BOLETIM APDIO 53

2º Semestre de 2015

Editores:
Ana Luísa Custódio
Isabel Correia

EDITORIAL

Com o final do ano 2015, cessam igualmente as funções da actual Comissão Directiva da APDIO e dos respectivos Orgãos Sociais. Assim, o presente número do Boletim inicia com uma Nota de Abertura do Presidente da APDIO, Domingos Moreira Cardoso, que nos faz um balanço da actividade desenvolvida ao longo destes dois últimos anos de mandato.

No passado mês de Setembro, decorreu em Portalegre o XVII Congresso da APDIO que mais uma vez permitiu reunir um grande número de colegas que trabalham em Investigação Operacional. Ana Paula Póvoa e João Miranda, presidentes das Comissões de Programa e de Organização, respectivamente, relatam-nos como decorreu este encontro no artigo que encerra a secção de Notícias.

Ao longo dos quatro anos como editoras do Boletim procurámos sempre associar a cada novo número uma temática que considerássemos relevante para a comunidade de IO. Embora outras escolhas pudessem ter sido feitas, este último número que editamos é dedicado ao tema "A IO e a Educação". Afinal, não serão a educação e o ensino a base da formação de profissionais de qualidade? Assim, Maria Antónia Carravilla e José Fernando Oliveira, descrevem-nos alguns recursos actualmente disponíveis, a nível nacional e internacional, que podem ser usados para a educação em IO, identificando lacunas e desafios que se colocam nesta área. Ana Paula Teixeira, João Miranda e Margarida Pato, na rubrica Técnicas de IO, elucidam-nos acerca do estudo sobre a educação em IO que está a ser desenvolvido no âmbito de um projecto de cooperação internacional envolvendo parceiros de instituições pertencentes ao EURO (Association of the European Operational Research Societies). Por último, na secção IO em Acção, Ruy Costa dá-nos uma panorâmica da evolução do ensino da IO na FCT/UNL.

Ainda em linha com a temática deste Boletim, o nosso entrevistado é Luís Nunes Vicente, professor catedrático na Universidade de Coimbra, recentemente galardoado com o prestigiado Prémio Lagrange.

A secção Portugueses em IO pelo Mundo dá-nos a conhecer a jovem, mas promissora, carreira de Afonso Bandeira, que nos fala do seu percurso de estudante, desde Portugal até Princeton, nos EUA, onde actualmente reside.

Ainda dando Lugar aos Novos, Armindo Soares e Carina Pimentel apresentam-nos uma heurística de apoio à produção numa indústria de pavimentos e revestimentos cerâmicos.

Por último, desejamos as maiores felicidades aos novos Corpos Directivos da APDIO, e em particular à próxima comissão editorial do Boletim. Pela nossa parte, resta-nos despedir, dizer que foi um prazer poder contar com a vossa companhia ao longo destes quatro anos e que aguardamos com expectativa o número 54, agora como leitoras!

Ana Luísa Custódio
Isabel Correia

02
NOTÍCIAS
Nota de Abertura do Presidente da APDIO
Domingos Moreira Cardoso
IO 2015 – XVII Congresso Nacional da APDIO
Ana Paula Barbosa-Póvoa e João Luís de Miranda

04
ARTIGO DE OPINIÃO
Recursos para a educação em Investigação Operacional: passado, presente e desafios para o futuro
Maria Antónia Carravilla e José Fernando Oliveira

07
ENTREVISTA
Luís Nunes Vicente

09
TÉCNICAS DE IO
Educação em Investigação Operacional no Ensino Superior: a primeira fase de um estudo europeu
Ana Paula Teixeira, João Luís de Miranda e Margarida Pato

11
PORTUGUESES EM IO PELO MUNDO
Afonso Bandeira

12
IO EM ACÇÃO
A evolução do Ensino da IO na FCT/UNL
Ruy Costa

15
LUGAR AOS NOVOS
Heurística de programação da produção de uma indústria de pavimentos e revestimentos cerâmicos
Armindo Soares e Carina Pimentel

NOTA DE ABERTURA DO PRESIDENTE DA APDIO

Domingos Moreira Cardoso,
Departamento de Matemática,
Universidade de Aveiro / APDIO

Estão a completar-se quatro anos de dois mandatos seguidos como Presidente da Comissão Directiva da APDIO. Durante este período, foi um privilégio imenso e uma enorme honra estar à frente desta nossa associação científica e poder contar com a colaboração amiga, empenhada e solidária dos colegas Ana Póvoa, Carlos Henggeler Antunes e Ismael Vaz, em ambas as Comissões Directivas, Luís Gouveia, Pedro Oliveira e Ana Luísa Custódio, na primeira, e Ana Viana, Miguel Constantino e Isabel Correia, na segunda. Foi também muito gratificante o relacionamento que tivemos com os restantes órgãos da APDIO, nos quais pudemos contar sempre com a disponibilidade e entrega dos colegas da Mesa da Assembleia Geral, Manuel Matos (Presidente) e Ruy Costa em ambos os mandatos, Maria João Alves no primeiro e Maria Clara Vaz no segundo e do Conselho de Auditoria, Rui Oliveira (Presidente) e Rui Alves (relator) em ambos os mandatos, Filipe Alvelos no primeiro e Pedro Oliveira no segundo.

Foram quatro anos muito ricos do ponto de vista das mudanças operadas no funcionamento da APDIO e das múltiplas iniciativas que foram tomadas e que tiveram uma participação de associados que sempre nos estimulou. Seria certamente abusar dos objectivos desta pequena nota, enumerar todas as actividades realizadas e se o fizesse corria o risco de algumas me escaparem. As mais importantes constam nos respectivos relatórios de actividades, com excepção das realizadas durante este ano que naturalmente vão fazer parte do próximo relatório. Prefiro assim orientar esta pequena nota para a importância que a APDIO tem tido ao longo dos anos, enquanto Associação Científica que congrega uma comunidade de investigadores e utilizadores de IO que se distribuem pelas mais variadas instituições de ensino superior portuguesas e não só, e por inúmeras empresas e outras entidades com intervenção e posicionamento social da maior relevância. No entanto, não posso passar sem destacar o excelente trabalho que tem sido feito pela equipa editorial deste boletim, constituída pelas minhas colegas Ana Luísa Custódio e Isabel Correia. A divisão temática entre os diferentes números tem sido uma aposta muito bem conseguida e a qualidade gráfica e de conteúdos tem continuado a ser um motivo de orgulho para a APDIO.

A APDIO foi criada em 1978 e formalmente instituída em 1980, e desde então tem tido um papel fundamental na comunidade portuguesa de todos quantos se dedicam directa ou indirectamente à IO. A nível internacional destaca-se, logo no seu início, a participação na *International Federation of Operational Research Societies* - IFORS e mais tarde na *Association of European Operational Research Societies* – EURO e o seu envolvimento na fundação da *Asociación Latino-Iberoamericana de Investigación Operativa* – ALIO. Nos seus 35-37 anos de existência, tem contado com a colaboração de destacados e prestigiados membros que pelo seu grande número não me atrevo a listar, sem deixar de aproveitar para referir o primeiro Presidente da APDIO, o Prof. Luís Valadares Tavares, que no próximo ano celebra 70 anos. A APDIO não podia deixar de se associar a esta celebração e vai fazê-lo apoiando a publicação de um livro que se pretende que seja em sua homenagem, com o título "A Investigação Operacional em Portugal: Novos Desafios, Novas Ideias". É com grande prazer e entusiasmo que participo na equipa de editores, colaborando com os meus colegas Carlos Henggeler Antunes, Francisco Nunes Correia e Fernando Nunes da Silva. Estou certo que será mais uma iniciativa marcante à qual a APDIO se associa, contribuindo desta forma para destacar um dos seus mais ilustres membros. Sentimos que é esta também a nossa obrigação, não só pela gratidão que todos sentimos, como também pelo dever de enquanto Associação Científica chamarmos a atenção para os nossos grandes vultos.

Gostaria de finalizar esta pequena nota com algumas palavras sobre o futuro. Vêm aí novas eleições para os órgãos socias da APDIO nas quais estou certo que os associados vão participar, mais uma vez, de uma forma activa e generalizada. Estou muito optimista em relação ao futuro da APDIO, designadamente em relação à sua capacidade de afirmação no contexto nacional e internacional. Temos um leque muito alargado de excelentes investigadores o que contribui para estarmos entre as comunidades nacionais de IO mais interventivas. É de esperar que o comprometimento social e científico da APDIO seja crescente e atinja o nível que todos ambicionamos e a exigência que os novos problemas nos colocam. Eu acredito convictamente neste desígnio.

Domingos Moreira Cardoso

AGRADECIMENTO AOS AUTORES

Sendo este o último número do Boletim da APDIO que editamos, não podíamos deixar de agradecer a todos os Colegas que de forma generosa, muitas vezes tendo que reorganizar o seu tempo, aceitaram sempre com entusiasmo os nossos convites para colaborar nas diferentes secções do Boletim. Um grande bem-haja a todos, pois sem a vossa preciosa colaboração, este projecto não seria possível.

Adelaide Cerveira, Adelaide Freitas, Adília Fernandes, Afonso Bandeira, Agostinho Agra, Alcibíades Paulo Guedes, Ana Isabel Barros, Ana Moura, Ana Paias, Ana Paula Barbosa Póvoa, Ana Paula Teixeira, Ana Pereira, Ana S. Camanho, António J. Rodrigues, Armindo Soares, Beatriz Brito Oliveira, Bernardo Almada-Lobo, Carina Pimentel, Carlos Ferreira, Carlos Henggeler Antunes, Carlos Luz, Clara Vaz, Cláudio Alves, Domingos Moreira Cardoso, Eduardo Zúquete, Elias Awad, Filipe Carvalho, Helena Ramalhinho Lourenço, Humberto Rocha, Inês Marques, Isabel Gomes, Isabel Martins, Ismael Vaz, Joana Dias, João César das Neves, João Clímaco, João Falcão e Cunha, João Miranda, Joaquim Gromicho, Joaquim R. R. A. Martins, Jorge Orestes Cerdeira, Jorge Pinho de Sousa, José Craveirinha, José Fernando Oliveira, José Pinto Paixão, José Valério de Carvalho, Luís Carneiro, Luís Cavíque, Luís Nunes Vicente, Margarida Vaz Pato, Maria Antónia Carravilla, Maria Cândida Mourão, Maria Eugénia Captivo, Maria do Rosário Grossinho, Marta Castilho Gomes, Marta Mesquita, Miguel Anjos, Miguel Stilwell de Andrade, Pedro Martins, Pedro Oliveira, Pedro Sousa, Ricardo Magalhães, Ricardo Saldanha, Rodrigo Rodrigues, Rui Carvalho Oliveira, Ruy Costa, Soraia Carvalho, Tânia Pinto Varela, Tatiana Gonçalves de Sousa, Tatiana Tchemisova, Teresa Melo, Vera Lúcia Miguéis, Vladimiro Miranda

IO 2015 – XVII CONGRESSO NACIONAL DA APDIO

Ana Paula Barbosa-Póvoa,
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,
João Luís de Miranda,
ESTG, Instituto Politécnico de Portalegre / CERENA, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Na Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) do Instituto Politécnico de Portalegre (IPP), decorreu entre 7 e 9 de setembro de 2015 mais um congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional (XVII) – IO 2015. Este evento contou com a presença de muitos associados da APDIO e com um conjunto muito significativo de estudantes a desenvolver os seus trabalhos de doutoramento ou mestrado. Com uma organização muito simpática e que recebeu os congressistas de forma bem calorosa, os três dias do congresso foram intensamente participados pelos diversos membros da comunidade nacional de Investigação Operacional (IO).

