

DO CAOS GLOBAL À INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL: PRÁTICAS TRANSDISCIPLINARES E METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO SUPERIOR COMO CAMINHOS PARA A EDUCAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE

NATALIA VARELA DA ROCHA KLOECKNER

INSTITUTO DE TECNOLOGIA E LIDERANÇA - INTELI

Introdução

O século XXI é marcado por crises globais interconectadas que desafiam governos, organizações e universidades. O ensino superior tem papel central na formação de cidadãos e profissionais aptos a lidar com problemas complexos. Transdisciplinaridade e metodologias ativas, especialmente a Aprendizagem Baseada em Projetos (em inglês, Project Based Learning - PjBL), despontam como estratégias para alinhar inovação e sustentabilidade, integrando teoria, prática e impacto social.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O problema que orienta este estudo é: como metodologias ativas e práticas transdisciplinares podem contribuir para a inovação educacional orientada à sustentabilidade em tempos de caos global? O objetivo geral é analisar como a literatura recente sobre a transdisciplinaridade, a PjBL e a educação para a sustentabilidade apontam práticas e estratégias que fortaleçam a formação de competências inovadoras no ensino superior.

Fundamentação Teórica

A literatura mostra que a educação para sustentabilidade exige competências críticas, sistêmicas e colaborativas (Biberhofer & Rammel, 2017). A transdisciplinaridade integra saberes acadêmicos e não acadêmicos em processos participativos (Ertas et al., 2015). A PjBL conecta teoria e prática em torno de problemas reais, promovendo engajamento e inovação (Chen et al., 2021). A tríade educação-sustentabilidade-inovação constitui eixo central para currículos transformadores.

Metodologia

O estudo é teórico-analítico e baseia-se em revisão qualitativa de 24 publicações entre 1921 e 2024. O processo envolveu mapeamento descritivo, codificação temática combinando categorias dedutivas e indutivas, síntese analítica inspirada em grounded theory e reconstrução interpretativa próxima ao process tracing. A matriz integradora relacionou categorias analíticas a níveis de implementação.

Análise e Discussão dos Resultados

Cinco eixos foram identificados: fundamentos históricos do project method; transdisciplinaridade em engenharia e design; inovação curricular orientada por competências; PjBL como dispositivo pedagógico de integração; e, aprendizagem transformadora com impactos sociais. Esses eixos se interrelacionam e se reforçam mutuamente.

Considerações Finais

O estudo demonstra que educação, sustentabilidade e inovação constituem uma tríade indissociável. A tradição histórica do project method, a centralidade da transdisciplinaridade, a PjBL e a ênfase em competências sustentáveis formam um conjunto integrado de práticas educacionais. A principal contribuição é oferecer bases conceituais e práticas para currículos que preparem profissionais e cidadãos capazes de atuar em contextos globais complexos e em constante transformação.

Referências

Biberhofer, P., & Rammel, C. (2017). Transdisciplinary learning and teaching as answers to urban sustainability challenges. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(1), 63-83. Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education*, 46(1), 90-115. Ertas, A., Frias, K. M., Tate, D., & Back, S. M. (2015). Shifting engineering education from disciplinary to transdisciplinary practice. *International Journal of Engineering Education*, 31(1), 94-105.

Palavras Chave

Transdisciplinaridade, Educação para a Sustentabilidade, Aprendizagem Baseada em Projetos

DO CAOS GLOBAL À INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL: PRÁTICAS TRANSDISCIPLINARES E METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO SUPERIOR COMO CAMINHOS PARA A EDUCAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE

1 INTRODUÇÃO

A relação entre educação e sustentabilidade vem sendo amplamente discutida por pesquisadores que defendem a incorporação de competências socioambientais, éticas e colaborativas aos currículos universitários (Tejedor et al., 2018; Wallen et al., 2022). Para além da transmissão de conteúdos técnicos, trata-se de construir ambientes de aprendizagem que estimulem a consciência crítica, a criatividade e a responsabilidade social. A transdisciplinaridade, nesse sentido, assume o importante papel de integrar saberes acadêmicos e não acadêmicos, articulando diferentes áreas do conhecimento na busca de soluções inovadoras para problemas globais (Ertas et al., 2015; Takeuchi et al., 2020). Ao mesmo tempo, as metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Projetos (em inglês, *Project-Based Learning, PjBL*), representam caminhos pedagógicos que aproximam teoria e prática, além de favorecerem a colaboração entre discentes e docentes conectando o ensino às demandas reais da sociedade (Kilpatrick, 1921; Lavado-Anguera et al., 2024).

