

# INVESTIGAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: UM CAMPO EMERGENTE EM PORTUGAL

Natascha van Hattum,<sup>1</sup> José Manuel Nunes de Oliveira,<sup>2</sup> Bill Williams<sup>3</sup>

## RESUMO

Num mundo cada vez mais globalizado, e no qual o rápido desenvolvimento científico e tecnológico ocupa um papel central no desenvolvimento das sociedades, torna-se cada vez mais relevante discutir o perfil desejável dos profissionais de engenharia capazes de dar resposta a esses desafios, e, conseqüentemente, discutir os processos de formação desses futuros engenheiros. No contexto internacional, essas necessidades têm feito emergir a Investigação em Ensino de Engenharia (IEE) como um campo de investigação autónomo. Norteando-se pelos critérios de identidade para um campo de investigação de Fensham (2004), usado também por Borrego (2007), como princípios orientadores de análise, este artigo pretende discutir a identidade do campo de IEE, caracterizar o seu estado atual no contexto internacional e no contexto português, e posicioná-lo relativamente às ciências da educação. Busca-se igualmente identificar os desafios emergentes no crescimento e amadurecimento desse campo de investigação específico, de forma a que possa granjear reconhecimento quer nas ciências da educação, quer nas engenharias, no contexto português.

**Palavras-chave:** investigação em ensino de engenharia; constituição e identidade de campo de pesquisa.

## RESEARCH IN ENGINEERING EDUCATION: AN EMERGING FIELD IN PORTUGAL

### ABSTRACT

In an increasingly globalized world, in which the fast scientific and technological developments have a central role in society, it becomes more and more relevant to discuss the professional profile of engineers that are able to respond to these challenges and, consequently, discuss the education of these future engineers. In an international context, this led to the emergence of Research in Engineering Education (EER) as an autonomous field of research. Oriented by Fensham's (2004) identity criteria for a research field, also used by Lamb (2007), as the guiding principles of analysis, this article intends to discuss the identity of the IEE field, characterize its current state in the international and in the Portuguese contexts, and position this field in relation to the educational sciences. The research also aims to identify emerging challenges in the development and maturation of this specific research field, in order to promote recognition, both in Educational Research and in Engineering, within the Portuguese context.

**Keywords:** engineering education research; definition of a research field; identity of a research field.

---

<sup>1</sup> Professora. Doutorada em Ciências de Educação. Saxion Universidade de Ciências Aplicadas, Enschede, Holanda; n.vanhattum@saxion.nl.

<sup>2</sup> Professor. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda, Universidade de Aveiro, Águeda, Portugal; jmo@ua.pt.

<sup>3</sup> Professor. ESTBarreiro, Instituto Politécnico de Setúbal e CEG-IST/Universidade de Lisboa, Campus do IPS, Setúbal, Portugal; bill.williams@estbarreiro.ips.pt.

## INTRODUÇÃO

A Investigação em Educação em Engenharia (IEE), encarada enquanto área autónoma, é um campo recente. Na última década, vários autores têm chamado a atenção para o nascimento desse novo campo de investigação (HAGHIGHI, 2005), em especial, na conceituada revista *Journal of Engineering Education* (JEE), associada à American Society of Engineering Education (ASEE). Esses autores discutem os vários desafios da Educação em Engenharia (EE), que incluem, com especial ênfase, a preparação urgente das sociedades para o desenvolvimento tecnológico futuro e a necessidade de formar engenheiros capazes de dar resposta a esse desenvolvimento. A reflexão sobre as competências-alvo desse processo de formação assume particular relevância (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2005).

Nos últimos anos, a velocidade dos desenvolvimentos tecnológicos aumentou drasticamente, colocando docentes e alunos de Engenharia perante o desafio de acompanharem esses desenvolvimentos adequadamente, o que exige o desenvolvimento de competências transversais e de autoaprendizagem. Estando a tecnologia cada vez mais integrada na vida quotidiana, as responsabilidades da profissão de engenheiro assumem novas vertentes, nomeadamente quanto ao impacto social da profissão. Por outro lado, a tendência de globalização nas ciências e tecnologias impelem os futuros engenheiros a desenvolver uma perspectiva mundial, para além da mera perspectiva regional ou nacional. Mais uma vez, o desafio de um papel ativo nas relações económicas e políticas, no nível global, exigem competências para além da formação técnica estrita, a que as estruturas de formação terão de dedicar atenção. Todo esse contexto impõe, assim, uma reflexão sobre a formação de engenheiros nas Instituições de Ensino Superior (IES), que deverão assumir a responsabilidade de responder a essa mudança de paradigma, o que demanda o desenvolvimento de competências que excedem a

formação tradicionalmente proporcionada aos engenheiros.

Nos Estados Unidos, a National Academy of Engineering colocou na sua agenda a reflexão sobre a formação da geração de engenheiros de 2020, reflexão essa que resultou num relatório.<sup>1</sup> O documento realça as mudanças que os futuros engenheiros vão enfrentar, como a velocidade da evolução tecnológica, o contexto social caracterizado por um crescimento da população mundial a utilizar os recursos naturais existentes, pela deslocalização das áreas rurais para as áreas urbanas, e por um aumento da esperança média de vida, que implica um acréscimo de pressão nos sistemas de saúde e recursos naturais. Nesse contexto, a IEE pode ser um elemento-chave na melhoria contínua e inovação necessárias, segundo o relatório *Engineering for a changing world: a roadmap to the future of engineering practice, research, and education*, da University of Michigan. Os autores consideram a investigação rigorosa na área de EE um dos mecanismos mais eficazes de longo prazo para as transformações necessárias na formação de engenheiros e na prática de Engenharia.

