

A INSERÇÃO DAS ABORDAGENS MICROÉTICA E MACROÉTICA NO ENSINO DE ENGENHARIAS: Uma Breve Revisão Sistemática da Literatura

Pedro Bruno Silva Lemos¹
Sandro César Silveira Jucá²
Solonildo Almeida da Silva³

RESUMO

Este artigo examina, por meio de uma revisão sistemática da literatura, a produção científica acerca da inserção das abordagens de ensino microética e macroética nas engenharias. A partir da análise de 26 artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos internacionais, observou-se o aumento da publicação de estudos sobre a utilização das mencionadas abordagens no ensino de engenharias nos anos de 2015 e 2019. A análise dos trabalhos selecionados evidenciou que a abordagem microética é caracterizada pela ênfase em tópicos relacionados às responsabilidades individuais decorrentes da atuação profissional do engenheiro. Os resultados também possibilitaram identificar que a abordagem macroética é centrada em considerações profissionais mais amplas e relacionadas aos impactos sociais e ambientais decorrentes da realização de projetos e empreendimentos de engenharias. Foi identificada, em adicional, que os contextos nacionais contribuem para a existência de diferentes configurações do modelo de ensino das abordagens micro e macroética em cursos de engenharias. Por fim, a revisão da literatura atestou o maior quantitativo de estudos que relacionavam o enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) e a Filosofia da Tecnologia à inserção de discussões e conteúdos de caráter macroético nas engenharias.

Palavras-chave: microética; macroética; ensino de engenharias; revisão sistemática de literatura.

THE INSERTION OF MICROETHICS AND MACROETHICS APPROACHES IN ENGINEERING TEACHING: A BRIEF SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

ABSTRACT

This study examines, through a systematic literature review, the scientific production about the insertion of microethics and macroethics teaching approaches in engineering. Based on the analysis of twenty-six (26) scientific articles and works published in the annals of international events, an increase in the publication of works on the use of the aforementioned approaches in engineering teaching was observed in the years 2015 and 2019. The analysis of the selected works showed that the microethics approach is characterized by the emphasis on topics related to individual responsibilities resulting from the professional performance of the engineer. The results also made it possible to identify that the macroethical approach is centered on broader professional considerations and related to the social and environmental impacts resulting from the execution of engineering projects and undertakings. In addition, it was identified that national contexts contribute to the existence of different configurations of the teaching model of micro and macroethical approaches in engineering courses. Finally, the literature review attested to the largest number of studies that related the STS approach and the Philosophy of Technology to the insertion of discussions and contents of a macroethical nature in engineering.

Keywords: microethics; macroethics; engineering teaching; systematic literature review.

Submetido em: 2/8/2023

Aceito em: 5/9/2023

Publicado em: 20/2/2024

¹ Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). Redenção/CE, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-7235-9846>

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (Ifce). Fortaleza/CE, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-8085-7543>

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (Ifce). Fortaleza/CE, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-5932-1106>

INTRODUÇÃO

Nas últimas cinco décadas tem se observado uma contínua introdução de artefatos técnicos e tecnológicos nos vários setores produtivos e nas múltiplas esferas da vida em sociedade. A criação de modernas tecnologias tornou-se um imperativo para a manutenção e o desenvolvimento da estrutura socioeconômica e produtiva hodierna (Castells, 2013; Harvey, 1992) com capa e projeto gráfico novos do primeiro volume da aclamada trilogia *A Era da Informação*. Este tomo busca esclarecer a dinâmica econômica e social da nova era da informação. Baseado em pesquisas feitas nos Estados Unidos, Ásia, América Latina e Europa, este livro procura formular uma teoria que dê conta dos efeitos fundamentais da tecnologia da informação no mundo contemporâneo. Aqui Manuel Castells examina os processos de globalização que marginalizavam e agora ameaçam tornar insignificantes países e povos inteiros – excluídos das redes de informação. Mostra que, nas economias avançadas, a produção se concentra hoje em uma parcela instruída da população com idade entre 25 e 40 anos. Sugere que o resultado dessa tendência progressiva pode não ser o desemprego em massa, mas sim a flexibilização extrema do trabalho, a individualização da mão de obra e, em consequência, uma estrutura social altamente segmentada. Castells conclui examinando os efeitos e as implicações da transformação tecnológica na cultura da mídia (“a cultura da virtualidade real”).

O aprimoramento tecnológico propiciou um significativo incremento da produtividade, mediante a introdução e/ou aperfeiçoamento de modernos processos e/ou produtos, assim como uma relativa melhoria das condições de vida das populações em escala global (Goudzwaard, 2019; Lemos; Jucá; Silva, 2022). A tecnologia, no entanto, também ocasionou uma gama de novos e complexos problemas/dilemas ambientais, éticos, sociais, econômicos e políticos para as atuais e futuras gerações (Castells, 2013; Harvey, 1992; Martin; Schinzingler, 2004; Zhu; Martin; Schinzingler, 2022).

Nesse contexto, as engenharias passaram, gradualmente, a exercer um papel de centralidade na continuidade do acréscimo tecnológico (Lemos; Jucá; Silva, 2022; Martin; Schinzingler, 2004). Convém mencionar que o surgimento e a consolidação das engenharias estão relacionados à necessidade de a humanidade promover alterações no meio ambiente físico (Martin; Schinzingler, 2004; Taebi, 2021). Por conseguinte, constata-se que a pertinência do engenheiro na melhoria ou na aplicação de recursos tecnológicos converteu-se em um pressuposto para o progresso da humanidade (Lemos; Jucá; Silva, 2022; Martin; Schinzingler, 2004; Taebi, 2021).

A atuação profissional do engenheiro, todavia, é caracterizada por um caráter de ambiguidade, isto é, a resolução de uma demanda social e/ou economicamente relevante também pode acarretar impactos danosos à coletividade (Taebi, 2021). A complexidade tecnológica do atual modelo social e produtivo potencializa a capacidade de a tomada de decisão do engenheiro afetar a qualidade de vida em escalas locais e, em certos casos, até globais (Martin; Schinzingler, 2004).

A engenharia, portanto, é uma das atividades profissionais que possui um maior potencial de impactar profundamente a qualidade de vida de toda a humanidade (Martin; Schinzingler, 2004). Desse modo, é fundamental que o ensino de engenharias

atrele a aquisição de conhecimento técnicos, matemáticos e científicos ao raciocínio ético acerca das implicações sociais, econômicas e ambientais da atuação profissional do engenheiro (Johnson, 2020; Lewis; Bielefeldt, 2021; Martin; Schinzinger, 2004; Taebi, 2021).

O ensino de ética nas engenharias, após a década de 70 do século 20, tornou-se uma área de crescente importância, tanto nas esferas acadêmica e profissional quanto para a sociedade em geral (Mitcham, 2009). A formação ética nos cursos e programas de engenharias deve envolver a reflexão sobre questões que englobam a segurança dos projetos e empreendimentos, bem como as responsabilidades profissionais, sociais, ambientais e econômicas do engenheiro em relação às comunidades afetadas pela sua tomada de decisão (Johnson, 2020; Lewis; Bielefeldt, 2021; Martin; Schinzinger, 2004; Taebi, 2021).

Sublinha-se, no entanto, que a introdução do ensino de ética nos cursos e programas de engenharias compreende um conjunto de questões complexas (Johnson, 2020; Lewis; Bielefeldt, 2021; Martin; Conlon; Bowe, 2021; Martin; Schinzinger, 2004; Taebi, 2021). Assim sendo, Martin, Conlon e Bowe (2021) constatam a existência de desafios na atual formação ética de engenheiros, a saber: a diversidade de quadros teóricos e objetivos de aprendizagem, a dificuldade em avaliar a eficácia dos métodos de avaliação, a necessidade de formação dos professores/instrutores da área a respeito dos conteúdos de ética abordados nas engenharias, falta de apoio institucional, a instituição assistemática e/ou a pouca valorização dos conteúdos de ética nos currículos de engenharias. Embora existam inúmeros desafios, instâncias internacionais têm reconhecido a relevância da formação de engenheiros éticos e conscientes das suas responsabilidades para a adoção de um padrão produtivo sustentável e para a garantia do bem-estar das sociedades (Unesco, 2021).

A formação ética nas engenharias, na condição de área de estudo, concentra-se na análise de questões morais relacionadas às atividades profissionais dos engenheiros (Johnson, 2020; Martin; Schinzinger, 2004). As questões éticas nos cursos e programas de engenharias, geralmente podem ser discutidas a partir de duas abordagens ou perspectivas: a microética e a macroética (Herkert, 2005; Taebi, 2021). Ao passo que a microética se concentra nas decisões individuais dos engenheiros perante dilemas éticos específicos, a macroética lida com questões amplas relacionadas às implicações sociais e ambientais de projetos de engenharia (Johnson, 2020; Taebi, 2021; Zhu; Martin; Schinzinger, 2022).