Ertas et al. (2017) e Tate et al. (2010), evidenciam esse movimento ao demonstrarem como os currículos de engenharia podem ser reorganizados a partir de estúdios e projetos que enfrentam desafios globais como energia, água e urbanização. Além disso, Baumber (2022), Casas et al. (2023) e Ma & Jin (2022) mostram que experiências de aprendizagem transdisciplinar não apenas ampliam a literatura em sustentabilidade, mas também geram mudanças de mentalidade em estudantes e jovens pesquisadores. Reilly e Reeves (2023), por sua vez, reforçam a necessidade de rastrear competências transversais. Essas contribuições convergem para uma compreensão de que inovação, quando aliada à educação para a sustentabilidade, não pode restringir-se a aspectos tecnológicos ou de mercado; ela deve abranger também dimensões culturais, sociais e éticas, capazes de orientar transformações sistêmicas.

No entanto, apesar do avanço das experiências relatadas, ainda há uma lacuna entre discurso e prática. Isso, pois, muitos currículos permanecem presos a modelos disciplinares fragmentados e a formas tradicionais de ensino que pouco dialogam com a complexidade dos problemas contemporâneos (Chen et al., 2021). Essa desconexão gera dificuldades para formar profissionais preparados para a tomada de decisão em contextos marcados por incertezas e múltiplos interesses (Budwig & Alexander, 2020; Dampierre et al, 2024).

Diante desse cenário, o presente artigo tem como problema de pesquisa a seguinte questão: *como metodologias ativas e práticas transdisciplinares podem contribuir para a inovação educacional orientada à sustentabilidade em tempos de caos global?*

O objetivo geral é analisar como a literatura recente sobre transdisciplinaridade, *PjBL* e educação para a sustentabilidade apontam práticas e estratégias que fortaleçam a formação de competências inovadoras no ensino superior.

Para atingir esse objetivo, o artigo adota uma metodologia de natureza teórico-analítica, fundamentada em uma revisão da literatura acadêmica. O *corpus* é composto por 24 artigos publicados entre 1921 e 2024, previamente selecionados por sua relevância para os temas de transdisciplinaridade, metodologias ativas e educação para a sustentabilidade e indicado por Kloeckner (2025) como alguns dos mais relevantes da área. A análise foi realizada em duas etapas: primeiro, o mapeamento das contribuições centrais de cada obra, destacando metodologias educacionais, práticas formativas e abordagens curriculares; em seguida, a categorização das evidências em cinco blocos temáticos – fundamentos históricos, transdisciplinaridade em engenharia e *design*, inovação curricular e competências, metodologias ativas e *PjBL*, e aprendizagem transformadora. Essa sistematização possibilitou

sintetizar o estado da arte e propor uma visão integradora que conecta diferentes perspectivas sob a ótica da inovação para a sustentabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Educação Para a Sustentabilidade (EPS) tem evoluído de um enfoque predominantemente conteudista para uma orientação por competências, demandando capacidades como pensamento sistêmico, colaboração inter e transdisciplinar, comunicação e resolução de problemas em contextos reais (Tejedor et al., 2018). Currículos de graduação e pós-graduação recentes, estruturam-se a partir de modelos de competência e de práticas de coprodução de conhecimento com atores sociais, aproximando ensino, pesquisa e impacto comunitário (Induja et al., 2022; Ramachandran et al., 2024; Wallen et al., 2022).

Tejedor et al. (2018) apontam que os problemas de sustentabilidade são “*wicked problems*” e demandam novas formas de produzir conhecimento e decidir, para isso indicam a transdisciplinaridade como uma vertente transformadora da ciência da sustentabilidade bem como competência em currículos tecnológicos. Essa mesma literatura indica que universidades precisam reformar expertises e reconfigurar currículos, metas de aprendizagem e estratégias interativas, incluindo o desenvolvimento de competências para sustentabilidade e a abertura de diálogo ciência-sociedade.