O presente artigo pretende analisar a identidade do campo de IEE, caracterizar o seu estado atual no contexto português e posicioná-lo relativamente às Ciências da Educação. Os autores visam também a identificar os desafios emergentes no crescimento e amadurecimento desse campo de investigação específico, de forma a que seja reconhecido no contexto português, quer nas Ciências da Educação, quer nas engenharias.

### A investigação em Educação em Engenharia

Ao analisar a IEE como campo emergente, discutindo a questão da sua legitimidade, os critérios de identidade para um campo de investigação de Fensham (2004) podem ser reconhecidos como orientadores

<sup>1</sup> Disponível em: <[https://secure.hosting.vt.edu/www.enge.vt.edu/secure/Educating\\_the\\_Engineer\\_of\\_2020\\_all.pdf](https://secure.hosting.vt.edu/www.enge.vt.edu/secure/Educating_the_Engineer_of_2020_all.pdf)>.

desta análise. Esse autor refere-se a três tipos de critérios, também usados por Borrego (2007), para analisar o campo de Educação em Ciência, e que visam a caracterizar um campo de investigação reconhecido e válido: critérios estruturais, critérios intrainvestigação e critérios de resultado. Os critérios estruturais dizem respeito ao reconhecimento acadêmico, revistas de investigação, associações profissionais, conferências específicas, centros de investigação e formação pós-graduada. Os critérios intrainvestigação dizem respeito à substância e metodologia do campo, constituindo o seu núcleo essencial. A esse respeito, Fensham (2004) identifica como subcritérios o conhecimento científico, as questões de investigação, o desenvolvimento teórico e conceitual, as metodologias de investigação, o progresso e as publicações modelo e seminais. O último tipo de critério centra-se nas implicações para a prática. Nas próximas seções, os três tipos de critérios serão debatidos no contexto da IEE, dedicando particular atenção ao contexto português.

Quanto ao reconhecimento acadêmico, a análise centrou-se na existência de professores catedráticos e departamentos ou centros de investigação em IEE. As revistas científicas foram pesquisadas nas bases de dados ISI Web of Knowledge e SCOPUS, utilizando “engineering education” como chave. O critério estrutural relativo à existência de associações profissionais e à organização de conferências foi analisado através da pesquisa de conferências anuais na área de EE, promovidas por associações e redes de Educação em Engenharia. Os critérios de intrainvestigação foram analisados a partir de publicações cujo objetivo é a definição da IEE como área com uma identidade própria e cujos autores não estudam fenômenos específicos na EE, mas pretendem definir o foco e as fronteiras da IEE.

### ***Critérios estruturais***

Os critérios estruturais são condicionantes para a afirmação de um campo de investigação. A existência de professores

catedráticos na área, de centros de investigação dedicados ao campo, e de revistas científicas conceituadas, são todos critérios que estruturam um campo de investigação. Na área de EE, reconhece-se a presença desses critérios nos EUA e na Austrália, desde há mais de 20 anos. Há diferentes universidades nos EUA com um departamento de EE, como, por exemplo, a Virginia Tech, a Purdue University ou a University of Cincinnati. Existem, igualmente, centros de investigação dedicados ao campo, como, por exemplo, na Universidade de Washington (CELT), na Universidade de Linköping (Suécia), e na Universidade de Swinburne (Austrália). Várias dessas universidades oferecem programas de mestrado e doutoramento em EE, em geral (mas não só), direcionados a professores de Engenharia que, no caso dos mestrados, pretendem especializar-se na área de ensino e aprendizagem no contexto da Engenharia. Os programas de doutoramento podem servir ao mesmo objetivo, mas também preparam para uma carreira de IEE. Ao nível institucional, também têm surgido centros de apoio ao ensino e à aprendizagem dedicados exclusivamente à EE, como o Center for Engineering Education da Colorado School of Mines, o Engineering Centre for Excellence in Teaching and Learning da Loughborough University, ou o Focus Centre for Expertise in Education da Technical University of Delft. Esses centros organizam ações de formação centradas nas problemáticas específicas dos cursos de Engenharia, com formatos de curta duração, dedicadas a temas específicos, ou formatos prolongados, que tratam de aspetos da prática docente e da implementação de inovações nessa prática: desenvolvimento curricular para cursos de Engenharia, aprendizagem centrada no aluno e uso de novas tecnologias multimédia são exemplos de temas recorrentes nessas ações. Há também programas de um ou dois semestres que permitem a transferência de resultados de investigação para a prática diária dos docentes.