Com uma temática bem atual, "IO & *Big Data*", o congresso envolveu 120 participantes e cerca de uma centena de apresentações organizadas em sessões plenárias, paralelas e especiais.

As sessões plenárias, todas elas de elevada qualidade, permitiram aos participantes do IO 2015 ficar a conhecer o que de mais relevante e atual se faz nas áreas de conhecimento como o *Big Data*, Transportes, Corte & Empacotamento. Estas plenárias foram proferidas respetivamente por Ayse Basar Bener (Universidade Ryerson, Toronto, Canadá), António Pais Antunes (Universidade de Coimbra, Portugal), e José Fernando Oliveira (Universidade do Porto, Portugal).

Os cerca de 100 trabalhos apresentados nas sessões paralelas foram sujeitos a uma avaliação prévia pela comissão de programa e foram disponibilizados no Livro de Resumos e CD preparados pela Comissão Organizadora. Importa salientar a elevada qualidade de todas as apresentações e o conteúdo científico dos trabalhos associados, demonstrando, em particular, a qualidade promissora dos jovens investigadores portugueses em IO.

Dos trabalhos submetidos para publicação no livro de atas do IO 2015, editado pela Springer Verlag, 29 foram selecionados e publicados como artigos. O Livro de Resumos e outros materiais, desenvolvidos em grande parte por docentes e estudantes dos cursos locais de Design de Comunicação e de Relações Públicas e Secretariado, foram compilados em CD.

Como sessões especiais referem-se as 2 sessões garantidas pela IBM sobre as ferramentas que disponibilizam em *Big Data*, *Analytics*, *Decision Optimization*, e para os desenvolvimentos em *Cloud*. Houve ainda uma sessão apresentada pelo grupo que se encontra a desenvolver um estudo sobre a educação da IO na Europa - *European Study on OR/MS Education*.

O IO 2015 contou ainda com o habitual EstudIO, que envolveu 5 boas e efetivas apresentações de alunos de mestrado e que decorreu sob a forma de sessão paralela regular.

Tal como tem vindo a ser prática dos congressos da APDIO, mais uma vez houve durante este congresso, na sessão de abertura, a entrega de dois prémios que visam respetivamente premiar o melhor trabalho de doutoramento e o melhor artigo publicado em revistas de circulação internacional pelos sócios da APDIO, nos dois anos anteriores ao congresso (2013 e 2014).

O prémio APDIO/IO2015, para a melhor tese de doutoramento, foi atribuído a Luís Guimarães, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, autor da tese *Advanced Production Planning Optimization in the Beverage Industry* em Engenharia Industrial e Gestão.

O Prémio Isabel Themido/IO2015, para o melhor artigo foi atribuído ex-aequo aos artigos:

- Agostinho Agra, Henrik Andersson, Marielle Christiansen, Laurence Wolsey, 2013, A maritime inventory routing problem: Discrete time formulations and valid inequalities, *Networks*, 62, 4, 297-314.

- Luís Guimarães, Diego Klabjan, Bernardo Almada-Lobo, 2013, Pricing, Relaxing and fixing under lot sizing and scheduling, *European Journal of Operational Research*, 230, 2, 399-411.

Atribuíram-se ainda duas menções honrosas aos artigos:
- Ana Maria Rocha, M. Fernanda Costa, Edite M. Fernandes, 2014, A filter-based artificial fish swarm algorithm for constrained global optimization: theoretical and practical issues, *Journal of Global Optimization*, 60, 2, 239-263.

- Yuji Nakagawa, Ross J. W. James, César Rego, Chanaka Edirisinghe, 2014, Entropy-Based Optimization of Nonlinear Separable Discrete Decision Models, *Management Science*, 60, 3, 695–707.

Desejando-se também o salutar convívio académico, as sugestões culturais foram do agrado geral, registando-se e agradecendo-se os apoios da Câmara Municipal de Portalegre, dos serviços de turismo, de transporte urbanos, das piscinas, e dos museus municipais.

Além do precioso suporte da IBM, é também de reconhecer o apoio do IPP e da ESTG, dos Serviços de Ação Social (SAS), bem como dos numerosos colaboradores que apoiaram a implementação e concretização deste congresso. Agradece-se ainda o significativo contributo da Springer Verlag na publicação do livro de atas do IO 2015.

Maria Antónia Carravilla e José Fernando Oliveira,
INESC TEC / Faculdade de Engenharia,
Universidade do Porto

RECURSOS PARA A EDUCAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL:

PASSADO, PRESENTE E DESAFIOS PARA O FUTURO

Neste artigo iremos abordar a educação em Investigação Operacional (IO), apresentando os vários recursos atualmente disponíveis nacional e internacionalmente. Desta análise resultará uma identificação de lacunas e oportunidades de desenvolvimentos nesta área. Ao usarmos a palavra "educação" em vez de "ensino" pretendemos salientar que o ensino (formal) é apenas uma das várias formas de educar, seja qual for a área. Finalmente, intimamente ligada à questão da educação em Investigação Operacional está a disseminação e promoção da área, pois afetam diretamente a capacidade de atração de públicos para as atividades de educação (e.g. estudantes para os cursos e graus com forte conteúdo de Investigação Operacional).

Começando pela identificação e análise do estado atual dos recursos relacionados com educação em Investigação Operacional, e a sua promoção, optamos por organizá-los em 6 categorias. Esta organização não é completa nem exaustiva, no sentido de cobrir todos os possíveis recursos ou instrumentos, correspondendo apenas a um arranjo do que sabemos existir.

1- Promoção da IO

As sociedades de IO mais desenvolvidas e com mais atividade de divulgação e promoção da IO são inquestionavelmente a "OR Society" (UK) [1] e a INFORMS (USA) [2]. Dirigidos a diferentes púbicos, incluindo a comunidade empresarial (a educação dos futuros clientes – enquanto promotores de projetos de I&D, consultoria e empregadores de graduados em IO – tem uma grande relevância para estas sociedades), diferentes materiais são produzidos, impressos e/ou disponibilizados *online* nos seus sítios da *internet*. A OR Society tem dois sítios da *internet* associados, "Learn About OR" [3] e "The Science of Better" [4] dirigidos para diferentes públicos. No sítio "Learn About OR" existe um vídeo de promoção da IO "What is OR?" , bastante interessante para estudantes que se estão a iniciar em IO terem uma visão geral das aplicações desta disciplina. O sítio do INFORMS está organizado para "Academics", "Practitioners" e "Students", com recursos dirigidos para cada um desses públicos.

Ainda numa perspetiva de promoção da IO, não se pode deixar de referir os prémios atribuídos pelo INFORMS e pelo EURO destinados a galardoar trabalhos de aplicação de IO que se destacam simultaneamente pela sua complexidade técnico-científica e pelo seu impacto prático. Referimo-nos aos prémios atribuídos pela INFORMS, Franz Edelman Award e Daniel Wagner Prize, e o EURO Excellence in Practice Award. A INFORMS disponibiliza ainda os vídeos das apresentações dos trabalhos finalistas dos seus prémios [5], que são em si mesmo um interessante recurso educacional e de promoção da IO.

2 - Materiais para ensino e aprendizagem

Os materiais disponíveis na *internet* para apoiar o ensino e aprendizagem formais de IO, no âmbito de disciplinas ou cursos formais, estão maioritariamente em língua inglesa. Disponibilizados pela OR Society temos os materiais acessíveis a partir do sítio "Learn about OR". Estes materiais estão organizados de acordo com a faixa etária dos estudantes a que se destinam (e.g. 11-14 anos, 14-16 anos, etc.) e incluem tipicamente notas para os professores, material de apresentação do tópico e exercícios para os estudantes. Pensada para outro público (estudantes de mestrado ou de doutoramento) é a série de livros EURO Advanced Tutorials in Operational Research [6] que tem a vocação de apresentar livros de texto em tópicos delimitados e avançados de IO que não são cobertos por livros de texto básicos e convencionais. No caso do INFORMS são propostos os TutORials in Operations Research [7], com uma edição por ano, e ainda os Topics in Operations Research [8]. Estes são exemplos de produção de materiais de ensino e aprendizagem de IO produzidos por sociedades de IO, mas uma busca na *internet* revela um manancial quase inesgotável de slides, notas de ensino e textos de apoio disponibilizados por professores de todo o mundo para os seus estudantes mas abertos ao mundo. Bons exemplo são as OR-Notes, disponibilizadas por John Beasley [9], e os materiais da autoria de Alexis Tsoukiàs [10].

Os materiais em língua portuguesa são mais escassos e, se no ensino ao nível do doutoramento a língua inglesa não é (ou pelo menos não devia ser) um obstáculo, ao nível da graduação justifica-se o uso de materiais em Português. Também aqui uma pesquisa na *internet* revela materiais acessíveis fora do âmbito estrito da disciplina onde são usados. Os próprios autores deste artigo têm a política de manter todos os materiais por si produzidos para o ensino de Investigação Operacional abertos ao mundo [11] e utilizáveis ao abrigo de uma licença "Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License".

3 - Conferências

As conferências são uma forma óbvia de educação e a IO tem uma longa tradição neste tipo de atividades. Antes de mais, enquanto educação ao longo da vida, atualização científica e tecnológica e partilha, para todos os investigadores e praticantes de IO. Sem dúvida que ao nível internacional as EURO-K Conferences [12], as conferências anuais da INFORMS [13] e a conferência mais dedicada às aplicações de IO – a POMS [14] são referências de todos bem conhecidas. Com o mesmo objetivo as sociedades nacionais organizam nos seus países uma conferência semelhante, papel que em Portugal cabe à APDIO e aos seus/nossos congressos bienais. Será de realçar a presença e o papel das palestras semi-plenárias das EURO-K Conferences neste domínio. Desde há alguns anos que em paralelo com as sessões de apresentações dos congressistas decorre uma série de palestras ditas semi-plenárias, sobre tópicos diversificados, muitas delas com um carácter tutorial e que são uma excelente oportunidade de formação.

No entanto, para audiências menos gerais e em particular para estudantes de doutoramento ("early stage researchers") são também organizados encontros com o formato de conferências. São exemplos as "SCOR – Student Conference on Operational Research" e as "Young OR" no Reino Unido, ou os ESWI - EURO Summer and Winter Institutes [15], organizados pelo EURO. Em todos os casos o formato "apresentação pelo participante" está presente, mas têm também presença significativa os tutoriais lecionados por investigadores mais experientes.