A abordagem microética no ensino de engenharias concentra-se em fornecer aos alunos ferramentas para tomar decisões éticas em situações profissionais específicas (Johnson, 2020; Taebi, 2021; Zhu; Martin; Schinzinger, 2022). Nesse sentido, salienta-se que a abordagem microética fornece subsídios para que o futuro engenheiro reflita acerca dos dilemas éticos intrínsecos ao seu ambiente de trabalho (Johnson, 2020; Taebi, 2021; Zhu; Martin; Schinzinger, 2022).

De maneira complementar, frisa-se que a abordagem macroética concentra-se em questões mais amplas e complexas relacionadas à responsabilidade social e ambiental dos engenheiros (Herkert, 2005; Johnson, 2020; Taebi, 2021; Zhu; Martin; Schinzinger, 2022). A abordagem macroética, destarte, tem sua notoriedade educacional vinculada

à necessidade de os engenheiros avaliarem o impacto social e ambiental de suas atividades profissionais (Johnson, 2020; Taebi, 2021; Zhu; Martin; Schinzinger, 2022).

É indispensável destacar que a abordagem macroética não exclui a importância da abordagem microética (Herkert, 2005; Kong; Zhao, 2022; Nguyen *et al.*, 2020; Sahay; Bharti, 2022). Pelo contrário, as duas abordagens devem ser inseridas nos currículos de engenharias, pois fornecem aos alunos as ferramentas necessárias para a avaliação das consequências de suas decisões em âmbitos individual e social (Herkert, 2005; Nguyen *et al.*, 2020; Sahay; Bharti, 2022).

Ante o exposto, o presente estudo objetiva, por meio de uma revisão sistemática da literatura, identificar e analisar a produção científica que versa sobre as especificidades da incorporação das abordagens microética e macroética no ensino de engenharias. O recorte de análise proposto dialoga com a literatura especializada a buscar mapear e discutir a centralidade das citadas abordagens para o ensino de ética na mencionada área de conhecimento (Bielefeldt *et al.*, 2017; Johnson, 2020; Taebi, 2021; Zhu; Martin; Schinzinger, 2022).

Identifica-se, todavia, a exígua produção da literatura científica a respeito da inserção das mencionadas abordagens em cursos e programas de engenharias no Brasil e na América Latina. Logo, esta pesquisa assume uma relevância acadêmica e científica, pois os resultados poderão subsidiar estudos posteriores que pretendam abordar essa importante temática relacionada ao ensino hodierno de engenharias.

Este artigo científico, portanto, busca responder às seguintes perguntas: 1). Quais os principais tópicos em micro e macroética abordados no ensino de engenharias? 2). Quais os referenciais teóricos aplicados na inserção das abordagens micro e macroética no ensino de engenharias? 3). Quais as metodologias aplicadas na inserção das abordagens micro e macroética no ensino de engenharias? Para tanto, foram realizadas consultas às publicações científicas registradas em bases de dados *on-line*.

O protocolo aplicado nesse artigo científico foi fundamentado nos trabalhos desenvolvidos por Borrego, Foster e Froyd (2014) e Kitchenham e Charters (2007). O mencionado protocolo, portanto, orientou o processo de elaboração dos objetivos e das questões de pesquisa, a constituição da *string* de busca, bem como as etapas destinadas à coleta, análise e síntese da literatura (Borrego; Foster; Froyd, 2014; Kitchenham; Charters, 2007).

Assinala-se, também, que a estrutura textual do presente artigo científico foi organizada nas seguintes cinco seções: introdução, fundamentação teórica, protocolo adotado na revisão sistemática da literatura, resultados e discussões e considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Formação ética nas engenharias

A literatura especializada evidencia que o desenvolvimento e a ampliação dos modelos formais de educação em engenharias estão intrinsecamente relacionados ao progresso industrial de cada país (Dong; Liu, 2017; Mitcham, 2009). Nessa perspectiva,

salienta-se que o potencial de industrialização é um aspecto preponderante para o avanço dos sistemas nacionais de ensino de engenharias (Dong; Liu, 2017).

Destaca-se, no entanto, que o atendimento de demandas sociais e produtivas pressupõe, em adicional, que os sistemas educacionais proporcionem subsídios para a reflexão acerca da dimensão ética que permeia a atuação profissional nas engenharias (Barry; Herkert, 2015; Lewis; Bielefeldt, 2021). Nesse sentido, é necessário frisar que a formação ética nas engenharias, destarte, tem sua atual centralidade vinculada à aquisição das competências requisitadas para a introdução dos futuros engenheiros em um mercado de trabalho, cada vez mais complexo e tecnológico (Barry; Herkert, 2015; Mitcham, 2009). Observa-se, porém, que a inserção dos conteúdos de ética nos currículos de engenharias ocorre de forma lenta e assistemática (Mitcham, 2009).

Em termos históricos, destaca-se que o processo de introdução da formação de ética no ensino de engenharias foi caracterizado por dois principais movimentos (Martin, 2020; Mitcham, 2009). Inicialmente, pontua-se a atuação das associações de classe nos debates a respeito das propostas de integração da dimensão ética nos currículos acadêmicos e de revisão dos códigos de ética profissional (Martin, 2020; Mitcham, 2009). De maneira complementar, a partir da década de 50 indica-se o papel de diferentes movimentos sociais e atores políticos nas discussões sobre as responsabilidades legais dos engenheiros e de seus empregadores para com os impactos ambientais e coletivos resultantes de projetos e empreendimentos de engenharias (Mitcham, 2009).

Ao abordar-se as dimensões pedagógicas e formativas, constata-se que o ensino de ética nas engenharias é tipificado pela diversidade de objetivos de aprendizagem (Martin, 2020). Adiciona-se que a investigação sobre a eficácia das estratégias e metodologias de ensino aplicadas na formação ética ofertada nos cursos e programas de engenharias tornou-se um dos principais objetos de estudo da literatura acadêmica e científica (Johnson, 2017; Martin, 2020).

Em relação à estruturação curricular, Johnson (2017) frisa que a formação ética nas engenharias é condicionada por um conjunto de quatro principais objetivos de aprendizagem, quais sejam: a) reflexão sobre as responsabilidades profissionais; b) abordagem de dilemas éticos decorrentes da atividade profissional; c) dimensão ética da tomada de decisão nas engenharias e d) adesão de padrões de comportamento ético e profissional. A respeito dessa questão, Harris Jr. *et al.* (1996) também defendem que as propostas de ensino de ética devem proporcionar que futuros engenheiros sejam capazes de reconhecer os problemas éticos que permeiam a execução dos projetos e empreendimentos de engenharias, assim como possam assumir suas responsabilidades profissionais e sociais.

No tocante à curricularização da formação ética em cursos ou programas de engenharias, a literatura identifica duas principais configurações (Harris Jr. *et al.*, 1996). A primeira configuração é caracterizada pela introdução do ensino de ética por meio de módulos autônomos ou propostas complementares aos currículos formais (Harris Jr. *et al.*, 1996; Martin; Conlon; Bowe, 2021). Em contrapartida, a segunda configuração é definida pela inserção da ética em todo os componentes curriculares, ou seja, as discussões acerca dos aspectos da atuação profissional em engenharias são abordadas

nas disciplinas técnicas e não técnicas (Harris Jr. *et al.*, 1996; Martin; Conlon; Bowe, 2021).

Harris Jr. *et al.* (1996) e Martin, Colon e Bowe (2021), todavia, observam que a literatura não apresenta um consenso a respeito de qual estratégia ou configuração é mais eficiente para a inserção do ensino de ética nas engenharias. Além disso, Martin (2020) ressalta uma predominância na preferência por uma ou outra configuração de acordo com a área do curso ou programa de engenharias.

Abordagens microética e macroética no ensino de engenharias

No decorrer das últimas quatro décadas, ao passo que o ensino de ética se consolidou como um relevante subcampo da pesquisa educacional em engenharias, a literatura especializada tem constatado que a formação dos atuais e futuros engenheiros abrange uma variedade de dimensões e domínios (Herkert, 2005). Isto posto, salienta-se que os conceitos de microética e de macroética são empregados na educação em engenharias com o intuito de detalhar as dimensões individuais e coletivas que integram a tomada de decisão do engenheiro (Herkert, 2005).