Esses centros apoiam, ainda, iniciativas de *Scholarship of Teaching and Learning*,

como é o caso do centro da University of Western Australia, onde funciona um programa que incentiva a investigação da prática pedagógica dos docentes de Engenharia.<sup>2</sup>

Ainda no contexto internacional, é incontornável referir à constituição recente de redes especificamente dedicadas à IEE. É o caso da Research in Engineering Education Network (REEN), de âmbito mundial, do SEFI Working Group on Research in Engineering Education (SEFI-WGREE), cujo objetivo é impulsionar o desenvolvimento da IEE na Europa, da Nordic Network for Research in Engineering Education, que congrega esforços de países bálticos, ou, ainda, do British Special Interest Group on Research in Engineering Education (BSIGREE), no Reino Unido. A organização de simpósios e conferências dedicadas à IEE aparece algumas vezes associada a essas redes, como é o caso da REEN, que organiza bienalmente o Research in Engineering Education Symposium, ou do SEFI-WGREE, que, desde 2009, é responsável por uma linha de sessões no âmbito da SEFI Annual Conference, dedicada à IEE, e cuja adesão tem vindo a aumentar a cada ano.

Outro aspeto de especial importância diz respeito à existência de publicações especializadas para a divulgação dos resultados de investigação. Nesse domínio, identifica-se um leque de revistas especializadas, como o *Journal of Engineering Education* (JEE), o *European Journal of Engineering Education* (EJEE), o *International Journal of Engineering Education* (IJEE), o *Global Journal of Engineering Education* (GJEE), o *Australasian Journal of Engineering Education*, o *Advances in Engineering Education*, o *IEEE Transactions on Engineering Education* (IEEE TED), o *International Journal of Engineering Pedagogy* e o *Engineering Education Journal*. Há, ainda, várias revistas dedicadas a áreas específicas, como o *Journal of Professional Issues in Engineering Education* (JPJEE), para a

Engenharia Civil, o *International Journal of Mechanical Engineering Education*, para a Engenharia Mecânica, ou o *International Journal of Electrical Engineering Education*, dedicado à Engenharia Eletrónica e Eletrotécnica. A maior parte dessas revistas são indexadas em bases de dados internacionais, sendo o *Journal of Engineering Education* o mais visível, com uma indexação no ISI Web of Knowledge Journal Citation Report das Ciências e das Ciências Sociais, com um fator de impacto, há 5 anos, de 3,235, quando da escrita deste artigo. Muitas das publicações são revistas associadas a organizações profissionais, como é o caso do JEE, que está associada à ASEE, ou o EJEE, que está associado à Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs (SEFI).

Apesar de a IEE ter vindo a se constituir, desde há mais de 20 anos, como uma área de investigação prioritária nos EUA e na Austrália, registrando-se também iniciativas para o seu desenvolvimento autónomo na Europa, apenas agora a sua importância começa a ser reconhecida. No contexto de Portugal, foram financiados pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) um total de apenas três projetos de IEE na última década, enquanto nos EUA, mesmo considerando a diferença de dimensão e recursos, o número foi de 1.375, com um financiamento médio superior a mais do dobro (BORREGO; OLDS, 2011).

Em Portugal, as condições estruturais só recentemente têm vindo a ganhar expressão. Em 2009, foi criada a Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia, que tem como objetivo estatutário a “promoção da educação em engenharia através da formação de professores, da difusão de projetos, do intercâmbio e cooperação entre pessoas e instituições e da análise e resolução de problemas, no âmbito da educação em engenharia”. Em 2011, foi criada a Associação PAEE – Projetos para a Aprendizagem e Ensino em Engenharia, que tem por fim investigar, aplicar e promover metodologias de aprendizagem baseada em projetos/problemas

<sup>2</sup> Disponível em: <[http://www.ecm.uwa.edu.au/staff/learning/what\\_is\\_fase](http://www.ecm.uwa.edu.au/staff/learning/what_is_fase)>.

(ABP) em Engenharia, bem como outras formas de aprendizagem ativa. Mencione-se, ainda, o IEEE Education Society – Portugal Section Chapter, criado em 2005, dedicado à Educação em Engenharia Eletrotécnica e Eletrônica.<sup>3</sup>

Em termos de formação pós-graduada, ainda não há em Portugal cursos de mestrado ou doutoramento específicos da área. Identificam-se, no entanto, vários trabalhos de doutoramento registrados em áreas correlacionadas que têm como objeto de estudo temas de EE, um percurso, aliás, idêntico ao verificado nos primórdios do desenvolvimento do campo de investigação nos EUA e na Austrália. A título de exemplo, na Universidade do Minho, foram já concluídos dois doutoramentos em Educação centrados na EE (FERNANDES, 2011; VAN HATTUM-JANSSEN, 2004) e estão em curso mais doutoramentos nessa e em outras universidades, que já deram origem a publicações (OLIVEIRA; ESTIMA DE OLIVEIRA, 2010; WILLIAMS; FIGUEIREDO, 2011).

Quanto a eventos organizados em Portugal ou por IES portuguesas, podemos citar as edições do Simpósio Internacional PAEE (Project Approaches in Engineering Education), organizado pela Universidade do Minho, em cooperação com a SEFI e a ASIBEI (Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería), que ocorreram em Guimarães (2009), Barcelona (2010), Lisboa (2011) e São Paulo (2012). A ICEE 2007 (International Conference on Engineering Education decorreu em Coimbra, e se deve destacar também a First World Engineering Education Flash Week (Lisboa, 2011), que consistiu numa congregação de eventos na área da EE. É ainda de se notar a organização, por membros da comunidade portuguesa, do Engineering Practice Roundtable, associado ao REES 2011.

