

BOLETIM APDIO

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL | 59 | DEZEMBRO '18

IO EM AÇÃO

OPERAÇÃO E IMPACTO
DE TRANSPORTES
URBANOS FLEXÍVEIS

ARTIGO DE OPINIÃO

A MOBILIDADE NAS
PRÓXIMAS DÉCADAS

ENTREVISTA
LUIS REIS

TÉCNICAS DE IO
OTIMIZAÇÃO
ROBUSTA



ÍNDICE

03 ENTREVISTA

Luís Reis

05 ARTIGO DE OPINIÃO

A MOBILIDADE NAS PRÓXIMAS DÉCADAS: MUDANÇAS PROFUNDAS, TRANSIÇÃO TURBULENTA

José Manuel Viegas

08 TÉCNICAS DE IO

OTIMIZAÇÃO ROBUSTA

Agostinho Agra

11 IO EM AÇÃO

OPERAÇÃO E IMPACTO DE TRANSPORTES URBANOS FLEXÍVEIS: A IO DOS TRANSPORTES PARTILHADOS AOS VEÍCULOS AUTOMÁTICOS

Gonçalo Correia

13 LUGAR AOS NOVOS SISTEMAS DE MOBILIDADE PARTILHADA: METODOLOGIAS PARA A INTEGRAÇÃO DAS DECISÕES DE CAPACIDADE E PREÇO NA PRESENÇA DE INCERTEZA

Beatriz Brito Oliveira,
Maria Antónia Carravilla,
José Fernando Oliveira.

16 O SÓCIO N.º...

...897

Ricardo Mateus

17 NOTÍCIAS DA APDIO

20 ENTREVISTA

Immanuel Bomze



ELIANA COSTA E SILVA

Centro de Inovação e Investigação
em Ciências Empresariais
e Sistemas de Informação
Escola Superior de Tecnologia e Gestão,
Politécnico do Porto



RUI BORGES LOPES

Departamento de Economia,
Gestão, Engenharia Industrial e Turismo.
Universidade de Aveiro

EDITORIAL

Problemas de congestionamento de tráfego e poluição parecem estar a fazer crescer o interesse por soluções inovadoras de mobilidade e levar ao aumento da aquisição de veículos elétricos por parte de particulares e empresas. De facto, a **Mobilidade** é um tema atual e de enorme relevância nas nossas vidas. São muitos os desafios no âmbito da mobilidade para os quais a comunidade de IO tem vindo a contribuir e que irá com certeza contribuir no futuro.

Começamos esta edição com a rubrica Entrevista, na qual Luís Reis, *Head of Business Development Mobility* do Centro de Engenharia de Desenvolvimento de Produto (CEiiA), nos fala sobre o trabalho ali desenvolvido, em Portugal, mas também um pouco por todo o mundo, no que concerne a mobilidade nas suas diversas vertentes e os mais recentes desenvolvimentos tecnológicos. É apresentado o enquadramento dos desafios atuais e assinaladas algumas ideias de como a IO pode contribuir nesta temática.

No Artigo de Opinião, José Manuel Viegas fala-nos das mudanças muito significativas que têm vindo a ocorrer no âmbito da mobilidade de pessoas e mercadorias, tanto no plano tecnológico como nos modelos de negócio e no plano político. Apresenta ainda alguns dos desafios técnicos para os quais a IO apresenta um contributo importante.

Agostinho Agra, nas Técnicas de IO, introduz a Otimização Robusta (OR) frisando a forte ligação desta com a Otimização Estocástica. Apresenta diversas aplicações da OR assim como sumaria algumas técnicas de resolução e aponta direções futuras.

Em IO em Ação, Gonçalo Correia, aborda aplicações e a contribuição da IO na gestão de sistemas de transportes partilhados e veículos autónomos, baseando-se em resultados de projetos da Universidade de Coimbra e da TU Delft na Holanda.

Metodologias para a integração das decisões de capacidade e preço em sistemas de mobilidade partilhadas são apresentadas por Beatriz Brito Oliveira, Maria Antónia Carravilla e José Fernando Oliveira, na rubrica Lugar aos Novos.

