distante da prática da engenharia. A ciência da engenharia tornou-se a cultura dominante das escolas de engenharia. Muitas universidades estão agora se movendo para uma nova síntese da ciência da engenharia e da prática autêntica.

Para os autores, engenheiras(os) graduadas(os) devem ser capazes de conceber, projetar, implementar e operar sistemas complexos de engenharia de valor agregado em um ambiente moderno baseado em equipe. Assim, a partir disso, pode-se derivar objetivos racionais para a educação em engenharia.

Crawley *et al.* (2011) ainda propuseram um conjunto de objetivos claros, completos, consistentes e generalizáveis para a educação em engenharia, com detalhes suficientes para que possam ser compreendidos e implementados pelo corpo docente de engenharia. Esses objetivos formariam a base para os resultados educacionais e de aprendizagem, o desenho dos currículos, bem como a base para um sistema abrangente de avaliação da aprendizagem dos alunos.

No Quadro 1 apresenta-se a taxonomia de aprendizado em engenharia proposta pelos autores. Cabe ressaltar que as quatro seções da taxonomia estão relacionadas aos quatro pilares da educação da UNESCO, a saber: Aprender a Conhecer (Seção 1), Aprender a Ser (Seção 2), Aprender a Conviver (Seção 3) e Aprender a Fazer (Seção 4).

No Apêndice B em Crawley *et al.* (2011) existem outros níveis menores para cada subseção das quatro seções.

Quadro 1 - Taxonomia de aprendizado em engenharia da Iniciativa CDIO

1. Conhecimento Disciplinar e Raciocínio 1.1. Conhecimento de Matemática e Ciência subjacentes 1.2. Conhecimento Fundamental de Engenharia 1.3. Conhecimentos Fundamentais de Engenharia Avançada, Métodos e Ferramentas	3. Competências Interpessoais 3.1. Trabalho em Equipe 3.2. Comunicações 3.3. Comunicações em Língua Estrangeira 4. Concepção, Projeto, Implementação e Operação de Sistemas no Contexto Empresarial, Social e Ambiental 4.1. Contexto Externo, Social e Ambiental 4.2. Contexto Empresarial e de Negócios
--	---

<p>2. Competências e Atributos Pessoais e Profissionais</p> <p>2.1. Raciocínio Analítico e Resolução de Problemas</p> <p>2.2. Experimentação, Investigação e Descoberta de Conhecimento</p> <p>2.3. Pensamento Sistêmico</p> <p>2.4. Atitudes, Pensamento e Aprendizagem</p> <p>2.5. Ética, Equidade e outras responsabilidades</p>	<p>4.3. Concepção, Engenharia de Sistemas e Gestão</p> <p>4.4. Projeto</p> <p>4.5. Implementação</p> <p>4.6. Operação</p>
--	---

Fonte: Crawley *et al.* (2011)

A partir deste conjunto de aprendizagens (ou competências) para o desenvolvimento dos estudantes, emergem algumas questões:

- 1) Qual estrutura curricular (e. g., disciplinas, projetos, comunidades etc.) responde com maior qualidade ao desenvolvimento dessas competências?
- 2) Como as práticas pedagógicas podem acompanhar a "fronteira do conhecimento" das Ciências da Engenharia e da Prática de Engenharia?

Desta forma, o objetivo desta pesquisa teórica foi apresentar uma heurística para a prática pedagógica na Educação em Engenharia, com o intuito de oferecer soluções para as questões colocadas a partir das Ciências da Aprendizagem.

2 METODOLOGIA

A natureza teórica desta pesquisa se fundamenta na concepção do Realismo Científico (BUNGE, 2010; CORDERO, 2012) aplicado ao paradigma da formação por competências na Educação em Engenharia.

Esta abordagem é tratada como um sistema composto por sete componentes:

- Ontológico: o mundo exterior existe por si mesmo.
- Epistemológico: o mundo externo pode ser conhecido.
- Semântico: Referência externa e verdade factual.
- Metodológico: Aferições da realidade e cientismo.
- Axiológico: Valores objetivos, bem como subjetivos.
- Ético: Fatos morais e verdades morais.
- Praxiológico: eficiência e responsabilidade (BUNGE, 2010, p. 352).