Os mencionados conceitos foram elaborados pelo eticista John Ladd para discutir as questões éticas específicas e relativas às profissões modernas. Por conseguinte, Ladd (1980) pontua que a macroética compreende a reflexão acerca dos problemas coletivos ou sociais, isto é, questões e/ou dilemas que os membros de uma determinada profissão enfrentam em relação à sociedade e/ou comunidades. Como contraponto, o citado autor detalha que as questões de caráter microético abordam os aspectos morais intrínsecos às relações laborais entre os sujeitos de uma categoria profissional e os seus clientes, os indivíduos de outras profissões e os seus empregadores (Ladd, 1980).

É imprescindível sublinhar que as abordagens micro e macroética podem variar, de maneira considerável, para cada profissão (Ladd, 1980), no entanto geralmente as questões microéticas dizem respeito à adoção das noções de honestidade, decência, respeito e responsabilidade nas relações profissionais entre os indivíduos (Ladd, 1980). Em adicional, destaca-se que os dilemas macroéticos relacionados à atuação profissional são considerados como mais problemáticos e controversos, uma vez que pressupõem uma postura reflexiva e crítica tanto dos indivíduos como das associações de classe acerca das responsabilidades sociais, ambientais e políticas de uma determinada profissão para com a coletividade (Herkert, 2005; Ladd, 1980).

No ensino de ética nas engenharias, a centralidade da abordagem microética está relacionada às discussões sobre as dimensões éticas presentes nas relações profissionais e nas diversas dinâmicas laborais vivenciadas pelos engenheiros (Ladd, 1980; Vanderburg, 1995). Já o ensino de macroética deve ser direcionado para as questões que focam nas responsabilidades sociais e coletivas da profissão (Ladd, 1980; Vanderburg, 1995). Logo, conclui-se que a formação ética ofertada nos cursos e programas de engenharias deve promover a integração das perspectivas micro e macroética (Herkert, 2001a, 2005; Ladd, 1980; Vanderburg, 1995).

Verifica-se, no entanto, que diversos pesquisadores têm reconhecido que o modelo vigente de ensino de ética nas engenharias é fundamental na abordagem de

conteúdos restritos à dimensão microética da profissão (Herkert, 2001a, 2001b, 2005). Nesse sentido, a perspectiva macroética, ou seja, os conteúdos relacionados às responsabilidades sociais e coletivas do engenheiro tem sido uma temática com uma menor inserção nas publicações científicas e nas práticas pedagógicas atuais na formação ética (Herkert, 2001b, 2005).

PROTOCOLO

String de busca

A definição da *string* de busca ocorreu mediante o processo de análise de palavras-chave vinculadas à temática abordada neste artigo científico, assim com o uso dos operadores booleanos “AND” e “OR”. Nesse sentido, ressalta-se que os descritores utilizados na elaboração da *string* de busca utilizada nas etapas de seleção e filtragem da literatura foram: MICROETHICS, MACROETHICS E ENGINEERING ETHICS.

A escolha dos descritores em língua inglesa foi motivada pela constatação da exígua publicação de trabalhos científicos em português sobre a temática em análise (Lemos; Jucá; Silva, 2022) verifica-se uma exígua produção científica a respeito da eficácia e da adequabilidade das metodologias utilizadas no ensino de ética em cursos de Engenharias. Em especial, observa-se a necessidade de pesquisas acerca do estudo de casos, principal metodologia aplicada em propostas de ensino direcionadas para a abordagem dos aspectos éticos da atuação profissional do engenheiro. Isto posto, o presente artigo objetiva analisar e discutir propostas de ensino de ética nas Engenharias centradas no uso do estudo de casos. Para tanto, esse trabalho foi pautado na realização de uma revisão integrativa nas bases online de publicações científicas Scientific Electronic Library Online (SciELO. Isto posto, pontua-se que a *string* de busca empregada nessa revisão sistemática teve a seguinte configuração final: (“MICROETHICS” OR “MACROETHICS”) AND (“ENGINEERING ETHICS”).

Base para a pesquisa

Analisando os apontamentos de Borrego, Foster e Froyd (2014) e de Kitchenham e Charters (2007), buscou-se adotar uma base *on-line* de publicações acadêmicas e científicas que possuísse um maior quantitativo de trabalhos científicos a respeito do ensino de ética nas engenharias. Sendo assim, destaca-se que os autores optaram pela seleção das seguintes bases de dados: *IEEE Xplore*, *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Web of Science*, *SpringerLink Journals*, *EBSCO Academic Search Premier*, *PubMed*, *Project Muse Premium Collection*, *Education Resources Information Center (ERIC)*, *Emerald Complete Journals* e *Duke University Press*.

Destaca-se que as bases de dados selecionadas disponibilizam pesquisas de diferentes áreas de conhecimento e gozam de respaldo internacional pela comunidade acadêmica. Além disso, cabe ressaltar que as citadas bases de dados científicos reúnem um conjunto de periódicos com elevado índice de impacto em diferentes subáreas das engenharias.

Critérios de inclusão e exclusão

Pontua-se que se definiu o seguinte conjunto de critérios de inclusão: artigos científicos ou trabalhos publicados em anais de eventos internacionais que tratem da inserção das abordagens microética e macroética no ensino de engenharias, empíricos e teóricos, bem como disponíveis para leitura gratuita e na íntegra. Ademais, adotou-se esses critérios de exclusão: trabalhos que analisem as abordagens microética e macroética em outras disciplinas ou áreas de conhecimento, em duplicidade ou trabalhos publicados indisponíveis para leitura gratuita e na íntegra, assim como livros e/ou editoriais.

Como este estudo buscou apresentar uma revisão sistemática a respeito do panorama geral das publicações sobre a inserção das abordagens micro e macroética no ensino de engenharias, sublinha-se que o ano de publicação não foi utilizado como critério de inclusão ou exclusão dos artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos investigados. A partir desse viés, é necessário frisar que se analisou os trabalhos que demonstram maior relevância para a pesquisa acerca da temática investigada neste artigo e que estavam disponíveis na íntegra e de forma gratuita.

Análise de dados

Considerando o protocolo adotado nesta pesquisa, foram utilizados modelos de análise/tratamento de dados mistos. Sendo assim, os dados quantitativos foram tabulados no *software* Excel 2018 e apresentados de maneira descritiva. Os dados qualitativos foram submetidos à análise de conteúdo, em consonância ao método descrito por Bardin (2011). Convém destacar que a análise de conteúdo foi composta pela prévia análise dos dados, pela exploração do material coletado e pelo tratamento dos resultados obtidos (Bardin, 2011).

RESULTADOS

Para fins de estruturação do trabalho, essa seção foi organizada em quatro subseções que abordam os dados decorrentes da síntese dos resultados da revisão sistemática da literatura executada.

Resultados gerais

A aplicação da *string* de busca resultou na especificação de 116 artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos. Como resultado do processo de filtragem da literatura, a partir dos critérios de inclusão e exclusão, selecionou-se 26 estudos que constituíram o *corpus* textual analisado neste artigo. Em adicional, indica-se que as etapas de identificação e filtragem/seleção da amostra de trabalhos foram executadas nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2023 e compreendeu a leitura de todos os artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos selecionados por, no mínimo, dois autores desta revisão.

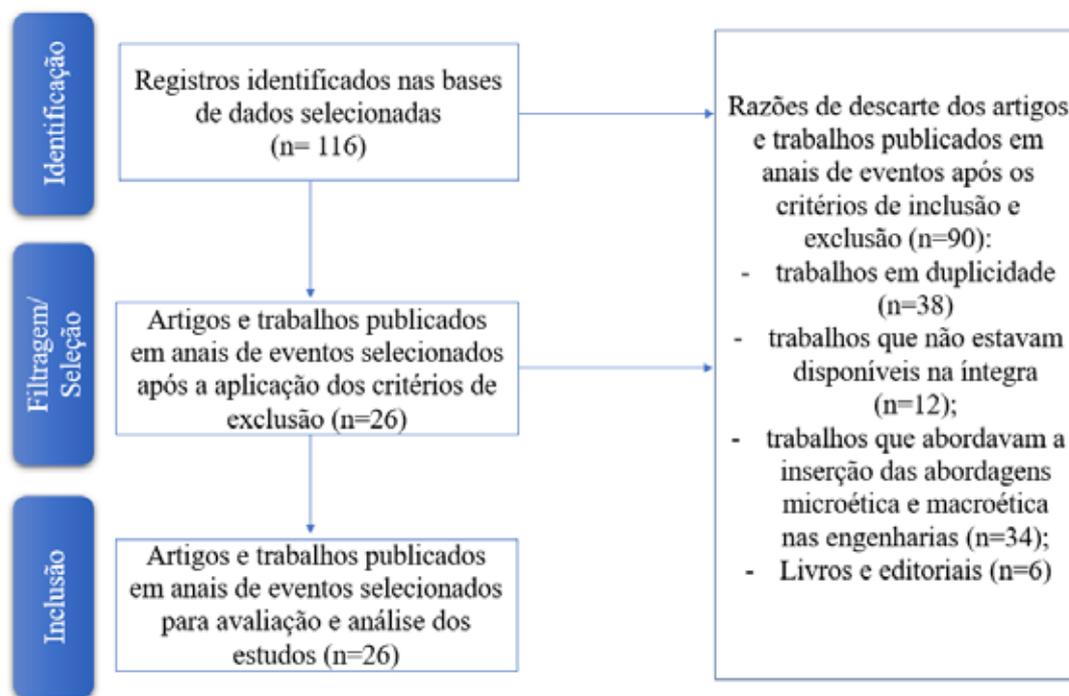
As etapas de identificação e filtragem/seleção dos estudos estão detalhadas na Figura 1. Ademais, ressalta-se que a Figura 1 apresenta o quantitativo de artigos

científicos e trabalhos publicados em anais de eventos excluídos, conforme cada critério adotado.

