

BOLETIM APDIO 45

2º Semestre de 2011

Editores:
Ana Camanho
Bernardo Almada-Lobo



Apdio

EDITORIAL

A edição deste Boletim coincide com o final do mandato da atual direção da APDIO e tomada de posse dos novos elementos dos órgãos sociais. Neste contexto, este boletim inclui um artigo do presidente cessante, Joaquim João Júdice, com uma reflexão sobre as iniciativas da APDIO e as apostas estratégicas que foram encetadas neste mandato. Em particular, foram constituídas em 2011 duas Comissões, uma para promover a ligação com as empresas e uma outra vocacionada para o ensino da IO. No Boletim anterior foram descritas algumas iniciativas da comissão relacionada com o ensino da IO. Neste número, damos especial destaque na secção das notícias ao "1º encontro Investigação Operacional na empresa", realizado na Jerónimo Martins em Outubro de 2011.

O artigo de opinião, da autoria de José Soeiro Ferreira, descreve o papel que a multimetodologia pode ter na abordagem aos problemas da Investigação Operacional, dando particular realce ao uso de métodos de estruturação de problemas (métodos soft) e de criatividade. Segue-se a secção das técnicas de IO dedicada às Metaheurísticas, da autoria de Jorge Pinho de Sousa, que faz uma revisão das várias técnicas que podem ser usadas na abordagem a problemas reais complexos, de cariz estratégica ou operacional, e reflete sobre a importância do design deste método de solução.

A entrevista a Gonçalo Quadros também nos mostra as pontes que podem ser lançadas entre a comunidade científica ligada à investigação Operacional e as empresas, no sentido de promover uma colaboração de sucesso com utilidade social. A secção IO em acção, da autoria de Cláudio Alves, Pedro Brás, José Valério de Carvalho e Telmo Pinto, descreve a aplicação de métodos heurísticos à optimização de processos de fabrico de estofos para automóveis, que pode ser visto como um problema de posicionamento de figuras irregulares noutra figura de maiores dimensões também ela irregular.

A secção IO em Portugal apresenta o Centro de Investigação Operacional (CIO) da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e o Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico.

O Boletim encerra com uma contribuição do Manuel Costa Lobo, onde é feita uma reflexão sobre o planeamento do espaço humanizado e pedagógico.

Finalmente, apresentamos a constituição da nova direcção da APDIO, que vai iniciar funções em Janeiro de 2012, e a quem naturalmente deixamos votos de muitos sucessos na condução da sociedade.

Ana Camanho
Bernardo Almada-Lobo

02 NOTA FINAL DO PRESIDENTE DA APDIO

Joaquim João Júdice

04 ARTIGO DE OPINIÃO

Vencer Novos Desafios com
Multimetodologia

José Soeiro Ferreira

06 TÉCNICAS DE IO

Metaheuristics:
Some General Principles and Design Issues

Jorge Pinho de Sousa

09 ENTREVISTA

Gonçalo Quadros

10 IO EM AÇÃO

Optimização de processos no fabrico
de estofos para automóveis:
O caso da Coindu S.A.

Cláudio Alves, Pedro Brás, José Valério de
Carvalho, Telmo Pinto

12 IO EM PORTUGAL

Centro de Investigação Operacional

Luis Gouveia

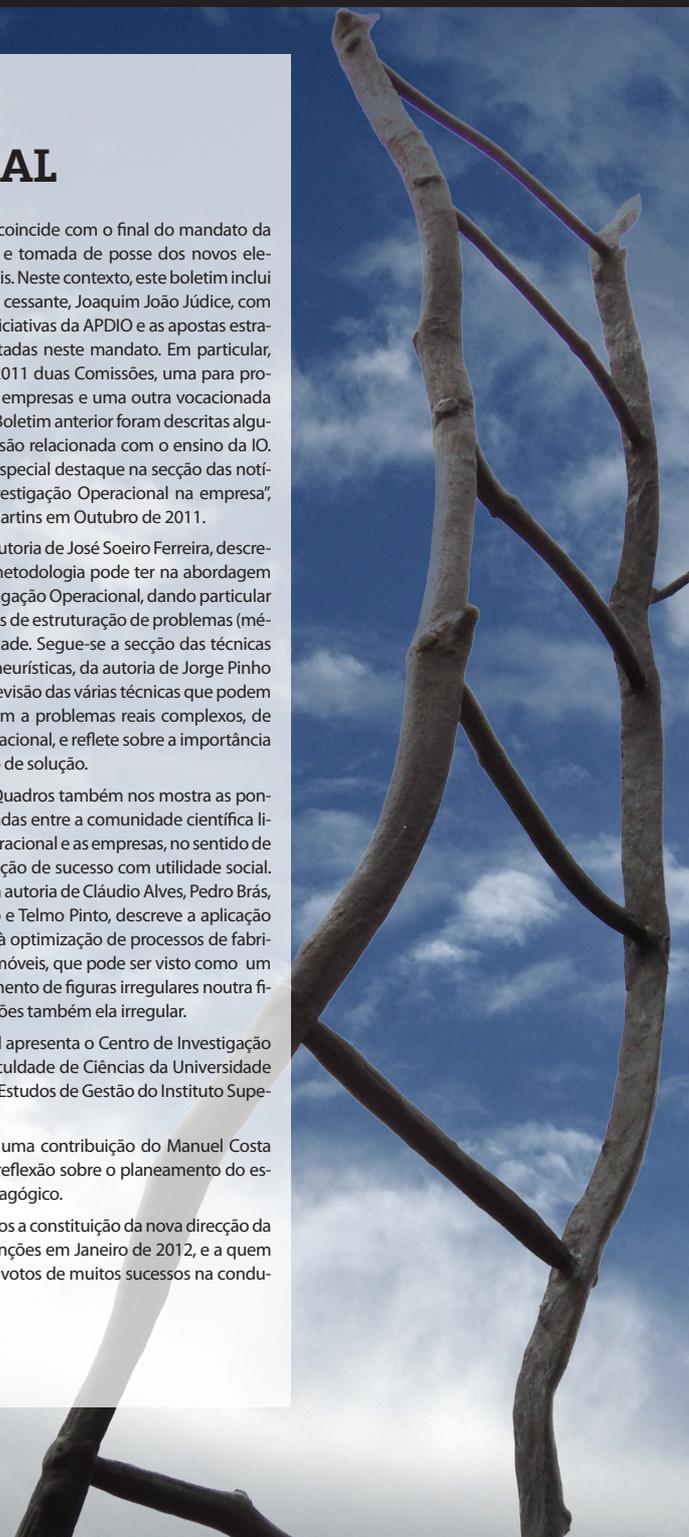
CEG-IST Centro de Estudos de Gestão do
Instituto Superior Técnico

Francisco Lima

14 BLOG DOS SÓCIOS

Planeamento do espaço humanizado
e pedagógico... Quando?

Manuel da Costa Lobo



NOTA FINAL DO PRESIDENTE DA APDIO

Joaquim João Júdice, APDIO

A atual Comissão Diretiva da APDIO iniciou as suas funções em Janeiro de 2010 para um mandato de dois anos e no seu programa constavam como grandes objetivos uma reorganização da sociedade, uma aproximação aos sócios individuais e coletivos, nomeadamente com a organização de várias iniciativas, a reedição do boletim, a manutenção do site da sociedade sempre atualizado e a continuação das boas relações existentes com as sociedades estrangeiras de IO. Como Presidente da APDIO, é com grande satisfação que escrevo esta pequena nota no Boletim da APDIO no final destes dois anos de muito trabalho, com a ideia de que todos esses objetivos foram alcançados e, sem ponta de vaidade, até ultrapassados.

Na primeira reunião da Direção tomámos a feliz decisão de escolher um dos nossos membros, a Professora Doutora Ana Camanho, para se lançar na difícil tarefa de reeditar o Boletim. A sua escolha do Professor Doutor Bernardo Almada-Lobo para co-editor do Boletim não foi menos feliz para o sucesso dessa tarefa. O excelente trabalho dos dois editores, a disponibilidade manifestada pelos sócios e mesmo de alguns não sócios da APDIO teve como resultado um conjunto de quatro boletins de grande qualidade, de que este é o último exemplo bem claro.

Uma outra ideia original que veio a resultar em pleno foi o convite endereçado ao nosso sócio número 1, Professor Doutor Luís Valadares Tavares, para organizar com o Presidente e o Secretário da Direção, Professora Doutora Marta Gomes, a Workshop IO: Que Desafios para 2010-2020?, da qual resultaram várias ideias interessantes que a Direção decidiu em boa hora implementar. Realce-se nesse aspeto a constituição de duas Comissões, uma para a ligação com as empresas e outra vocacionada para o ensino da IO. Do trabalho da primeira dessas Comissões saliente-se a organização do 1º Encontro Investigação Operacional na Empresa, realizada na empresa Jerónimo Martins de carácter inovador e onde elementos da empresa foram convidados a apresentar a alguns académicos escolhidos pela Direção da APDIO a sua maneira de lidar com modelos e técnicas de IO com vista a colaborações futuras entre essa empresa e os centros de investigação representados por esses académicos.

Em relação ao ensino da IO realizou-se a Workshop sobre o Ensino da Investigação Operacional, organizada pelos Professores Doutores José Fernando Oliveira, Pedro Oliveira e João Patrício, que teve grande afluência

não só de especialistas universitários mas também de professores de matemática do ensino secundário. Saliente-se como resultado dessa experiência a futura organização em 2012 de uma conferência sobre o ensino da Programação Linear no ensino secundário, que terá o Professor Doutor Ruy Costa como Presidente da Comissão Organizadora.

A página Web da APDIO foi melhorada e atualizada praticamente todos os dias com notícias recebidas das associações amigas (EURO, IFORS, ALIO) e de sócios individuais e coletivos, que normalmente aparecem na secção Notícias dos Sócios. A página contém ainda grande informação sobre várias conferências a organizar ou a apoiar pela APDIO, mas também de outras conferências que se irão realizar durante o ano de 2012. Um utilizador da página da APDIO tem ainda acesso a informação on-line importante, de livros e boletins produzidos pela APDIO até a slides de muitas das comunicações apresentadas em workshops e cursos organizados pela APDIO. Saliente-se a este respeito o excelente trabalho do Responsável da página, Professor Doutor João Patrício. É ainda de acrescentar que está em fase de ultimização um portal que irá substituir a página da APDIO e que irá conter ainda uma maior informação sobre a sociedade e a IO em geral.

Os sócios tiveram também a oportunidade de participar com preços mais acessíveis nas várias conferências, workshops e cursos que a Direção da APDIO foi organizando e apoiando durante os dois anos do seu mandato. Os Professores Doutores João Clímaco, Domingos Cardoso, respetivamente Presidentes das Comissões Organizadora e de Programa e o Vice-Presidente da Direção João Paulo Costa foram os rostos mais visíveis do congresso nacional da APDIO, IO2011, que teve grande sucesso, não só pelo elevado número e nível de comunicações apresentadas, mas também pela mesa-redonda sobre um tema de grande atualidade e interesse. A preocupação com a aproximação aos sócios levou a Direção a organizar cinco workshops de um dia sobre vários temas da IO e dois cursos sobre Optimização, apresentados pelos reputados Professores Immanuel Bomze e Miguel Anjos. É interessante acrescentar que muitas destas iniciativas foram organizadas conjuntamente com outras associações, institutos e centros de investigação, que passaram a ser sócios coletivos da APDIO. Não é por isso de estranhar que o número de sócios coletivos tenha triplicado durante o mandato desta Direção. A APDIO deu ainda grande apoio a várias conferências internacionais.

Nesse sentido saliente-se a conferência Optimization 2011, de grande reputação e sucesso mundial e obviamente o EURO XXIV, que pela segunda vez se realizou em Portugal e que juntou mais de duas mil comunicações.