Desta forma, na seção a seguir, foi investigado um referencial teórico que contemple essas dimensões do Realismo Científico de tal forma que o processo de Educação em Engenharia seja realizado em concordância com as Ciências da Aprendizagem.

3 RESULTADOS

Graham (2018) investigou o "estado da arte" em educação em engenharia em todo mundo a partir de entrevistas com 50 líderes de pensamento globais no campo da educação em engenharia. Dentre as instituições de ensino classificadas como "líderes emergentes", as características comuns foram: (i) a combinação de experiências de aprendizagem ativa no campus (e uso intensivo de recursos) com aprendizagem online fora do campus; (ii) maior flexibilidade, escolha e diversificação oferecida aos estudantes; e (iii) currículos que reúnem aprendizado interdisciplinar, engenharia centrada no ser humano e experiências globais.

Para Felder e Brent (2021), a Aprendizagem Ativa (*Active Learning*)

[...] consiste em pequenas atividades individuais ou em pequenos grupos relacionadas ao curso que todos os alunos de uma classe são chamados a fazer, alternando com intervalos conduzidos pelo instrutor nos quais as respostas dos alunos são processadas e novas informações são apresentadas.

Complementando esta definição; Lima, Andersson e Saalman (2016) descrevem que

a

[...] Aprendizagem Ativa é uma aprendizagem que envolve e desafia os alunos usando situações da vida real e imaginárias onde os alunos se envolvem em tarefas de pensamento de ordem superior como análise, síntese e avaliação. Em ambientes de Aprendizagem Ativa, os alunos estão envolvidos na investigação, ação, imaginação, invenção, interação, formulação de hipóteses e reflexão pessoal.

Freeman *et al.* (2014) realizaram uma meta-análise de 225 estudos que geraram dados sobre pontuações em exames e/ou taxas de reprovação, com o intuito de comparar o desempenho de alunos de cursos em *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) sob aulas tradicionais versus aprendizagem ativa. Os resultados apresentaram que a pontuação média nos exames melhorou em cerca de 6% nas aulas com aprendizagem ativa e os estudantes nas turmas com aulas tradicionais obtiveram 1,5 vezes mais chances de falhar nos testes quando comparado com aqueles submetidos à aprendizagem ativa.