Como conceito, a transdisciplinaridade é tida como um passo além da interdisciplinaridade: em vez de buscar consenso, ela propõe “articulações” entre múltiplas realidades, integrando conhecimentos em processos de aprendizagem mútua com resultados socialmente robustos e transferíveis (Ertas et al., 2003; Farid et al., 2021; Casas et al., 2023). Essa abordagem ajuda a superar a fragmentação acadêmica e a construir plataformas participativas, de longo prazo, orientadas a soluções, essenciais para a EPS (Tejedor et al., 2018).

Contudo, apesar da difusão de iniciativas, a proficiência institucional ainda está aquém do necessário e a integração de sustentabilidade permanece desigual entre cursos e áreas. Diante disso, a literatura recomenda redesenhar currículos e adotar metodologias que modifiquem mentalidades, destacando o papel de abordagens problematizadoras e por projetos na formação crítica e criativa (Takeuchi et al., 2020; Tasdemir & Gazo, 2020).

Nesse sentido, metodologias ativas—notadamente a *Project-Based Learning (PjBL)*—aparecem como alavancas da EPS. De fato, revisões e estudos em educação superior, tais como em Tasdemir e Gazo (2020) e em Lavado-Anguerra et al. (2024) indicam que o *PjBL* integra a sustentabilidade ao currículo, promove o pensamento crítico/sistêmico e a participação, além disso dialoga com modelos de currículo de conhecimentos abrangentes e transdisciplinares.

A *PjBL* coloca os estudantes no centro do processo de aprendizagem, organizando o ensino em torno de problemas ou desafios complexos, geralmente conectados a situações reais. Em vez de receberem conteúdos de forma passiva, os alunos investigam, planejam, elaboram soluções e apresentam entregas concretas, desenvolvendo tanto competências técnicas quanto habilidades transversais, como colaboração, pensamento crítico e comunicação (Kloeckner, 2025). Segundo Baumber (2022) e Wallen et al. (2022) os programas e disciplinas que combinam *PjBL* com situações autênticas e parcerias multissetoriais (governo, empresas e sociedade civil) reforçam os conhecimentos em sustentabilidade e a prontidão dos alunos para o trabalho.

A literatura demonstra que educação, sustentabilidade e inovação formam uma tríade indissociável. A educação é o alicerce da transformação, promovendo mudanças em valores, identidades e práticas (Casas et al., 2023). A sustentabilidade, enquanto princípio transversal, reorganiza currículos e finalidades institucionais (Tejedor et al., 2018; Biberhofer & Rammel, 2017). A inovação, por sua vez, atua como motor da mudança pedagógica, por meio de estúdios, laboratórios vivos e projetos integrados (Ertas et al., 2017; Ma & Jin, 2022).

Bosman e Eom (2019) destacam que as pedagogias abertas e colaborativas transformam a universidade em organização inovadora, enquanto Takeuchi et al. (2020) alertam para os riscos de discursos instrumentais que reduzam a aprendizagem à lógica do capital humano.

Assim, observa-se na literatura que a conexão entre educação, sustentabilidade e inovação deve ser crítica, socialmente orientada e capaz de articular diferentes dimensões da vida acadêmica e social.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como teórico-analítico, com base em revisão qualitativa de literatura. O corpus, composto por 24 publicações entre 1918 e 2024, foi selecionado por sua relevância para os temas de transdisciplinaridade, metodologias ativas e sustentabilidade: Barak e Yuan (2021); Baumber (2022); Biberhofer e Rammel (2017); Bosman e Eom (2019); Budwig e Alexander (2020); Casas, et al. (2023); Chen, et al. (2021); Dampierre, et al. (2024); Ertas, et al. (2015); Ertas, et al. (2017); Ertas, et al. (2003); Exter, et al. (2020); Farid, et al. (2021); Induja, et al. (2022); Kilpatrick (1921); Lavado-Anguera, et al. (2024); Ma e Jin (2022); Ramachandran, et al. (2024); Reilly e Reeves (2023); Takeuchi, et al. (2020); Tasdemir e Gazo (2020); Tate, et al. (2010); Tejedor, et al. (2018), e Wallen et al. (2022).