Os resultados da revisão possibilitaram a identificação da publicação de um, dois ou três nos anos de 2001, 2003, 2004, 2005, 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 e 2020, assim como não houve publicação nos anos de 2002, 2006, 2007, 2009, 2010 e 2015 acerca da temática em análise (Quadro 1). Indica-se, ainda, que os dois primeiros trabalhos ao discutirem as abordagens micro e macroética no ensino de engenharias foram publicados no ano de 2001 (Herkert, 2001a, 2001b).

É salutar pontuar a observação de uma tendência de aumento na publicação de trabalhos sobre as abordagens micro e macroética nos anos de 2019 e 2021. Além disso, acredita-se que a inexistência de artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos no ano de 2022 pode relacionar-se à possibilidade dos trabalhos publicados no mencionado ano ainda não terem sido inseridos e completamente cadastrados nas bases de dados consultadas.

Figura 1 – Fluxograma a respeito do processo de identificação e filtragem/seleção dos artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos internacionais em análise



Fonte: Elaboração própria.

A tendência de aumento na publicação nos anos de 2019 e 2021 pode ser relacionada a maior preocupação dos pesquisadores da área de ensino de engenharias a respeito da necessidade de inserção da abordagem macroética em cursos e programas de Pós-Graduação da citada área de conhecimento e formação profissional (Bielefeldt *et al.*, 2017; Bombaerts *et al.*, 2021; Martin; Conlon; Bowe, 2019, 2021; Polmear *et al.*, 2019). Ademais, destaca-se a possibilidade de relação do aumento no número de trabalhos selecionados com a maior discussão de propostas direcionadas para a abordagem de temáticas vinculadas à sustentabilidade dos projetos e empreendimentos de engenharias (Bielefeldt *et al.*, 2019; Byrne, 2012)

Para mais, destaca-se que os 26 artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos internacionais estão listados no Quadro 1. Organizado a partir da ordem alfabética dos títulos, o mencionado quadro possibilita a identificação do título, do(s) autor(es), do periódico ou evento internacional no qual o trabalho foi publicado/apresentado, e do ano de publicação de cada trabalho (Quadro 1).

Quadro 1 – Relação de artigos científicos e trabalhos publicados em anais de eventos internacionais

Título	Autor(es)	Periódico/Evento	Ano de publicação
An Overview of the Microethics and Macroethics Education of Computing Students in the United States	Bielefeldt <i>et al.</i>	2017 IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE)	2017
Analysis of macroethics teaching practices and perceptions in engineering: a cultural comparison	Polmear <i>et al.</i>	EUROPEAN JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION	2019
Broadening Ethics Teaching in Engineering: Beyond the Individualistic Approach	Conlon; Zandvoort	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2011
Commentary on The Greening of Engineers: A Cross-Cultural Experience	Herkert	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2001a
Continuing and emerging issues in engineering ethics education and research: Integrating microethics and macroethics	Herkert	2004 IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING, VOLS 1 AND 2	2004
Engaging the Whole Person: Teaching Ethics to Engineering Students	Irish	2018 IEEE INTERNATIONAL PROFESSIONAL COMMUNICATION CONFERENCE	2018
Engineering Ethics, Sts, and the China Airlines Ci-611 Accident	Tai	EAST ASIAN SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY	2013
Engineering Students as Co-creators in an Ethics of Technology Course	Bombaerts <i>et al.</i>	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2021
Exploring the discursive construction of ethics in an introductory engineering course	Lönngren	JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION	2021
Future directions in engineering ethics research: Microethics, macroethics and the role of professional societies	Herkert	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2001b
How Engineering Students view Dilemmas of Macroethics: Links between Depth of Knowledge and Ethical Literacy	Wilson <i>et al.</i>	2014 ASEE ANNUAL CONFERENCE	2014
In Our Own Little World: Invisibility of the Social and Ethical Dimension of Engineering Among Undergraduate Students	Lim <i>et al.</i>	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2021

Linking personal and professional social responsibility development to microethics and macroethics: Observations from early undergraduate education	Schiff <i>et al.</i>	JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION	2021
Macroethics Instruction in Co-curricular Settings The Development and Results of a National Survey	Knight <i>et al.</i>	2016 IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE)	2016
Microethics and macroethics in graduate education for scientists and engineers: developing and assessing instructional models	Canary <i>et al.</i>	2012 ASEE ANNUAL CONFERENCE	2012
Philosophy of technology and macroethics in engineering	Son	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2008
Professional societies, microethics, and macroethics: Product liability as an ethical issue in engineering design	Herkert	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION	2003
Science Outside the Lab: Helping Graduate Students in Science and Engineering Understand the Complexities of Science Policy	Bernstein <i>et al.</i>	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2017
Second-Guessing Scientists and Engineers: Post Hoc Criticism and the Reform of Practice in Green Chemistry and Engineering	Lynch	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2015
Sustainable Engineering Ethics: Teaching Sustainability as a Macroethical Issue	Bielefeldt <i>et al.</i>	2019 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY AND SOCIETY (ISTAS)	2019
Teaching engineering ethics with sustainability as context	Byrne	INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABILITY IN HIGHER EDUCATION	2012
Teaching Science, Technology, and Society to Engineering Students: A Sixteen Year Journey	Ozaktas	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2013
The role of role-play in student awareness of the social dimension of the engineering profession	Martin; Colon; Bowe.	EUROPEAN JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION	2019
Using and Developing Role Plays in Teaching Aimed at Preparing for Social Responsibility	Doorn; Kroesen	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2013
Ways of thinking about and teaching ethical problem solving: Microethics and macroethics in engineering	Herkert	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2005
Web-based education in science and engineering ethics - Topic and technology barriers - Commentary on Ways of thinking about and teaching ethical problem solving: Microethics and macroethics in engineering	Cummings	SCIENCE AND ENGINEERING ETHICS	2005

Fonte: Elaboração própria.

Ao discutir-se o tipo de trabalho, pontua-se que foram selecionados 18 artigos científicos (Bernstein *et al.*, 2017; Bombaerts *et al.*, 2021; Byrne, 2012; Conlon; Zandvoort, 2011; Cummings, 2005; Doorn; Kroesen, 2013; Herkert, 2001a, 2001b, 2005; Lim *et al.*, 2021; Lönngren, 2021; Lynch, 2015; Martin; Conlon; Bowe, 2019; Ozaktas, 2013; Polmear *et al.*, 2019; Schiff *et al.*, 2021; Son, 2008; Tai, 2013) e 8 trabalhos publicados em anais de eventos internacionais (Bielefeldt *et al.*, 2019, 2017; Canary *et al.*, 2012; Herkert, 2004, 2003; Irish, 2018; Knight *et al.*, 2016; Wilson *et al.*, 2014). Além disso, os 26 trabalhos foram elaborados por um total de 46 autores diferentes, sendo que os pesquisadores A. R. Bielefeldt, N. Canney, E. Conlon, J. R. Herkert, D. W. Knight, D. A. Martin, M. Polmear, C. Swan e J. M. Wetmore, participaram da elaboração de mais de um trabalho sobre a temática em questão, ou seja, os demais 35 pesquisadores participaram da redação de somente um trabalho.