4 - Cursos de formação de formadores de IO

Poderá ser discutível se há lugar a formação de formadores numa certa área, ou se o domínio das técnicas e métodos da pedagogia e da didática e o conhecimento da área científica específica não são a forma certa de capacitar formadores, nomeadamente para o ensino superior. No entanto, a prática no ensino superior tem sido a de o recrutamento para a carreira docente se basear fundamentalmente no mérito científico dos candidatos. Assim, a formação pedagógica ao longo da carreira é uma necessidade e pode ser levada a cabo mais eficientemente, e de forma claramente mais

atrativa para os docentes, se aplicada à sua área científica, neste caso a IO. Atento a esta realidade, o INFORMS organizou durante vários anos um "INFORMS Annual Teaching of Management Science Workshop" [16]. Também a APDIO organizou já um workshop de um dia, com objetivos semelhantes [17].

5 - Cursos de formação em técnicas e metodologias de IO

Esta é uma área com uma oferta, ao nível internacional, algo abundante. A mais recente iniciativa pertence ao EURO e consiste nas EURO PhD Schools [18], vocacionadas para estudantes no início do doutoramento. Com um formato típico de uma "escola", são compostas sobretudo por aulas com académicos reputados na área de cada escola em particular e são uma oportunidade de proporcionar uma formação especializada que ao nível nacional não seria viável. O mesmo objetivo e âmbito têm os cursos NATCOR [19] no Reino Unido. O NATCOR é uma iniciativa conjunta para a IO de 13 universidades do Reino Unido e funciona como uma escola doutoral ao nível nacional (e internacional) criando massa crítica para uma oferta mais diversificada de cursos em tópicos avançados de IO. Também em Portugal têm sido organizadas algumas escolas, e com elevado sucesso (e.g. Winter School on Optimization in Logistics and Transportation [20], 3rd Winter School on Network Optimization [21]). Não existe, no entanto, qualquer organização sistemática envolvendo, por exemplo, os programas doutorais nacionais com uma componente forte de IO.

6 - Graus em IO

Esta é a forma primeira que associamos à temática da educação em IO: os cursos conducentes a graus formais atribuídos por estabelecimentos do ensino superior. Apesar de a maior parte dos associados da APDIO estarem envolvidos no ensino de IO em Universidades ou Institutos Politécnicos, o desconhecimento sobre a presença da IO na oferta formativa de nível superior em Portugal é grande. No entanto, esta é também a realidade ao nível europeu, tendo já por diversas vezes sido discutido nos órgãos diretivos do EURO a necessidade, utilidade e viabilidade de um índice de graus que pudesse ser acreditado com a etiqueta "OR inside". Ainda ao nível europeu não têm sido aproveitadas as oportunidades que o programa Marie Skłodowska-Curie oferece para a criação de redes de formação e graus conjuntos, em particular ao nível pós-graduado. Tal dever-se-à ao facto de a atribuição de graus estar para além das competências das sociedades nacionais ou europeias de IO, sendo domínio das Reitorias das Universidades e Presidências dos Institutos Politécnicos, mas não deixa de constituir uma oportunidade desaproveitada pela comunidade de IO.

As iniciativas e recursos descritos poderão ser organizados também de acordo com os seus destinatários, nomeadamente: docentes do ensino não superior, estudantes do ensino não superior, estudantes de graduação, docentes do ensino superior, estudantes de doutoramento, investigadores, praticantes, gestores de empresas. Estes podem ser agrupados em públicos comprometidos com a IO e públicos não comprometidos com a IO, requerendo, obviamente, abordagens totalmente distintas. Enquanto o primeiro grupo tem sobretudo necessidade de aprofundamento técnico-científico, o segundo grupo deverá ser alvo de ações de educação que os sensibilizem para a IO. Na Tabela 1 procurou-se cruzar estas duas dimensões, identificando que iniciativas e recursos fazem sentido para cada grupo de destinatários, ao mesmo tempo que procuramos representar o nível de intensidade da oferta atualmente existente (círculo branco representando ausência de oferta ou oferta muito localizada, círculo preto representando a existência de oferta variada, em termos de temática e acessibilidade geográfica, círculo semi-preto representando uma situação intermédia).

		ESTUDANTES DO ENSINO NÃO SUPERIOR	PROFESSORES DO ENSINO NÃO SUPERIOR	ESTUDANTES DE 1º CICLO	COMPROMETIDOS COM A IO: DOCENTES DO ENSINO SUPERIOR	COMPROMETIDOS COM A IO: ESTUDANTES DE DOUTORAMENTO	COMPROMETIDOS COM A IO: INVESTIGADORES	COMPROMETIDOS COM A IO: PRATICANTES	EMPRESAS
PROMOÇÃO DA IO	FILMES E BROCHURAS	○	○	○	○			○	○
	MEDIA DIGITAIS	○	○	○	○	○	○	○	○
	CASOS DE SUCESSO	○	○	○	○				○
	MATERIAIS DE ENSINO		○		●				
	CONFERÊNCIAS				●	●	●	◑	○
	CURSOS DE FORMAÇÃO (ensino da IO)				○	○			
	CURSOS DE FORMAÇÃO (técnicas e metodologias da IO)		○	○	●	●		◑	
	CURSOS CONFERENTES DE GRAU		○	○	○			○	○

Tabela 1: Iniciativas e recursos de educação em IO *versus* grupos de destinatários.

Da análise da tabela ressaltam 3 ideias fortes:

1. Há pouca oferta para os grupos de destinatários não comprometidos com a IO (públicos do ensino não superior e comunidade empresarial).
2. Há pouca coisa feita em termos da promoção da IO e da formação de formadores em IO.
3. Existe uma boa oferta para os públicos já comprometidos com a IO, em termos formativos e nos seus vários formatos.

Dedicaremos agora algumas linhas a cada uma destas constatações, identificando lacunas e oportunidades de desenvolvimento.

	ESCOLAS	CONFERÊNCIAS	
ESTUDANTES DOS 1º E 2º ANOS	EURO PhD SCHOOLS	SESSÕES SEMI-PLENÁRIAS DAS EURO-K CONFERENCES	ORIENTADO À FORMAÇÃO
ESTUDANTES DO 3º ANO E PÓS-DOCS	EURO SUMMER AND WINTER INSTITUTES	ORP3 CONFERENCES	ORIENTADO À INVESTIGAÇÃO

Tabela 2: Instrumentos do EURO vocacionados para estudantes de doutoramento.

Começando pelos aspetos mais positivos, é de facto notável a diversidade de oportunidades de formação em IO que os atuais estudantes de doutoramento têm. Apenas com os instrumentos oferecidos pelo EURO, todo o espectro é coberto (Tabela 2). A estes instrumentos deve ser acrescentada a série de livros EURO Advanced Tutorials in Operational Research e ainda outros promovidos no Reino Unido (e.g. cursos NATCOR, conferência SCOR) e mesmo em Portugal, como anteriormente referido.

Ainda bem positivo parece ser o panorama dos materiais de ensino para os professores do ensino superior, em

particular no que diz respeito a materiais em língua inglesa. Seria interessante fazer um levantamento exaustivo dos materiais produzidos e disponibilizados por colegas portugueses, promovendo a sua utilização e partilha. Menos positivo parece ser o panorama para os praticantes de IO. Estando as atuais iniciativas voltadas sobretudo para a vertente de investigação, parece haver a oportunidade de atender mais às necessidades dos utilizadores avançados de IO, que precisam de basear o seu trabalho de aplicação de IO em resultados já sólidos da nossa disciplina.

Mantendo-nos ainda nos públicos comprometidos com a IO, olhemos para o défice da formação de formadores de IO. Este não é um problema específico da IO mas antes global ao sistema de ensino superior. No entanto, como já defendemos, para docentes de IO é mais apelativo e efetivo fazer formação pedagógica e didática com exemplos de IO do que com exemplos abstratos ou de outras disciplinas. Por outro lado, há sinais de uma crescente atenção aos aspetos pedagógicos no recrutamento e promoção no ensino superior. Haverá lugar à organização pela APDIO de cursos de formação que possam permitir que a APDIO atribua uma chancela de "docente acreditado para ensinar IO"? Se para os docentes em fases mais avançadas da carreira esta chancela será desnecessária (mas a formação não o é!) para os mais jovens poderá ser uma vantagem competitiva não desprezável, quando é tão comum ouvir que nos concursos é muito difícil valorar a atividade docente.

Comum a todos os públicos, pela negativa, é a questão da promoção da IO. Que seja do nosso conhecimento, neste particular a Europa divide-se no Reino Unido e no resto do continente. É notável o investimento financeiro e esforço despendidos no Reino Unido na promoção da IO (toda a atividade se aglutina na iniciativa "OR inside"), sem par em mais nenhum país europeu. Em todos os outros países apenas iniciativas dispersas têm lugar. Urge colocar esta questão no topo das prioridades das sociedades nacionais, até porque esta é uma atividade que tem que ser realizada a nível nacional pelas questões de cultura e língua que envolve. Também em Portugal uma mobilização neste sentido é necessária.

Por último, a pouca atenção prestada aos grupos de destinatários não comprometidos com a IO. Eles estão antes e depois, e dão sentido ao meio: sem estudantes do ensino superior e de graduação que se entusiasmem com a IO não haverá estudantes de pós-graduação na área, nem investigadores, nem praticantes; mas sem trabalho na área, seja sob a forma de emprego direto, seja sob a forma de projetos de I&D e de consultadoria que as empresas proporcionam, não há futuro para estes jovens brilhantes. Mais uma vez a promoção da área parece ser o fator determinante, mas outras oportunidades parecem existir, nomeadamente procurando tornar as conferências de IO (parcialmente) interessantes para os gestores empresariais e, no outro extremo, disponibilizando materiais de ensino e aprendizagem aos docentes do ensino não superior. Relativamente aos estudantes de graduação de cursos em que IO não é nuclear (e.g. Engenharia, Economia) seria interessante interrogarmo-nos sobre quais são os nossos objetivos quando temos a oportunidade de lecionar uma unidade curricular de IO nestes cursos. Atravessando todos os públicos está a (falta de) visibilidade e divulgação dos cursos com forte componente de Investigação Operacional, nos seus diferentes níveis.

Finalmente, uma interessante oportunidade de colaboração entre as universidades portuguesas parece existir na organização de cursos intensivos ao nível do doutoramento, em tópicos específicos de IO, lecionados pelos nossos melhores especialistas nacionais e que possam ser creditados por uma das universidades e esses créditos reconhecidos pelas universidades de origem dos estudantes. No fundo, um modelo em tudo semelhante ao NATCOR no Reino Unido.

Pouco do que foi dito anteriormente será uma completa surpresa para um leitor minimamente atento a estas problemáticas. Assim, a razão pela qual estes problemas não estão resolvidos não será por a análise ser difícil ou complexa. A verdadeira dificuldade está no "como".