Em "O sócio n.º...", é dada voz a Ricardo Mateus, sócio número 897, que retrata o seu percurso profissional e a vasta experiência em projetos na área de IO para clientes nacionais e internacionais.

Seguem-se as notícias relevantes para a comunidade de IO relativas ao segundo semestre de 2018, das quais destacamos o IO 2018 e o EURO *Doctoral Dissertation Award* 2018 concedido a Margarida Carvalho, e perspetivar eventos relevantes para a área num futuro próximo. Agradecemos aos sócios que contribuíram com o envio de notícias.

Terminamos com a entrevista a Immanuel Bomze, o mais recente *President Elect* da EURO, que esteve presente no IO 2018 e gentilmente aceitou responder a algumas questões relativas à EURO.

ENTREVISTA

Uma das áreas de atuação do CEiIA é a mobilidade nas suas mais diversas vertentes. Pode falar-nos um pouco sobre o trabalho desenvolvido neste âmbito?

O CEiIA (Centro de Engenharia de Desenvolvimento de Produto) tem assumido o desafio de pensar a mobilidade a partir de Portugal, através da criação de novas soluções e serviços, juntando uma vertente tecnológica com um importante trabalho conceptual e conhecimento sobre a mobilidade urbana. As soluções de mobilidade do CEiIA estão já em diferentes países, incluindo Brasil, Espanha, Itália, Turquia ou Reino Unido, melhorando a vida dos cidadãos. Em Cascais, suportamos o primeiro ambiente integrado de serviços de mobilidade numa cidade portuguesa. Desenvolvemos uma plataforma de mobilidade que é uma referência internacional – a plataforma *mobi.me* – e que permite a gestão dos mais diversos serviços de mobilidade, com uma especial atenção com a contabilização em tempo real de impactos, como as emissões de CO₂. Com a plataforma *mobi.me* e as nossas soluções de conectividade, permitimos que, com a nossa abordagem à Mobilidade como um Serviço, as cidades integrem os vários serviços de mobilidade dos mais diferentes operadores. Tornando a mobilidade num serviço integrado de forma inteligente e permitindo, num futuro próximo, suportar mercados locais de emissões de carbono evitadas, com base em novos mecanismos transaccionais para a mobilidade. Com os operadores, trabalhamos para acelerar a introdução e inovação em novos serviços de mobilidade, acompanhando e estimulando o seu crescimento internacional, e a trabalhar em conjunto novos serviços baseados na informação.

Estamos, no fundo, a trabalhar na transformação da mobilidade.

A venda de veículos 100% elétricos (VE) em Portugal tem vindo a verificar um aumento significativo. Segundo a Associação Automóvel de Portugal (ACAP), em 2017 foram vendidos 1640 desses veículos e até agosto de 2018 tinham já sido vendidos 2451. No seu entender quais são os principais desafios deste aumento, nomeadamente na gestão e ampliação das infraestruturas públicas e privadas de carregadores?

O futuro da mobilidade é eléctrico. Global-

mente, o parque automóvel de veículos *plug-in* (VE + PHEV) de nova geração ultrapassou já os 5 milhões. Por cá, a tendência é de forte crescimento, como refere. Mais importante do que os valores em absoluto é verificar que, segundo dados recentes, a quota de VE (VE + PHEV) nas vendas ultrapassou já os 3%, o que nos coloca entre os países com maior dinamismo de mercado na Europa.

Perante este cenário, a infra-estrutura disponível nas cidades e vias de circulação tenderá a acompanhar o desenvolvimento do mercado, comportando-se como um extensor de autonomia e um dos principais factores de confiança para a aquisição de um eléctrico por particulares ou empresas. O carregamento mais rápido (até, por ex., 350 kW) é uma realidade próxima, impulsionada pelos próprios construtores, e o carregamento sem fios poderá facilitar a introdução de determinados tipos de utilização destes veículos. Como se sabe, Portugal foi o primeiro país europeu a contar com uma rede alargada de carregamento, o que é muito positivo.