Ainda acerca dos critérios estruturais no contexto português, têm-se realizado atividades de disseminação dedicadas a diversos

temas de EE, objeto de estudo da IEE. Podem referir-se como exemplos as oficinas lideradas por convidados de renome internacional, como Richard Felder, Susan Zvacek, ou John Cowan, e ainda eventos liderados por especialistas de universidades com tradição e experiência em temas específicos de EE, como a Universidade de Aalborg, reconhecida pela sua experiência em ABP, ou a Universidade de Loughborough, com ampla experiência no desenvolvimento de projetos de alunos com a indústria. Ao mesmo tempo, os membros da comunidade portuguesa de EE têm vindo a ser solicitados como oradores ou líderes de oficinas, em Portugal e no estrangeiro, divulgando a sua experiência em IEE. Como exemplo, pode-se registrar as colaborações com a University of Western Australia, a University of Technology of Sydney, a Universidad Politécnica de Madrid, a Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, as universidades de Cornell, Purdue e Virginia Tech dos EUA, bem como Brasília, São Paulo, Juiz de Fora e Caxias do Sul (Brasil), e ainda a Aalto University (Helsínquia), a Aston University (UK), ou o Dublin Institute of Technology.

### *Critérios intrainvestigação*

Os critérios intrainvestigação que Fensham (2004) identifica tocam na essência do campo de investigação e abordam a sua identidade em termos de conteúdo, no que diz respeito à ontologia e à epistemologia. Tratando-se de um campo de investigação interdisciplinar, essa análise é complexa, já se encontra em fase de transição entre a mera descrição de (supostamente) boas práticas de ensino e aprendizagem, muito influenciadas por abordagens positivistas importadas da tradição de investigação das Ciências Exatas, e um campo de investigação empírica, em que as abordagens interpretativas assumem um papel cada vez mais relevante. Antes de abordar a epistemologia da EE, destaca-se brevemente a epistemologia do próprio campo de Engenharia, para ilustrar a multiplicidade do campo em discussão. Dias de Figueiredo, em Adams *et*

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://ewh.ieee.org/r8/portugal/education/>>.

al.(2011), identifica a epistemologia de Engenharia como resultante da agregação de quatro dimensões, numa relação transdisciplinar: 1) a dimensão das Ciências Exatas, dentro da qual a Engenharia é vista como aplicação das ciências de base, com lógica e rigor, através de análise e experimentação; 2) a dimensão das Ciências Sociais, em que engenheiros não são só tecnólogos, mas também especialistas sociais, gerentes e empreendedores que reconhecem a complexidade social do mundo e do mercado em que agem e das equipes que integram; 3) a dimensão de *design*, que considera a Engenharia como impulsionada por *design* e valoriza mais o pensamento sistêmico do que o pensamento analítico; e 4) a dimensão profissional/artesanal, referente ao fazer na prática e ao produto do trabalho. A dimensão de *design* marca significativamente a epistemologia da Engenharia, nas suas diferentes realidades: *design* como análise funcional, *design* como resolução de problemas, *design* como posicionamento do problema e *design* como aprendizagem emergente. Essa epistemologia da Engenharia realça a multiplicidade da epistemologia da EE, que não se reconhece numa identificação somente ligada às ciências de base e suas aplicações.

As questões colocadas por Fensham (2004) relativamente à identidade do campo de IEE foram abordadas num *Special Report* do JEE (2006), em que os autores delinearão cinco áreas de investigação, começando pela epistemologia de EE. Essa área de investigação preocupa-se em identificar em que consiste o conhecimento específico em EE e caracteriza-se por quatro temas de indagação:

- Quais os conhecimentos, capacidades, processos, valores e atitudes que caracterizam a EE como campo específico, e como mudam esses elementos ao longo do tempo?
- Como é que elementos como inovação, pensamento crítico, biologia, matemática, física, ciências de engenharia, resolução de problemas, *design*, análise e comunicação se relacionam entre si para caracterizar um núcleo da Engenharia como profissão?
- Qual é a fonte desses elementos, e como são formados? A Engenharia é caracterizada pelas pessoas que serve, pelos problemas a que dá resposta, pelo conhecimento que utiliza para a resolução de problemas, pelos métodos de aplicação de conhecimento, ou pela sua relevância e impacto social?
- Qual é a ligação entre o que se ensina aos alunos e a forma como eles exercem a sua prática profissional?

A segunda área definida no referido relatório diz respeito aos Mecanismos de Aprendizagem em Engenharia e centra-se na forma como os conhecimentos, capacidades e atitudes dos alunos influenciam o que aprendem e de que forma aprendem. Nesse domínio, os autores identificam três temas de indagação:

- A aquisição, compreensão e sintetização de conhecimentos específicos necessários para atingir um determinado objetivo de aprendizagem.
- A evolução demonstrada pelos alunos nos seus processos de aprendizagem, em função da identidade profissional como engenheiro.
- A variação entre alunos em termos de conhecimentos, capacidades e atitudes. O que impede, dificulta ou facilita a aprendizagem?