Na era digital os meios de comunicação eletrónicos desempenham um papel nuclear. Assim, páginas *web*, *e-mail*, *blogs*, *Twitter*, *LinkedIn*, *Facebook*, *mobile apps*, serão chamados a desempenhar um papel central. Alguns destes meios já estão disseminados há alguns anos e foram de facto usados, mas uma pesquisa na *internet* mostra-nos que não basta lançar projetos baseados em tecnologia, é preciso mantê-los e, se a tecnologia é barata, a sua manutenção não o é certamente. Consultados em 1 de novembro de 2015:

- o projeto tutORial da IFORS [22], que visa disponibilizar materiais de ensino e aprendizagem de IO, tem como data da última entrada 2005;
- o "INFORMS Forum on Education" [23] cuja última entrada é de 2011.

Dois contra-exemplos na Europa são o EURO e a "OR Society". Em ambos os casos são investidos avultados recursos, nomeadamente humanos, na permanente geração, coleta e disponibilização de informação.

Concluindo, e em resumo, são já muitas e variadas as iniciativas e recursos disponíveis (em língua inglesa) para os grupos de destinatários já comprometidos com a IO (esperamos aqui ou ali ter dado a conhecer um novo recurso). Saibamos nós passar aos nossos estudantes a ideia (e a prática) de que cada conferência, cada escola, cada workshop é um manancial de oportunidades de formação, muito para além da simples apresentação do nosso trabalho. Há espaço para iniciativas em língua portuguesa, em particular que surjam no âmbito de colaborações amplas a nível nacional. O problema de comunicação do que é a IO, e de promoção da própria área, que sendo já antigo e comum a todos os países, não deixa de ser grave e potencialmente aniquilador da própria disciplina. Será necessário encontrar soluções a montante, nomeadamente no ensino não superior, e a jusante, junto das empresas. Finalmente, e numa perspetiva mais interna, é preciso olhar para o ensino da IO de uma forma mais profissional, no que à pedagogia e à didática diz respeito. Ao fim e ao cabo, se todos nós temos esta paixão pela IO como é possível que os nossos alunos não se deixem contaminar por ela? Poderemos precisar de alguma ajuda com o modo como educamos, porque competência científica não nos falta, como tão bem o demonstra a presença internacional de tantos sócios da APDIO em estruturas e iniciativas relacionadas com a IO, de uma forma até desproporcionada para o tamanho da nossa comunidade.

Referências

[1] https://www.theorsociety.com

[2] https://www.informs.org

[3] http://www.learnaboutor.co.uk

[4] http://www.scienceofbetter.co.uk

[5] https://www.informs.org/Find-Research-Publications/Multimedia-Books/Edelman-and-Wagner-Videos

[6] https://www.euro-online.org/web/pages/1565/euro-advanced-tutorials-in-operational-research

[7] http://pubsonline.informs.org/series/educ

[8] https://www.informs.org/Pubs/Topics-in-OR

[9] http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/or/contents.html

[10] http://www.lamsade.dauphine.fr/~tsoukias/teaching.htm

[11] https://drive.google.com/folderview?id=0BwI_rGcRsnC-RTVaZVVLWEZ2UjA&usp=sharing

[12] https://www.euro-online.org/web/pages/312/euro-k-conferences

[13] https://www.informs.org/Attend-a-Conference/Annual-Meeting

[14] http://www.pomsmeetings.org

[15] https://www.euro-online.org/web/pages/458/euro-summerwinter-institutes-eswi

[16] https://www.informs.org/Attend-a-Conference/Conference-Calendar/INFORMS-Annual-Teaching--of-Management-Science-Workshop

[17] http://www.ccc.ipt.pt/~apdio/EnsinoIO

[18] https://www.euro-online.org/web/pages/1540/euro-phd-schools-eps

[19] http://www.natcor.ac.uk

[20] http://logtrans2012.fc.ul.pt

[21] http://netopt2013.fc.ul.pt

[22] http://www.ifors.ms.unimelb.edu.au/tutorial

[23] https://www.informs.org/Community/INFORM-ED/What-s-New

Luís Nunes Vicente

"O MAIS IMPORTANTE CONTINUA A SER O CONHECIMENTO E A CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA QUE O ALARGA."

Professor Catedrático, Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra

Licenciou-se em Matemática pela Universidade de Coimbra, ramo de Investigação Operacional. A seguir, fez provas `equivalentes' ao mestrado, também em Coimbra. Contudo, optou por um Doutoramento em Matemática Aplicada na Universidade de Rice, nos EUA. Considera que a obtenção de um doutoramento no estrangeiro foi marcante para o sucesso na sua carreira académica/científica?
A obtenção do doutoramento em Rice determinou que conhecesse matemáticos optimizadores com obra influente e que tivesse acesso a problemas com interesse, dificuldade e impacto mais rapidamente do que teria tido de outras formas. Marcou também um nível competitivo elevado ou, se quisermos, um padrão de qualidade exigente.

Hoje em dia, aconselharia a mesma decisão a um estudante português que evidenciasse um elevado potencial científico, ou já seria possível uma carreira de sucesso após um doutoramento em Portugal?
Assistir a seminários e palestras brilhantes com regularidade, discutir ideias com quem as entenda, encontrar sempre alguém que conhece a técnica ou resultado que se procura, não será tudo isto o sonho de um tal estudante português com grande potencial? Se sim, como será possível barrar-lhe o acesso a isso?

Tenho dificuldades em acreditar que se possa ter sucesso após um doutoramento em Portugal, a menos que, durante o mesmo ou num período pós-doutoral, se seja exposto a um ambiente de investigação no estrangeiro. Se porventura o doutorando em Portugal fosse um génio, a interacção com os melhores no estrangeiro seria, hoje em dia, despoletada instantânea e naturalmente.

Em Portugal, um dos problemas com que se debatem os programas doutorais em Matemática é a falta de candidatos, sobrevivendo alguns à custa da captação de estudantes estrangeiros. Não terá um estudante português incentivos suficientes para ingressar num programa doutoral em Portugal?
Não creio que o problema da falta de estudantes nacionais em programas de doutoramento seja um problema unicamente português. Ele até se manifesta mais agudamente em países mais desenvolvidos do que o nosso.

Os estudantes escolhem de forma muito mais informada do que antigamente. Olham para a carteira de investigação dos potenciais orientadores, para o seu interesse e impacto. Apenas o aumento da excelência em Portugal reterá mais cérebro nacional no terceiro ciclo.

A actividade de um docente universitário assenta seguramente em duas grandes componentes, docência e investigação, nem sempre fáceis de conciliar. No seu entender, quais são os factores de sucesso para um bom equilíbrio entre estas duas vertentes? Será razoável privilegiar uma em detrimento de outra?
Trocaria a ordem docência-investigação e diria antes investigação-docência ou, de forma mais aceitável, estudo/investigação-docência.

De facto, ao nível do ensino superior, só se pode ensinar bem, tendo estudado muito antes e, de certa forma, se se dominar a fronteira entre o conhecido e o desconhecido (uma condição também necessária para se poder fazer ciência).

Por outro lado, a transmissão do conhecimento é uma das melhores formas de o preservar e aumentar. A dicotomia não existe. Um bom cientista trata por "tu" os pilares das teorias que investiga e esse domínio sobre o básico é um trunfo fantástico quando se ensina.

Em Julho de 2015, enquanto co-autor do livro "Introduction to Derivative-free Optimization", foi galardoado com o Prémio Lagrange, atribuído pelas Mathematical Optimization Society (MOS) e Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), a cada três anos, a trabalhos excepcionais na área da Optimização Contínua. Que papel pensa que a Optimização Sem Derivadas desempenha e ainda pode vir a desempenhar dentro da área da Optimização Não Linear?
A Optimização Sem Derivadas (OSD) foi, durante décadas, uma optimização menos matemática, unicamente ao serviço das aplicações em engenharia. Actualmente há princípios teóricos sólidos para os instrumentos que utiliza, e conhecem-se as propriedades de convergência para muitos dos mais eficientes e robustos algoritmos existentes.

A OSD está a acompanhar uma tendência actual da optimização e da matemática em geral, tornando-se mais probabilística, mais estocástica. Isso está a abrir um número fascinante de problemas. Por um lado, desenvolvem-se métodos probabilísticos, com desempenho superior ao dos determinísticos mas com teorias de convergência mais complexas. Por outro, abordam-se formulações estocásticas dos problemas de optimização em OSD, seguindo-se caminhos semelhantes aos que se têm trilhado em métodos de primeira ordem para problemas no âmbito do processamento de informação.

Qual a relevância deste prémio no seu percurso profissional?
O prémio não teve impacto no meu quotidiano profissional: nem o meu ordenado aumentou, nem a minha carga docente diminuiu. Conhecemos bem a escassez de mecanismos de gestão meritocrática no sistema universitário português.

De uma forma geral, diria que o prémio recompensa

o esforço feito ao longo de décadas de trabalho sob os mais altos padrões internacionais. Porém, não passa disso mesmo, um prémio, algo subjectivo, por mais prestigiante que seja. O mais importante continua a ser o conhecimento e a contribuição científica que o alarga. Se relaxar este princípio, afasto-me paradoxalmente daquilo que conduziu à distinção atribuída.

Nos últimos anos tem-se assistido a um descontentamento da comunidade científica relativamente à avaliação de Unidades de Investigação e ao financiamento de projectos de investigação. Como vê o financiamento da investigação em Matemática em Portugal? Estará o país a deixar de investir em ciência e, em particular, na Matemática? Ou será esta uma forma de fomentar a competitividade internacional, ao potenciar candidaturas a financiamento estrangeiro?
Este tipo de perguntas tem sido recorrente em algumas das entrevistas que tenho dado por causa do Prémio Lagrange, reflectindo alguma angústia em relação ao momento presente.

O processo de avaliação de centros e projectos de investigação funcionou relativamente bem em Portugal durante 15 a 20 anos (pelo menos no caso da Matemática) porque os painéis de avaliação formados para o efeito (i) eram constituídos por investigadores reputados e acima de quaisquer reparos, (ii) eram liderados por alguém com algum conhecimento do sistema científico português e (iii) tinham, entre os seus membros, qualquer que fosse a subárea em análise, alguém dela conhecedor ou, quando assim não acontecia, punham em marcha um processo de arbitragem científica seguindo as boas práticas internacionais. Quando se deixa cair um destes princípios, quebra-se a confiança na agência financiadora.

Enquanto escasso, o financiamento é naturalmente competitivo. Compreendo a contenção imposta aos centros: nem sempre a sua missão era clara e a distribuição interna do financiamento meritocrática. No entanto, tal opção deveria ter sido acompanhada por um aumento muito significativo do número de projectos financiados e por mecanismos de apoio a situações involuntariamente desprotegidas como, por exemplo, a dos professores/investigadores recém-contratados.