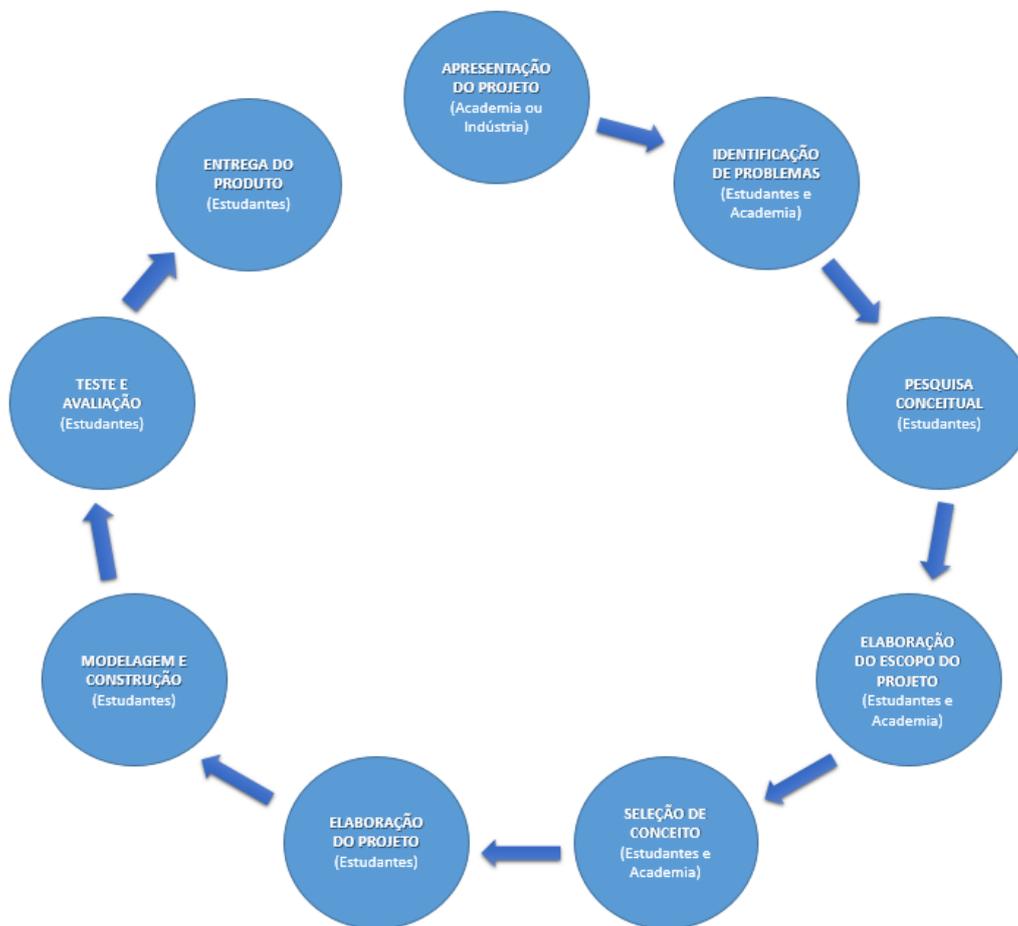
Deslauriers *et al.* (2019) também compararam a aprendizagem ativa e as aulas tradicionais. Sob condições controladas, separaram dois grandes grupos de estudantes em cursos introdutórios de física: (i) aprendizagem ativa (seguindo as melhores práticas para a unidade curricular) e (ii) aprendizagem passiva (palestras com instrutores experientes e altamente cotados). Ambos os grupos receberam o mesmo conteúdo, os alunos foram designados aleatoriamente e os instrutores não fizeram esforços para convencer os alunos sobre os supostos benefícios das estratégias. Os resultados mostraram que os estudantes obtiveram maior aprendizado nas turmas com aprendizagem ativa. Na percepção sobre o próprio aprendizado, os estudantes em ambientes de aprendizagem passiva apresentaram maiores índices de confiança. Logo, enfatizaram a necessidade de os professores adotarem estratégias que demonstrem aos estudantes, desde o início, as vantagens da aprendizagem ativa.

Com isso, pode-se afirmar que a Aprendizagem Ativa propicia as condições para que o processo de construção e explicação do conhecimento científico (i. e., realismo epistemológico) sobre a realidade material investigada (i. e., realismo ontológico) seja conduzida por modelos onde se busca aproximações às verdades factuais (i. e., realismo semântico).

Acerca dos modelos, a Aprendizagem Baseada em Design (*Design-Based Learning - DBL*) é um processo de integração de projetos que visa promover habilidades criativas na resolução de problemas e apoiar os estudantes no conteúdo curricular através do envolvimento em desafios transcurriculares do mundo real (DOPPELT *et al.*, 2008; CHANDRAN; CHANDRASEKARAN; STOJCEVSKI, 2014). O *DBL* não é equivalente a boas práticas de projeto, mas sim, compreende um conjunto de atividades que preparam os alunos para boas práticas de design (GÓMEZ PUENTE; VAN EIJCK; JOCKEMS, 2011). Também pode-se enfatizar que a criatividade das ideias dos estudantes é influenciada por vários motivos, incluindo a exposição a ideias de outros estudantes, o grau de familiaridade com o processo de aprendizagem baseada em design e o fato de os alunos terem que fazer um protótipo funcional de suas ideias (ALTAN; TAN, 2020).

Na Figura 1 apresenta-se um esquema do *DBL*.