Se a vontade em colaborar com os sócios individuais e coletivos foi a ideia mais forte do nosso mandato, a Direção não descurou as ligações existentes com as sociedades de IO internacionais. Esse trabalho foi realizado essencialmente pelos Presidente e os membros da Direção Luís Gouveia, Pedro Oliveira e Ana Camanho. Assim a Direção esteve presente ou fez-se representar nas reuniões anuais das sociedades EURO, IFORS e ALIO. Além disso foi estabelecido um protocolo com a sociedade brasileira de IO, SOBRAPO, tendo em vista o estreitamento da ligação entre investigadores portugueses e brasileiros. Saliente-se ainda o estabelecimento de outros dois protocolos com a sociedade APDR e o instituto INSTICC, com vantagens mútuas para a APDIO e essas instituições. É ainda de assinalar a colaboração com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa na criação do Prémio APDIO/FCT-UNL, atribuído anualmente ao melhor aluno de IO em unidades curriculares de licenciaturas ou mestrados lecionadas pelo Departamento de Matemática da FCT-UNL.

Como afirmei no início do meu mandato, estou consciente de que a APDIO pertence aos seus sócios que depositaram nesta Direção uma confiança enorme para que a associação esteja na linha da frente na investigação, no ensino e nas empresas. É de salientar que numa altura em que se fala de dívida praticamente todos os dias, conseguimos dois anos com resultados financeiros muito positivos. Para isso muito contribuiu a vontade dos sócios em regularizar as suas quotas e os excelentes resultados financeiros das várias iniciativas que a Direção organizou e apoiou. Saliente-se a esse respeito o trabalho do Tesoureiro da Direção, Professor Doutor João Patrício e da Secretária da APDIO, D. Maria Glória Valle.

Como se pode ver pela leitura desta nota, recebi durante estes dois anos um grande apoio de muitos sócios e não sócios para a consecução dos objetivos que a Direção se propôs. A todos eles e em especial aos membros da Direção e das várias Comissões que se foram formando ao longo destes dois anos o meu agradecimento muito sentido e a certeza que me deu um grande gosto poder servir a APDIO durante este período.



1º ENCONTRO INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NA EMPRESA

Marta Castilho Gomes, APDIO
Nelson Chibeles Martins, APDIO
Francisco Figueiredo, Grupo Jerónimo Martins

No workshop "IO: Que desafios para 2010-2020?", um fórum de reflexão sobre a identidade, missão e estratégia de desenvolvimento da APDIO para os próximos anos (realizado em Outubro de 2010), foram propostas várias iniciativas para dinamizar a comunidade portuguesa de Investigação Operacional. Entre estas, surgiu a ideia de realizar encontros de brainstorming com empresas. Este conceito tem um potencial interessante de facilitação da colaboração entre o mundo empresarial e as instituições de ensino superior portuguesas, com vista ao desenvolvimento de projectos comuns.

A Comissão IO nas Empresas foi constituída pelo Presidente da APDIO no início de 2011, e propôs-se realizar o primeiro destes encontros a seguir ao Verão. Foi seleccionado como parceiro o Grupo Jerónimo Martins, uma empresa de referência no País com actuação de destaque no que respeita à responsabilidade social, e com a qual existiam alguns contactos. Numa primeira reunião de apresentação da ideia, esta foi acolhida com entusiasmo pela empresa (área de logística) e, após algum trabalho de preparação, o referido encontro teve lugar no passado dia 12 de Outubro no centro de distribuição da empresa em Alcochete, numa organização conjunta da APDIO e do Grupo Jerónimo Martins (integrando o Dr. Nuno Dias e o Eng. Francisco Figueiredo a comissão organizadora). Participaram no encontro 18 profissionais da academia (da FEUP, IST, FCT-UNL, ISEG, Faculdade de Ciências da UL, I.P. de Tomar, U. Coimbra e IS-CAC), 9 colaboradores da Jerónimo Martins e 2 colaboradores da empresa Isretail.

O programa iniciou-se com um vídeo de apresentação da empresa, a que se seguiu uma sessão conduzida pelo Eng. Luís Pica sobre gestão de operações nos armazéns/centros de distribuição e uma discussão, muito participada, sobre colaborações entre a Jerónimo Martins e a Universidade. Após o almoço os participantes foram divididos em dois grupos para a visita ao centro de distribuição. A parte da tarde (em sala) iniciou-se com uma sessão sobre gestão de operações em transportes, pelo Eng. Francisco Figueiredo, seguindo-se uma breve apresentação da Isretail, empresa de consultoria e software de gestão de armazém que produz o sistema de informação em uso na Jerónimo Martins (e que está em constante melhoria, numa parceria entre as duas empresas). O encontro terminou pouco depois das 17h com um balanço e perspectivação de iniciativas futuras.

Quando retiramos um produto da prateleira do supermercado não imaginamos a complexidade das operações no sistema que suporta este gesto do nosso quotidiano. O encontro na Jerónimo Martins proporcionou o contacto com esse mundo escondido e fascinante, provocando o interesse dos participantes que colocaram inúmeras dúvidas e questões, tornando as sessões do programa e a visita ao armazém especialmente animadas. A área de logística da empresa contém na verdade um manancial de problemas de IO envolvendo várias vertentes de optimização, com vista ao constante aumento da

produtividade (medido em número de caixas manipuladas por unidade de tempo). Podem apontar-se:

- a optimização da localização dos produtos no armazém (que deve variar sazonalmente para uma maior eficácia);
- a optimização do percurso dos veículos (motas) no interior do armazém para compor uma palete;
- a optimização da carga e das rotas dos veículos (camiões) de distribuição às lojas;
- a optimização da localização (no País) dos novos armazéns da empresa (projecto em curso).

O momento de discussão relativamente às colaborações entre a empresa e a Universidade foi muito relevante, permitindo partilhar abertamente diferentes pontos de vista. Ficou claro que a área de logística do Grupo Jerónimo Martins tem beneficiado bastante com o diálogo com a Universidade nos últimos anos. A colaboração tem consistido sobretudo em estágios na empresa de alunos de mestrado, que caracterizam problemas e recolhem dados que depois tratam nas dissertações. A presença destes alunos e a forma como olham para a realidade da organização e a pensam tem sido útil para melhorar processos. A alguns alunos foi proposto um contrato de trabalho no final, com a vantagem da empresa os conhecer bastante melhor nesse momento do que num processo de recrutamento tradicional. Através dos colaboradores presentes, o Grupo Jerónimo Martins mostrou-se satisfeito com esta parceria e declarou-se disposto a "passar ao próximo nível". A discussão centrou-se então sobre essa evolução, tendo os académicos partilhado as suas necessidades e dificuldades, nomeadamente no recrutamento de alunos para desenvolverem trabalho de investigação. Ter bolsas financiadas pelas empresas é uma forma de atrair alunos para trabalhos de IO aplicados ao mundo empresarial. Outro tipo de colaboração é o estabelecimento de contratos com centros de investigação universitários (ainda pouco habituais no País) para trabalhos de consultoria/diagnóstico ou investigação do interesse das empresas.

A APDIO agradece ao Grupo Jerónimo Martins a disponibilidade, o profissionalismo e a simpatia tanto na fase de organização do encontro (tendo a "parte material" da respectiva logística ficado inteiramente a seu cargo) como durante o evento. As reacções positivas que recebemos dos participantes foram motivadoras e levam-nos a concluir que foram atingidos os objectivos de ensaiar uma organização num formato diferente, em que os profissionais do mundo académico fossem directamente ao encontro de problemas de IO com que empresas nacionais se deparam no seu dia-a-dia. No futuro, pensamos que a organização de outros encontros "Investigação Operacional na Empresa" permitirá cimentar, desenvolver e afinar este tipo de fóruns de modo a que passem a constituir uma verdadeira ponte para colaborações entre a comunidade académica de IO e o mundo empresarial.

VENCER NOVOS DESAFIOS COM MULTIMETODOLOGIA

Beyond formal methods lies the answer to complexity

J. Krishnamurti

As fronteiras entre os diferentes campos do conhecimento tornam-se mais ténues. Cresce o interesse e o sucesso na utilização de métodos provenientes de áreas aparentemente distintas num mesmo projeto ou iniciativa. Multimetodologia também faz parte das formas de trabalhar da Investigação Operacional (IO).

Diz Daniel Innerarity que *“Estamos a viver numa época em que pensar a sociedade é uma ocupação tão difícil como apaixonante: as turbulências no meio das quais temos de orientar-nos parecem pô-los perante a exigência de – para usar uma expressão de Turgot – prever o presente [...] Muitas coisas deixaram de ser o que eram: o poder, a guerra, os territórios, a comunicação, o medo, a economia [...] Os sistemas de elevada complexidade vieram desestabilizar radicalmente a ideia de que os fenómenos podem ser completamente identificados, compreendidos e manejados”* [Innerarity, 2004]. Este ambiente de invisibilidade que toca especialmente o futuro, de alterações únicas de relações e de poderes, pleno de tramas e de interdependências, fruto de enormes mudanças tecnológicas reflete-se, e é resultado, na sociedade em geral, nas organizações e nas empresas. Mais do que nunca surgem situações complicadas que demandam transparência, clarificação, estruturação e soluções apropriadas e urgentes. Reiteradamente são conjunturas de estratégia, gestão, decisão, organização e de otimização – o campo da IO.

Será fácil relatar os inúmeros sucessos da IO. E por que não também apostar que estará à altura de lidar com novos desafios, com a intransparência na governação das organizações e da sociedade e com a complexidade de novos problemas de decisão e de otimização associados? Obviamente, os métodos formais, quantitativos, têm uma valia e uma importância inegáveis e haverá que prosseguir no estímulo a novos desenvolvimentos. E quando podem ser usados terão vantagens face a possíveis alternativas. No entanto, é nossa forte convicção que será igualmente conveniente compreender, ensinar e praticar criativamente outros métodos, de natureza qualitativa. O engenho e a proficiência necessários exigirão bem mais do que mestrias analíticas, essenciais sem dúvida, sendo conveniente a assimilação prática de competências e de atitudes adicionais com vantagens a diversos níveis: trabalho em equipa, facilitação de consensos, lida com informação incompleta ou incoerente, descoberta de conexões, consciencialização ética e interligação de perícias *hard* e *soft*. Mais do que facilitar, os métodos quantitativos podem atrofiar a visão de situações pouco claras, mal definidas. Os praticantes de IO aceitam que perceber e estruturar uma situação complicada, por forma a che-

gar a um consenso para ação, torná-la suficientemente transparente para que possa ser modelada e trabalhada matematicamente, é a parte mais crítica. Mas é também a mais importante, pelo risco de queda na ‘resolução rigorosa do problema errado’. Ou então, pela possível decepção de ver soluções muito interessantes – ótimas até, mas que efetivamente não passaram por uma implementação continuada. A IO nasceu aplicada!

Entendemos que a Multimetodologia, como estratégia ou forma de intervenção, poderá ser desejável por estimular a criatividade, facilitar uma visão global, promover uma escolha mais efetiva de métodos ou de técnicas relevantes e a articulação de estudos qualitativos e quantitativos distintos. O conceito e a utilização de Multimetodologia já não são novos em outras áreas do conhecimento.

Multimetodologia

One of the deepest traditions in science is that of according respectability to what is quantitative, precise, rigorous and categorically true.

However, we live in a world which is pervasively imprecise, uncertain, and hard to be categorical about.

L. Zadeh

Multimetodologia é a utilização e combinação simultâneas de vários métodos ou partes de métodos, quer quantitativos (*hard*), quer qualitativos (*soft*), numa dada intervenção, [Mingers, 2000], [Mingers, 2001]. A abordagem pode consistir, simplesmente, na combinação de vários Métodos *soft* para trabalhar sobre um dado problema ou em combinar Métodos *soft* (referidos seguidamente) com Métodos *hard*. Esta última combinação será menos frequente, o que deixa um excelente desafio e uma oportunidade para mais criatividade neste âmbito. Pensamos que tal será muito desejável para o crescimento da IO, para o alargamento do seu campo de intervenção e especialmente para a sua aplicação efetiva. Presumivelmente surgirão dificuldades inerentes, pessoais e práticas, resultantes de paradigmas diferentes, de culturas ou de formações técnicas distintas, de experiências e de perícias adquiridas.