Acerca das participações nas autorias, pontua-se que os pesquisadores A. R. Bielefeldt, N. Canney, D. W. Knight e C. Swan contribuíram com a elaboração de 4 trabalhos (Bielefeldt *et al.*, 2019, 2017; Knight *et al.*, 2016; Polmear *et al.*, 2019), o que evidencia a existência de grupos/redes de pesquisa sobre temáticas relacionadas ao ensino de ética nas engenharias. Também é importante salientar que o pesquisador J. R. Herkert contribuiu com a produção de 5 trabalhos (Herkert, 2004, 2001a, 2001b, 2003, 2005). Constata-se, ainda, que Herkert (2005) foi citado por quase todos os trabalhos analisados nessa revisão da literatura, o que denota a relevante contribuição desse estudo para a pesquisa a respeito da inserção das abordagens microética e macroética nas engenharias.

A análise dos trabalhos também explicitou a vinculação institucional/profissional dos autores a um total de 23 instituições de ensino e/ou pesquisa. Observou-se, em adicional, que a *University of Colorado* (14 autores), a *Arizona State University* (12 autores) e a *North Carolina State University* (5 autores) apresentaram o maior quantitativo de autores que atuam em pesquisas científicas acerca das abordagens micro e macroética no ensino de engenharias.

No que respeita ao periódico/evento de publicação, salienta-se que 7 trabalhos foram publicados em anais de 7 diferentes eventos internacionais e 19 artigos foram publicados em 6 periódicos. Convém sublinhar que 12 trabalhos foram publicados no *Science and Engineering Ethics*, o principal periódico multidisciplinar internacional dedicado, exclusivamente, à publicação de artigos que abordem temáticas e questões éticas associadas à ciência e engenharia, abrangendo educação profissional, pesquisa e prática, bem como os efeitos das inovações tecnológicas e resultados de pesquisas na sociedade.

Após essa sucinta caracterização dos trabalhos selecionados, as próximas subseções deste artigo científico buscarão responder às perguntas de pesquisa previamente definidas. Para fins de organização do trabalho, cada subseção foi dedicada à análise de uma das perguntas norteadoras dessa revisão sistemática da literatura.

Quais os principais tópicos em micro e macroética abordados no ensino de engenharias?

A revisão da literatura evidenciou que as definições de microética e macroética estão centradas, principalmente, no foco/direcionamento do ensino de ética nas engenharias (Bielefeldt *et al.*, 2017; Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2004, 2001a, 2001b, 2005, 2003; Lönngren, 2021; Ozaktas, 2013; Polmear *et al.*, 2019). Nesse sentido, Herkert (2004, 2005) assevera que a formação ética dos profissionais de engenharias deve abordar questões profissionais individuais (microéticas) e questões que lidem com os impactos sociais e ambientais da profissão (macroéticas).

Observa-se, portanto, que a abordagem de ensino microética é caracterizada pela ênfase em tópicos relacionados às responsabilidades individuais decorrentes da atuação profissional do engenheiro (Bielefeldt *et al.*, 2017; Canary *et al.*, 2012; Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2004, 2005; Lönngren, 2021; Polmear *et al.*, 2019). Em contrapartida, a abordagem macroética abrange as responsabilidades mais amplas do engenheiro para com a sociedade (Bielefeldt *et al.*, 2017; Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2004, 2005; Lönngren, 2021; Wilson *et al.*, 2014).

Ao focar nas responsabilidades individuais, a abordagem microética prioriza a reflexão acerca de decisões que integram a rotina profissional do engenheiro, por exemplo, a recusa a qualquer tipo de suborno e a atuação restrita em áreas de sua competência (Polmear *et al.*, 2019). Destarte, a citada abordagem discute questões e problemas éticos circunscritos à interação individual do engenheiro com seus possíveis clientes/empregadores e colegas trabalhos (Herkert, 2001b; Lönngren, 2021; Ozaktas, 2013).

Logo, verificou-se que a abordagem microética foca, principalmente, no ensino de códigos de ética e aspectos relacionados à ética no design de produtos (Herkert, 2001b; Polmear *et al.*, 2019). A abordagem microética fomenta o desenvolvimento do raciocínio ético a partir da análise de códigos de conduta profissional, do estudo de casos e da discussão de regulamentos nacionais e internacionais sobre questões de segurança, saúde e integridade profissional (Herkert, 2001b; Ozaktas, 2013).

A abordagem macroética é centrada em considerações profissionais mais amplas e relacionadas aos impactos sociais e ambientais decorrentes da realização de empreendimentos de engenharias (Bielefeldt *et al.*, 2017; Conlon; Zandvoort, 2011; Knight *et al.*, 2016; Lönngren, 2021; Wilson *et al.*, 2014). Assim sendo, essa abordagem discute tópicos relacionados à bioética, à sustentabilidade e à justiça social (Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2001b; Knight *et al.*, 2016; Lönngren, 2021; Polmear *et al.*, 2019; Wilson *et al.*, 2014).

A literatura também salienta que as questões macroéticas envolvem as discussões a respeito dos impactos sociais do desenvolvimento de novas tecnologias (Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2004, 2001a, 2001b, 2005; Knight *et al.*, 2016; Lönngren, 2021; Ozaktas, 2013; Polmear *et al.*, 2019; Wilson *et al.*, 2014). A mencionada abordagem também é caracterizada pela valorização da responsabilidade coletiva do engenheiro e pela reflexão acerca do bem-estar social e da manutenção do equilíbrio

ambiental (Herkert, 2004, 2001b, 2005; Knight *et al.*, 2016; Lönngren, 2021; Wilson *et al.*, 2014).

Nessa perspectiva, observou-se que o foco macro do ensino de ética nas engenharias objetiva proporcionar que os alunos questionem os atuais e vigentes modelos de desenvolvimento tecnológico (Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2004, 2001a, 2001b, 2005; Knight *et al.*, 2016; Lönngren, 2021; Polmear *et al.*, 2019; Wilson *et al.*, 2014). A macroética, portanto, atribui novas responsabilidades aos engenheiros, pois contribui para a ampliação da análise de questões éticas e, por consequência, promove a reflexão acerca da segurança, da sustentabilidade e da justiça social na prática profissional em engenharias, em especial no processo de elaboração e instituição de produtos tecnológicos (Bernstein *et al.*, 2017; Conlon; Zandvoort, 2011; Lönngren, 2021; Polmear *et al.*, 2019).

A sustentabilidade também é um tópico preconizado pela estrutura macroética de ensino (Bielefeldt *et al.*, 2019, 2017; Bombaerts *et al.*, 2021; Byrne, 2012; Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2001a; Knight *et al.*, 2016; Lönngren, 2021; Martin; Conlon; Bowe, 2019; Ozaktas, 2013; Polmear *et al.*, 2019). Nessa perspectiva, ressalta-se que a inserção das discussões a respeito da sustentabilidade no ensino de engenharias pressupõe uma concepção mais ampla da prática profissional do engenheiro (Bielefeldt *et al.*, 2019; Byrne, 2012; Herkert, 2001a).

Por conseguinte, destaca-se que a inserção da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) busca contribuir com a valorização da macroética nos cursos e programas de engenharias (Conlon; Zandvoort, 2011; Herkert, 2005; Ozaktas, 2013). Isto posto, detalha-se que o enfoque CTS possibilita a discussão multidisciplinar dos aspectos éticos, sociais, culturais, políticos, econômicos, jurídicos, ambientais e de sustentabilidade, da tecnologia e da engenharia (Ozaktas, 2013).

Quais os referenciais teóricos aplicados na inserção das abordagens micro e macroética no ensino de engenharias?

A revisão da literatura demonstrou a utilização do enfoque CTS (Conlon; Zandvoort, 2011; Cummings, 2005; Herkert, 2001b, 2005; Lynch, 2015; Ozaktas, 2013; Tai, 2013) e da Filosofia da Tecnologia (Son, 2008) no processo de introdução de propostas de ensino fundamentadas nas abordagens micro e macroética em cursos e programas de engenharias. Destaca-se que a maioria dos trabalhos analisados relaciona o enfoque CTS e a Filosofia da Tecnologia à inserção da macroética nas engenharias, porém observa-se que alguns estudos indicam a contribuição dos CTS para a integração das dimensões micro e macroética (Herkert, 2005; Lynch, 2015).

Colon e Zandvoort (2011) e Ozaktas (2013) sublinham que a integração do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nos currículos de engenharias pode contribuir para a complementação de assuntos técnicos e para a abordagem de questões macroéticas. Ao analisar um curso ofertado para alunos de Graduação em engenharias na *Bilkent University*, Ozaktas (2013) salienta que o enfoque CTS oportuniza a complementação de conteúdos técnicos, assim como a discussão de aspectos éticos, sociais, culturais, políticos, econômicos, jurídicos, ambientais, de saúde, de segurança e de confiabilidade da ciência, da tecnologia e das engenharias de maneira multi e interdisciplinar.