Há desafios muito interessantes no que respeita aos modelos de negócio e serviços associados ao carregamento, como tornar mais ágil o carregamento inteligente em condomínios e ambientes de gestão de frota, em que estamos a trabalhar, ou a associação entre carregamento e outros serviços que se possam traduzir em valor adicional para os utilizadores e que tornem atractivos estes investimentos. Não será de prever investimento público adicional na extensão da infra-estrutura de acesso público. Pelo contrário, uma aposta do mercado em novos serviços.

De que forma considera que o sucesso dos veículos elétricos está dependente dos apoios estatais? (Ex. fim dos carregamentos gratuitos, isenção de IVA, incentivos à compra, isenção de Imposto Único de Circulação)

Com uma oferta de veículos com autonomias entre os 250 e 500 km (reais, agora mais próximas do ciclo WLPT) e custos totais de utilização (vulgo TCO – Total Cost of Ownership) comparáveis com veículos convencionais, os veículos eléctricos são uma solução inteligente e racional para uma mudança profunda na mobilidade. Portugal tem um quadro de incentivos interessante, incluindo apoios à in-



LUIS REIS

Head of Business Development
Mobility, CEiIA
luis.reis@ceiia.com

“A OTIMIZAÇÃO DA MOBILIDADE INDIVIDUAL NUM CONTEXTO DA CIDADE COMO UM TODO É UM DOS GRANDES DESAFIOS: GARANTIR QUE CADA UM DE NÓS TEM ACESSO A SERVIÇOS DE MOBILIDADE COMPATÍVEIS COM O SEU PERFIL, RACIONAIS NO CUSTO, AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS E COM QUALIDADE”

fra-estrutura, um quadro fiscal que beneficia a introdução de VE nas frotas empresariais, um programa de introdução de VE nas frotas da administração pública, o apoio à aquisição de autocarros eléctricos ou, mais recentemente, de bicicletas eléctricas. No entanto, se os incentivos foram determinantes numa primeira fase, de forma a criar uma dinâmica de substituição da frota convencional por veículos eléctricos ou híbridos-eléctricos, será de prever que, a prazo, estes venham a ser gradualmente reduzidos ou reconfigurados nos diferentes países.

É ainda importante lembrar que o veículo eléctrico é uma face de uma indústria automóvel e de serviços, uma verdadeira indústria da mobilidade, com forte conteúdo tecnológico e de inovação, pelo que uma abordagem de política pública estruturada deve ter em atenção tanto o lado do mercado quanto da fileira industrial e de inovação tecnológica.

À medida que as cidades vão concentrando mais pessoas, maior é a complexidade e o potencial para disrupções. Um dos problemas crónicos das grandes cidades é o congestionamento do tráfego. Em que medida as novas soluções de mobilidade urbana podem ajudar a combater este problema? E ainda, existirão formas de, individualmente, as pessoas contribuírem para o mitigar? Adicionalmente, com o advento da condução autónoma, consolidação e uso crescente das plataformas informáticas que facilitam o acesso a diferentes meios de transporte e novas formas de mobilidade, quais considera serem as principais tendências e desafios a nível europeu e mundial ao nível da mobilidade?

Mais do que eléctrico, o futuro da mobilidade, nomeadamente nas cidades, onde se acumulam os problemas de congestionamento e poluição, está na inteligência e integração, na lógica da Mobilidade como um Serviço. Um dos grandes desafios, senão o maior, é ainda a redução do número de veículos em circulação, só possível de ultrapassar pela evolução para modelos de utilização partilhada de veículos, em coordenação com os transportes públicos convencionais e os modos suaves, acelerada

pela conectividade total entre pessoas, veículos, infraestruturas e sistemas.

Pelas suas características e baixos custos de operação e manutenção, zero-emissões e zero-ruído, os veículos eléctricos estão a transformar a mobilidade urbana de passageiros e mercadorias através de novos serviços. Nas cidades, poderemos num futuro próximo saltar de um autocarro eléctrico para uma scooter eléctrica ou, em alternativa, apañhar um veículo eléctrico partilhado ou em *ridehailing*. Rapidamente, o transporte de bens, de curta ou média distância evoluirá para uma base de motorizações eléctricas, ajustando as estratégias de armazenamento (ex.: H2) e abastecimento de energia em funções das tipologias dos serviços.