Quando falamos sobre Multimetodologia estamos a observar situações muito complexas, eventualmente a um nível estratégico, multidimensionais, em que os consensos sobre o tipo e profundidade de intervenções não são garantidos, ambiguidade presente, vários interesses em jogo, valores, perspetivas e objetivos distintos. Espera-se que a sua prática permita ver coisas que de outro modo não se veriam, tolerar a diversidade e evitar a sobressimplificação.

Outras referências sobre Multimetodologia e a sua prática em IO são: [Kotiadis and Mingers, 2006], [Mingers and Gill (Eds.), 1997] e [Munro and Mingers, 2002] e, noutras áreas, como as ciências sociais [Teddlie and Tashakkori, 2009].

Métodos Soft

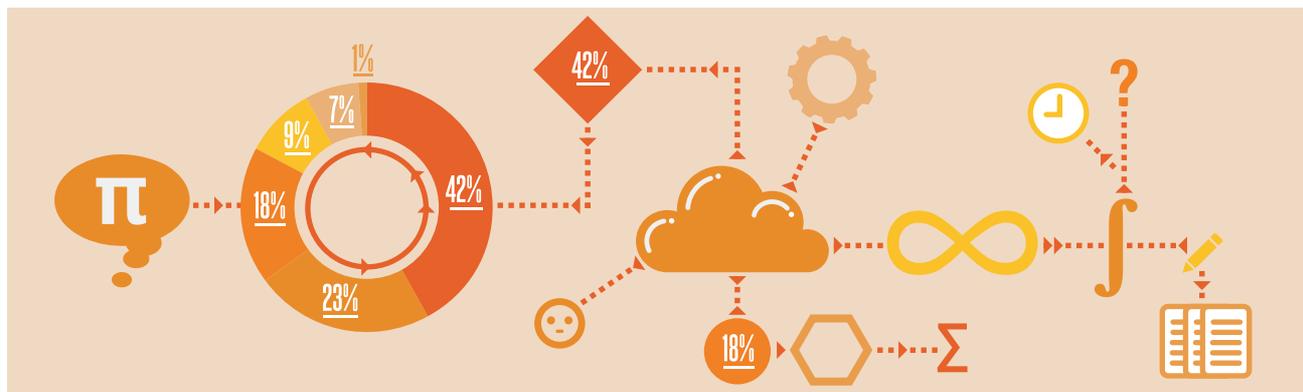
Os Métodos *soft*, (*Problem Structuring Methods*), foram desenvolvidos nos últimos 40 anos. Visam essencialmente: estruturar situações complexas e confusas cheias de incertezas e de objetivos não consensuais, em contraponto com a resolução de problemas bem definidos; explorar visões diferentes e facilitar o envolvimento das pessoas interessadas; e analisar aspetos quantitativos e modelos matemáticos. Por oposição, os métodos ‘tradicionais’ (*hard*) da IO partiam de problemas bem conhecidos – digamos que a IO entraria quando já as principais decisões estão (bem ou mal) tomadas. Os mais falados são: *Soft Systems Methodology*, *Strategic Choice Approach* e *Strategic Options Development and Analysis*. Referências genéricas são: [Keys, 2006], [Pidd, 1996], [Rosenhead and Mingers (Eds), 2001] e [White, 2009]. Embora nada impeça que também recorram a técnicas quantitativas tal não é comum. Por outro lado, e com alguma frequência, surgem aplicações com êxito abrangendo mais do que um Método *soft*.

Criatividade

Nesta reflexão, é oportuno indicar o livro *The art of problem solving* [Ackoff, 1978] como, possivelmente, o primeiro livro sobre criatividade em IO. Outros trabalhos do mesmo autor são [Ackoff and Vergara, 1981] e [Ackoff, 1987], que também levantam as questões das limitações da ‘modelação tradicional’ e da relevância de novas abordagens. Entendemos que a Multimetodologia, ao propor a combinação de Métodos *soft* e *hard*, também reencontra significado na afirmação retirada de [Rubinstein, 1986]: *“The most creative human problem solvers have an unusual capacity to integrate the two modes of conscious functions of the two brain hemispheres, and move back and forth between the holistic and sequential, between intuition and logic, between the fuzzy field of a problem domain and a clear specific small segment of a field. Such people can be outstanding artists and scientist because they combine the strong attributes of both”*.

Pensamento divergente intervém como uma componente primordial associada à criatividade. Num processo criativo será conveniente começar com Pensamento divergente para produzir ideias e soluções abundantes e só então (num procedimento iterativo)

José Soeiro Ferreira
Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto



mudar para Pensamento convergente para selecionar as ideias mais promissoras. Os termos citados surgem nos anos 60 com J. Guilford [Guilford, 1967].

Alcançar uma boa estrutura que combine componentes e aspectos sociais, pessoais e técnicos exigirá um trabalho criativo, onde frequentemente a intuição e os processos de pensamento inconsciente podem ter uma função superior. Referências genéricas sobre criatividade incluem: [Glass, 2006], [Runco, 2007] e [Vidal, 2006].

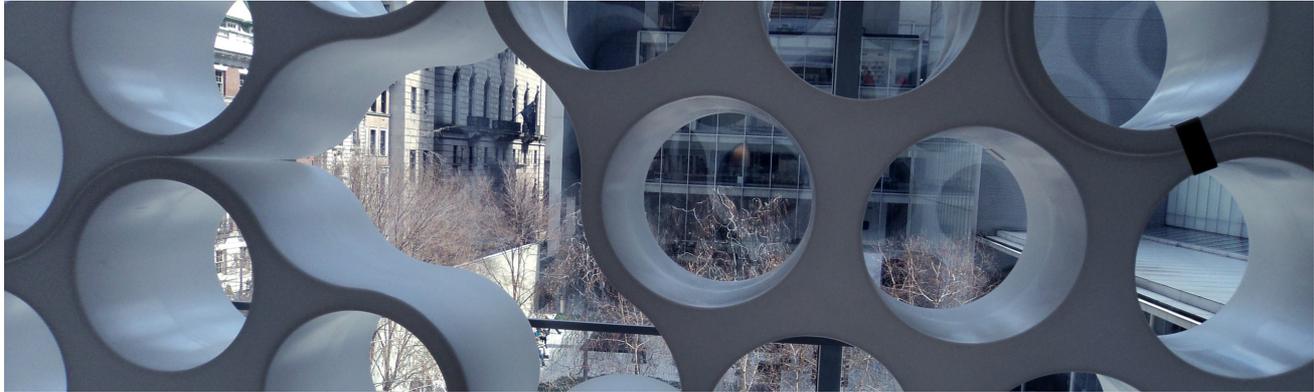
Notas finais

Embora dispondo de muita mais ciência, equipados de técnicas sofisticadas e de possantes meios computacionais observamos que resolvemos, ou dissolvemos, menos problemas do que os que criamos ou enfrentamos, e que estes emergem mais complicados, enredados e nebulosos.

Numa ótica abrangente da IO, a nossa opinião encoraja uma intervenção mais rica e ambiciosa, envolvendo uma mistura e uma articulação de métodos (ou de partes de métodos) de naturezas diversas. Tais métodos abraçarão aspetos qualitativos e motivarão a participação dos interessados, atores nas situações reais, para evitar interpretações limitadas e alcançar uma visão holística. Sobretudo quando a missão for a de preparar decisões em casos pouco claros, onde se presente que os métodos quantitativos nos vão abandonando. Pergunta-se, como lidar com situações complexas? 'Pensar multimetodologia' poderá ser uma forma de intervenção, de tentar a faculdade de olhar ao mesmo tempo em mais do que uma direção, tal qual o deus romano Janus! Mas Multimetodologia não é prescritiva, não dirá como preparar ou intervir. Haverá que percorrer um percurso longo e rigoroso e criativo, de aprendizagem, experiência e de ação. Finalmente, a IO sairá engrandecida e vencerá novos desafios.

Referências

- Ackoff R (1978). *The art of problem solving*. Wiley: NY.
- Ackoff R and Vergara E (1981). Creativity in problem solving and planning: a review. *European Journal of Operational Research* 7-1: 1-13.
- Ackoff R (1987). OR: a post mortem. *Operations Research* 35: 471-474
- Glass R (2006). *Software Creativity 2.0*. d.* Books.
- Guilford J (1967). *The Nature of Human Intelligence*. McGraw-Hill.
- Innerarity D (2004). *A sociedade invisível*. Teorema.
- Keys P (2006). On becoming expert in the use of problem structuring methods. *Journal of the Operational Research Society* 57: 822-8298.
- Kotiadis K and Mingers J (2006). Combining PSMs with hard OR methods: the philosophical and practical challenges. *Journal of the Operational Research Society* 57: 856-867.
- Mingers, J., Gill, A. (Eds.) (1997). *Multimethodology: Theory and Practice of Combining Management Science Methodologies*. Wiley, Chichester.
- Mingers J (2000). Variety is the spice of life – combining soft and hard OR/MS methods. *International Transactions in Operations Research* 7: 673-691.
- Mingers J (2001). Multimethodology—mixing and matching methods. In: Rosenhead J and Mingers J (Eds). *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*. John Wiley and Sons, Chichester, pp 289-309.
- Munro I and Mingers J (2002). The use of multimethodology in practice—results of a survey of practitioners. *J Opl Res Soc* 59: 369-378.
- Pidd M (1996). *Tools for Thinking*. Wiley.
- Rosenhead J and Mingers J (Eds) (2001). *Rational Analysis for a problematic World Revisited*. J. Wiley.
- Rubinstein M (1986). *Tools for Thinking and Problem Solving*. Prentice-hall.
- Runco M (2007). *Creativity*. Elsevier.
- Teddle, C., Tashakkori, A., 2009. *Foundations of Mixed Methods Research*. Sage
- Vidal V (2006). *Creative and Participative Problem Solving – The Art and the Science*. <http://www2.imm.dtu.dk/~vvv/CPPS/index.htm>.
- White L (2009). Understanding problem structuring methods interventions. *European Journal of Operational Research* 199: 823-833.



METAHEURISTICS: SOME GENERAL PRINCIPLES AND DESIGN ISSUES

Jorge Pinho de Sousa,
Faculdade de Engenharia da Universidade do
Porto / INESC Porto

Introduction

Heuristic techniques are a natural approach to tackle complex Combinatorial Optimization (CO) problems. These intrinsically “hard” problems arise in a multitude of contexts and sectors, and quite often have an important economic value. This is true for problems of a quite different type, from “design” problems of a more strategic nature (industrial layouts, transportation or communication networks, clusters...) to “management” problems of an operational nature (vehicle routing, operations scheduling...).

In fact true optimization methods are quite often meaningless, particularly in many CO problems. This is due to two main reasons: one is more general and has to do with the fact that we work with models that are in fact rough simplifications of the real problems (and this is particularly relevant with many CO problems). The other natural reason is that the majority of these problems is “NP-hard”, this meaning that the computational effort required by optimization methods (e.g., branch-and-bound) is not acceptable for practical purposes (this effort may increase in an “exponential” way with the size of the problem, as the method is forced to extensively explore the solution space).

This distinction between “design” and “management” problems is quite relevant in practice, because for the first type, methods are allowed to use much more computer time (e.g., in the design of an industrial layout) even with smaller marginal benefits, while for more operational problems (e.g., the definition of distribution routes that has to be done very morning, in a couple of minutes) the time available for computation may be quite small.

Modern heuristics (or metaheuristics) in general are quite adequate to deal with this type of issues, as they

can easily be designed to properly handle what we call the efficiency / effectiveness trade-off. I.e., for a problem such as an industrial layout (clearly not of an operational nature...) you should expect to have hours or days of computer time to solve it – so you don’t need to be so “efficient” and would rather prefer to get closer to better solutions (even if marginally better). On the contrary for planning the distribution routes, an efficient (i.e., fast) algorithm is surely required as you expect to reach a satisfactory solution probably in some minutes.