O processo analítico seguiu quatro etapas. Na primeira, realizou-se um mapeamento descritivo de cada publicação. Na segunda, aplicou-se a codificação temática, inspirada na abordagem de Braun e Clarke (2006), combinando códigos dedutivos e indutivos. Esse procedimento dialoga com a lógica da *grounded theory*, em que categorias emergem da leitura iterativa. Na terceira etapa, os códigos foram agrupados em categorias interpretativas, aproximando-se da lógica do *process tracing*, de Beach e Pedersen (2019) ao reconstruir cadeias de evidência e mecanismos explicativos. Na quarta etapa, elaborou-se uma matriz integradora que relaciona categorias com níveis de implementação.

Contudo, reconhecem-se limitações nesta abordagem, como: o caráter intencional do corpus e a ausência de dupla codificação independente. Mas entende-se que a abordagem adotada é adequada para integrar e interpretar evidências em um campo heterogêneo, como é o caso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do corpus das 24 publicações revelou cinco eixos temáticos que elucidam a forma como a transdisciplinaridade e as metodologias ativas vêm sendo mobilizadas para alinhar educação, sustentabilidade e inovação no ensino superior. A seguir, com base nas evidências coletadas, cada um desses eixos é apresentado, seguido de uma síntese interpretativa sobre suas interrelações.

4.1 FUNDAMENTOS HISTÓRICOS DA APRENDIZAGEM POR PROJETOS

O primeiro eixo remete ao *Project Method* de William Kilpatrick (1918), que introduziu a ideia de que a aprendizagem deveria ocorrer em situações reais e significativas, aproximando escola e vida. Kilpatrick argumentava que os projetos autênticos estimulavam a motivação intrínseca dos estudantes, favorecendo a aprendizagem ativa e a construção de sentido pessoal. Essa concepção histórica forneceu o pano de fundo para a evolução de metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos (*PjBL*), que buscam romper com a fragmentação curricular, substituindo a transmissão passiva de conteúdos por ambientes de aprendizagem ativos e colaborativos. Nesse sentido, compreender a trajetória histórica do *project method* revelou que os debates atuais sobre a inovação pedagógica e a sustentabilidade derivam de uma tradição de valorização do vínculo entre educação e realidade social.

4.2 TRANSDISCIPLINARIDADE EM ENGENHARIA E *DESIGN*

O segundo eixo refere-se à centralidade da transdisciplinaridade como resposta à complexidade dos problemas socioambientais. Ertas et al., 2003; Ertas, et al., 2015 e Ertas et al., 2017 defendem que a educação em engenharia deve ser organizada em estúdios e projetos que exponham os alunos a problemas globais, como energia, água e urbanização. Tate et al. (2010) complementam essa perspectiva ao propor o ensino de *design* sustentável a partir de abordagens transdisciplinares, integrando não apenas disciplinas técnicas, mas também saberes sociais e culturais. Exter et al. (2020) mostram que o entendimento de “*design*” varia entre áreas e docentes, demandando processos explícitos de negociação e mediação para que diferentes concepções possam convergir em torno de objetivos comuns. Barak e Yuan (2021), ao analisarem equipes multiculturais, evidenciaram tensões linguísticas e culturais que, embora desafiadoras, são capazes de ampliar o potencial inovador das experiências. Esse conjunto de evidências reforçou que a transdisciplinaridade é uma prática pedagógica complexa que envolve negociação epistemológica, gestão cultural e diálogo com atores externos, incluindo comunidades e organizações.

4.3 INOVAÇÃO CURRICULAR E COMPETÊNCIAS PARA SUSTENTABILIDADE

O terceiro eixo indica que a sustentabilidade, quando incorporada ao ensino superior, reorganiza currículos, métodos e finalidades. Biberhofer e Rammel (2017) argumentam que competências como pensamento sistêmico, visão estratégica, colaboração e reflexividade precisam ser traduzidas em resultados de aprendizagem claros e avaliáveis. Já Tejedor et al. (2018) evidenciam que, embora as iniciativas estejam crescendo, ainda persistem barreiras institucionais e culturais para sua efetiva integração, incluindo resistência de docentes a novas práticas e currículos rígidos. Wallen et al. (2022) defendem a necessidade de instrumentos específicos de avaliação de competências para a sustentabilidade, apontando que além de formular objetivos, é necessário também medir e validar os resultados formativos. Essa literatura mostra que a inovação curricular depende da capacidade de superar a lógica disciplinar fragmentada e de adotar modelos por competências que articulem sustentabilidade como eixo estruturante. A centralidade das competências no debate reforça que a formação para sustentabilidade deve ir além da aquisição de conhecimento, promovendo também atitudes, valores e habilidades práticas.