OPTIMIZADOR PORTUGUÊS RECEBE PRESTIGIADO PRÉMIO LAGRANGE

Luís Nunes Vicente, professor catedrático no Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra, recebeu em Julho de 2015 o prestigiado Prémio Lagrange pela co-autoria do livro Introduction to Derivative-Free Optimization, publicado em 2009 pela Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).

Este prémio é atribuído em conjunto pela SIAM e pela Mathematical Optimization Society (MOS), desde 2003 e em períodos de três anos. Distingue trabalhos excepcionais na área da Optimização Contínua, tendo a qualidade matemática, a relevância e a originalidade como critérios de referência para selecção.

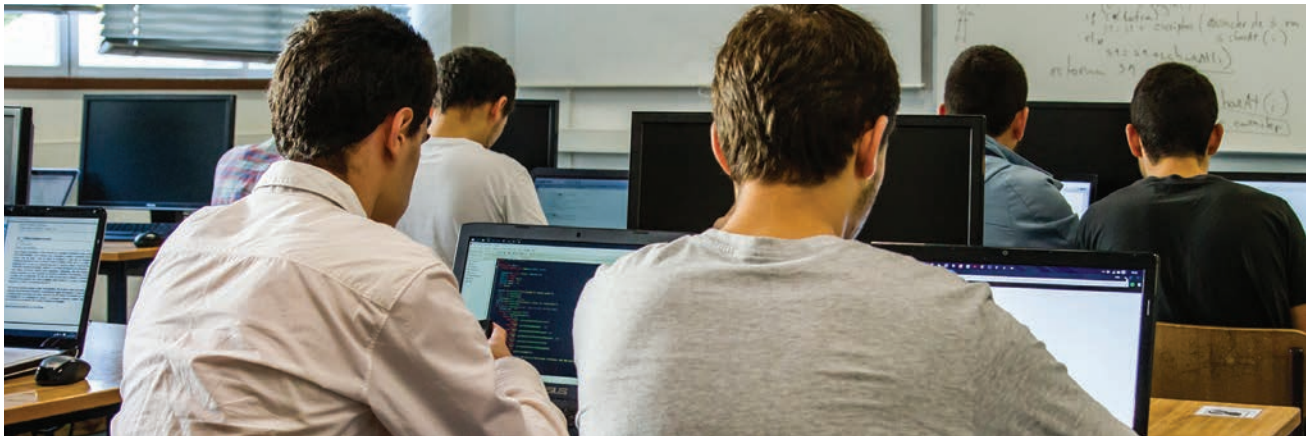
O texto premiado consiste numa síntese inovadora de técnicas matemáticas relacionadas com modelos e algoritmos na área da Optimização sem Derivadas.

A entrevista anterior é acompanhada de uma fotografia tirada na sessão de abertura do 22nd International Symposium on Mathematical Programming (que decorreu em Pittsburgh de 12 a 17 de Julho de 2015) onde foi entregue o prémio.

OUTROS PRÉMIOS

Os investigadores **Telmo Pinto**, **Cláudio Alves** e **José Valério de Carvalho**, do Centro ALGORITMI da Universidade do Minho, foram galardoados com o Prémio ***Best Paper Award*** na *International Conference on Computational Science and its Applications (ICCSA 2015)*, que decorreu em Banff, Alberta, Canadá, entre os dias 22 e 25 de Junho de 2015. O artigo, intitulado V*ariable Neighborhood Search for the Elementary Shortest Path Problem with Loading Constraints*, visa a optimização integrada de operações de transporte através de algoritmos eficientes.

Pelo sexto ano consecutivo, foi atribuído o **Prémio APDIO - FCT UNL** ao melhor aluno de Investigação Operacional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL. Este prémio foi constituído com parte dos lucros do IO2009 - 14º congresso nacional da APDIO, que decorreu na FCT UNL. O prémio relativo ao ano lectivo de 2014/15 foi atribuído a **Andreia Filipa Cardoso Bártolo** do Mestrado em Matemática e Aplicações. O diploma e cheque correspondentes ao prémio foram entregues na Sessão Comemorativa do 38º Aniversário da FCT UNL, em 11 de Novembro de 2015.



EDUCAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NO ENSINO SUPERIOR: A PRIMEIRA FASE DE UM ESTUDO EUROPEU

Ana Paula Teixeira,
Universidade de Trás os Montes e Alto Douro / CMAT-Pólo UTAD
João Luís de Miranda,
ESTG, Instituto Politécnico de Portalegre / CERENA, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Margarida Pato,
ISEG / CMAFCIO, Universidade de Lisboa

Introdução

A educação na área de Investigação Operacional (IO - *Operational Research / Management Science*) tem vindo a registar avanços significativos, mas importa perspetivar novos desenvolvimentos para o que poderá contribuir a identificação de fatores-chave relacionados com os programas de IO no Ensino Superior.

No nosso país, o tema educação em IO foi pela primeira vez objeto de sessão, tanto quanto é do conhecimento dos autores, no IO2006 – XII Congresso da APDIO [2], tendo o estudo desta temática prosseguido ao longo de vários congressos e *workshops* da APDIO, quer na vertente de educação em IO, quer na vertente de metodologias de IO aplicadas em ensino [5,1].

Num contexto de cooperação internacional, parceiros de instituições abrangidas pela *Association of the European Operational Research Societies* (EURO), e da qual fazem parte sociedades nacionais da Europa e de África, decidiram desenvolver um estudo sobre educação em IO, tendo como principal objetivo contribuir para uma visão geral das práticas educativas neste domínio. Na primeira fase, pretende-se conhecer os principais aspetos relativos a: matrícula, redução da taxa de insucesso dos estudantes de primeira matrícula, promoção da continuidade, relevância de cursos e transição de diplomados para o mercado de trabalho. Com este propósito, a equipa elaborou um questionário dirigido à comunidade de IO.

Este estudo conduzirá a uma melhor compreensão sobre a forma como, essencialmente na Europa, Instituições de Ensino Superior (IES) - universidades, faculdades, politécnicos e centros de investigação - estão a abordar os tópicos de IO.

Metodologia

O recurso a questionários é prática usual em contextos diversos e a sua presente utilização é potenciada pelo amplo espetro geográfico, pelos complexos fatores a considerar e pela dinâmica do tema.

A população-alvo do questionário (https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/ORMSeducation) é constituída por reitores e diretores de IES, coordenadores de programas, responsáveis pela criação de cursos, docentes, investigadores e outros profissionais da área. A sua disseminação contou com o apoio da EURO, de sociedades nacionais de IO, nomeadamente da APDIO, e de IES que difundiram a informação através de *newsletters*, de listas de endereços eletrónicos, de *websites*, etc. Adicionalmente, realizaram-se sessões de divulgação e sensibilização em diversos congressos nacionais e internacionais.

Para melhor explorar os resultados, foram convidados a colaborar colegas que têm transmitido perspetivas nacionais e promovido o questionário, podendo vir a participar em estudos tomando por base os resultados identificados com o respetivo país. Como forma de

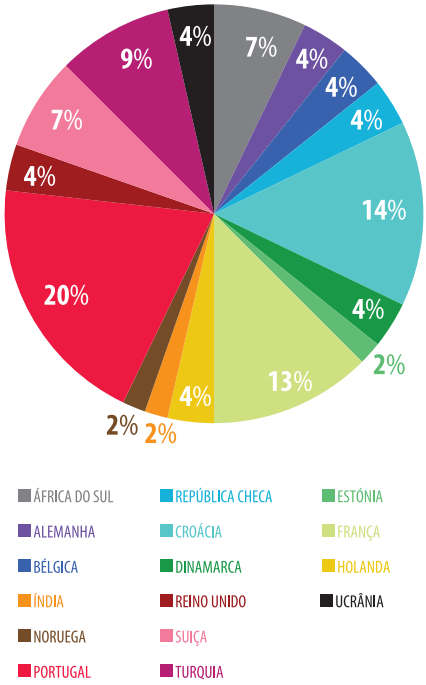


Figura 1: Respondentes por país.

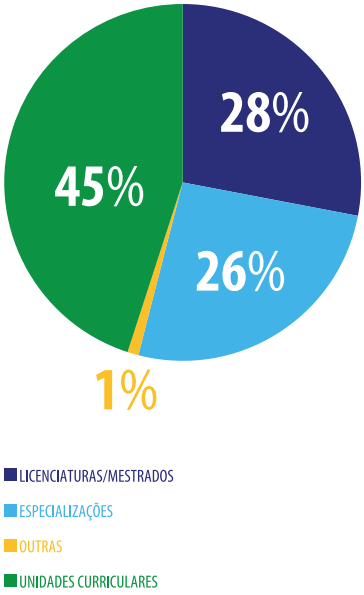


Figura 2: Respostas à primeira questão.

incentivar as contribuições, decidiu-se distribuir aleatoriamente a 60 dos inquiridos com identificação no questionário cópias eletrónicas do livro da série *EURO Advanced Tutorials on Operational Research: Linear and Mixed Integer Programming for Portfolio Optimization*, de Mansini, Ogryczak e Speranza (2015).

Finalmente, as respostas ao questionário serão analisadas com vista ao reconhecimento de fatores-chave, à proposta de subfatores e ao planeamento de fases posteriores do estudo. Pretende-se que os principais resultados desta pesquisa sejam apresentados em congressos e conferências no âmbito da IO.

Alguns resultados

É de sublinhar a participação ativa de colaboradores das sociedades de IO de Portugal e também da África do Sul, Alemanha, Bélgica, Croácia, Dinamarca, Eslovénia, França, Holanda, Itália, Reino Unido, Suíça e Ucrânia - o que demonstra o interesse generalizado pelo tema.

Durante o processo de disseminação do estudo, surgiram comentários e sugestões de melhoria, tanto no que diz respeito ao próprio questionário como em relação ao processo de divulgação e promoção do mesmo. Decidiu-se, então, incluir na página do questionário um conjunto de respostas agrupadas em função do respetivo público-alvo: umas dirigidas aos respondentes e outras aos colaboradores.

O questionário esteve disponível para preenchimento *online* cinco meses (desde junho até outubro de 2015), tendo-se obtido 190 respostas de 16 afiliações diferentes. Dado que o seu preenchimento não obriga o respondente a identificar-se, apenas o fizeram, total ou parcialmente, 30% dos inquiridos. Pelo gráfico da Figura 1, pode-se observar que a maior percentagem de respondentes identificados são de afiliação portuguesa, 20%, seguidos pela croata, 14%, e pela francesa, 13%.

A título de exemplo, apresentam-se alguns resultados para a primeira questão deste inquérito, a única de espetro geral, com a qual se pretende conhecer os cursos de IO em IES, nomeadamente licenciaturas/mestrados, especializações (como parte de licenciaturas/mestrados) e unidades curriculares ou módulos destas (que não constituem uma especialização). O gráfico da Figura 2 permite perceber que a situação mais frequente, referente a 45% dos inquiridos, é a existência apenas de unidades curriculares ou módulos; um pouco mais de um quarto dos inquiridos referem especializações e 28% indicam, pelo menos, uma licenciatura ou um mestrado de IO na sua escola.