Heuristics

A typical heuristic approach has two phases. The first phase is a “constructive heuristic”, normally a “greedy” procedure that progressively constructs a solution from scratch, that is designed to improve, in each iteration, the objective function as much as possible. This is what we might call a “natural” algorithm, the type of approach taken in practice to solve problems. In a single machine scheduling problem this might mean sequencing the operations by ranking the jobs by increasing “due date”, i.e., the most critical operations are processed first (in the broad area of operations management, these procedures are called “dispatching rules” and this particular rule is known as EDD – Earliest Due Date).

A second phase is an “improvement procedure” or in general, a “local search” algorithm. Here we start with an “initial” solution (the first “current” solution) and we define a “neighborhood” structure, i.e., a “rule” to (slightly) change this solution, thus defining a set of “neighbors”. E.g., in a scheduling problem, these neighbors might be obtained by exchanging (or swapping) any two jobs. The neighbors are expected to be “similar” to the current solution and a “local search” procedure will examine the neighbors of the current solu-

tion, compute their value and “move” to the best neighbor (the one with the best objective function value) that now becomes the new “current solution”. And the whole process is repeated until we reach a “local optimum” i.e., a solution for which all neighbors are not better, and therefore no improvement can be made. Local search stops at that point, delivering that solution as the best one found so far.

Neighborhoods

The key ingredient of this procedure is the “neighborhood” definition. In general, for the same problem, we can define several alternative “neighborhood” structures (or rules) leading to larger or smaller sets of neighbors. If the “neighborhood” is larger (in size) the search process will take more time, but the probability of reaching a better solution is higher. On the contrary, smaller neighborhoods will lead to faster algorithms, but will probably end with “worse” local “optimums”.

In the above-referred scheduling example, assume we have n jobs, and each job is characterized by an estimated duration, a due date and a cost (penalty) incurred by each day of delay (if the job is completed after the due date).

If we consider the above neighborhood (swap any two jobs) we will have $n(n-1)/2$ neighbor solutions. Alternatively we might, for example, consider another neighborhood defined as “swap any two adjacent jobs”. This would have a much smaller size ($n-1$ solutions), thus being faster to explore.

Local search

Although we may define many variants of this general method, and consider several other parameters and details, this can be considered the basic version of a

“local search” (LS) procedure. As referred above, the neighborhood structure is, in general, the most important component in the of a LS approach, strongly determining its performance. In practice this is the aspect that should deserve more attention and effort when designing heuristic algorithms. For these reasons, work on more general, flexible and powerful “neighborhoods” is an important topic of research in the area of heuristic techniques.

It should be noted that, while “constructive heuristics” are strongly dependent on the particular features of the problem (as they normally try to take advantage of its characteristics) “local search” heuristics may be much more general, and therefore they are in general more robust, less problem dependent, and easier to adapt and change (e.g., swapping two entities in a permutation – i.e., jobs in a schedule – is a rather generic operation, that can be applied to many problems).

However when running a LS procedure, if we are not “lucky” we may get very fast “trapped” in a (possibly bad) local optimum. And it is not even sure that starting with a very good solution leads us to a better local optimum. That is one of the main limitations of a “simple” local search procedure and that is probably the main justification for the development of metaheuristic algorithms.

Metaheuristics

Metaheuristics (MH) are an extension of local search (LS) that, in a simplified way, can be considered as a “repetition” and a “randomization” of LS. The idea is to avoid getting trapped in local optima, by allowing some degradation of the objective function, and to be able to “use” the available computer time as much as possible (this meaning that if we are dealing with a strategic problem, we may possibly be able to use some hours of computer time, without having to stop the algorithm after a couple of seconds).

In practical terms, and as a framework for the design process, we view MH as “meta-algorithms”, i.e., as programs that embed and guide some inner procedures that in general are of a “local search” type. Or, in other words, MH are “additional” programs that repeat and randomize some (possibly sophisticated) LS procedures.

This perspective has some important implications. First, it means that our research and development focus should be on the LS, this meaning that efforts should mainly be put in the design and assessment of neighborhoods, rather than on the MH “component”. Second, and as a consequence, once the “core” (i.e. the LS component) has been developed, it should be easy to develop alternative MH either following standard implementations or even hybridizing them.

The term metaheuristic has been used for a large class of heuristic algorithms based on these ideas, and that started being published and disseminated in the 80s and 90s. Most of these algorithms, or to be more precise,

most of these algorithmic structures (templates) are based on a “metaphor” from nature, physics, biology or social phenomena. The metaphor is an “inspiration”, a departure point for the algorithm (e.g., the physical process of “annealing” in foundry or ceramics inspired “simulated annealing”, or the situation of a person lost in a city looking for a specific spot was a kind of motivation for “taboo search”).

A first, rather natural, MH might be obtained just by repeating (or iterating) LS, starting with different initial solutions. These solutions can be obtained randomly (in the above scheduling example, this would mean to define a random sequence of jobs). Such a simple algorithm, where the MH component is very small (maybe a couple of lines of a program), is extremely easy to design and implement, and will benefit from the “randomization” of the initial solution: quite often, worse initial solutions may lead to better “local optima”. There is another interesting point in this approach: the fact that we can run it (repeat it) as many times as we want, thus increasing the probability of achieving better solutions (and using the available computer time).

Another MH that is somehow related to this idea is GRASP. In a very simplified way we might say that it works as an iterated LS, but each LS step does not start from a completely randomly generated solution. In fact, to have an initial solution we might in the limit use a constructive “greedy” heuristic (such as the EDD rule in our scheduling problem) or a completely randomly generated solution (that may be a very poor solution). The GRASP approach chooses a solution somewhere in-between, i.e., in our example, it might construct the initial solutions, by creating a sequence of jobs where the next job to be added to the sequence is selected randomly, by giving higher probability to those jobs that have a smaller “due date” (obviously this leads to solutions that are not completely random). This type of idea can be applied in many ways and in general it works quite well. And again the “MH component” of the algorithm is rather small and possibly easy to implement.

Simulated Annealing and Taboo Search

A reference should obviously be made to the first, classic, more popular MH: Simulated Annealing (SA) and Taboo Search (TS).

In its basic version, SA randomly chooses one solution y from the neighborhood of the current solution $N(x_n)$, and if y is better than x_n , it becomes the new current solution ($x_{n+1} = y$); otherwise with probability $p(n)$, $x_{n+1} = x_n$. With time (i.e. as the iterations take place) $p(n)$ decreases, in a controlled way: worse solutions can be accepted much more often at the beginning of the process but, as time goes by, and $p(n)$ gets lower, the number of accepted worse solutions decreases and the process “freezes”. The idea is that by moving to worse solutions we may possibly reach “better” local optima, thus exploring the solution space in a wider way (this is a way to “diversify” the search).

Again the MH part of SA is quite small, basically consisting in iterating the LS process and in controlling the decrease of the acceptance probability. The standard way to compute this probability is based on an expression with three parameters that have to be tuned for guaranteeing a better algorithm performance. In fact this is a practical disadvantage of the algorithm, because normally tuning parameters requires a lot of experimentation with numerical instances that quite often do not reflect the whole range of different practical possibilities.

Taboo search (TS), in its basic version, chooses the best solution y from a subset of randomly chosen solutions in the neighborhood of the current solution (this subset $SN(x_n)$ is called a sub-neighborhood of x_n). This becomes the new current solution, even if it is worse, i.e., $x_{n+1} = y$.

In order to avoid “cycling”, there is a kind of “short-term memory” that records the last “moves” that have been made by the algorithm. This is a FIFO list called the “taboo list” (i.e., a move stays in the list during a number of iterations equal to the size of the list). A “move” represents a “change” in the solution as defined by the neighborhood structure (in our scheduling example, this might be swapping jobs C and F, and in the taboo list we would keep the move C/F). Then if in the search process, a candidate move consists in swapping F with C, this move will not be done if C/F is still in the list (i.e., if it is a tabu move).

As an alternative in the taboo list we might rather save some attributes of the moves. In the example, these might be the jobs C and F, this meaning that for a certain number of iterations we would not “touch” these jobs.

In practice for designing a TS algorithm we need to tune a couple of parameters (the size of the taboo list, or what moves or attributes are we going to keep in the list) but again its core component is the LS procedure.

As referred above, SA and TS are very popular “local-search” based metaheuristics, with thousands of very successful applications, in a wide range of domains. However we should emphasize that quite often the success of these procedures is much more dependent on their fundamental parts, such as the neighborhood structure, than on the specific aspects or parameters of the particular MH.

Population-based and multi-objective metaheuristics

Genetic Algorithms (GA) and a lot of affine procedures are also often considered as MH. In fact there are at least two basic differences with regard to the above algorithms. In GA we work simultaneously with a set of solutions (forming a “population”) and from that set, some solutions (“individuals”) are “selected”. They are then recombined (through a “crossover” operator), thus producing a new population of hopefully better solutions. Here recombination of solutions replaces the neighborhood “local search” concept. So instead of

having a single path along individual solutions, we have now populations of solutions evolving from iteration to iteration.

This “population” idea can be extended to traditional MH, by having multiple local-search paths, progressing in parallel. Extensions of this type have been developed, based on using populations of solutions, as a way to deal with multiple objectives. Multi-objective metaheuristics are used to produce solutions that represent trade-offs between the different objectives. In practical terms, this represents a quite useful functionality, allowing the user to better control the decision-making process. In fact most of the practical interesting CO problems do, by their own nature, involve multiple criteria and require new approaches that are quite different from those currently available in commercial systems. These population-based MH may fill this gap and bring a new dimension to practical decision support.

Hybrid algorithms

An interesting practical approach to tackle complex CO problems in practice is to consider two stages in the following way. We start with a simplified meta-problem, i.e., a synthetic, rough description of the solutions for the real problem (say, e.g., a sequence / permutation of the production orders in a manufacturing environment) and we design a MH to manipulate / change those solutions, for example, by swapping orders in the sequence. Then in a second stage this syn-

thetic representation of a solution is passed to an “external” algorithm, to compute its value (or values, if multiple objectives are considered). Those values are then used by the MH to pursue the search, i.e., to move to a new “current” solution.

Externalizing the process of solution evaluation has an enormous potential, in terms of flexibility for algorithm design, and in structuring the decision-making process. One way to do this external evaluation is by simulation. Simulation is used to complement the (heuristic) optimization process, in evaluating the quality of solutions. In the above example, the behavior of the production orders in the plant could be simulated for each schedule proposed by the MH, by introducing randomness in the operations, and this might naturally be done in a multi-objective perspective. This is particularly interesting to perform risk analysis.

Some conclusions and research trends

Metaheuristics have been extremely successful in dealing with a large variety of complex Combinatorial Optimization problems.

Going beyond the standard versions of MH, and having a “component” approach to their design, will provide higher levels of flexibility and customization in the development of new, innovative and more performing algorithms. This perspective is clearly in line with some current research trends that strengthen the importance of hybridisation of algorithms (through the

composition of procedures taken from different MH) and that emphasize the development of re-usable components and modularity. Software (MH) “frameworks” have been developed in the last years providing practical tools to efficiently develop useful decision support systems based on advanced MH.

On the other hand multi-objective versions of traditional MH are becoming more and more popular, in an attempt to fulfill the requirements of real decision processes. Moreover given the increasing complexity of problems, interactive MH may be an important instrument to incorporate the “know-how” and experience of the decision-maker, thus minimizing the natural limitations of the models.

In another direction, rich research opportunities are emerging on the development of new, more effective and efficient algorithmic approaches, hybridizing optimization techniques with (meta) heuristic techniques (“metaheuristics”), or merging optimization with simulation.

Finally it should be noted that there are a lot of research opportunities on more general and fundamental issues, related to the core concepts and principles for this type of algorithms, allowing us to better understand their performance and to develop frameworks and methods to design more powerful decision support tools.