A questão imperativa para decisores públicos, empresas, mas também consumidores finais, é como garantir que, nas nossas cidades, nos podemos deslocar de A para B, com menos custos, mais rapidamente, com todo o conforto e com o menor impacto ambiental. Para as empresas, como evoluir de uma lógica muito centrada em frotas de veículos tradicionais para soluções de mobilidade mais eficientes, que cruzem a optimização da frota interna em conjunto com outros serviços.

Como é que a IO pode contribuir para ultrapassar os principais desafios da mobilidade e quais as técnicas/abordagens que considera serem mais úteis?

A optimização da mobilidade individual num contexto da cidade como um todo é um dos grandes desafios: garantir que cada um de nós tem acesso a serviços de mobilidade compatíveis com o seu perfil, racionais no custo, ambientalmente sustentáveis e com qualidade. A capacidade de gerir e planear em ecossistemas complexos com base numa abordagem à mobilidade como um serviço é pois um campo em que a IO poderá e deverá ter um papel determinante, a par com a capacidade de dotar os sistemas de suporte a estes ecossistemas de capacidade de processamento e inteligência (com mecanismos de IA e *machine learning*) que tornarão a mobilidade mais eficiente para cada um de nós e para as cidades.

A MOBILIDADE NAS PRÓXIMAS DÉCADAS

MUDANÇAS PROFUNDAS, TRANSIÇÃO TURBULENTA

ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO

Têm vindo a ocorrer modificações muito significativas no enquadramento da mobilidade de pessoas e mercadorias, quer nos planos tecnológico e dos modelos de negócio, quer no plano político, de que começa a haver impactos visíveis nas opções disponíveis e nas escolhas de pessoas e empresas. Esses impactos continuarão a crescer à medida que as tecnologias amadurecem e as mudanças políticas se consolidam.

No que respeita às mudanças tecnológicas e de modelos de negócio, podemos identificar cinco principais. Listando por “ordem de entrada em cena”, temos:

- Energia elétrica proveniente de fontes renováveis
- Conectividade digital geral (pessoas, veículos, objetos)
- Veículos rodoviários com propulsão elétrica, com uma forte penetração recente das duas rodas
- Serviços de transporte a pedido, baseados na partilha em vez de posse (de veículos)
- Veículos com condução autónoma

Por outro lado, houve à escala da ONU em 2015-16 um conjunto de acordos políticos de grande relevância no domínio do desenvolvimento sustentável, com a correspondente tradução nos objetivos de Mobilidade Sustentável:

- Acesso universal equitativo (a empregos, serviços essenciais, interação social)
- Verde (descarbonização, qualidade do ar, redução do ruído)
- Segurança contra acidentes
- Eficiência

É legítimo pensar que as inovações tecnológicas e de modelos de negócio terão ajudado a alavancar o otimismo na fixação destes objetivos políticos e a determinação nos esforços para os atingir. Mas haverá certamente necessidade também de esforços no domínio das adaptações comportamentais [3].

Estes mesmos instrumentos técnicos dão, no entanto, origem a dois novos desafios de grande amplitude: por um lado, a questão da segurança contra atos malévolos (sobretudo ciberrataques), e por outro, a previsível perda de um número muito significativo de empregos de

condutores de veículos, sobretudo rodoviários.

São muito vastas as mudanças que se avizinhm e apenas começam a ser visíveis, quer através das iniciativas políticas, quer das publicações científicas e de negócios dedicadas a este conjunto de transformações, nomeadamente no domínio dos chamados ITS (*Intelligent Transport Systems*) [4] e muito em particular da *Smart Mobility* [1], [2], e da *MaaS* (*Mobility as a Service*) [7]:

- Tal como a energia de fontes renováveis, os veículos automóveis elétricos terão uma penetração crescente, com a imediata melhoria da qualidade do ar e a redução das emissões de gases de efeito de estufa. E, a manter-se o quadro fiscal atual, haverá uma fortíssima redução do custo variável da mobilidade em automóvel;
- Os veículos elétricos de duas rodas (bicicletas e mais recentemente trotinetas), quer em posse quer em partilha, vão assumir papel crescente na mobilidade urbana dada a conjugação de grande eficiência no uso do espaço público, muito baixo custo de utilização, facilidade de estacionamento (sobretudo em partilha), muito baixo esforço físico e autonomia suficiente da bateria;



JOSÉ MANUEL VIEGAS

Professor Catedrático
de Transportes do IST (aposentado)
josemviegas@gmail.com

“SÃO MUITO VASTAS AS MUDANÇAS QUE SE AVIZINHAM E APENAS COMEÇAM A SER VISÍVEIS, QUER ATRAVÉS DAS INICIATIVAS POLÍTICAS, QUER DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS E DE NEGÓCIOS”

“NO CURTO PRAZO SURGIRÃO DIFICULDADES DE REGULAÇÃO DAS OFERTAS DOS VÁRIOS MODOS E SERVIÇOS, EM COEXISTÊNCIA DE INCUMBENTES E CONTESTANTES”

- Vai ocorrer uma evolução para um novo modelo de transporte público, com os modos pesados a garantir capacidade e rapidez em deslocamentos radiais, cumprindo percursos e horários predefinidos, e com outros serviços prestados por veículos de pequena dimensão (4 a 16 lugares) para fluxos de menor densidade, organizados em resposta à procura em tempo real para servir todos os passageiros com ligações diretas e com poucas paragens [9];
- A alimentação dos modos pesados é também feita com esses veículos de pequena dimensão, em serviços de vaivém, em ligação direta às residências ou empregos dos passageiros, à hora a que estes precisam do serviço [10];
- A prazo, a maior parte destes serviços não precisarão de operador (condutor), com o que se reduz fortemente o seu custo de produção e se torna muito mais viável a sua disponibilidade a qualquer hora do dia ou da noite;
- Os cidadãos podem ajustar as suas soluções de mobilidade em cada dia à agenda desse dia, recorrendo de forma variável aos diferentes modos de transporte, em plena integração tarifária e de informação;
- A introdução de veículos de condução autónoma deverá contribuir para reduzir muito fortemente os problemas de segurança rodoviária, ainda que na fase de transição – com presença simultânea nas estradas de veículos de condução humana e autónoma – se deva esperar novos tipos de problemas e desastres correspondentes;

• Para o transporte interurbano de mercadorias, a disponibilidade de camiões sem condutor reduz os custos de operação entre 35% e 55% (dependendo dos países) e além disso liberta a operação das restrições associadas aos tempos de trabalho e de condução, com o que as distâncias cobertas em cada dia podem quase triplicar. Isto terá implicações muito profundas na organização dos sistemas logísticos de todas as indústrias e no desenho do mapa logístico de cada continente.

IMPLICAÇÕES DESTA DINÂMICA DE MUDANÇA

Podemos assim apontar sem risco de errar que estamos perante uma evolução com forte complexidade dadas as inter-relações dos vetores de mudança tecnológica entre si e com os objetivos políticos, de que decorre uma elevada incerteza sobre os caminhos que irão sendo percorridos neste processo de mudança. Pequenas diferenças num fator podem afetar fortemente outros, e por essa via os sinais dominantes que condicionam as escolhas sociais.

Essa incerteza é especialmente forte quando se consideram decisões de longo prazo: como decidir investimentos em infraestruturas com vidas úteis de 50+ anos, quando ainda não podemos adivinhar o que vão ser os requisitos dos veículos (rodoviários ou ferroviários) das próximas décadas, nem sequer minimamente estimar os respetivos fluxos? E como prever / influenciar as decisões de localização de residências, escritórios, fábricas num quadro em que a maioria dos veículos se deslocará sem condutor? E como se organizarão as compras e as entregas?

Mesmo no curto prazo surgirão dificuldades de regulação das ofertas dos vários modos e serviços, em coexistência de incumbentes e contestantes, por forma a garantir não só que a concorrência seja justa e promotora de eficiência, mas também que os objetivos de sustentabilidade em geral e da inclusão social em particular, sejam sempre defendidos. A rapidez da inovação vai levantar a necessidade de novas formas de ajustes das políticas e sua regulação, muito baseadas nos dados que vão ser recolhidos em grande caudal [8].