Colon e Zandvoort (2011) argumentam que o enfoque CTS pode corrigir determinadas deficiências formativas, por exemplo, proporcionando fundamentos teóricos e conceituais para a discussão da dimensão social da tecnologia nas engenharias.

O enfoque CTS, ainda, pode fomentar que os alunos compreendam a engenharia como uma atividade social que envolve uma gama de escolhas que impactam a vida da coletividade (Conlon; Zandvoort, 2011). A integração do enfoque CTS implica a ampliação da ênfase da formação acadêmica e profissional acerca dos problemas éticos e sociais resultantes da tomada de decisão no ambiente de trabalho das engenharias (Conlon; Zandvoort, 2011; Cummings, 2005; Herkert, 2005). Para que essa ampliação ocorra de forma exitosa, no entanto, é fundamental a revisão das estruturas curriculares com vistas à priorização das abordagens micro e macroética, bem como o desenvolvimento de ações de capacitação do corpo docente dos cursos de engenharias a respeito do enfoque CTS (Cummings, 2005; Herkert, 2005).

Tai (2013) indica que o enfoque CTS propicia que a construção do conhecimento sobre os riscos no ambiente profissional seja atrelada a uma contextualização dos impactos sociais dos empreendimentos de engenharias (Tai, 2013). Para Lynch (2015), a abordagem CTS proporciona uma ampliação da estrutura de análise ética fundamentada no profissional para uma reflexão acerca dos aspectos organizacionais e sociais que permeiam a realidade prática e cotidiana nas engenharias. Tai (2013) complementa que os estudos em CTS podem facilitar a reflexão do engenheiro para com as opiniões minoritárias e/ou marginalizadas no processo decisório. Herkert (2001b, 2005) e Lynch (2015), além do exposto, ressaltam que a abordagem CTS integra as questões de micro e macroética, uma vez que compara as relações individuais do engenheiro no ambiente de trabalho com a necessidade de aplicação da responsabilidade para com a coletividade nas decisões profissionais.

Os estudos CTS podem, especialmente, oportunizar a utilização da História e da Sociologia na análise de casos e questões relacionados à dimensão organizacional e social das engenharias (Lynch, 2015). A inserção do enfoque CTS, no entanto, não objetiva promover a substituição das abordagens micro e macroética, pelo contrário, os estudos em CTS buscam oportunizar a reflexão a respeito da multiplicidade de aspectos e fatores sociais, políticos, ambientais, tecnológicos e jurídicos que caracterizam a tomada de decisão dos engenheiros na contemporaneidade (Lynch, 2015).

No que respeita à Filosofia da Tecnologia, Son (2008) indica que a maioria dos livros didáticos e as estruturas curriculares de cursos e programas de engenharias reforçam uma concepção instrumentalista da tecnologia. Nesse sentido, o referido autor salienta que essa concepção vigente acaba por não considerar os efeitos e impactos do desenvolvimento tecnológico na coletividade (Son, 2008).

A definição de tecnologia é fundamental para a formação ética do engenheiro moderno, pois é a partir desta que os alunos irão compreender algumas teorias e/ou conceitos éticos básicos (Son, 2008). Dessa maneira, infere-se que a Filosofia da Tecnologia pode fornecer subsídios teóricos e conceituais para que o aluno de engenharia reflita a respeito dos diversos significados da tecnologia para os sujeitos e para a sociedade na modernidade (Son, 2008).

Por fim, é importante assinalar que a Filosofia da Tecnologia permite que o aluno de engenharias analise criticamente os casos e/ou problemas éticos oriundos da atividade profissional do engenheiro na atualidade (Son, 2008). Uma abordagem filosófica dos artefatos tecnológicos nas engenharias, entretanto, não garante que todos os problemas e dilemas éticos serão resolvidos, pelo contrário, Son (2008) constata que a Filosofia da Tecnologia complementa o ensino de ética nos cursos e programas de engenharias, ao revelar que o engenheiro pode não conseguir uma resolução única para determinados problemas éticos vinculados à sua prática profissional.

Quais as metodologias aplicadas na inserção das abordagens micro e macroética no ensino de engenharias?

A análise dos trabalhos reafirmou a predominância do estudo de casos nas propostas direcionadas para o ensino de micro e macroética nas engenharias. Nesse sentido, observa-se que Bombaerts *et al.* (2021) discutem o uso de casos a partir da abordagem de aprendizagem baseada em desafios e Martin, Conlon e Bowe (2019), Irish (2018) e Doorn e Kroesen (2013) analisam a utilização de estudos de casos nas engenharias em conjunto com a realização de encenações. Ademais, destaca-se que os trabalhos de Bielefeldt *et al.* (2019) e Byrne (2012) refletem sobre propostas que relacionam a educação para a sustentabilidade e a formação ética nas engenharias a partir de uma perspectiva macroética.

Inicialmente, salienta-se que Bombaerts *et al.* (2021) e Martin, Conlon e Bowe (2019) indicam que os estudos de casos podem ser classificados a partir da aplicação de micro e macrocasos no ensino de engenharias. Os apontados autores explicam que os microcasos enfatizam uma perspectiva individualista do engenheiro no processo de tomadas de decisão e os macrocasos abordam o contexto coletivo das decisões nas engenharias (Bombaerts *et al.*, 2021; Martin; Conlon; Bowe, 2019).

Em síntese, Bombaerts *et al.* (2021) argumentam que o uso de microcasos objetiva promover a análise de dilemas que os engenheiros individuais enfrentarão no cotidiano profissional, por exemplo, conflitos de interesse, problemas relacionados à integridade profissional e a definição de padrões de riscos. Ademais, os autores destacam que os casos de caráter macro se concentram na reflexão acerca dos aspectos sistêmicos das engenharias, isto é, questões e impactos sociais, políticos, ambientais e econômicos que condicionam a tomada de decisão e a elaboração de projetos e/ou empreendimentos (Bombaerts *et al.*, 2021). Isto posto, Bombaerts *et al.* (2021) elaboram uma proposta de ensino de ética nas engenharias pautada no estudo de macro e microcasos por grupos de alunos e na abordagem de aprendizagem baseada em desafios.

Como resultado do processo de aplicação da proposta, Bombaerts *et al.* (2021) constatam que a abordagem de aprendizagem baseada em desafios favoreceu a motivação dos alunos, bem como o desenvolvimento do raciocínio ético e de competências comunicacionais. Os autores, todavia, destacam que a adoção da abordagem de aprendizagem baseada em desafios promoveu um considerável aumento na carga de trabalho dos docentes (Bombaerts *et al.*, 2021).

Martin, Conlon e Bowe (2019) objetivam a expansão do modelo de ensino tradicional fundamentado no estudo de casos, a partir da realização de dramatizações

que promovam a reflexão crítica dos alunos acerca da dimensão social da atuação profissional do engenheiro. Para alcançar tal propósito os autores propuseram uma atividade composta pelo estudo contextualizado de casos com base em uma perspectiva macroética e na realização de encenações (Martin; Conlon; Bowe, 2019).

A atividade contou com a participação de 80 alunos de cursos de engenharias da *Technological University Dublin* (Martin; Conlon; Bowe, 2019). Como resultado, estes autores (2019) constatam que as encenações proporcionaram uma maior conscientização dos alunos a respeito dos aspectos sociais da prática profissional nas engenharias e, por consequência, contribuíram para a elaboração de respostas mais complexas acerca das tomadas de decisão no cenário do caso analisado.

Como conclusão, Martin, Conlon e Bowe (2019) argumentam que o estudo de casos, atrelado à realização de encenações, possibilita que os alunos sejam expostos à diversidade de perspectivas e interesses que a prática profissional da engenharia proporciona. Os autores também destacam que uso de encenações no ensino de ética nas engenharias demonstrou eficácia na ampliação do escopo dos estudos de casos, pois integrou abordagem microética e individualista com a discussão macroética da complexidade da profissão de engenheiro (Martin; Conlon; Bowe, 2019).

Irish (2018) também investiga as possíveis contribuições do uso de encenações para o ensino de ética nas engenharias. O autor propõe uma extensão da metodologia de estudo de casos alicerçado em uma encenação na forma de tribunal sobre os impactos da construção de um parque eólico na província de Ontário, Canadá (Irish, 2018).

De maneira geral, Irish (2018) infere que o uso de encenações possibilita que os alunos tenham a oportunidade de compreender que as dimensões socioeconômicas e as preocupações ambientais devem ser consideradas como intrínsecas à elaboração de projetos de engenharias. O referido autor ainda observa que o uso de estudos de casos com encenações permite que os alunos identifiquem que as suas concepções e crenças podem influenciar na atividade profissional (Irish, 2018).