SOME SELECTED REFERENCES

- E. H. L. Aarts and R. J. M. Van Laarhoven. *Simulated Annealing: Theory and Applications*. Reidel, Dordrecht, 1987.
- D. Corne, M. Dorigo, and F. Glover. *New Ideas in Optimization*. McGraw-Hill, 1999.
- T. A. Feo and M. G. C. Resende. Greedy randomized adaptive search procedures. *Journal of Global Optimization*, 6:109–133, 1995.
- A. Fink, S. Voss, and D. Woodruff. Building reusable software components for heuristic search. In P. Kall and H.-J. Luthi, editors, *Operations Research Proceedings*, Springer, Berlin, 1999, pp. 210–219.
- F. Glover. Tabu search and adaptive memory programming. In *Advances, Applications and Challenges*. Kluwer, 1996, pp. 1–75.
- F. Glover and G. A. Kochenberger (editors). *Handbook of Metaheuristics*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- P. Hansen and N. Mladenovic. Variable neighborhood search. In *Search Methodologies*. Springer, 2005, pp. 211–238.
- L. Jourdan, M. Basseur, and E.-G. Talbi. Hybridizing exact methods and metaheuristics: A taxonomy. *European Journal of Operational Research*, 2009.
- H. R. Lourenco, O. Martin, and T. Stutzle. Iterated local search. In *Handbook of Meta-heuristics*. Vol. 57 of *Operations Research and Management Science*. Kluwer Academic Publishers, 2002, pp. 321–353.
- M. Mladenovic and P. Hansen. Variable neighborhood search. *Computers and Operations Research*, 24:1097–1100, 1997.
- E.-G. Talbi. *Metaheuristics: from design to implementation*. John Wiley & Sons, 2009.
- E. L. Ulungu and J. Teghem. Multi-objective combinatorial optimization problems: A survey. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 3:83–104, 1994.

Gonçalo Quadros

“A MATEMÁTICA É DECISIVA PARA A INOVAÇÃO”



Chairman da Critical Software
Partner da Critical Ventures

Licenciou-se em Engenharia Electrotécnica, ramo Informática, em 1986 e doutorou-se em Ciências da Computação pela Universidade de Coimbra em 2002. Qual a importância que atribui a esta formação no seu percurso profissional, nomeadamente no que respeita ao lançamento e à liderança da empresa Critical Software?

Essa formação foi absolutamente decisiva. A Critical Software é de facto um resultado dela, não apenas pelos conhecimentos que nos trouxe mas também por todo o contexto e envolvimento com a Universidade, e pela cultura que esse envolvimento promoveu.

Vive satisfeito na “insatisfação”, e considera que a ambição não tem qualquer limite. Tinha um emprego simpático e estável na Soporcel, bem remunerado, quando decidiu candidatar-se a uma bolsa de doutoramento. Como é que lida com a incerteza?

Acho que lido bem com a incerteza. Designadamente com a incerteza que advém do sonho, ou da vontade grande de fazermos algo que nos orgulha, que queremos muito porque achamos que nos fará maiores, mas que na realidade não sabemos se somos capazes de concretizar.

É conhecido por estimular a análise crítica enquanto catalisador para aprender e evoluir. Como é que se consegue pôr este lema em prática?

É um desafio para uma empresa, para uma qualquer comunidade. Exige que nela se instale uma certa atitude, forma de pensar e de estar.

As pessoas hierarquizam as relações e com alguma frequência preferem calar-se, ou até dizerem o que julgam que o outro quer ouvir, do que darem conta do que a sua inteligência lhes diz – muitas vezes por causa de experiências que viveram antes, ou conheceram. Dar confiança e mostrar nos exemplos do dia-a-dia uma organização plural, livre, capaz de exercer o contraditório, dignificar a inteligência e o mérito, é o caminho. Um caminho de exemplo que exige tempo e determinação.

No âmbito da temática “Mathematics and Industry” promovida pela European Science Foundation, co-editou em Outubro um livro sobre “European Success Stories in Industrial Mathematics”. Qual é a contribuição que a Matemática pode ter na inovação (de processos e produtos) e na criação de valor industrial?

A Matemática é decisiva para a Inovação. De tal forma decisiva que sem ela a Europa não cumprirá a sua ambição de se tornar, de facto, no espaço mais global e inovador à escala global. Este livro é o resultado desta constatação e pretende fazer um alerta veemente: urge trazer a matemática e os matemáticos para o centro da actividade da Indústria!

Quais as oportunidades e os desafios que a comunidade de Investigação Operacional pode abraçar nos próximos anos, por forma a estreitar a ligação entre “Mathematics and Industry”? Como promover esta cooperação?

Oportunidades não faltam na IO. O desafio maior é fazer com que ambas as comunidades as vejam, as percebam, e acreditem no que elas podem trazer para um e outro lado.

Os académicos e os empresários têm que mudar a forma de agir. Acho que muito já mudou na forma de pensar, é preciso que consigam, agora, ser consequentes: apostar, investir, dar espaço para que a aproximação traga resultados e realmente a vontade de fazer esse caminho. O livro que se refere acima pretende, num contexto mais lato, ou para além da IO, dar algumas pistas para o conseguir.

IO EM AÇÃO

OPTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS NO FABRICO DE ESTOFOS PARA AUTOMÓVEIS: O CASO DA COINDU S.A.

Cláudio Alves, Pedro Brás, José Valério de Carvalho, Telmo Pinto
Centro de Investigação Algorítmica da Universidade do Minho

Enquadramento

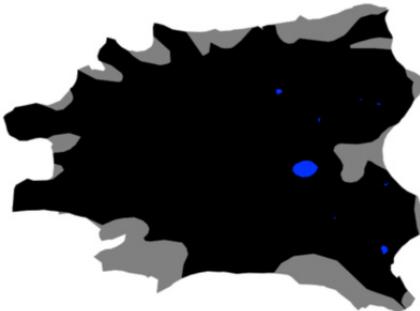
A Coindu é uma empresa nacional especializada na produção de capas em couro natural e tecido para estofos e outros acessórios para automóveis incluindo apoios de braço, encostos de cabeça e painéis. A empresa está instalada no concelho de Vila Nova de Famalicão desde 1998. Possui três unidades de produção em Mogege, Arcos de Valdevez e Curtici (Roménia) que empregam mais de 1700 colaboradores. Tem como clientes muitas marcas bem conhecidas do sector automóvel. A empresa está dividida em diversas áreas produtivas entre as quais se inclui o sector do corte. O corte de matérias-primas é sem dúvida um dos processos mais críticos da empresa quer devido aos requisitos de qualidade que lhe são impostos pelos seus clientes quer por causa dos volumes e do valor dos materiais que são utilizados.

O trabalho que é aqui descrito incide no sector do corte de couro da empresa. O couro é usado essencialmente para produzir as peças que compõem os estofos do automóvel. Actualmente, o corte do couro na Coindu é feito de forma manual por operários com recurso a ferramentas de corte que representam as peças do estofos (os chamados cortantes). O corte manual tem várias desvantagens. Para atingir bons níveis de eficiência, um operário precisa de alguma experiência, e mesmo depois de a ter adquirido, o seu desempenho está sempre dependente da sua motivação e disponibilidade. O interesse da empresa na automatização destes processos motivou o contacto que efectuou em 2005 a membros do grupo de Engenharia de Sistemas, Optimização e Investigação Operacional da Universidade do Minho no sentido de conceber e desenvolver ferramentas de optimização vocacionadas especificamente para a área de corte de peles de couro.

Definição do problema

O problema de optimização associado ao processo de corte de couro na Coindu pode ser visto como um problema de posicionamento de figuras irregulares (as peças do estofos) noutra figura de maiores dimensões também ela irregular (a pele de couro). Além da irregularidade dos bordos das peles e das peças, existem outros aspectos que dificultam notavelmente o problema. As peles de couro são um produto natural, e como tal, contém tipicamente defeitos e buracos. A superfície da pele

é heterogénea. As peles são divididas em zonas de qualidade classificadas como zonas A, B, C ou D. As zonas A são as zonas de melhor qualidade. O nível de qualidade diminui de A para D. Existe ainda um quinto nível de qualidade que é usado para representar as áreas não aproveitáveis da pele. Geralmente, essas zonas encontram-se perto do contorno das peles. Nas figuras deste artigo, as zonas A, B, C e D das peles são representadas respectivamente a preto, vermelho, verde e azul. As zonas não aproveitáveis da pele são representadas a cinzento.



As peças podem ter buracos no seu interior e têm também zonas de qualidade. Uma zona de qualidade numa peça representa um requisito imposto pelo cliente relativamente ao nível mínimo de qualidade que deverá ter o couro usado para produzir essa parte da peça. As zonas de qualidade A de uma peça, por exemplo, só poderão ser cortadas nas zonas A de uma pele. Por seu lado, uma zona B de uma peça poderá ser cortada a partir de uma zona A ou B de uma pele, mas não poderá ser cortada a partir das zonas de qualidade C ou D. Em suma, o posicionamento de uma peça na pele é válido se e só se todas as partes da peça estiverem por cima de uma zona da pele de qualidade idêntica ou superior. Nas figuras deste artigo, as zonas de qualidade A das peças são representadas a magenta, enquanto que as outras zonas de qualidade são representados nas mesmas cores usadas para as peles.

O objectivo do problema consiste assim em determinar a forma como as peças devem ser colocadas na superfície da pele, de modo a que não haja peças sobrepostas, sejam satisfeitos todos os requisitos de qualidade, e não

haja nenhuma peça colocada em cima de um buraco, visando a maximização do aproveitamento da pele.

Existem muito poucos resultados descritos na literatura sobre este problema. Até 2005, existiam apenas duas referências ligadas directamente ao problema de corte de peles de couro: uma de Heistermann e Lengauer [1] aplicada à indústria do mobiliário (produção de sofás), e outra de Crispin et al. [2] aplicada ao fabrico de sapatos. Ambas descrevem abordagens heurísticas para a resolução do problema. A primeira difere do caso da Coindu por causa do tamanho das peças envolvidas. A maior parte das peças dos sofás são grandes ao contrário do que acontece com os estofos de automóveis. No caso dos sapatos, são impostas restrições adicionais relativamente à orientação que as peças devem ter nas peles de couro. Essas restrições de direcionalidade acabam por simplificar o problema ao reduzir o número de alternativas de posicionamento. Quer Heistermann e Lengauer, quer Crispin et al. declaram ter obtido resultados que são competitivos com os resultados alcançados por operadores humanos.

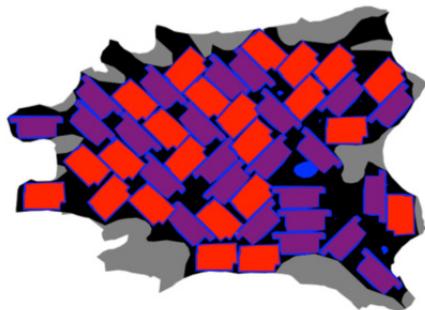
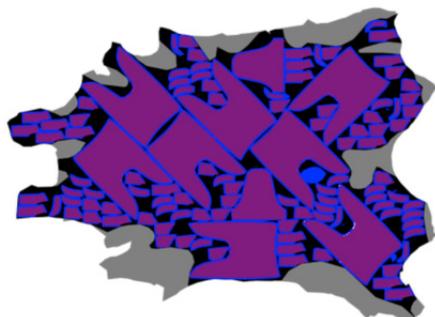
Resolução do problema

A abordagem seguida neste trabalho consistiu no desenvolvimento de heurísticas e meta-heurísticas para o problema de posicionamento de figuras irregulares em peles de couro no caso em que não existem restrições de direcionalidade e em que se considera a existência de peças de pequena e média dimensão. Foram desenvolvidos três novos algoritmos: um algoritmo construtivo descrito em detalhe em [3], um algoritmo de pesquisa de vizinhança variável [4] e um algoritmo do tipo GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure). O desempenho dos algoritmos foi avaliado através de um conjunto extenso de testes computacionais realizados com instâncias reais baseadas em modelos de automóveis que se encontram em produção na Coindu. A título de referência, considerámos o tempo médio necessário a dois operários para preencher totalmente uma pele (600 segundos).

O algoritmo construtivo é composto por quatro passos: o agrupamento de peças, a selecção da próxima peça a posicionar, a selecção da região de posicionamento ad-

missível e a avaliação dos pontos de posicionamento. Para cada passo, foram desenvolvidas e testadas diversas estratégias alternativas.