Outra área identitária da IEE identificada pelos mesmos autores é a dos Sistemas de Aprendizagem em Engenharia. Essa área dedica-se à cultura institucional, à sua infraestrutura e à epistemologia da docência em Engenharia. Visa a analisar elementos específicos dos processos de aprendizagem em Engenharia sem se fundamentar unicamente na literatura relacionada com outras áreas, como a literatura dedicada à aprendizagem no ensino básico e secundário, ou à aprendizagem em Ciências. As suas questões centrais são:

- Que teorias pedagógicas podem fundamentar a comunidade de EE nas suas decisões quanto ao sistema educacional (currículo, unidades curriculares, estrutura organizacional, práticas pedagógicas)?

- Como se pode caracterizar a cultura de ensino nas engenharias (interação social, conceitos sobre ensino e aprendizagem, etc.)
- Que teorias sistêmicas podem orientar a sustentabilidade e a melhoria contínua dos sistemas de EE nos diversos contextos? Essa questão também inclui a exploração da integração interdisciplinar entre a Engenharia e áreas como as humanidades, as Ciências Sociais, ou as Ciências Naturais.

Os conceitos de “diversidade e inclusão” constituem o objeto da quarta área de IEE. As contribuições para as respostas aos desafios sociais e globais e a relevância da profissão são os temas dessa área, centrando-se na relação entre Engenharia e sociedade e na compreensão do papel da diversidade nos processos, por exemplo, do trabalho em equipe, da criatividade, da inovação, do empreendedorismo e da liderança. Todos esses aspectos carecem de trabalho de investigação que sustente o desenvolvimento de uma comunidade diversificada de engenheiros e docentes em Engenharia.

A última área de investigação traçada no relatório diz respeito à Avaliação em Engenharia. Essa área foca-se no desenvolvimento de métodos de avaliação, instrumentos e métricas que permitam informar a comunidade de EE quanto à validade e ao impacto dos desenvolvimentos colocados no terreno. A avaliação, como em outros domínios educativos, é um elemento-chave na melhoria contínua de EE. Desenvolver métodos que permitam avaliar não só as aprendizagens dos alunos, mas também os sistemas e modelos implementados é primordial no estabelecimento e validade do campo de investigação.

Analisando os trabalhos de investigação em IEE, em Portugal, os estudos na área de questões curriculares e pedagogia são dominantes. Que conhecimentos e capacidades devem fazer parte do currículo dos cursos de Engenharia, que métodos pedagógicos utilizar e como desenvolver a avaliação das aprendizagens (LEITE *et al.*, 2011) são as questões mais recorrentes. Questões relacionadas com a

epistemologia, a inclusão, o gênero e a ética ainda não são estudadas de forma muito visível pelos investigadores em Portugal. Esse aspecto poderá ser explicado pelo ainda reduzido número de investigadores, que trabalham de forma pouco articulada entre si. Com o desenvolvimento expectável desse campo de investigação, em Portugal, espera-se que se constitua a massa crítica necessária para abordar também essas prementes questões de investigação. Nesse aspecto, a colaboração de investigadores das Ciências Sociais e das Ciências da Educação constituiria uma mais-valia importante.

### ***Crítérios de resultado***

As implicações da investigação para a prática são o último tipo de critérios discutidos por Fensham (2004). É provável, segundo o autor, que os resultados de investigação num campo específico causem impacto na prática nesse campo, ou seja, que a IEE seja influenciada pelos seus resultados. Na definição do impacto da investigação na prática da EE dificilmente se distingue a influência da IEE como fator singular, já que é um campo interdisciplinar, em que diferentes áreas associadas ao ensino superior, como, por exemplo, a psicologia da aprendizagem e a pedagogia, também têm impacto. Por outro lado, uma vez que muitos dos estudos realizados na área podem ser caracterizados como *scholarly teaching* (BORREGO, 2007), uma estreita ligação entre a investigação e a prática é inerente ao campo. Esses estudos mais ligados à prática pedagógica e/ou curricular têm muitas vezes como objetivo implícito, para além do objetivo explícito da disseminação de resultados e a construção de teoria na área, a procura do apoio da comunidade profissional. Em relação à disseminação e implementação dos resultados da IEE, não encontramos nenhum estudo de alcance significativo, quer nacional, quer ao nível europeu. Talvez seja prematuro esperar que se evidenciem resultados de disseminação numa área que ainda está em fase de implantação no contexto português. Aliás,

apesar do grande investimento feito nos EUA ao longo das últimas décadas, um amplo estudo publicado recentemente (BORREGO *et al.*, 2012) revelou um nível de adoção de abordagens pedagógicas inovadoras francamente abaixo das expectativas. Uma possível explicação para esse fenômeno nos EUA (e que cremos também ser aplicável ao contexto nacional) prende-se aos resultados de outro estudo publicado em 2012 (HAZEN *et al.*, 2012), que sugere que a implementação de novas abordagens pedagógicas é dependente de nove fatores no total, sendo a qualidade e a vantagem relativa da própria inovação apenas o primeiro deles. Outros fatores incluem a existência de apoio por parte das direções das instituições, a facilidade de implementação, a complexidade e as questões logísticas associadas à implementação das iniciativas. Não se pode, igualmente, deixar de mencionar que os resultados de investigação sobre ABP no contexto da Engenharia (por exemplo, na Universidade de Aalborg) têm, paulatinamente, vindo a encorajar instituições de formação em Engenharia a implantar, nem que apenas parcialmente, modelos curriculares em que a ABP tem um papel importante. A Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda (Universidade de Aveiro) e o Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho constituem exemplos nacionais desse impacto.