Figura 1 – Processo de Aprendizagem Baseada em Design.



Fonte: Adaptado de Chandran, Chandrasekaran e Stojcevski (2014)

Entendendo-se que o *DBL* é uma possibilidade atraente de mobilização da Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia, tendo em vista a possibilidade de endereçar problemas morais à vida real (i. e., realismo ético), cada etapa do processo requer práticas pedagógicas que sejam “informadas por evidências” (i. e., realismo metodológico).

De forma geral, a Educação em Engenharia no Brasil tem pouca aderência à prática informada por evidências (*Evidence-Based Practice - EBP*). Nas últimas décadas esta abordagem vem incentivando a produção de pesquisas empíricas sobre aprendizagem, com ênfase na psicologia social e nas neurociências. Como exemplo de estratégias com amplo suporte empírico, podem-se citar: (i) Prática Espaçada, (ii) Prática de Lembrar, (iii) Intercalação, (iv) Elaboração, (v) Codificação Dupla e (vi) Exemplos Concretos (WEINSTEIN; MADAN; SUMERACKI, 2018). Nos últimos anos, a Educação em Engenharia no Brasil passou a demandar por práticas pedagógicas informadas por evidências, com destaque ao inciso VIII do artigo 6º das Diretrizes Nacionais Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2019).

[...] o processo de autoavaliação e gestão de aprendizagem do curso que contemple os instrumentos de avaliação das competências desenvolvidas, e respectivos conteúdos, o processo de diagnóstico e a elaboração dos planos de ação para a melhoria da aprendizagem, especificando as responsabilidades e a governança do processo.



Na Figura 2 apresenta-se um diagrama de Venn sobre as intersecções necessárias para que ocorra a prática informada por evidências.

Figura 2 – Prática Informada por Evidências.



Fonte: Organizado a partir de Mullen et al. (2007); Howard, McMillen e Pollio (2003); Roloff (2010)

Tendo em vista que a Prática Informada por Evidências confere subsídio à seleção das estratégias de ensino (a partir da literatura científica disponível), tem-se um ambiente propício para que o docente produza pesquisa com o intuito de validar e/ou aprimorar sua prática pedagógica. No entanto, o mero relato de experiência não é suficiente para a produção de pesquisa com o rigor objetivo e subjetivo (i. e., realismo axiológico) que o campo da Educação em Engenharia necessita.

A pesquisa-ação (*Active Research*) é uma metodologia onde os pesquisadores em educação estão em condição de produzir informações e conhecimentos de uso mais efetivo, inclusive ao nível pedagógico, o que promoveria condições para ações e transformações de situações dentro da própria escola. Para Carr e Kemmis (1988) uma investigação baseada em pesquisa-ação necessita de três condições mínimas:

A primeira, que um projeto seja planejado com o tema da prática social, considerada como uma forma de ação estratégica suscetível de melhoramento; a segunda, que tal projeto recorra a uma espiral de elos de planejamento, ação, observação e reflexão, estando todas essas atividades implantadas e inter-relacionadas sistematicamente e autocriticamente; a terceira, que o projeto envolva os responsáveis da prática em todos e cada



um dos momentos da atividade, ampliando gradualmente a participação no projeto para incluir os outros afetados pela prática, e manter um controle colaborativo do processo.

A pesquisa-ação enfatiza o processo de investigação colocando os docentes no centro da pesquisa da prática pedagógica. Por se tratar de uma abordagem sistemática e intencional para mudar o ensino, a pesquisa-ação vai além das conceituações atuais da aprendizagem do professor como (i) processo-produto (ensino como um conjunto de ações), (ii) modelagem cognitiva (ensino como forma de pensar) e (iii) perspectiva situacional e sociocultural (ensino como interação); e inclui uma quarta categoria: (iv) ensino como investigação. Tendo em vista a complexidade do processo de ensino-aprendizagem, a coleta e a análise de dados são importantes instrumentos para ampliar o rigor científico da investigação (MANFRA, 2019).