Doorn e Kroesen (2013) asseveram que a utilização de encenações não deve objetivar uma análise restrita ao caso estudado, pelo contrário, deve-se priorizar o aumento da conscientização para com os problemas éticos gerais à atuação profissional nas engenharias. Destarte, o mencionado autor constata que as encenações, ao simularem um processo de negociação ou tomada de decisão, permitem a conscientização/sensibilização dos alunos sobre as diferentes perspectivas micro e macroéticas que devem estar inseridas nos currículos de ética nas engenharias (Doorn; Kroesen, 2013).

No que diz respeito às propostas de ensino que aliam a formação ética nas engenharias à educação para sustentabilidade, Bielefeld *et al.* (2019) assinalam uma maior utilização de estudos de caso, a promoção de discussões em sala de aula e a realização de palestras. No tocante à eficácia dos métodos de ensino, Bielefeld *et al.* (2019) descrevem que os estudos de caso e as discussões em grupo foram caracterizados como os métodos mais eficazes. Byrne (2012) também demonstra que a utilização de exemplos práticos como estudos de caso pode ampliar a percepção dos alunos a respeito do papel dos engenheiros na busca pela sustentabilidade.

Byrne (2012), além do mais, reforça que as propostas de ensino nas engenharias que abordem, a partir de um referencial macroético, questões de sustentabilidade precisam considerar a prévia formação ética dos alunos. A partir da análise dos resultados de uma ação realizada na *University College Cork*, o mencionado autor ressalta que os alunos apresentaram dificuldades ao discutirem conceitos e problemas complexos, por exemplo, questões éticas e de sustentabilidade relacionadas à incerteza da tomada de decisão e à transdisciplinaridade (Byrne, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo científico tratou-se, estritamente, de uma revisão sistemática da literatura sobre as publicações científicas que discorrem a respeito do processo de inserção das abordagens microética e macroética no ensino de engenharias. Os resultados demonstraram uma tendência de aumento no quantitativo de trabalhos nos anos de 2019 e 2021. Também verificou-se a vinculação institucional/profissional dos autores dos trabalhos analisados a um total de 23 instituições de ensino e/ou pesquisa.

Cabe frisar que a revisão detectou que a abordagem de ensino de microética é caracterizada pela ênfase em tópicos relacionados às responsabilidades individuais decorrentes da atuação profissional do engenheiro. Os resultados, ainda, possibilitaram identificar que a abordagem macroética é centrada em considerações profissionais mais amplas e relacionadas aos impactos sociais e ambientais decorrentes da realização de projetos e empreendimentos de engenharias.

Identificou-se, ainda, um maior quantitativo de estudos que relacionavam o enfoque CTS e a Filosofia da Tecnologia à inserção de discussões e conteúdos de caráter macroético nas engenharias. Também se observou, todavia, que alguns estudos indicam a contribuição dos CTS para a integração das dimensões micro e macroética nas engenharias.

Em adicional, a análise dos trabalhos reafirmou a importância do estudo de casos para o ensino de ética nas engenharias. Desse modo, verificou-se as contribuições da utilização do estudo de caso com a aprendizagem baseada em desafios e com a realização de encenações para o ensino de conteúdos relacionados à micro e à macroética. Ademais, constatou-se as contribuições de propostas educacionais que relacionam a educação para a sustentabilidade e a formação macroética nas engenharias.

Ante o exposto, concluiu-se que este estudo apresentou uma caracterização, mesmo que inicial, da pesquisa sobre a inserção das abordagens microética e macroética nos cursos e programas de engenharias. Sendo assim, pontua-se que os resultados desta revisão indicam possíveis temáticas para trabalhos posteriores, por exemplo, a importância de pesquisas que discutam as possíveis contribuições e limitações de outros referenciais teóricos para o ensino de ética nas engenharias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa em desenvolvimento tecnológico concedida ao segundo autor, à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvi-

mento Científico e Tecnológico (Funcap) pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor e pelo suporte ao projeto concedido através da Chamada Universal Nº 06/2023.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARRY, B. E.; HERKERT, J. R. Engineering ethics. In: JOGRI, Aditya; OLDS, Barbara M. *Cambridge handbook of engineering education research*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. p. 673-692.
- BERNSTEIN, Michael J. *et al.* Science outside the lab: helping graduate students in science and engineering understand the complexities of science policy. *Science and Engineering Ethics*, v. 23, p. 861-882, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9818-6>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- BIELEFELDT, Angela *et al.* Sustainable engineering ethics: teaching sustainability as a macroethical issue. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY AND SOCIETY (ISTAS), 2019, Medford. *Anais [...]*. Medford, MA, USA, IEEE, 2019. p. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISTAS48451.2019.8937862>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- BIELEFELDT, Angela R. *et al.* An overview of the microethics and macroethics education of computing students in the United States. In: IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE), 2017, Indianapolis. *Anais [...]*. Indianapolis, IN, USA, IEEE, 2017. p. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190445>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- BOMBAERTS, Gunter *et al.* Engineering Students as Co-creators in an Ethics of Technology Course. *Science and Engineering Ethics*, v. 27, n. 4, p. 48, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00326-5>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- BORREGO, Maura; FOSTER, Margaret J.; FROYD, Jeffrey E. Systematic Literature Reviews in Engineering Education and Other Developing Interdisciplinary Fields: Systematic Literature Reviews in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, v. 103, n. 1, p. 45-76, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/jee.20038>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- BYRNE, Edmond P. Teaching engineering ethics with sustainability as context. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, v. 13, n. 3, p. 232-248, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/14676371211242553>
- CANARY, Heather E. *et al.* Microethics and macroethics in graduate education for scientists and engineers: Developing and assessing instructional models. In: 2012 ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2012, San Antonio. *Anais [...]*: San Antonio, Texas, USA, 2012. p. 25-934. DOI: <https://doi.org/10.18260/1-2--21691>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- CASTELLS, Manuel. *A sociedade em rede: 1*. 24. ed. São Paulo: Paz & Terra, 2013.
- CONLON, Eddie; ZANDVOORT, Henk. Broadening Ethics Teaching in Engineering: Beyond the Individualistic Approach. *Science and Engineering Ethics*, v. 17, n. 2, p. 217-232, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-010-9205-7>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- CUMMINGS, Missy. Web-based education in science and engineering ethics – Topic and technology barriers: Commentary on “ways of thinking about and teaching ethical problem solving: Microethics and macroethics in engineering” (JR Herkert). *Science and Engineering Ethics*, [S. l.], v. 11, p. 386-388, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-005-0007-2>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- DONG, X.; LIU, X. A review of engineering education in China: History, present and future. In: ASEE INTERNATIONAL FORUM, 2017, Columbus. *Anais [...]*. Columbus, USA: ASEE, July, 2017. Disponível em: <https://peer.asee.org/a-review-of-engineering-education-in-china-history-present-and-future.pdf>. Acesso em: 9 set. 2023.
- DOORN, Neelke; KROESEN, J. Otto. Using and developing role plays in teaching aimed at preparing for social responsibility. *Science and Engineering Ethics*, v. 19, p. 1.513-1.527, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-011-9335-6>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- GOUDZWAARD, Bob. *Capitalismo e progresso – um diagnóstico da sociedade ocidental*. Viçosa: Ultimato Editora, 2019.
- HARRIS JR, C. E. *et al.* Engineering ethics: what? why? how? and when?. *Journal of Engineering Education*, v. 85, n. 2, p. 93-96, 1996. DOI:10.1002/J.2168-9830.1996.TB00216.X. Acesso em: 9 set. 2023.
- HARVEY, David. *Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural*. 25. ed. São Paulo: Edições Loyola, 1992.