### ***O contexto português***

Apesar de, neste artigo, o contexto português ter sempre vindo a ser mencionado nas várias dimensões discutidas, faz sentido olhar para alguns aspetos adicionais, no que diz respeito à IEE.

Um metaestudo que incluiu mais de 800 artigos de investigação empírica, publicados entre 2005 e 2008, na área da IEE (JESIEK *et al.*, 2011), demonstrou que mais de 50% dos artigos provinham dos EUA e da Austrália, e que a contribuição portuguesa não ultrapassava 1%. Jesiek também notou que a colaboração internacional entre autores dos artigos analisados era baixa, e as suas

propostas preliminares no sentido de alterar esse perfil não previam a inclusão de Portugal. Entre 2008 e 2011, o número de artigos em revistas como o EJEE, o JEE, o IJEE, o JPIEEP e o IEEE TEd quase não aumentou. Só se verifica um ligeiro aumento do número de artigos publicados no EJEE. Esses dados resultam de um breve levantamento do número de artigos com autores de afiliação portuguesa, publicados nas revistas mencionadas, incluindo ainda o GJEE, e detalhados na Tabela 1. Esse levantamento teve por fontes as bases de dados SCOPUS e EBESCO, que incluem as revistas de referência em EE.

Na sequência desta análise, e numa altura em que um relatório geral da ASEE, financiado pela US National Science Foundation (ASEE, 2009), apela à criação de uma “Culture for Scholarly and Systematic Innovation in Engineering Education”, pensamos que estamos perante uma oportunidade para a academia portuguesa abraçar seriamente esse domínio de conhecimento, sob pena de não acompanharmos o desenvolvimento internacional na área, com as consequências que isso implicaria para a qualidade e reconhecimento das formações portuguesas em Engenharia.

É de notar que a ASEE, já em 2007, assumia a IEE como área disciplinar, justificando essa classificação com base na visão da National Academy of Engineering americana, relativa ao perfil desejável do engenheiro em 2020 (National Academy of Engineering, 2005). Na Austrália e no Reino Unido, a tendência é análoga e há um consenso abrangente acerca do fato de que, para enfrentar os desafios que os engenheiros irão encontrar no futuro, é essencial que se operem mudanças no ensino de Engenharia que são transformacionais e não apenas incrementais. Nesse sentido, os autores advogam a absoluta necessidade de, no contexto nacional do sistema de ensino de Engenharia, se desenvolver uma abordagem baseada em investigação educacional sistemática, com um rigor e grau de exigência semelhante ao das disciplinas tradicionais de Engenharia, mas

com a diversidade epistemológica que caracteriza um campo interdisciplinar como o que neste artigo se discute. Douglas *et al.* (2010) alertam para a epistemologia parcial e a dominância paradigmática que pode dificultar a transição do campo para um paradigma mais interpretativo, e defende uma discussão explícita das epistemologias e metodologias entre os investigadores.

Tabela 1. Publicações com autores de afiliação portuguesa em 2000-2012.

	JEE	EJEE	IEE	GJEE	IEEE ToE	JPIIEP	Total
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	1	1	0	0	0	0	2
2002	0	0	1	0	2	0	3
2003	0	0	1	0	0	0	1
2004	0	5	1	0	1	0	7
2005	0	1	2	0	1	0	4
2006	0	2	2	0	0	0	4
2007	0	4	1	0	0	0	5
2008	0	0	2	0	0	1	3
2009	0	3	0	0	0	0	3
2010	0	0	1	0	0	0	1
2011	1	5	2	0	0	1	9
2012	0	3	2	1	1	0	7
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>49</b>

No âmbito da cooperação internacional, curiosamente, há vários exemplos de participação continuada de investigadores portugueses em iniciativas, conferências e *workshops* dedicados ao desenvolvimento da IEE, nomeadamente na Europa. É o caso dos três autores deste artigo, que, entre si, podem

enunciar colaborações com o SEFI-WGREE, a NNER, o BSIGREE, a REEN e a Line B da EUGENE Academic Network, em cujo âmbito teve lugar, recentemente, a European Summit on Research in Engineering Education, em Leuven. Outros exemplos de cooperação internacional de investigadores portugueses nessa área poderão facilmente ser encontrados. Refere-se ainda a participação de investigadores portugueses em na arbitragem científica de conferências internacionais e em revistas, como as já mencionadas JEE e EJEE.

Outro exemplo ainda é a colaboração entre investigadores da University of Western Australia, do Instituto Superior Técnico, e do Instituto Politécnico de Setúbal, no projeto “What Engineers Do”, e que visa a comparar dados empíricos acerca do trabalho no dia-a-dia de engenheiros, em Portugal e na Austrália. O estudo envolve engenheiros de empresas nacionais, como a PT, EDP, Ydreams, e Coba, e internacionais, como a Synopsys, Logica, e a Ford.