4.4 METODOLOGIAS ATIVAS E *PjBL* COMO DISPOSITIVOS DE INOVAÇÃO

O quarto eixo destaca a *PjBL* como um dos principais dispositivos de inovação pedagógica em contextos de sustentabilidade. Chen et al. (2021) e Lavado-Anguera et al. (2024), em revisões sistemáticas da literatura, indicam que a *PjBL* aumenta o engajamento, melhora a integração de conhecimentos e fortalece competências transversais como colaboração e comunicação. Os estudos empíricos reforçaram esse achado: Farid et al. (2021) mostram ganhos significativos no aprendizado e no trabalho em equipe em projetos de robótica; Tasdemir e Gazo (2020) demonstram como a integração de gestão e sustentabilidade em um curso de manufatura ampliou a prontidão profissional dos estudantes. Esses exemplos evidenciam que a *PjBL* apoia o aprendizado e fortalece a conexão entre universidade e sociedade. Contudo, os desafios também são relatados por tais literaturas, como a necessidade de preparar docentes para atuar como facilitadores, alinhar avaliação a competências complexas bem como superar resistências institucionais.

4.5 APRENDIZAGEM TRANSFORMADORA E IMPLICAÇÕES SOCIAIS

O quinto eixo aborda a dimensão transformadora da aprendizagem em contextos transdisciplinares e orientados à sustentabilidade. Baumber (2022) evidencia que práticas educativas voltadas para a sustentabilidade urbana favorecem mudanças de mentalidade, estimulando maior senso de responsabilidade ambiental. Casas et al. (2023) mostram que

experiências intensivas, como escolas de verão, produzem impactos em múltiplos níveis: no plano pessoal, promovem mudanças de valores; no plano acadêmico, estimulam novas formas de pensar e praticar ciência; e no plano social, contribuem para a construção de visões coletivas de futuro. Esses estudos sugerem que a educação para sustentabilidade constitui um processo de transformação cultural e social, capaz de preparar cidadãos mais críticos, reflexivos e engajados na resolução de problemas globais.

4.6 SÍNTESE INTERPRETATIVA

Os cinco eixos temáticos evidenciam a diversidade e a complementaridade das abordagens analisadas. Esses eixos são interdependentes, mas se interrelacionam: o legado histórico fundamenta a *PjBL*; a transdisciplinaridade amplia seu alcance; a inovação curricular por competências garante a legitimidade acadêmica; e a aprendizagem transformadora demonstra impactos sociais mais amplos.

5 CONCLUSÃO

O estudo evidencia que as metodologias ativas e as práticas transdisciplinares constituem respostas educacionais à complexidade do caos global. A tradição histórica do *Project Method*, a centralidade da transdisciplinaridade, a inovação curricular baseada em competências, a *PjBL* como um dispositivo pedagógico bem como a aprendizagem transformadora compõem uma tríade indissociável entre educação, sustentabilidade e inovação.

Este trabalho apresenta limitações, como o escopo delimitado do *corpus* e a heterogeneidade metodológica dos estudos analisados. Logo, recomenda-se que futuras pesquisas aprofunde análises empíricas comparativas, bem como investigue mecanismos de avaliação de competências para sustentabilidade em diferentes áreas do ensino superior.