Comentários e futuros desenvolvimentos

Iniciando-se a fase de exploração de resultados em simultâneo com a escrita deste texto, salienta-se a satisfação com que a iniciativa foi acolhida em termos gerais, bem como o interesse manifestado por vários colaboradores em realizar sessões e mesas redondas sobre o tema da educação em IO. Observa-se, ainda, que o número total de respostas ao questionário é significativo, nomeadamente em comparação com outras consultas de nível europeu ou com a consulta de [3], e que a identificação de respostas por país de afiliação permitirá a elaboração de estudos de caso, comparando-se atributos nacionais e gerais.

Finalmente, dado que a metodologia proposta para desenvolver este trabalho de investigação é baseada na *grounded theory* [4], em fases posteriores, podem ser realizadas entrevistas ou questionários adicionais focando temas específicos.

Referências

[1] Miranda, J.L., Teixeira, A.P., OR/MS Education: Good practices and international cooperation over the 2003-2012 decade, *Book of Abstracts, EUROXXVII - 27th European Conference on Operational Research*, Glasgow, Escócia, Reino Unido, 2015.

[2] Oliveira, P., *Livro de Resumos do IO2006 - XII Congresso da APDIO*, ISEG, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

[3] Ranyard, J., Hoffman, K., Rosario, E., Dunstall, S., Ittmann, H., *OR Practice Stream, IFORS Conference*, Melbourne, Victória, Austrália, 2011.

[4] Strauss, A., Corbin, J., *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory, Procedures and Techniques*, Sage Publications: Newbury Park, CA, EUA, 1998.

[5] Teixeira, A.P., Miranda, J.L., OR/MS Education: an overview of the 2003-2012 decade, *Atas do IO2013 - XVI Congresso da APDIO*, ed. por J. Oliveira, C. Vaz, Bragança, 2013.

PORTUGUESES EM IO PELO MUNDO

Afonso Bandeira,
Department of Mathematics,
Massachusetts Institute of Technology
(MIT), EUA

Seguindo a sugestão do também matemático Lewis Carroll, vamos começar pelo princípio! Tudo começou há pouco mais de 11 anos, quando participei nas Olimpíadas Portuguesas de Matemática. Com a ajuda do Projeto Delfos da Universidade de Coimbra, da minha escola secundária em São Pedro do Sul, muito apoio dos meus pais e com a adrenalina de querer trazer um bom resultado para Portugal nas Olimpíadas Internacionais de Matemática, o difícil era não ter ficado fascinado pela Matemática. Tudo isto contribuiu para que em 2006, finalizado o secundário, a minha decisão de começar uma licenciatura em Matemática na Universidade de Coimbra fosse praticamente trivial.

Durante a minha licenciatura, para além de uma inesquecível estada na cidade de Coimbra, tive a oportunidade de aprender imensa Matemática. Lembro-me perfeitamente de passar horas e horas na biblioteca de Matemática, muitas vezes com o Joel Moreira, a escolher, das estantes, livros e artigos puramente ao acaso e a tentar, muitas vezes sem sucesso, perceber os resultados e as teorias que descreviam. Outras vezes íamos bater à porta dos gabinetes dos professores (também de forma mais ou menos aleatória) para tentar perceber melhor as áreas em que trabalhavam — muita paciência todos eles tinham connosco! Invejo esses tempos em que a minha "agenda" permitia tais exercícios!

Foi gradualmente que ganhei interesse pela Matemática Aplicada; aqui os principais culpados foram o Prof. Luís Daniel Abreu que me introduziu a área de Análise Harmónica Aplicada (área semi-aplicada, semi-pura; ótima porta de entrada para as matemáticas aplicadas) e o Prof. Luís Nunes Vicente, que me orientou durante o meu mestrado e me contagiou o fascínio pela Otimização.

A etapa seguinte foi um doutoramento em Matemática. A escolha não foi fácil, mas Princeton sempre teve, para mim, um "brilho" diferente (lembro-me de ter aprendido análise pelos livros do Elias Stein, de ter lido artigos da Ingrid Daubechies e histórias sobre o Gödel, Einstein, von Neumann, entre muitos outros). Tudo isso e a autonomia que o programa de Matemática Aplicada e Computacional de Princeton oferecia aos alunos, ajudou-me a fazer a escolha acertada.

Quando cheguei a Princeton, senti-me como uma criança numa loja de guloseimas. Havia palestras (e cadeiras) fascinantes, não só todos os dias, mas muitas por dia, e o difícil era mesmo escolher. Como não havia cadeiras obrigatórias, lembro-me de pedir a um professor sugestões sobre em que cursos me deveria inscrever e ele, levando a filosofia de autonomia dos alunos muito a sério, me responder: "Neste programa podes inscrever-te em qualquer cadeira da universidade, ou podes decidir não fazer nenhuma. Como preferires!". Confesso que me senti um pouco perdido durante os primeiros dias mas toda esta autonomia ensinou-me muito mais do que qualquer lista de cadeiras obrigatórias (ou sugeridas).

Decidi fazer muito poucas cadeiras, o que me deu tempo para poder ir a muitas palestras, mesmo em áreas bastante diferentes dos (que eu, ingenuamente, achava serem os) meus interesses, e para aprender muito em discussões com os meus colegas. Aprendi imenso, sobre Matemática, Estatística, Ciências da Computação, Engenharia Eletrotécnica, e até alguma Física, Biologia, e Química (e a lidar com a neve, que foi abundante no meu primeiro inverno em Princeton!). Não só ganhei uma boa noção sobre quais as questões centrais em diferentes áreas mas fiquei mais a par dos interesses de cada professor, o que se revelou crucial para fazer a escolha certa para orientador de doutoramento, que recaiu no Prof. Amit Singer.

Acabei o meu doutoramento este verão. No outono do ano passado, como é o costume nos Estados Unidos, comecei a concorrer para o mercado de trabalho. Como era claro para mim que queria seguir a vida académica, decidi concorrer para posições de professor universitário. A decisão difícil era em que área. A minha investigação é uma mistura de Matemática Pura, com Otimização, Processamento de Sinal, Estatística, Ciências da Computação e Engenharia Eletrotécnica — beneficiei imenso do ambiente interdisciplinar em Princeton, que é fenomenal! Depois de uma fatigante temporada de entrevistas (meses a dormir a maior parte das noites em hotéis e a viajar durante um dos invernos com mais neve no nordeste americano, com muitos voos cancelados e muitas horas passadas à espera em aeroportos), os resultados foram fabulosos. Tive ofertas de departamentos muito bons, em áreas como Matemática e Estatística, de escolas de Gestão, Ciências da Computação e de Engenharia Eletrotécnica.

Aceitei uma posição de professor no Instituto Courant de Ciências Matemáticas e no Center for Data Science, na Universidade de Nova Iorque. A qualidade dos departamentos de Matemática e Ciências da Computação e o ambiente único de colaboração entre Matemática Pura e Aplicada no Courant assim como a cultura interdisciplinar do Center for Data Science tornaram a decisão clara. Para evitar "crescer demasiado rápido" e aproveitar uma boa oportunidade para fazer mais contactos e criar mais colaborações, decidi passar um ano no Departamento de Matemática do MIT, de onde estou a escrever agora. Estou a gostar de viver em Boston, onde consigo encontrar quase todas as iguarias portuguesas, de que tenho saudades, a alguns quarteirões de casa! Mas estou entusiasmadíssimo em ir viver para Manhattan a partir do próximo verão e iniciar uma nova etapa no Courant.

Ruy Costa,
Departamento de Matemática, FCT/UNL

A EVOLUÇÃO DO ENSINO DA IO NA FCT/UNL

Motivação

O convite para colaborar nesta secção deste Boletim, que tem "A IO e a Educação" como temática, sugeriu-me a perspetivação do ensino da IO na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL), que foi criada em 1977 e que, presentemente, conta com 14 Departamentos, oferecendo 6 Licenciaturas (cursos de 1º Ciclo nas áreas de Biologia Celular e Molecular, Bioquímica, Conservação e Restauro, Engenharia Geológica, Matemática e Química Aplicada), 12 cursos de 2º Ciclo (Mestrados em diferentes áreas de continuidade dos cursos de 1º Ciclo), 11 Mestrados Integrados (nas seguintes áreas de Engenharia: Ambiente, Biomédica, Civil, Eletrotécnica e de Computadores, Física, Gestão Industrial, Informática, Materiais, Mecânica, Micro e Nanotecnologias e Química e Bioquímica) e mais de 30 Programas Doutorais em diversas áreas científicas.

Introdução

Naturalmente, os cursos lecionados na FCT/UNL, nestes seus 38 anos, foram sofrendo atualizações várias decorrentes dos avanços científicos, das necessidades do mercado de trabalho e, ainda, das mudanças nos enquadramentos legais.

Como se compreende, não há unidades curriculares (UCs) obrigatórias de Investigação Operacional (IO) em todos os cursos! No entanto, dada a natureza interdisciplinar da IO, não é de estranhar que vários cursos da FCT/UNL apresentem, ou tenham apresentado, UCs na área de IO.

Na FCT/UNL o ensino da IO foi, em grande parte, afetado ao Departamento de Matemática. A Licenciatura em Matemática, lecionada desde 1977, e os Mestrados na área da Matemática sempre apresentaram uma forte componente na área da IO.

No entanto, é importante reconhecer-se que o curso de Mestrado Integrado em Engenharia Industrial, pela sua própria natureza, para além de uma UC obrigatória de IO lecionada pelo Departamento de Matemática, tem algumas UCs da área de IO, ou afins, lecionadas pelo Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial.

Adicionalmente, os Mestrados Integrados em Engenharia do Ambiente e em Engenharia Informática também têm, ou tiveram, alguma UC específica em área de fronteira com a IO lecionada, respetivamente, pelos Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente e Departamento de Informática, para além de UCs na área de IO presentemente lecionadas pelo Departamento de Matemática.

Atualmente a IO é oferecida em diversas UCs obrigatórias, ou opcionais, a **todos** os cursos de Licenciatura e Mestrado da FCT/UNL.

A IO na FCT/UNL de 1977 até à implementação do Processo de Bolonha (2006/07)

Em 1977/78 inicia-se o funcionamento da FCT/UNL com os cursos de Licenciatura (5 anos) nas áreas de Engenharia do Ambiente, Informática e de Produção Industrial, bem como de Matemática. Nos anos imediatos iniciaram-se as Licenciaturas em Engenharia Física e dos Materiais, Química e Civil, a que, com o passar dos anos, se foram juntando novos Cursos.

No período de 1977 a 2006 a Licenciatura em Engenharia do Ambiente apresentava no seu plano curricular UCs em áreas de fronteira com a IO lecionadas pelo Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente. Analogamente, neste período, a Licenciatura em Engenharia Informática apresentava no seu plano curricular uma UC da área de IO lecionada pelo Departamento de Informática.