O processo de coleta e análise de dados subsidiará a validação sistemática da prática pedagógica (i. e., realismo prático), tendo em vista sua natureza não experimental. Sendo assim, a utilização do estudo de caso como técnica de pesquisa se demonstra mais adequada, pois cada contexto socioeducacional tem particularidades próprias (i. e., validação ecológica).

Para Davids (2012) a validade ecológica pode ser compreendida como um fenômeno transitório caracterizado por tentativas fundamentadas e sistemáticas para análise de comportamento atual dentro de contextos ambientais específicos, utilizando-se de um método de investigação discreto, realista e fidedigno. Para tanto, três critérios devem ser atendidos: (i) realismo: o ambiente experimentado deve ser tão realista quanto possível para que características importantes do comportamento permaneçam não afetadas pela imposição das restrições experimentais (que é atendido pela espontaneidade do processo de ensino-aprendizagem); (ii) união: é o casamento entre o processo de investigação de campo e a necessidade de validade interna (que é atendido pela Pesquisa-Ação em conjunto com a Prática Informada por Evidências); e (iii) análise eclética: é o uso de uma gama de técnicas de análise para certificar-se de que pelo menos algum aspecto de uma característica particular do comportamento é analisado em sua versão de mundo real (que é atendido pelo ciclo da Aprendizagem Baseada em Design via produção de portfólios e checagem por rubricas).

4 CONCLUSÕES

Ao longo deste texto procurou-se conceituar e esclarecer que a Aprendizagem Ativa é o arcabouço dos realismos epistemológico, ontológico e semântico que norteia o processo de ensino-aprendizagem na Educação em Engenharia, tendo em vista o desenvolvimento das competências curriculares (vide Quadro 1).

Para tanto, a Aprendizagem Baseada em Design (*DBL*) pode ser utilizada para mobilizar materialmente um currículo baseado em projetos (incorporação do realismo ético), utilizando-se Prática Informada por Evidências (*EBP*) para promover o realismo metodológico, entendendo-se o papel do docente como professor/pesquisador nesse processo para promoção do realismo axiológico (i. e., Pesquisa-Ação) e validando concretamente as experiências pedagógicas em seus contextos de experimentação buscando-se o realismo prático (i. e., validade ecológica).