Outro aspecto relevante para o desenvolvimento da IEE prende-se à sua articulação com as Ciências da Educação (CE), já anteriormente afluída neste artigo. O contributo das CE na discussão sobre a epistemologia é crucial para o desenvolvimento do campo de IEE. Mas, até agora, quer internacionalmente, quer em Portugal, o interesse dos investigadores em CE pela IEE é reduzido. As razões para essa adesão limitada podem ser várias, destacando-se, em primeiro lugar, o pressuposto (quase preconceito) de uma caracterização unicamente pós-positivista do campo, que deixa pouco espaço para uma investigação crítica. A contrariar esse pressuposto, salienta-se o trabalho de Baillie (2009), que incide de forma crítica sobre questões de justiça social, cidadania, ética, gênero e ambiente, e o papel que a Engenharia e a Ciência tiveram e deveriam ter nesses domínios. Esse tipo de trabalho, a que poderíamos acrescentar outros são, por enquanto, exceções na IEE. Torna-se, assim, ainda mais relevante um envolvimento maior de investigadores das CE, que podem e devem contri-

buir para a definição desse campo emergente, e colocar na ordem do dia, para o campo de IEE, as mesmas questões que se colocam em outras áreas de ensino e aprendizagem. As questões de Aoki, por exemplo, quanto à avaliação curricular, são muito significativas na formação de engenheiros. Passamos a enunciá-las (AOKI, 1991, p.75):

- Quais as visões subjacentes a um dado currículo?
- Quais as visões implícitas do planejador curricular sobre professores e alunos?
- Ao nível da sua raiz, o currículo está a servir o interesse de quem?
- Quais as metáforas que guiam o planejador, o implementador e o avaliador do currículo?
- Quais os preconceitos básicos das editoras e dos autores de materiais/bibliografia recomendados?
- Qual a visão do mundo que transparece do currículo?

Nas áreas da pedagogia, políticas educativas e filosofia, entre outras, verifica-se uma idêntica ausência de investigadores no campo de IEE. Essas tendências devem, na opinião dos autores, ser objeto de reflexão, com o intuito de estabelecer pontes sólidas entre aquelas áreas de investigação e o campo de IEE, já que, por força da sua natureza, estão inevitavelmente interligadas.

## NOTAS FINAIS

No contexto descrito, e pressupondo que Portugal deve acompanhar a tendência mundial de desenvolvimento desse domínio de investigação, é essencial uma estratégia de cooperação nacional e internacional que crie a massa crítica necessária para desenvolver projetos ambiciosos, estruturados e cujos resultados possam ser significativos. No âmbito nacional, é fundamental que os poucos investigadores que têm vindo a desenvolver trabalho de forma isolada e esporádica procurem estabelecer redes de cooperação para que os seus projetos ganhem a dimensão e o reconhecimento suficientes para granjear financiamento e se tornem apelativos para

investigadores de áreas como as CE e as Ciências Sociais. A cooperação desses investigadores, tal como já foi debatido, pode ser um elemento extremamente valioso nesse campo de investigação, eminentemente transdisciplinar. Ainda a esse respeito, cremos que, como Aditya Johri, da Virginia Tech, e Barbara Olds, da US National Science Foundation, salientam num recente artigo de opinião (JOHRI, OLDS, 2011), existe um potencial significativo para a IEE tirar proveito do conhecimento já desenvolvido pela comunidade das ciências de aprendizagem. É de notar que as faculdades de Engenharia das universidades de Purdue e Virginia Tech já contam, nos seus quadros, com especialistas nessa área. Acreditamos que um trabalho conjunto, em Portugal, entre investigadores das várias áreas, poderia permitir um processo de aprendizagem com benefícios mútuos.

É ainda imperioso aproveitar os embriões de parcerias internacionais, algumas já mencionadas, capitalizando as oportunidades para a participação em projetos com dimensão considerável, e acompanhando a tendência internacional de desenvolvimento desse campo de investigação. Coordenar esforços de cooperação nacional com as parcerias internacionais assume-se, assim, na opinião dos autores, como uma prioridade para que Portugal não “perca o barco” nesse domínio de investigação, que pode ser estratégico para o desenvolvimento da formação em Engenharia, por sua vez, essencial na resposta que as sociedades modernas poderão dar aos desafios de evolução tecnológica que se lhes colocam. Para isso, será preciso reconhecer o campo de IEE, não como campo relacionado com a legitimação da globalização, centrado principalmente no crescimento económico, ou de progresso meramente tecnológico, mas como campo que se preocupa também com a transformação social e individual, sem limitar a tecnologia a uma interpretação da alienação ou do instrumentalismo (VERBEEK, 2006). Reconhecer o papel do engenheiro na sociedade como mediador do ambiente material (VERBEEK, 2006) e,