Até 2006, as Licenciaturas (cursos de 5 anos) em Engenharias nas áreas de Produção Industrial (designação que evoluiu para Gestão Industrial), Física e Materiais, Química, Civil, Mecânica e Biomédica apresentavam nos seus planos curriculares uma UC de IO lecionada pelo Departamento de Matemática. Adicionalmente, a Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial apresentava UCs da área de Engenharia Industrial, de fronteira com a IO, ou sobre técnicas de IO lecionadas pelo Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial. Em 1991/92 iniciou-se o Mestrado em Engenharia Industrial, com algumas UCs da área de IO, inicialmente lecionadas com a colaboração do Departamento de Matemática.

A UC de IO lecionada às Licenciaturas em Engenharia referidos no parágrafo anterior (designada Investigação Operacional) aborda a Programação Linear, a Gestão de Projetos, a Teoria da Decisão e a Simulação, sendo lecionada nos semestres pares.

Os cursos de Matemática da FCT/UNL neste período sofreram algumas alterações: a Licenciatura (curso de 5 anos, com quatro ramos, sendo que um em Investigação Operacional) decorreu entre 1977 e 2001/02; a partir de 2002/03 a Licenciatura em Matemática passou a ter 4 anos. Em 1991/92 iniciou-se o Mestrado em Estatística e Otimização. Em 2004/05 iniciou-se o Mestrado em Matemática e Aplicações – com quatro especializações, sendo que uma em Investigação Operacional.

Naturalmente, a formação em IO dos cursos referidos era bastante abrangente (Introdução à IO, Otimização Linear, Modelação de Sistemas (*case studies*), Simulação, Otimização Não Linear, Otimização Combinatória são apenas alguns exemplos de UCs lecionadas).

A IO na FCT/UNL desde a implementação do Processo de Bolonha (2006/07) até à implementação do Novo Perfil Curricular (2012/13)

A implementação do Processo de Bolonha obrigou à reformulação dos cursos e, em geral, a IO foi algo afetada em várias instituições de Ensino Superior Português. A FCT/UNL não tendo sido uma completa exceção a este panorama, conseguiu, ainda assim, preservar a presença da IO na maior parte dos cursos onde era ensinada. Na realidade, apenas a Engenharia Química perdeu a IO com as reformulações curriculares levadas a cabo. Manteve-se o ensino da IO nas Engenharias Biomédica, Civil, Física, Gestão Industrial e Mecânica.

Entretanto, no caso particular da formação em Matemática, para além da Licenciatura (1º Ciclo) em Matemática, agora com uma duração de 3 anos, em 2007/08 iniciou o funcionamento o Mestrado em Matemática e Aplicações (2º Ciclo), com diferentes especializações, sendo que uma delas em Atuariado, Estatística e Investigação Operacional. Foi, assim, possível, manter-se a forte oferta de UCs da área de IO assegurada pelo Departamento de Matemática.

Em 2007/08 a UC da área da IO lecionada pelo Departamento de Informática ao Mestrado em Informática foi substituída por uma UC de IO (Introdução à Investigação Operacional, IIO) lecionada pelo Departamento de Matemática. Esta UC aborda a Programação Linear (incluindo a Programação Linear Inteira-PLI), Filas de Espera, a Teoria da Decisão e a Simulação, sendo lecionada nos semestres ímpares.

Assim, entre 2006 e 2012, o Departamento de Matemática lecionava uma UC de IO aos Cursos de Engenharia nas seguintes áreas: Biomédica, Civil, Física, Gestão Industrial, Mecânica e Informática. Nesse período o Curso de Engenharia Química deixou de ter qualquer UC na área de IO.

A IO na FCT/UNL desde a implementação do Novo Perfil Curricular da FCT/UNL (2012/2013)

O **Novo Perfil Curricular da FCT/UNL** entrou em funcionamento no ano letivo de 2012/13, visando implementar uma filosofia comum a todos os cursos desta instituição, que melhor respondesse à realidade empresarial, que aguarda os diplomados da FCT/UNL. Foi criado o **Período Intercalar** de 5 semanas que antecede o 2º semestre letivo e onde são lecionadas UCs de formação complementar aos alunos do 1º ao 4º ano (**Competências Transversais para Ciências e Tecnologia**, abordando *Soft Skills*, lecionada aos alunos do 1º ano, **Ciências, Tecnologia e Sociedade** lecionada aos alunos do 2º ano, **Programa de Introdução à Prática Profissional** ou **Programa de Introdução à Investigação Científica** lecionados a alunos do 3º ano e **Empreendedorismo** lecionado aos alunos do 4º ano). Há, ainda, outros aspetos relevantes, como o **semestre "Erasmus friendly"** (onde é facilitada a realização de Programas de Intercâmbio) e a obrigatoriedade de realização de **UCs do Bloco Livre**, fora do plano curricular do Curso de origem (total de 12 ECTS para estudantes de Mestrados Integrados, ou 6+6 ECTS para estudantes do 1º e do 2º Ciclos).

Naturalmente, que a obrigatoriedade de todos os cursos se ajustarem aos conteúdos do Período Intercalar e à obrigatoriedade de realização de UCs do Bloco Livre, obrigou a ajustamentos dos planos curriculares, com a possibilidade de a IO sair de alguns cursos. Felizmente, foi o que ocorreu apenas em relação à Engenharia Biomédica, que deixou de apresentar a UC obrigatória de IO, lecionada pelo Departamento de Matemática nos semestres pares. Esta perda foi, no entanto, parcialmente colmatada, passando a UC de IIO lecionada pelo Departamento de Matemática nos semestres ímpares a figurar como UC de opção, a escolher de um curto leque de possibilidades.

Entretanto, o Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente passou, desde 2012/13, a apresentar uma UC obrigatória com conteúdos da área da IO lecionada pelo Departamento de Matemática. Esta UC resultou de uma restruturação da UC de Probabilidades e Estatística anteriormente lecionada a esse curso, com o aumento da carga horária e a criação de dois módulos – um na área das Probabilidades e Estatística e outro na área da IO. Assim nascia a **Introdução às Probabilidades, Estatística e Investigação Operacional** (IPEIO) onde se aborda a Programação Linear (incluindo a PLI), a Gestão de Projetos e a Teoria da Decisão.

Em 2015/16 os Mestrados Integrados em Engenharia de Materiais e Engenharia de Micro e Nanotecnologias passam também a apresentar IPEIO como UC obrigatória, lecionada pelo Departamento de Matemática.

Com a criação do Bloco Livre cada Departamento teve de criar uma lista curta de UCs que qualquer aluno pode escolher. Esta possibilidade levou a que muitos alunos que nos seus cursos não tinham a IO como UC obrigatória, ou de opção, pudessem agora obter formação nesta área.

O Departamento de Matemática oferece no Bloco Livre as seguintes UCs da área de IO: Introdução à Investigação Operacional, Modelação de Sistemas e Modelos de Apoio à Decisão. Estas UCs têm tido grande procura por parte de alunos de vários cursos, nomeadamente de alunos que não teriam acesso à IO sem a criação do Bloco Livre.

O Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial oferece no Bloco Livre várias UCs da área de Engenharia Industrial, algumas em áreas afins à IO.

Assim, presentemente, na FCT/UNL qualquer aluno poderá obter formação na área da Investigação Operacional, que é devidamente creditada no seu plano curricular.

A IO no Programa Doutoral em Matemática da FCT/UNL

Na FCT/UNL a IO também tem sido abordada a nível de Doutoramento. O Programa Doutoral em Matemática na FCT/UNL contempla três especialidades, sendo que uma delas é em Investigação Operacional, permitindo assim a obtenção de formação avançada nesta área a nível de 3º Ciclo.

Conclusão

Na FCT/UNL os alunos dos Cursos de Matemática podem obter uma forte formação na área da IO. Adicionalmente, os alunos do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial, para além da formação em IO assegurada por uma UC lecionada pelo Departamento de Matemática, têm algumas UCs na área de Engenharia Industrial, que abordam temáticas de IO.

Nos Mestrados Integrados em Engenharia nas áreas de Civil, Física, Informática e Mecânica os alunos têm uma UC de IO lecionada pelo Departamento de Matemática.

Nos Mestrados Integrados em Engenharia nas áreas de Ambiente, Materiais e Micro e Nanotecnologias os alunos têm uma UC com dois módulos, sendo que um é de IO, lecionada pelo Departamento de Matemática.

Com a implementação do Novo Perfil Curricular da FCT/UNL, em 2012/13, todos os alunos desta instituição passaram a poder escolher UCs do Bloco Livre, fora do seu plano curricular original, pelo que **todos os alunos da FCT/UNL passam a poder frequentar UCs de IO**, nomeadamente as que o Departamento de Matemática disponibiliza para o Bloco Livre.

Na Tabela 1 sintetiza-se a oferta de UCs de IO nos diversos Cursos de 1º/2º Ciclo da FCT/UNL.

Agradecimentos

Aos Professores Doutores Rogério Puga Leal e Virgínia Machado do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Pedro Santos Coelho, Leonor Amaral e António Câmara do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente e Pedro Medeiros do Departamento de Informática, bem como à Responsável pela Divisão Académica da FCT/UNL, Dra. Isabel Sequeira Pinto, agradeço a colaboração prestada, que me permitiu ser mais preciso nesta perspetivação do ensino da IO na FCT/UNL nos últimos 38 anos.

Matemática	Licenciatura + Mestrado	Forte formação em IO/DM: Licenciatura 2 UCs obrigatórias + 1 UC opcional; Mestrado AEIO:4 UCs obrigatórias + 2 UCs opcionais + Dissertação
Engenharia de Gestão Industrial	Mestrado Integrado	Formação básica em IO/DM + formação em várias UCs sobre técnicas de IO/DEMI + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Física	Mestrado Integrado	Formação básica em IO/DM (UC obrig.) desde 1978/79 + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Civil	Mestrado Integrado	Formação básica em IO/DM (UC obrig.) desde 1993/94 + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Informática	Mestrado Integrado	UC de aplicação de IO/DI à Informática; desde 2007/08 UC IO/DM (IIO) + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Mecânica	Mestrado Integrado	Formação básica em IO/DM (UC obrig.) desde 2004/05 + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Química e Bioquímica	Mestrado Integrado	Formação básica em IO/DM (UC obrig. de 1986/87 até 2005/06) + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Biomédica	Mestrado Integrado	Formação básica em IO/DM (UC obrig. de 2005/06 até 2011/12; passou a opção recomendada desde 2012/13) + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia do Ambiente	Mestrado Integrado	UC de aplicação de IO/DCEA ao Ambiente; desde 2012/13 UC IO/DM (IPEIO) + Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia de Materiais	Mestrado Integrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13 + Formação básica IO/DM (IPEIO) desde 2015/16
Engenharia de Micro e Nanotecnologias	Mestrado Integrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13 + Formação básica IO/DM (IPEIO) desde 2015/16
Biologia Celular e Molecular	Licenciatura / Mestrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Bioquímica	Licenciatura / Mestrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Conservação e Restauro	Licenciatura / Mestrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Geológica	Licenciatura / Mestrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Química Aplicada	Licenciatura / Mestrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13
Engenharia Electrotécnica e de Computadores	Mestrado Integrado	Bloco Livre(IO) desde 2012/13

Tabela 1: Oferta de UCs de IO nos Cursos de 1º/2º Ciclo da FCT/UNL.