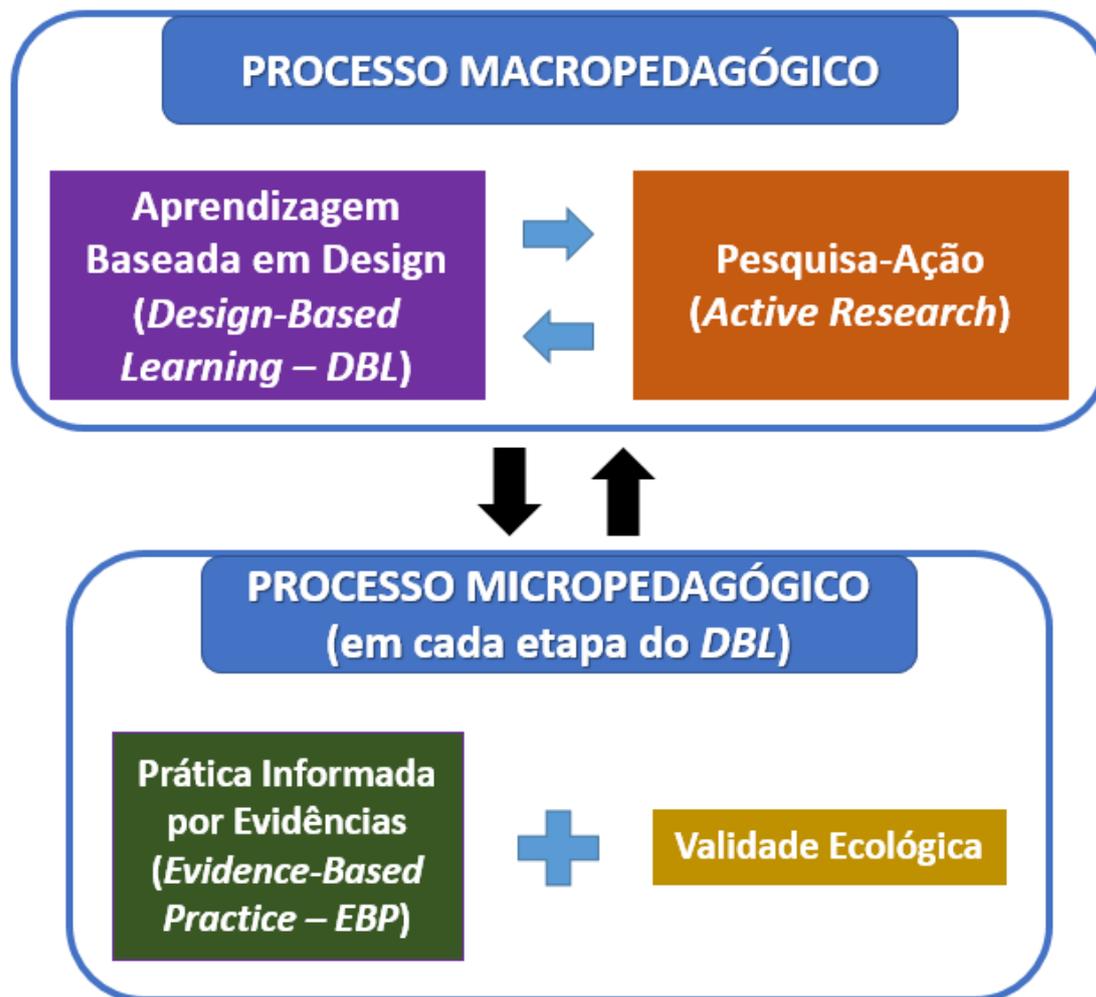
Desta forma, operacionalmente, a Aprendizagem Baseada em Design (*DBL*) e a Pesquisa-Ação fazem parte de uma dimensão macropedagógica, pois são potencializadoras do processo de ensino-aprendizagem. Como dimensão micropedagógica, a Prática Informada por Evidências (*EBP*) está relacionada às estratégias

de ensino que acompanharão a aprendizagem dos estudantes ao longo das etapas da *DBL* (vide Figura 1). Para tanto, o rigor na busca das melhores evidências científicas disponíveis nas Ciências da Aprendizagem (conforme a Figura 2) é imprescindível para a seleção adequada das estratégias instrucionais.

Ainda na dimensão micropedagógica, em cada etapa, também é necessário o processo de validação ecológica para explanação do mecanismo de emergência da aprendizagem, utilizando-se de informações empíricas oriundas da produção dos estudantes.

Finalmente, na Figura 3 apresenta-se um resumo que sintetiza a aplicação da heurística proposta.

Figura 3 – Heurística para aplicação das Ciências da Aprendizagem na Educação em Engenharia.



Fonte: Elaboração Própria

REFERÊNCIAS

ALTAN, E. B.; TAN, S. Concepts of creativity in design based learning in STEM education. **International Journal of Technology and Design Education**, p. 503-529, 2020.



BRASIL. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de abril de 2019, Seção 1, pp. 43 e 44.

BUNGE, M. A. **Caçando a realidade**: a luta pelo realismo. São Paulo: Perspectiva, 2010.

CARR, W.; KEMMIS, S. **TEORÍA CRÍTICA DE LA ENSEÑANZA**: La investigación-acción en la formación del profesorado. Barcelona: Martínez Roca, 1988.

CHANDRAN, J.; CHANDRASEKARAN, S.; STOJCEVSKI, A. Blended Approach for Peer-to-Peer Learning in Engineering Education. *In: International Conference on Web and Open Access to Learning (ICWOAL)*, 2014. **Anais [...]**. Dubai: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014.