assim, reconhecer que a formação dos engenheiros deve ser alvo de investigação e reflexão, pode contribuir para uma maturação do campo de IEE em Portugal.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.; EVANGELOU, D.; ENGLISH, L.; Figueiredo, A. D.; MOUSOULIDES, N.; PAWLEY, A. L.; SCHIFELLITE, C.; STEVENS, R.; SVINICKI, M.; TRENOR, J. M.; WILSON, D. M. Multiple perspectives on engaging future engineers. *Journal of Engineering Education*, v. 100, n. 1, p. 48-88, 2011.
- AOKI, T. Interests, knowledge, and evaluation: alternative approaches to curriculum evaluation. In: HLYNKA, D.; BELLAND, J. (editors.), **Paradigms regained**. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publication, 1991. p. 23-35.
- BAILLIE, C. **Engineering and society: working towards social justice**. Part I: Engineering and society. San Rafael, CA: Morgan & Claypool Publishers, 2009.
- BORREGO, M. Development of engineering education as a rigorous discipline: a study of the patterns of four coalitions. *Journal of Engineering Education*, v. 96, n. 1, p. 5-18, 2007.
- BORREGO, M.; FROYD, J. E.; HALL, T. S. Diffusion of engineering education innovations: a survey of awareness and adoption rates in U.S. Engineering Departments. *Journal of Engineering Education*, v. 99, n. 3, p. 185-207, 2010.
- BORREGO, M.; OLDS, B. Analysis of trends in United States National Science Foundation funding of engineering education: 1990-2010. **Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium**. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2011. p. 168-175.
- DOUGLAS, E. P.; KORO-LJUNGBERG, M.; BORREGO, M. Challenges and promises of overcoming epistemological and methodological partiality: advancing engineering education through acceptance of diverse ways of knowing. *European Journal of Engineering Education*, v. 35, n. 3, p. 247-257, 2010.
- FENSHAM, P. J. **Defining an identity: the evolution of science education as a field of research**. New York. Springer Publishing Company. 2004.
- FERNANDES, S. **Aprendizagem baseada em projectos no contexto do Ensino Superior: avaliação de um dispositivo pedagógico no ensino de Engenharia**. Tese de doutoramento. Braga: Universidade do Minho, 2010.
- HAGHIGHI, K. Quiet no longer: birth of a new discipline. *Journal of Engineering Education*, v. 94, n. 4, p. 351-353, 2005.
- HAZEN, B. T.; YUN, W.; SANKAR, C. S. Factors that influence dissemination in engineering education. *IEEE Transactions on Education*, v. 55, n. 3, p. 384-393, 2012.
- JESIEK, B. K.; BORREGO, M.; BEDDOES, K.; HURTADO, M.; RAJENDRAN, P.; SANGAM, D. Mapping global trends in engineering education research, 2005–2008. *International Journal of Engineering Education*, v. 27, n. 1, p. 77-90, 2011.
- JESIEK, B.; BORREGO, M.; BEDDOES, K. Advancing global capacity for engineering education research: relating research to practice, policy and industry. *European Journal of Engineering Education*, v. 35, n. 2, p. 117-134, 2010.
- JOHRI, A.; OLDS, B. Situated engineering learning: bridging engineering education research and the learning sciences. *Journal of Engineering Education*, v. 100, n. 1, p. 151-185, 2011.
- LEITE, C.; MOURAZ, A.; TRINDADE, R.; FERREIRA, J. M.; FAUSTINO, A.; VILLATE, J. E. A place for arguing in engineering education: a study on students' assessments. *European Journal of Engineering Education*, v. 36, n. 6, p. 607-616, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Educating the engineer of 2020: adapting engineering education to the new century**. Washington, DC: The National Academies Press, 2005.
- OLIVEIRA, J. M.; ESTIMA DE OLIVEIRA, J. P. Important Problem Features for the Promotion of Conceptual Understanding in Introductory Electronics. **Proceedings of the Joint International IGIP-SEFI Annual Conference**. Trnava, 2010.
- The research agenda for the new discipline of engineering education. Special report. *Journal of Engineering Education*, v. 95, n. 4, 259-261, 2006.
- VAN HATTUM-JANSSEN, N. **A study of the influence of assessment on quality of student learning in engineering education**. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho, 2004.
- VERBEEK, P. P. Tecnópolis: a vida pública dos artefactos tecnológicos. *Análise Social*, v. XLI, n. 181, p. 1105-1125, 2006.
- WILLIAMS, B.; FIGUEIREDO, J. Engineering practice – an empirical study. **Proceedings of the SEFI Annual Conference**. Lisbon, 2011.

---

## DADOS DOS AUTORES



**Natascha van Hattum Janssen** – Natascha van Hattum-Janssen é professora de Métodos de Investigação na Saxion Universidade de Ciências Aplicadas em Enschede, Holanda, desde 2013. Antes, trabalhou durante 18 anos na Universidade do Minho, em Portugal, onde se doutorou em Educação e onde foi investigadora na área de Investigação em Engenharia, com ênfase especial na Aprendizagem por Projeto. É *referee* do *European Journal on Engineering Education*, de cujo comitê editorial também é membro.



**Bill Williams** – Bill Williams é docente na ESTBarreiro do Instituto Politécnico de Setúbal, docente convidado do IST, Lisboa e colaborador do Centro de Estudos de Gestão do IST. Coeditou e contribuiu com um capítulo do livro *Engineering practice in a global context: understanding the technical and the social*, CRCPress/Taylor and Francis, 2013.



**José Manuel Oliveira** – José Manuel Nunes de Oliveira é professor adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda – Universidade de Aveiro (ESTGA-UA). Assumiu um papel relevante na coordenação da implementação do Modelo de Aprendizagem Baseado em Projectos da ESTGA-UA e tem vindo a desenvolver investigação em Educação em Engenharia, encontrando-se a concluir o trabalho de Doutoramento nesta área. É *referee* do *Journal of Engineering Education* (publicado pela American Society for Engineering Education), do *International Journal on Engineering Education* e do *European Journal on Engineering Education*, de cujo comitê editorial é igualmente membro.