Notas:
1) DM – Departamento de Matemática; DEMI – Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial; DI – Departamento de Informática; DCEA – Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente.
2) UCs da área de IO lecionadas pelo DM aos cursos de Engenharia: IO – Investigação Operacional; IIO – Introdução à IO; IPEIO – Introdução às Probabilidades, Estatística e Investigação Operacional.

HEURÍSTICA DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE PAVIMENTOS E REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Armindo Soares,
DEGEI, Universidade de Aveiro
Carina Pimentel,
GOVCOPP / DEGEI, Universidade de Aveiro

A utilização de peças cerâmicas no pavimento e revestimento de superfícies é uma prática comum na indústria da construção civil, sendo raras as edificações em que as mesmas não estão presentes. O seu processo de fabrico é contínuo, com início numa prensa que dá forma às peças, passagem por uma linha onde são feitas as diversas aplicações superficiais e posterior cozedura em forno apropriado, conforme esquematizado na Figura 1.

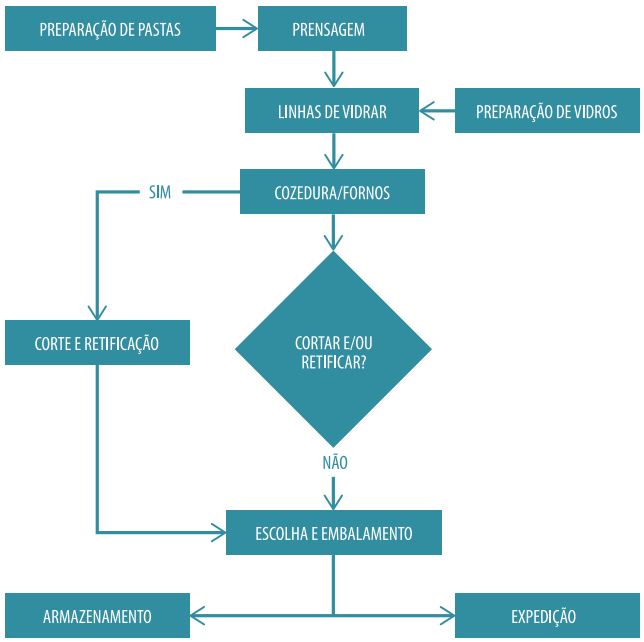


Figura 1: Processo produtivo de peças cerâmicas.

Problema

Pelo forte consumo energético que os fornos representam, a sua utilização deve ser maximizada, trabalhando ininterruptamente (24 horas/dia) e com o máximo da área de cozedura utilizada. Para que tal se possa verificar, terá de ser garantida a existência de material para a sua alimentação contínua. O mesmo é conseguido com um eficiente programa de produção, que maximize a produção de peças conformes, minimizando o tempo e os custos (mão-de-obra e recursos instalados) incorridos com mudanças/adaptações de referência para referência, tendo em consideração a procura, se possível, evitando a acumulação de trabalho por executar e reduzindo os custos de posse dos bens produzidos.

Objetivo

Pretendia-se com este trabalho a obtenção de uma ferramenta capaz de alocar as referências a produzir aos dias produtivos de cada uma das linhas de vidrar, respeitando a matriz de compatibilidade entre linhas e produtos, os lotes mínimos de produção, os prazos estabelecidos com os clientes, a capacidade dos fornos e, se possível, minimizando os tempos de preparação aquando da troca de formato de referências. Esta ferramenta permitiria ao responsável pela programação da produção obter, em tempo útil, uma visão das necessidades produtivas da empresa, de uma forma sustentada, simples e rápida. Não visaria substituir por completo o seu trabalho, mas esperava-se poder contribuir para a agilização das suas funções, aumentando o seu tempo de folga, podendo ainda evidenciar-lhe programas de produção alternativos, muitas vezes impercetíveis pelos meios de programação tradicionais.

Metodologia

A plena consciência que na maioria dos casos a obtenção da solução ótima em contexto industrial é uma ilusão raramente atingível em tempo útil, levou ao estudo e resolução do problema da programação da produção na indústria de pavimentos e revestimentos cerâmicos, através da criação de uma heurística construtiva capaz de gerar soluções admissíveis de qualidade e em tempo útil.

Assumiu-se como objetivo de programação minimizar as datas de conclusão de cada uma das referências a produzir.

Heurística

A heurística foi fortemente inspirada e construída à luz daquilo que era feito na empresa para programar a produção. Assumiram-se os mesmos pressupostos e as mesmas restrições, numa tentativa de conseguir uma solução de qualidade equivalente a um custo inferior.

O algoritmo foi criado com três finalidades principais:
1) obter uma visão macro das necessidades produtivas;
2) obter prazos de disponibilidade/entrega;
3) obter programas de produção.

A heurística percorre os seguintes passos para a obtenção de um plano de produção:
1º Determinar as referências a produzir, através da análise das quantidades em *stock*, encomendas colocadas e previsão de procura;

2º Distribuir as referências por todas as linhas capazes de as produzir;

3º Excluir referências repetidas das linhas com mais trabalhos acumulados;

4º Agrupar referências por formato produtivo;

5º Ordenar referências por data de entrega crescente (mantendo o formato);

6º Ordenar campanhas por ordem crescente das

referências com prazo de entrega mais próximo de cada campanha (uma campanha é um conjunto de referências do mesmo formato, a produzir consecutivamente numa dada linha);

7º Inserir *setups* aquando da transição entre campanhas;

8º Assegurar o cumprimento dos prazos de entrega, particionando campanhas ou transferindo as referências, que não cumpram o prazo, para outras linhas;

9º Assegurar o cumprimento da capacidade de cozedura dos fornos, limitando o agendamento à capacidade semanal de cozedura e adiando eventuais produções excessivas para semanas posteriores;

10º Imprimir programa de produção.

Avaliação da solução

Com o intuito de testar a *performance* da heurística e a qualidade das suas soluções, foi desenvolvido um modelo de programação inteira mista (PIM), com o propósito de tentar obter a solução ótima do problema e em seguida proceder à comparação da solução heurística com a ótima. Verificou-se um desvio baixo da solução heurística em relação à ótima, dado o tempo de processamento necessário à obtenção de soluções.

Conclusões

À semelhança de outras heurísticas e algoritmos não exatos, esta não garante a obtenção da solução ótima para o problema em estudo. Contudo, permite a obtenção de planos de produção admissíveis, verificando-se a validação de todas as restrições, com um esforço computacional e num período de tempo reduzidos. Com um tempo de processamento superior, também o modelo PIM criado permite resolver o problema, para instâncias pequenas (menos de 100 referências). A qualidade das soluções obtidas com o PIM é superior às da heurística (em instâncias pequenas). No entanto, face aos seus elevados tempos de resolução, é pouco expectável que possa vir a ser usado para um efetivo apoio na tomada de decisão. Contudo, o seu desenvolvimento e teste foram benéficos, pois permitiram aferir a qualidade das soluções obtidas com a heurística.

OUTRAS NOTÍCIAS

In July 2016, up to 3000 OR professionals, from every part of the European OR community, will be gathering in the historic city of Poznan in Poland to take part in Europe's premier OR conference, EURO2016. Special emphasis will be laid on the importance of practical O.R., with a strong 'Making an Impact' programme to provide plenty of value for practitioners.

'Making an impact' gives you the opportunity to grow your professional skills, build your local and international network of contacts, be inspired by others, and contribute to the success of European OR practice, through activities expected to include case studies, promotion of academic-practitioner collaboration opportunities, workshops, mentoring, facilitated networking, and a careers exposition.

More information about 'Making an Impact' planned activities is on the website: http://www.euro2016.poznan.pl/making-an-impact

If your day-job is using OR, analytics, or anything similar to help organisations become more effective, put the dates in your diary now: 3rd-6th July 2016 in Poznan.

PROJECTOS APROVADOS

PTDC/MATNAN/2196/2014

Título: **Modelação de Problemas de Roteamento e Escalonamento**

Área Científica Principal: Matemática - Análise Numérica, Otimização e Modelação Matemática

Investigador Responsável: **Luís Eduardo Neves Gouveia**

Instituição proponente: Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Instituições participantes: Câmara Municipal do Seixal, Instituto Superior de Agronomia, Instituto Superior de Economia e Gestão, ISCTE Instituto Universitário de Lisboa

Palavras-chave: Roteamento, escalonamento, modelos de programação linear inteira

PTDC/IIM¬GES/2830/2014

Título: **mKEP Modelos e algoritmos de optimização em programas internacionais de doação renal cruzada**

Área Científica Principal: Indivíduos, Instituições e Mercados Gestão

Investigador Responsável: **Ana Viana**

Instituição proponente: INESC TEC

Instituições participantes: INESCT TEC, Universidade do Minho, Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Palavras-chave: Doação renal cruzada, optimização, multi-critério, apoio à decisão

PTDC/AGR-FOR/2178/2014

Título: **EasyFlow: Operações logísticas eficientes e colaborativas para maior sustentabilidade das cadeias de abastecimento florestais**

Área Científica Principal: Agricultura e ciências florestais, Eng. Industrial

Investigador Responsável: **Alexandra Marques**

Instituição proponente: INESC TEC

Instituições participantes: Centro de Estudos de Gestão – IST

Palavras-chave: Sistemas de Apoio à decisão, planeamento, logística, sustentabilidade, colaboração, cadeias de abastecimento, engenharia florestal

TESES DE DOUTORAMENTO CONCLUÍDAS RECENTEMENTE

Autor: **Inês Barbedo de Magalhães**

Título: **Determination of regular exceptional graphs by (k,t)-extensions**

Instituição: Universidade de Aveiro

Designação do Doutoramento: Doutoramento em Matemática

Data de conclusão: Julho de 2015

Orientador: **Domingos Moreira Cardoso**

Co-orientador: **Paula Rama**

Palavras-chave: Spectral graph theory, exceptional graphs, posets

Resumo: An exceptional graph is a connected graph with least eigenvalue not less than -2 which is not a generalized line graph. A new technique for the construction of regular graphs, is developed and applied in the construction of all (187) regular exceptional graphs. The set of regular exceptional graphs is partitioned in three layers. In the case of 1st and 2nd layers, the graphs are obtained by (0,2)-regular set extensions and in the case of 3rd layer, by (1,3)-regular set extensions. This construction proves that the independence number of the graphs of 1st and 2nd layers attains the Hoffman's upper bound.

Design: ola@sofiacoutinho.com
Tiragem: 500

Edição da Associação Portuguesa de Investigação Operacional | CESUR - Instituto Superior Técnico | Av. Rovisco Pais | 1049 - 001 Lisboa