O primeiro passo do algoritmo consiste em agrupar as peças de acordo com o valor de um determinado atributo (a sua área, grau de irregularidade, ou concavidade, por exemplo). Considerámos também a possibilidade de ponderar os valores dos diferentes atributos e agrupar as peças usando uma combinação linear dos valores correspondentes. A selecção da próxima peça a posicionar pode ser realizada de duas formas: seleccionando uma peça por ordem crescente ou decrescente do valor do atributo escolhido, ou seleccionando primeiro um grupo de peças, e restringindo a escolha da peça a esse grupo específico. O posicionamento da peça na superfície da pele é restrito a uma determinada região da pele. Essa região pode ser escolhida seguindo diferentes estratégias. Algumas, por exemplo, tentam reproduzir o procedimento seguido pelos operadores manuais que tendem a preencher as peles por níveis. Outras estratégias mais sofisticadas procuram restringir o posicionamento a regiões específicas em função das características dos respectivos invólucros de posicionamento interior. Esses invólucros são polígonos que determinam os pontos de posicionamento válido dentro dos espaços vazios da pele. Uma vez seleccionada a peça e a região de posicionamento, são avaliados os pontos de posicionamento usando um determinado critério de avaliação (a qualidade do encaixe ou a proximidade ao bordo da pele, por exemplo). No total, foram considerados catorze critérios de avaliação diferentes.



Para melhorar as soluções obtidas através da heurística construtiva, foi desenvolvida uma meta-heurística baseada em pesquisa de vizinhança variável. As estruturas de vizinhança que foram exploradas baseiam-se na sequência de posicionamento das peças. A heurística construtiva é usada para definir uma sequência inicial sobre a qual se operam quatro tipos de movimentos:

- substituição de uma peça p da sequência por outra que não faça parte da sequência, eliminação da sub-sequência de peças desde a peça p até ao fim da sequência inicial e aplicação da heurística construtiva original para preencher o resto da pele;
- substituição de uma peça p da sequência por outra que não faça parte da sequência e aplicação da heurística construtiva usando as peças da sub-sequência desde a peça p até ao fim da sequência inicial;
- permutação de uma peça p por uma peça p' que produza um melhor encaixe e aplicação da heurística construtiva usando as peças da sub-sequência desde a peça p até ao fim da sequência inicial;
- eliminação de uma peça p da sequência e aplicação da heurística construtiva usando as restantes peças da sequência.

Nos casos b) a d), a heurística construtiva original é usada no final para preencher eventualmente os espaços vazios.

As experiências computacionais envolveram uma fase de afinação do algoritmo em que foram analisados aspectos tal como a ordem pela qual as diferentes estruturas de vizinhança são exploradas. As melhores estratégias identificadas nessa fase de afinação foram usadas numa segunda fase de testes num conjunto maior de instâncias reais. Em 96% das instâncias, o algoritmo de pesquisa de vizinhança variável melhorou a solução obtida através do algoritmo construtivo.

Em alternativa à pesquisa de vizinhança variável, foi explorada também uma meta-heurística do tipo GRASP. A fase construtiva do algoritmo baseou-se na heurística construtiva discutida acima. Algumas diferenças relativamente à heurística original consistem por exemplo na selecção da próxima peça a colocar que passa a ser feita

de forma aleatória com base numa lista restrita de candidatos. Essa lista é actualizada a cada iteração da fase construtiva. A lista é composta pelas peças cujo posicionamento se afigura mais promissor tendo em conta a distribuição corrente das peças pela superfície da pele. A fase de melhoramento do algoritmo consiste num método de pesquisa local baseado em estruturas de vizinhança simples que assentam também nas sequências de posicionamento das peças na pele. Um movimento para uma solução vizinha é obtido através da troca de duas peças na sequência.

Esse algoritmo foi testado nas mesmas condições que a pesquisa de vizinhança variável. Em média, o algoritmo do tipo GRASP melhorou a solução inicial em aproximadamente 5%, alcançando níveis de aproveitamento de muito boa qualidade. A capacidade em gerar um conjunto diversificado de soluções iniciais pode explicar em parte esse desempenho. Estes resultados são comparáveis aos níveis de aproveitamento registados no sector de corte de couro da Coindu.

Conclusão

O desenvolvimento de ferramentas de optimização para o problema do posicionamento de figuras irregulares em peles de couro levanta vários desafios. Além dos aspectos combinatoriais, a geometria do problema é outra fonte importante de complexidade. Essas dificuldades são comuns a outros problemas de corte e empacotamento a 2-dimensões em que as figuras são irregulares. O facto da própria superfície das peles de couro ser heterogénea e condicionar o posicionamento das peças dificulta ainda mais o processo.

Neste trabalho, foram desenvolvidas três abordagens heurísticas para este problema cujo desempenho foi analisado tendo em atenção o tempo médio usado pelos operadores da Coindu para preencher totalmente uma pele. Foram realizados testes computacionais num conjunto extenso de instâncias reais baseados em modelos de automóveis actualmente em produção na empresa. Os resultados computacionais mostraram que as abordagens eram competitivas com os níveis de eficiência obtidos pelos operadores manuais.

Referências

- Heistermann, J. e Lengauer, T. The nesting problem in the leather manufacturing industry. *Annals of Operations Research* 57, 1 (1995), 147-173.
- Crispin, A., Clay, P., Taylor, G., Bayes, T., e Reedman, D. Genetic Algorithm Coding Methods for Leather Nesting. *Applied Intelligence* 23, 1 (2005), 9-20.
- Alves, C., Brás, P., Valério de Carvalho, J., e Pinto, T. New constructive algorithms for leather nesting in the automotive industry. *Computers & Operations Research*, 39, 7 (2012), 1487-1505.
- Alves, C., Brás, P., Valério de Carvalho, J., e Pinto, T. A variable neighborhood search algorithm for the leather nesting problem. *Mathematical Problems in Engineering*, no prelo.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL (CIO)

DA FACULDADE DE CIÊNCIAS
DA UNIVERSIDADE DE LISBOA (FCUL)

Luis Gouveia,
Faculdade de Ciências
da Universidade de Lisboa

O Centro de Investigação Operacional (CIO) (<http://cio.fc.ul.pt>), da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), foi criado em Janeiro de 1994 pelo professor José Pinto Paixão com o propósito de incentivar e desenvolver o estudo da Investigação Operacional (IO) em Portugal.

O Coordenador Científico actual é o professor Luis Gouveia, que sucedeu em Julho de 2003 ao primeiro Coordenador, o professor José Pinto Paixão. Sediado na FCUL, o CIO congrega cerca de 70 membros (dos quais 45 são doutorados) incluindo membros de outras universidades e institutos de diversas cidades de Portugal e de três institutos do estrangeiro, promovendo assim quer a divulgação da IO quer do trabalho de investigação conjunto entre investigadores com diferentes abordagens e proveniências.

As instituições portuguesas incluem a Universidade de Lisboa (Faculdade de Ciências), a Universidade Técnica de Lisboa (ISEG – Instituto Superior de Economia e Gestão e ISA – Instituto Superior de Agronomia), a Universidade Nova de Lisboa (FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia e Faculdade de Economia), ISCAL – Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, ISCTE – Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, ISCAC – Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, Universidade de Aveiro e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. A Universidade Pompeu Fabra, a Universidade livre de Amsterdão e a Universidade de Saarland de Ciências Aplicadas, são as instituições estrangeiras. O trabalho desenvolvido tem tido reconhecimento a nível nacional e internacional. Em particular, O Centro foi classificado como "Excelente" nas avaliações (de 2002 e 2007) da Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT).

Missão

O CIO tem como missão fomentar, desenvolver e divulgar investigação de qualidade na área da Investigação Operacional. Assim, as actividades do Centro decorrem, fundamentalmente, nas seguintes vertentes: investigação, divulgação da investigação, formação e ligação à sociedade.

Investigação

A investigação do Centro foca-se essencialmente, e tal como o nome indica, na área da Investigação Operacional, com destaque nas áreas de Optimização Combinatória/Discreta e Optimização em Redes, mas também com algum alcance nas áreas de Optimização Multicritério, Sistemas de Apoio à Decisão, Optimização em Finanças,

Optimização Estocástica, Redes Neurais e Previsão.

Numa tentativa de promover tanto investigação fundamental como a sua aplicabilidade, as actividades do CIO cobrem competências como a localização de infra-estruturas, equipamentos e serviços, o planeamento de redes de telecomunicações, a optimização de rotas de distribuição/recolha, o escalonamento de pessoal e serviços, o planeamento e gestão de produção, a optimização de cortes industriais, a previsão da procura e gestão de stocks, a prospecção de dados (data mining), a gestão florestal, bem como o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão, de sistemas de diagnóstico e de previsão.

Divulgação da Investigação

A investigação produzida pelo CIO tem sido apresentada em importantes conferências internacionais (participação média de 50 comunicações por ano) e nacionais (participação média de 20 comunicações por ano), assim como publicada em revistas internacionais de excelência.

Com o objectivo de divulgar e fomentar a internacionalização de toda a investigação na área da IO, o CIO tem sido responsável pela organização de diversos eventos. Entre outros, destacam-se duas conferências internacionais - Optimization2004 e INOC2005 (International Networks Optimization Conference) -, uma Escola de Verão "Summer School on geometric and algebraic approaches for Integer Programming", duas Escolas de Inverno em 2009 e 2011 - "Winter School on Network Optimization" -, um Instituto de Inverno em Análise Localização e Logística em 2007 - "Euro Winter Institute on Location and Logistics"; um workshop em transportes em 2010 - "OR Running on Public Transport". Neste momento, juntamente com o CIRRELT de Montreal, o CIO organiza a "Winter School on Optimization in Logistics and Transportation", que irá decorrer no Estoril, em Janeiro de 2012.

O CIO patrocinou ainda o 16º Encontro do Grupo Europeu de Análise de Localização EWGLA XVI, em 2007; o EUROXXIV - 24th European Conference on Operational Research, em 2010, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa; e, mais recentemente, o Optimization 2011, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

A nível nacional a IO tem também sido permanentemente divulgada pelo CIO. A título exemplificativo, em parceria com a APDIO, o CIO co-organizou, em Junho 2011, um Workshop em Bio-Optimização (Técnicas de Optimização Aplicadas à Biologia); co-organizou o 12º Congresso

da APDIO, que teve lugar em Outubro de 2006, no Instituto Superior de Economia e Gestão, em Lisboa.

O CIO mantém estreita colaboração com investigadores de outras universidades e centros. A nível nacional referem-se o INESC Coimbra, o INESC Porto, o Instituto de Telecomunicações (pólos de Aveiro e de Coimbra), o CEMAPRE, Lasige e o LabMag do departamento de Informática da FCUL. No estrangeiro, entre outros, destacam-se instituições como o Massachusetts Institute of Technology, o Karlsruhe Institute of Technology, Université Libre de Bruxelles, Université de Montreal, Universidad de La Laguna, Universidad Politécnica de Catalunya, Universidad Rey Juan Carlos, London School of Economics, Universidad de Chile, Shanghai Institute of Technology. Alguns membros do Centro têm um papel importante em grupos de Investigação Internacionais, (dois membros são co-coordenadores de grupos Europeus um membro é "chair-elect" da Secção de Telecomunicações do INFOMIS).

Formação

A actividade de investigação é complementada com a formação de alunos portugueses e estrangeiros. As teses de Doutoramento e de Mestrado orientadas por membros do Centro têm enriquecido a Investigação Operacional e algumas têm estabelecido importantes ligações entre a universidade e a sociedade. Por exemplo, nos últimos 3 anos, foram terminadas 12 teses de doutoramento e 26 de mestrado, tanto em temas teóricos como de aplicações da IO. Dentro dos temas de doutoramento, destacam-se temas como o planeamento de cirurgias em hospitais, desenvolvimento de sistemas de informação na saúde com aplicações à área da hemofilia, desenho de redes de telecomunicações, de redes de irrigação, de rotas de viaturas para recolha do lixo.