CORDERO, A. Mario Bunge's Scientific Realism. **Science & Education**, v. 21, p. 1419-1435, 2012

CRAWLEY, E. F.; MALMQVIST, J.; LUCAS W. A.; BRODEUR, D. R. The CDIO Syllabus v2.0: An Updated Statement of Goals for Engineering Education. *In: 7th International CDIO Conference*, 2011. **Anais [...]**. Copenhagen: Technical University of Denmark, 2011.

DESLAURIERS, L.; MCCARTHY, L. S.; MILLER, K.; CALLAGHAN, K.; KESTIN, G. Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 116, n. 39, p. 19251-19257, 2019.

DOPPELT, Y; MEHALIK, M. M.; SCHUNN, C. D.; SILK, E.; KRYSINSKI, D. Engagement and Achievements: A Case Study of Design-Based Learning in a Science Context. **Journal of Technology Education**, v. 19, n. 2, 2008.

DAVIDS, K. Ecological Validity in Understanding Sport Performance: Some Problems of Definition. **Quest**, v. 40, n. 2, p. 126-136, 2012.

FELDER, R. M.; BRENT, R. **ACTIVE LEARNING: AN INTRODUCTION**. 2021. Raleigh/NC: North Carolina State University. Disponível em: <<https://www.engr.ncsu.edu/stem-resources/wp-content/uploads/sites/5/2021/07/Active-Learning-Tutorial.pdf>>. Acesso em: 26 janeiro. 2021.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; McDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, H. J.; WENDOROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.



GÓMEZ PUENTE, S. M.; VAN EIJCK, M.; JOCHEMS, W. Towards characterising design-based learning in engineering education: a review of the literature. **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 2, p. 137-149, 2011.

GRAHAM, R. **The global state of the art in engineering education**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2018.

HOWARD, M. O.; MCMILLEN, C. J.; POLLIO, D. E. Teaching Evidence-Based Practice: Toward a New Paradigm for Social Work Education. **Research on Social Work Practice**, v. 13, n. 2, p. 234-259, 2003.

LIMA, R. M.; ANDERSSON, P. H.; SAALMAN, E. Active Learning in Engineering Education: a (re)introduction. **European Journal of Engineering Education**, 2016.

MANFRA, M. M. Action Research and Systematic, Intentional Change in Teaching Practice. **Review of Research in Education**, 2019.

MULLEN, E. J.; BELLAMY, J. L.; BLEDSOE, S. E.; FRANCOIS, J. J. Teaching Evidence-Based Practice. **Research on Social Work Practice**, v. 17, n. 5, p. 574-582, 2007.

ROLLOFF, M. A constructivist model for Teaching Evidence-Based Practice. **Nursing Education Perspective**, v. 31, n. 5, p. 290-293, 2010.

WEINSTEIN, Y.; MADAN, C. R.; SUMERACKI, M. A. Teaching the science of learning. **Cognitive Research: Principles and Implications**, 2018.

LEARNING SCIENCES IN ENGINEERING EDUCATION: HEURISTIC PROPOSAL FOR DESIGN-ORIENTED PEDAGOGICAL PRACTICE

Abstract: *One of the challenges for contemporary Engineering Education is to build learning environments with incentive mechanisms that promote the integral learning of students, including the faculty in this process of self-improvement. The objective of this theoretical research was to show a heuristic for pedagogical practice in Engineering Education, in order to, from the Learning Sciences, offer solutions that materialize the interaction between Engineering Sciences and Engineering Practice. The methodological approach of the research was based on Scientific Realism and, after an investigation of the theoretical framework, (i) Active Learning was demarcated as a framework for epistemological, ontological and semantic realism; (ii) Design-Based Learning (DBL) as a framework for ethical realism; (iii) Evidence-Based Practice (EBP) as a framework for methodological realism; (iv) Action Research as a framework for axiological realism; and (v) Ecological Validity as a framework for practical realism. Finally, a scheme was presented that organizes the whole in a heuristic applied to Engineering Education.*

Keywords: *Learning Sciences, Scientific Realism, Active Learning*