- HERKERT, J. R. Continuing and emerging issues in engineering ethics education and research: integrating microethics and macroethics. *In: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING*, 2004. Denver. *Anais [...]*. Denver, CO, USA, 2004. p. 647. Vol. 1. DOI: <https://doi.org/10.1109/PES.2004.1372886>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- HERKERT, Joseph R. Commentary on “the greening of engineers: A cross-cultural experience” (A. Ansari). *Science and Engineering Ethics*, v. 7, p. 120-122, 2001a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-001-0028-4>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- HERKERT, Joseph R. Future directions in engineering ethics research: Microethics, macroethics and the role of professional societies. *Science and Engineering Ethics*, v. 7, n. 3, p. 403-414, 2001b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-001-0062-2>. Acesso em: 6 abr. 2023.
- HERKERT, Joseph R. Professional societies, microethics, and macroethics: Product liability as an ethical issue in engineering design. *International Journal of Engineering Education*, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 163-167, 2003. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Herkert%2C+J.+R.+%282003%29.+Professional+societies%2C+microethics%2C+and+macroethics%3A+Product+liability+as+an+ethical+issue+in+engineering+design.+International+Journal+of+Engineering+Education%2C+19%281%29%2C+163%E2%80%93167.&btnG=. Acesso em: 12 jun. 2023.
- HERKERT, Joseph R. Ways of thinking about and teaching ethical problem solving: Microethics and macroethics in engineering. *Science and Engineering Ethics*, v. 11, p. 373-385, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-005-0006-3>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- IRISH, Robert. Engaging the Whole Person: Teaching Ethics to Engineering Students. *In: 2018 IEEE INTERNATIONAL PROFESSIONAL COMMUNICATION CONFERENCE (PROCOMM)*, 2018, Toronto. *Anais [...]*. Toronto, ON, Canada, IEEE, 2018. p. 63-64. DOI: <https://doi.org/10.1109/ProComm.2018.00021>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- JOHNSON, Deborah G. *Engineering Ethics: Contemporary and Enduring Debates*. New Haven: Yale University Press, 2020.
- JOHNSON, Deborah G. Can engineering ethics be taught. *The Bridge*, v. 47, n. 1, p. 59-64, 2017. Disponível em: <https://www.nae.edu/168649/Can-Engineering-Ethics-Be-Taught>. Acesso em: 9 set. 2023.
- KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering version 2.3. *Engineering*, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 1.051, 2007. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?q=Kitchenham,%20B.,%20%20Charters,%20S.%20.%20Guidelines%20for%20performing%20systematic%20literature%20reviews%20in%20software%20engineering.%20In%20Technical%20report,%20Ver.%202.3%20EBSE%20Technical%20Report.%20EBSE>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- KNIGHT, Daniel W. *et al.* Macroethics instruction in co-curricular settings: The development and results of a national survey. *In: 2016 IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE)*, 2016, Erie. *Anais [...]*. Erie, PA, USA, IEEE, 2016. p. 1-4. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7757437>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- KONG, Lu; ZHAO, Wen. Analysis and Countermeasures of Engineers’ Ethical Behaviors in China. *IEEE Technology and Society Magazine*, v. 41, n. 4, p. 83-93, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757437>. Acesso em: 9 jun. 2023.
- LADD, J. The quest for a code of professional ethics: an intellectual and moral confusion. *In: CHALK, R.; FRANKEL, M. S.; CHAFER, S.B. (org.). AAAS Professional Ethics Project: Professional Ethics Activities in the Scientific and Engineering Societies*. AAAS, Washington, DC, 1980. p. 154-159. DOI: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2569.2570>. Acesso em: 9 set. 2023.
- LEMOES, Pedro Bruno Silva; JUCÁ, Sandro César Silveira; SILVA, Solonildo Almeida Da. Estudo de casos e o ensino de ética nas engenharias: uma revisão integrativa da literatura. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 41, n. 0, 2022. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/2051>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- LEWIS, Jake Walker; BIELEFELDT, Angela R. How are Engineering Ethics Integrated into High School STEM Education in Colorado? (Fundamental). *In: ASEE VIRTUAL ANNUAL CONFERENCE CONTENT ACCESS*, 2021, *Anais [...]*. Virtual Conference, July, 2021. Disponível em: <https://peer.asee.org/37249>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- LIM, Jae Hoon *et al.* In Our Own Little World: Invisibility of the Social and Ethical Dimension of Engineering Among Undergraduate Students. *Science and Engineering Ethics*, v. 27, n. 6, p. 74, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00355-0>. Acesso em: 12 abr. 2023.

LÖNNGREN, Johanna. Exploring the discursive construction of ethics in an introductory engineering course. *Journal of Engineering Education*, v. 110, n. 1, p. 44-69, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/jee.20367><https://doi.org/10.1002/jee.20367>. Acesso em: 12 abr. 2023.

LYNCH, William T. Second-Guessing Scientists and Engineers: Post Hoc Criticism and the Reform of Practice in Green Chemistry and Engineering. *Science and Engineering Ethics*, v. 21, p. 1.217-1.240, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-014-9585-1>. Acesso em: 12 abr. 2023.

MARTIN, D. A. *Towards a Sociotechnical Reconfiguration of Engineering and an Education for ethics: A Critical Realist Investigation into the Patterns of Education and Accreditation of Ethics in Engineering Programmes in Ireland*. 2020. Thesis (Doctoral) – Technological University Dublin, 2020.

MARTIN, Diana Adela; CONLON, Eddie; BOWE, Brian. The role of role-play in student awareness of the social dimension of the engineering profession. *European Journal of Engineering Education*, v. 44, n. 6, p. 882-905, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-014-9585-1>. Acesso em: 12 abr. 2023.

MARTIN, Diana Adela; CONLON, Eddie; BOWE, Brian. A Multi-level Review of Engineering Ethics Education: Towards a Socio-technical Orientation of Engineering Education for Ethics. *Science and Engineering Ethics*, v. 27, n. 5, p. 60, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00333-6>. Acesso em: 12 abr. 2023.

MARTIN, Mike W.; SCHINZINGER, Roland. *Ethics in Engineering*. 4th edition ed. Boston: McGraw-Hill Education, 2004.

MITCHAM, Carl. A historico-ethical perspective on engineering education: From use and convenience to policy engagement. *Engineering Studies*, v. 1, n. 1, p. 35-53, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/19378620902725166>. Acesso em: 12 abr. 2023.

NGUYEN, Luan *et al.* Conceptualizing a theory of ethical behavior in engineering. In: AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION, 2020, *Anais [...]*. Virtual Conference, 2020. Disponível em: <https://philpapers.org/rec/NGUCAT>. Acesso em: 12 abr. 2023.

OZAKTAS, Haldun M. Teaching science, technology, and society to engineering students: A sixteen year journey. *Science and Engineering Ethics*, v. 19, n. 4, p. 1.439-1.450, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-011-9329-4>. Acesso em: 10 abr. 2023.

POLMEAR, Madeline *et al.* Analysis of Macroethics Teaching Practices and Perceptions in Engineering: A Cultural Comparison. *European Journal of Engineering Education*, v. 44, n. 6, p. 866-881, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1593323>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SAHAY, Shivangi; BHARTI, Anju. Ethical Perspective on Engineering Education: A Systematic Education Approach. In: *Engineering Pedagogy Towards Outcome-Based Education*. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 49-64.

SCHIFF, Daniel S. *et al.* Linking personal and professional social responsibility development to microethics and macroethics: Observations from early undergraduate education. *Journal of Engineering Education*, v. 110, n. 1, p. 70-91, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/jee.20371>. Acesso em: 28 abr. 2023.

SON, Wha-Chul. Philosophy of technology and macro-ethics in engineering. *Science and Engineering Ethics*, v. 14, p. 405-415, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-008-9066-5>. Acesso em: 28 abr. 2023.

TAEBL, Behnam. *Ethics and engineering : an introduction*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

TAI, Dong-Yuan. Engineering ethics, STS, and the China airlines CI-611 accident. *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal*, v. 7, n. 4, p. 579-599, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1215/18752160-2392189>. Acesso em: 28 abr. 2023.

UNESCO. *Engineering for sustainable development: delivering on the Sustainable Development Goals*. Beijing: Central Compilation and Translation Press, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644.locale=en>. Acesso em: 12 abr. 2023.

VANDERBURG, W.H. Preventive engineering: strategy for dealing with negative social and environmental implications of technology. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, v. 3, n. 121, 1995. 155-160. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(1995\)121:3\(155\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(1995)121:3(155)). Acesso em: 9 set. 2023.

WILSON, Denise *et al.* How engineering students view dilemmas of macroethics: links between depth of knowledge and ethical literacy. In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2014, Indianapolis. *Anais [...]*. Indianapolis, IN, USA, 2014. p. 24-674. Disponível em: <https://peer.asee.org/how-engineering-students-view-dilemmas-of-macroethics-links-between-depth-of-knowledge-and-ethical-literacy.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

ZHU, Qin; MARTIN, Mike; SCHINZINGER, Roland. *Ethics in engineering*. 5. ed. Boston: McGraw-Hill Education, 2022.

Autor correspondente:

Pedro Bruno Silva Lemos

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab).

Av. da Abolição, 3 – centro, Redenção/CE, Brasil. CEP 62790-000

pedrobrunolemos1990@gmail.com

Todo conteúdo da Revista Contexto & Educação
está sob Licença Creative Commons CC – By 4.0.