Ligação à Sociedade

O CIO mantém colaboração com a Indústria e outras organizações, com a finalidade de aplicar os benefícios da investigação desenvolvida ao mundo real. Destacam-se algumas destas colaborações que são estabelecidas através de protocolos (para 2011 e anos seguintes) ou como projectos de investigação. Por exemplo, o Consórcio SAFE-PORT, "sponsored by" NATO ao abrigo do Programa "Defence Against Terrorism"; protocolos entre a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e instituições públicas (Direção Geral de Saúde - DGS e Companhia Carris de Ferro de Lisboa - CARRIS); e um projecto QREN juntamente com a companhia OZONE (Tekever) e a EDP.

CENTRO DE ESTUDOS DE GESTÃO DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO (CEG-IST)

Francisco Lima,
Vice-Presidente, CEG-IST



O Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico (CEG-IST) é uma unidade de investigação financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). O CEG-IST foi criado em 1994 por um grupo de investigadores de uma secção autónoma do IST que mais tarde viria dar origem ao Departamento de Engenharia e Gestão (DEG). Em 1999 iniciou a organização de seminários regulares que se mantêm até hoje. Também nesse ano, começaram a ser publicados os trabalhos de investigação dos seus membros sob a forma de *working papers*, sujeitando-os a uma discussão pelos pares antes de iniciar o processo de submissão a revistas científicas internacionais. O Centro integra 30 investigadores de várias instituições universitárias, sendo a maioria docentes do DEG. Fazem ainda parte do CEG-IST cerca de 35 colaboradores, bolseiros e estudantes ligados a vários programas de doutoramento, dos quais se destaca o Programa de Doutoramento em Engenharia e Gestão do IST.

Os membros do CEG-IST detêm formação interdisciplinar em áreas de engenharia, investigação operacional, gestão e economia, com interesses de investigação complementares. O objectivo comum é desenvolver actividades de investigação teórica e aplicada em Engenharia e Gestão de Sistemas e de Organizações, orientadas para a tomada de decisão. A interacção com os campos da engenharia e com questões tecnológicas relacionadas proporciona uma vantagem competitiva ao Centro. Os seus investigadores focam a sua investigação na análise de decisão, operações e logística, e em áreas de economia, finanças, estratégia, empreendedorismo e gestão da inovação.

Missão

O CEG-IST tem como missão criar as condições para o desenvolvimento de investigação científica e a partilha do conhecimento com a sociedade. As suas actividades pretendem contribuir para a gestão das organizações públicas e privadas através da aplicação de métodos analíticos orientados para o processo de tomada de decisão.

Visão

O Centro procura afirmar-se como um centro de excelência e referência nas áreas em que actua, tanto a nível nacional como internacional. A estratégia passa por criar condições internas, seja via criação de condições físicas e financeiras, seja pela interacção de investigadores de diferentes áreas promovendo a complementaridade entre os vários saberes. O Centro assume-se como uma unidade de investigação que contribui para a formação avançada de recursos humanos e para o desenvolvimento científico de jovens investigadores nos seus estudos de doutoramento e pós-doutoramento. O CEG-IST criou um sistema de afectação de recursos financeiros que privilegia a atribuição de bolsas de investigação a estudantes orientados pelos seus membros. Em simultâneo, aplica-se internamente um método de avaliação do desempenho para premiar e promover a contribuição científica dos seus membros. A última versão deste método é baseada no próprio sistema de avaliação de desempenho dos docentes adoptado no IST, tendo membros do Centro contribuído para o seu desenvolvimento (ver Bana e Costa e Oliveira, 2012).¹

Externamente, o CEG-IST promove a interacção com outras unidades de investigação nacionais e estrangeiras e parcerias com organizações do sector privado e público. Por exemplo, os membros do Centro mantêm contactos com a London School of Economics and Political Science, Imperial College – London, University of Edinburgh, Michigan State University, Carnegie Mellon University, MIT, University of Karlsruhe e várias universidades brasileiras. As relações estabelecidas com a sociedade potenciam a transferência de conhecimentos e capitalização da experiência dos agentes privados e públicos.

Actividades

- Publicação em revistas científicas internacionais (mais de 30 em 2010), tendo obtido mais de 200 citações em 2010 (excluindo as auto-citações);
- Apresentação de trabalhos científicos em conferências internacionais e nacionais (mais de 60 em 2010);
- Seminários com investigadores estrangeiros e nacionais;
- Publicação da série de *working papers*;
- Projectos de investigação financiados pela FCT e pela Comissão Europeia;
- Ligação a empresas para partilha e geração de conhecimento em áreas tão diversas como telecomunicações, energia, transportes, grande distribuição, logística, software e saúde, por exemplo com as empresas CLC – Companhia Logística de Combustíveis, EDP, REN e Microsoft;
- Projectos e parcerias de investigação e consultoria com instituições públicas e organizações similares, internacionais e nacionais, tais como órgãos da administração central (ministérios) e local (câmaras municipais), direcções regionais e hospitalares;
- Desenvolvimento de novas abordagens e de software de apoio à decisão, nomeadamente a abordagem MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) e a abordagem PROBE (*Portfolio Robustness Evaluation*);
- Desenvolvimento de software para criação de um sistema de informação interna contendo publicações, teses e projectos dos membros do Centro;
- Organização de conferências nacionais e internacionais e participação em conselhos editoriais de revistas científicas.

Site onde pode ser obtida mais informação sobre as actividades do CEG-IST: <https://fenix.ist.utl.pt/investigacao/ceg-ist/inicio>.

¹ Bana e Costa, Carlos A. e Mónica D. Oliveira (2012), A multicriteria decision analysis model for faculty evaluation, *Omega* 40, 424-436.

BLOG DOS SÓCIOS

PLANEAMENTO DO ESPAÇO HUMANIZADO E PEDAGÓGICO... QUANDO?

Manuel da Costa Lobo

A passear na praia, após o pôr do sol

- “A Lua Cheia já nasceu! Parece maior e um pouco rosada. A esteira que a reflecte no mar está calma e a cena incentiva a nossa meditação. Da Natureza palpável chegam-nos mensagens do sobrenatural!”
- “Bravo, fizeste uma linda prosa!”
- “Foi mesmo? Olha, então, fiz prosa sem saber...”

Os planos e a intuição. A IO...sem saber!

Aquela conversa, entre dois amigos, vem a propósito do artigo saído no Boletim 44 da APDIO – blogue dos leitores – e assinado por Eduardo Zúquete. De facto, quando de nós aplicamos os raciocínios da Investigação Operacional sem, afinal, darmos conta disso...? E eu estou a pensar em muitos de nós, urbanistas, que nos arrogamos o direito de planear o espaço humanizado, com sua complexidade imensa... Dizia Kasparov, grande xadrezista, cientista desse jogo misterioso, que envolve – Reis, Rainhas, Bispos, Cavalos... e até Peões, que, na ânsia de ganhar, aplicando toda a sua ciência, momentos havia em que cedia à sua intuição e arriscava jogadas audaciosas. E muitas vezes ganhava...

É que a intuição, afinal, pode trazer consigo muito mais do que um palpite, talvez venha carregada de raciocínios simples, ou analogias, onde a unidade de Natureza permite vislumbrar inesperadas descobertas e mensagens.

A administração urbanística

Todos sabem como alguns elementos químicos da natureza foram pré-descobertos para a ciência. É que, na sucessão de elementos conhecidos, havia saltos não conformes ao nosso conceito de ordem e de complexidade. Se eu, por exemplo, ao aprender uma língua “marciana”, já souber como se diz 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, sou capaz de pensar que se calhar deverá haver também um nome para 6, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19... Ou vou pensar que em “Marte” não existem nunca conjuntos com estes números de unidades? Se aplicarmos a simplicidade deste raciocínio às divisões administrativas poderemos fixar, como métrica dessas unidades, por exemplo, a população.

O primeiro agrupamento significativo seria, obviamente, o indivíduo – 1.

Um segundo grupo, juntando alguns indivíduos, poderia ser composto de 2, 3, 4, 5, 6, 7... indivíduos.

Talvez o mais significativo, porém em termos sociais, seja a família. Teoricamente ela deverá ser composta, ao menos, por um casal e a descendência que um dia os irá substituir, ou seja: $2 + 2 = 4$ indivíduos. É claro que haverá famílias maiores mas também mais pequenas.

Aceitemos 4 como métrica representativa do segundo grupo no escalonamento significativa da família.

Se a partir daí formássemos uma sucessão linear, aritmética, teriam:

$$1 - 4 - 7 - 10 - 13 - 16 - 19 - 22...$$

Imediatamente nos apercebíamos que essa solução nos levaria a uma imensa geração de níveis desses agrupamentos administrativos, sem sentido prático. Antes de mais, por que deixaria, o escalão seguinte, de ser um múltiplo do anterior. Para o conseguir haveria que adaptar uma sequência geométrica:

$$1 - 4 - 16 - 64 - \approx 250 - 1000 - 4000 - 64.000 - \approx 250.000$$

≈ 64.000.000	Coordenação Internacional para o Planeamento do território da Península Ibérica
≈ 16.000.000	Espaço Nacional – PNPOT
4.000.000	Regiões Plano (Norte e Sul), para além das Regiões Plano dos Açores e da Madeira (arquipélagos)
1.000.000	Sub-Regiões – para gestão do planeamento regional
250.000	Planeamento – Municipal (coordenações)
64.000	Planeamento – Municipal (gestão)
16.000	Coordenação da participação da população e das colectividades
4.000	Organização mais próxima dos cidadãos, quando necessário
1000	
250	
64	Eventuais organizações espontâneas
16	
4	

Para o nosso país, com pouco mais de 10.000.000 habitantes, teríamos esta sequência completa:

$$1 - 4 - 16 - 64 - 250 - 1000 - 4000 - 16.000 - 64.000 - 250.000 - 1.000.000 - 4.000.000 - 16.000.000$$

Relacionando outras métricas com o “tamanho” das nossas divisões administrativas e com as escalas e trabalhos de planeamento correntes poderemos encontrar que:

- 16.000.000 é da ordem do nosso planeamento nacional.
- 4.000.000 e 1.000.000 são valores que poderão corresponder a estudos de nível regional e sub-regional, no nosso país.
- 64.000 e 250.000 poderão corresponder a estudos municipais ou intermunicipais (ou partes significantes da AM).
- 1000 e 4000 poderão corresponder à organização de comunidades locais, bairros, freguesias ou suas partes ou associações (níveis adequados para a circulação interna pedonal, para a assistência directa à população e para a sua participação activa).

• 64 e 250 são agrupamentos com pequeno significado colectivo formal, a menos de áreas de muito grande dispersão (no caso de 2,5hab/km² teriam uma área de 100km² que, de facto, já poderia justificar uma organização de carácter público); poderemos, assim, admitir que só em casos muito especiais se considerariam estes níveis para efeitos de construir organizações públicas de planeamento do território; em princípio, a estes níveis só existirão eventuais organizações espontâneas, privadas.

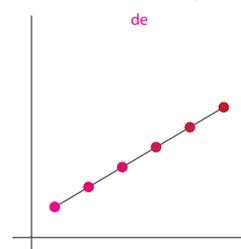
Admitindo que, pelo princípio da subsidiariedade, fosse bom que a cada grande nível administrativo correspondessem dois níveis operacionais – um para a coordenação e outro para a gestão (esta mais próxima da população) viria, então, o seguinte escalonamento:

Métrica, Imagem e SÍNTESE/SIGNIFICADO

Trabalhando os modelos teóricos, métricos e analógicos, é depois necessário fazer o exercício de adaptar o paradigma à realidade morfológica social, económica e política. Aí é bom ter treino e experiência.

E passa a ser uma questão de arte, a arte de resolver problemas de síntese.