REFERÊNCIAS

- Barak, M., & Yuan, S. (2021). A cultural perspective to project-based learning and the cultivation of innovative thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 39.
- Baumber, A. (2022). Transforming sustainability education through transdisciplinary practice. *Environment, Development and Sustainability*, 24(7), 7622-7639.
- Beach, D., & Pedersen, R. B. (2019). *Process-tracing methods: Foundations and guidelines*. University of Michigan Press
- Biberhofer, P., & Rammel, C. (2017). Transdisciplinary learning and teaching as answers to urban sustainability challenges. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(1), 63-83.
- Bosman, L., & Eom, S. (2019). Using scaffold innovation-thinking frameworks to integrate food science and technology into the transdisciplinary engineering design classroom. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1).
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Budwig, N., & Alexander, A. J. (2020). A transdisciplinary approach to student learning and development in university settings. *Frontiers in Psychology*, 11(1).
- Casas, S. A., Calicis, C., Candiago, S., Dendoncker, N., Desair, J., Fickel, T., . . . & Wuebbelmann, T. (2023). Head in the clouds, feet on the ground: how transdisciplinary learning can foster transformative change-insights from a summer school. *Biodiversity and Conservation*, 32(11), 3533-3568.
- Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education*, 46(1), 90-115.

- Dampierre, M.R., Gaya-López, M. C., & Lara-Bercial, P. J. (2024). Evaluation of the implementation of project-based learning in engineering programs: A review of the literature. *Education Sciences*, 14(10), 1107.
- Ertas, A., Frias, K. M., Tate, D., & Back, S. M. (2015). Shifting engineering education from disciplinary to transdisciplinary practice. *International Journal of Engineering Education*, 31(1), 94-105.
- Ertas, A., Greenhalgh-Spencer, H., Gulbulak, U., Baturalp, T. B., & Frias, K. M. (2017). Transdisciplinary collaborative research exploration for undergraduate engineering students. *International Journal of Engineering Education*, 33(4), 1242–1256.
- Ertas, A., Maxwell, T., Rainey, V. P., & Tanik, M. M. (2003). Transformation of higher education: The transdisciplinary approach in engineering. *IEEE Transactions on Education*, 46(2), 289-295.
- Exter, M. E., Gray, C. M., & Fernandez, T. M. (2020). Conceptions of design by transdisciplinary educators: Disciplinary background and pedagogical engagement. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(4), 777-798
- Farid, T., Ali, S., Sajid, M., & Akhtar, K. (2021). Sustainability of project-based learning by incorporating transdisciplinary design in fabrication of hydraulic robot arm. *Sustainability*, 13(14).
- Induja, V., Nair, M. G., & Suryan, A. (2022). Transdisciplinary learning exercise on post occupancy evaluation and retrofitting of built spaces. *Environment Development and Sustainability*, 27, 20493-20517.
- Kilpatrick, W. H. (1921). The project method: The use of the purposeful act in the educative process (No. 3). New York, NY: Columbia University.
- Kloeckner, N. V. R. (2025). A transdisciplinaridade no ensino superior: fatores críticos de sucesso para a sua construção. *Tese (Doutorado)*. Universidade de São Paulo.
- Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P.-J., & Terrón-López, M.-J. (2024). Project-based learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A review of the literature. *Education Sciences*, 14(6), 617.
- Ma, J. Q., & Jin, H. X. (2022). Increasing Sustainability literacy for environmental design students: A transdisciplinary learning practice. *Sustainability*, 14(19).
- Ramachandran, A., Abdi, K., Giang, A., Gladwin, D., & Ellis, N. (2024). Transdisciplinary and interdisciplinary programmes for collaborative graduate research training. *Educational Review*, 76(4), 996-1013.
- Reilly, C., & Reeves, T. C. (2023). Tracking transdisciplinary skills in the design of online courses: A design-based research study. *Computers & Education*, 204.
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M. C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213-253.
- Tasdemir, C., & Gazo, R. (2020). Integrating sustainability into higher education curriculum through a transdisciplinary perspective. *Journal of Cleaner Production*, 265. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121759.
- Tate, D., Maxwell, T., Ertas, A., Zhang, H. C., Flueckiger, U. P., Lawson, W., . . . & Chandler, J. (2010). Transdisciplinary approaches for teaching and assessing sustainable design. *International Journal of Engineering Education*, 26(2), 418-429.
- Tejedor, G., Segalàs, J., & Rosas-Casals, M. (2018). Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education education. *Journal of Cleaner Production*, 175, 29-37.
- Wallen, M. M., Guerra-Lopez, I., Meroueh, L., Mohamed, R., Sankar, A., Sopory, P., . . . & Kashian, D. R. (2022). Designing and implementing a novel graduate program to develop transdisciplinary leaders in urban sustainability. *Ecosphere*, 13(1).