É óbvio que no exemplo apresentado saímos de uma solução linear para uma solução quadrática, de progressão aritmética para uma progressão geométrica, ou de uma forma visual,



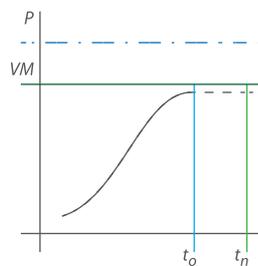
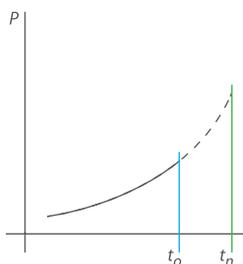
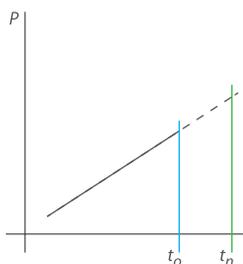


Aplicando logaritmos poderíamos, no entanto, linearizar segundo um diagrama quadrático e aplicar um simples sistema de regressão linear para comparar situações diferentes com o paradigma. Tudo simples.

Visualizações

A visualização tem, por seu lado, o condão de tornar extremamente simples os casos mais complexos.

As derivadas, os máximos e mínimos, a aplicação de soluções, a integração, a análise factorial, as correlações e seus coeficientes, tudo operações correntes no planeamento urbanístico e no seu tratamento estatístico, tornam-se claros e, com uma boa pedagogia... até divertidos e ao alcance dos alunos pré-universitários. É o caso da análise de funções, como acontece nas funções de projecção do crescimento apresentadas na figura.



VM – Valor máximo admissível face à capacidade do local

A boa compreensão de algoritmos e o treino no seu uso podem evitar erros grosseiros no planeamento que tenham a ver com a interpretação das causas de determinado fenómeno e na formulação de simulações. Por exemplo: estudar a dimensão mínima significativa de um fenómeno a observar dinâmica ou estatisticamente, diferenças entre projecção e previsão; a importância relativa de factores explicativos.

Pedagogia

Ao referir estes aspectos simples de métrica urbanística e da possibilidade de os visualizar, estudar e sublinhar a importância da investigação operacional e de reforçar a ideia de que os seus fundamentos e atitudes e metodologias deverão aparecer e infiltrar-se no ensino básico e depois desenvolver-se até se tornarem elementos correntes, mais tarde utilíssimos na prática de planeamento urbanístico, porque ele tem que ser, substancialmente:

- Inteligentemente discricionário
- Correctamente dimensionado, com o rigor necessário (métricas)
- Harmónico (integração estética/imagem)
- Cheio de significado humano (vivência)
- Dialogante com os domínios sectoriais e científicos (envolvência)
- Participação dos cidadãos (visibilidade)

TESES DE DOUTORAMENTO CONCLUÍDAS RECENTEMENTE

Autor: Maria Gabriela Beirão dos Santos

Título: Exploring Attitudes in Travel Behaviour

Instituição: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Programa Doutoral em Engenharia Industrial e Gestão)

Data de Conclusão: 3 de Novembro de 2011

Orientador: José António Sarsfield Cabral

Resumo: A dissertação teve como objetivo contribuir para a compreensão das atitudes subjacentes à intenção e comportamento no serviço de transportes públicos. O estudo centrou-se no papel que as atitudes têm no comportamento face às escolhas de meio de transporte. O modelo conceptual desenvolvido e testado explorou as relações entre os fatores de atitude, possuir automóvel, intenção de escolher um determinado transporte e comportamento, utilizando modelos de equações estruturais. Os resultados mostram a importância que as atitudes dos indivíduos desempenham na escolha do meio de transporte. As atitudes parecem influenciar, não só mas também, a intenção de utilizar transporte público, o comportamento e até mesmo a satisfação dos clientes

com o serviço de transporte público. Uma atitude positiva em relação ao transporte público e sensibilidade ambiental influenciam positivamente a intenção de utilizar o transporte público. Assim, os esforços para incentivar a utilização de transporte público devem focar-se nos segmentos com atitudes mais favoráveis ao transporte público e consciência ambiental.

Autor: Pedro Tiago Francisco Simões

Título: Measuring Performance of Urban Waste Services: Influence of Operational Environment, Regulation and Privatisation.

Instituição: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico (Programa Doutoral em Engenharia e Gestão)

Data de Conclusão: 19 de Dezembro de 2011

Orientadores: Rui Cunha Marques

Resumo: Os serviços de resíduos urbanos satisfazem necessidades essenciais aos cidadãos e à sociedade. As suas características técnicas e os impactos económicos, sociais e ambientais não permitem a sua auto-regulação pelo mercado, sendo necessárias políticas públicas (inter alia regulação), que permitam o seu funcionamento adequado. Esta dissertação analisa o desempenho dos serviços Portugueses de resíduos urbanos. Para este fim, são empregues métodos robustos não-paramétricos para avaliar o seu desempenho, bem como a

influência do ambiente operacional e institucional, com relevância em termos económicos (e.g. % do PIB) e sociais. O efeito da regulação e da privatização no sector são particularmente analisados.

Autor: Carlos Jorge Carvalho

Título: Simbiose entre DEA e BSC na melhoria do desempenho dos bancos: o Caso dos Gabinetes de Empresas do Banco Alfa.

Instituição: ISCTE Business School, Instituto Universitário de Lisboa (Programa Doutoral em Gestão Empresarial Aplicada)

Data de Conclusão: 8 de Novembro de 2011

Orientadores: Sérgio Santos, Carla Amado e Luis Bernardino

Resumo: A avaliação de desempenho está no topo da agenda. Porém, não existem estudos para a banca de empresas sobre a simbiose entre o Data Envelopment Analysis e o Balanced Scorecard. Nesta tese testa-se essa simbiose no caso de um banco português e promove-se o seu escrutínio junto dos respetivos gestores. Conclui-se que o modelo sobrepõe a gestão à avaliação de desempenho; é compatível com a estratégia e a cultura do banco; a perspectiva longitudinal é preferível ao exercício anual; e a avaliação das duas óticas de interessados é semelhante. Resalvadas adaptações concretas, o modelo pode ser replicado em negócios semelhantes.

Autor: Paulo Alexandre Baptista Teixeira de Morais
Título: Evaluation of performance of European cities with the aim of increasing quality of life

Instituição: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Programa Doutoral em Engenharia Industrial e Gestão)

Data de Conclusão: 14 de Setembro de 2011

Orientadores: Ana Camanho e José A. Sarsfield Cabral

Resumo: Esta tese propõe um novo modelo de avaliação e melhoria da qualidade de vida urbana através da técnica Data Envelopment Analysis (DEA). A partir de variações do modelo DEA, são providenciados diferentes indicadores compostos de qualidade de vida urbana e a indicação das melhores práticas a adoptar pelas cidades menos eficientes. Cada cidade é apresentada do ponto de vista que lhe é mais favorável, seguida de uma comparação entre todas. As cidades são também avaliadas a partir da perspectiva dos recursos humanos qualificados. Uma última avaliação considera a capacidade de promover a qualidade de vida, dada a riqueza de cada país. Por fim, apresentamos um modelo explicativo da avaliação dos cidadãos da alocação de recursos da sua cidade.

Autor: Dulce Costa

Título: Uma Abordagem Evolutiva Multi-Objectivo para o Problema de Compensação de Energia Reativa em Redes de Distribuição de Energia Eléctrica

Instituição: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, especialidade de Sistemas de Energia)

Data de Conclusão: 26 de Outubro de 2011

Orientadores: António Gomes Martins, Carlos H. Antunes

Autor: Paula Sarabando

Título: Escolha e ordenação com informação ordinal: extensão à decisão em grupo e à negociação

Instituição: Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra (Doutoramento em Gestão – Ciência Aplicada à Decisão)

Data de Conclusão: 28 de Fevereiro de 2011

Orientador: Luís C. Dias.

PROJECTOS FCT APROVADOS CONCURSO TODOS OS DOMÍNIOS CIENTÍFICOS DE 2011

PTDC/SEN-TRA/121715/2010

StableCargo - Análise de estabilidade de carga em transporte por contentor: uma abordagem híbrida otimização - heurísticas

Área Científica Principal: Sistemas de Engenharia - Transportes

Investigador Responsável: José Fernando Oliveira

Instituição proponente: Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (INESCPorto/FE/UP)

PTDC/EIA-CCO/121450/2010

Optimização Angular em Radioterapia de Intensidade Modulada

Área Científica Principal: Engenharia Informática - Ciências da Computação

Investigador Responsável: Joana Matos Dias

Instituição proponente: INESC Coimbra

PTDC/EGE-GES/117692/2010

Resolução de Problemas de Decisão em Gestão com Recurso a Programação Genética

Área Científica Principal: Gestão e Economia

Investigador Responsável: José Fernando Gonçalves

Instituição proponente: Faculdade de Economia da Universidade do Porto

PTDC/EGE-GES/121406/2010

SEROW - Sectorização e Optimização de Rotas na Gestão de Resíduos - a teoria na prática

Área Científica Principal: Gestão e Economia

Investigador Responsável: Maria Cândida Mourão

Instituição proponente: Fundação da Faculdade de Ciências (FFC/FC/UL)

PRÉMIO APDIO FCT-UNL PARA O MELHOR ALUNO DE INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

No dia 10 de Outubro de 2011, a Inês de Macedo Santos, aluna do Mestrado em Matemática e Aplicações, foi concedido no ano lectivo de 2010/11 o Prémio APDIO – FCT UNL por se ter distinguido como o melhor aluno das unidades curriculares da área de Investigação Operacional leccionadas pelo Departamento de Matemática da FCT UNL.

ELEIÇÕES DOS ORGÃOS SOCIAIS APDIO PARA O BIÊNIO JANEIRO 2012- DEZEMBRO 2013

COMISSÃO DIRECTIVA

PRESIDENTE:
Prof. Domingos Moreira Cardoso
Universidade de Aveiro
Sócio nº 389

VICE-PRESIDENTES:
Prof. Ana Paula Barbosa Póvoa
Universidade Técnica de Lisboa
Sócio nº 735

Prof. Carlos Henggeler Antunes
Universidade de Coimbra
Sócio nº 256

Prof. Luis Eduardo Neves Gouveia
Universidade de Lisboa
Sócio nº 303

Prof. Pedro Nuno Pinto Oliveira
Universidade do Porto
Sócio nº 282

TESOUREIRO:
Prof. António Ismael de Freitas Vaz
Universidade do Minho
Sócio nº 1048

SECRETÁRIO:
Prof. Ana Luísa da Graça Batista Custódio
Universidade Nova de Lisboa
Sócio nº 832

MESA DA ASSEMBLEIA GERAL

PRESIDENTE
Prof. Manuel António Cerqueira da Costa Matos
Universidade do Porto
Sócio nº 237

SECRETÁRIOS:
Prof. Maria João Alves
Universidade de Coimbra
Sócio nº 892

Prof. Ruy Araújo da Costa
Universidade Nova de Lisboa
Sócio nº 116

CONSELHO DE AUDITORIA

PRESIDENTE:
Prof. Rui Moura de Carvalho Oliveira
Universidade Técnica de Lisboa
Sócio nº 33

RELATOR:
Prof. Rui Alberto Ferreira Alves
Universidade do Porto
Sócio nº 156

SECRETÁRIO:
Prof. Filipe Pereira Alvelos
Universidade do Minho
Sócio nº 868

EVENTOS ORGANIZADOS PELA APDIO

Workshops APDIO Sobre o Ensino da Programação Linear

3 de Março de 2012 e 14 de Abril de 2012
Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

EVENTOS APOIADOS PELA APDIO

Winter School on Optimization in Logistics and Transportation

16 a 20 de Janeiro de 2012
Hotel Sana, Estoril – Portugal
<http://logtrans2012.fc.ul.pt/>

1st International Conference on Operations Research and Enterprise Systems

4 a 6 de Fevereiro de 2012

Hotel Tivoli Victoria, Vilamoura - Algarve, Portugal
<http://www.icores.org/home.asp>

EURO Summer Institute 2012 on Cutting and Packing

16 a 27 de Julho de 2012
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
<http://euro-online.org/web/pages/1489/cutting-and-packing>