Mas além dessas dificuldades técnicas, devemos também esperar múltiplos momentos de turbulência social e política.

Essa turbulência é inevitável porque os sistemas de transportes têm impacto direto sobre as vidas de muitas pessoas / utentes, e envolvem diretamente muitas pessoas e empresas como agentes incumbentes. Por isso, para além da desejável evolução para sistemas de mobilidade e transportes mais sustentáveis, haverá inevitavelmente, quer do lado da procura quer do lado da oferta, grupos afetados (perdedores) que não deixarão de protestar e resistir. As perdas podem ser a nível de negócio ou até simplesmente de direito de uso do espaço público para determinadas funções.

Além das questões de posição no mercado e direitos de uso do espaço público, há outros planos em que a turbulência se manifestará: Será inevitável a mudança do sistema fiscal do transporte motorizado, associada à substituição do ISP (Imposto sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos), que atualmente representa em Portugal (e na média de UE) cerca de 7% da receita fiscal do Estado [6]. Com a crescente penetração de veículos híbridos e sobretudo elétricos, haverá uma redução (e por fim quase anulação) das vendas de combustíveis fósseis, com a consequente perda de receita fiscal.

O montante desta receita torna-a indispensável nas contas do Estado, mas sendo este um instrumento muito potente para influenciar comportamentos, será desejável que o novo imposto (ou taxa) seja “desenhado” por forma a induzir formas de mobilidade mais sustentáveis. Em qualquer caso, como não há soluções neutras e os montantes a pagar serão significativos, haverá certamente forte tensão no processo que levará à sua definição e aplicação.

DESAFIOS TÉCNICOS SOLICITANDO A INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

Será inevitável que no uso operacional das novas tecnologias e modelos de negócio, os respetivos agentes responsáveis procedam rotineiramente (ou em permanência) a numerosas aplicações de técnicas de otimização, por vezes associadas ao uso de técnicas de Inteligência Artificial para deteção rápida das mudanças dos padrões das solicitações (procura, estado do tempo, perturbações, etc.) e ajuste das próximas ações.

Além disso será de esperar que, face às situações complexas de mudança envolvendo múltiplas variáveis no mesmo quadro tempo-

ral, haja muitos casos em que será necessário tomar decisões com múltiplos critérios (possivelmente refletindo objetivos políticos ou interesses de diferentes grupos sociais), como poderá ser o caso no despacho de serviços no âmbito da Mobilidade como Serviço.

Mas haverá muitos outros casos em que será necessário decidir em ambientes em que esses diferentes grupos sociais têm capacidade de expressão e de contraposição, o que nos levará a sistemas do tipo da concertação social.

Parece haver um forte potencial, especialmente para as decisões a nível estratégico (médio e longo prazo), nas quais até a identificação dos grupos de interesses afetados pode ser problemática, para o recurso à simulação associada a teoria de jogos. O recurso sistemático à simulação será especialmente valioso para entender os impactos de segunda ordem, emergentes das interações entre os resultados diretos de cada uma das mudanças tecnológicas e de modelos de negócio, e das diferentes formas e níveis de adoção social dessas mudanças.

Neste domínio em particular, a simulação baseada em agentes parece particularmente adequada, ao tornar fácil a expressão de diferentes lógicas e conjuntos de interesses dos vários agentes, e até a mudança de regras durante o “jogo”, em função da modificação das tensões e balanços entre os agentes.

CONCLUSÕES

O que acima foi dito menciona apenas as mudanças mais óbvias, mas haverá outras, mais profundas, que surgirão da exploração de novas oportunidades abertas por estas. Não faltarão as tentações de prever como vai ser a mobilidade daqui a 15 ou 20 anos.

A história recente mostra o risco de tais previsões. Dois exemplos bastam: Em 1977, Ken Olson, o CEO da Digital Equipment Corporation – empresa pioneira na oferta de minicomputadores – afirmou que “não há qualquer razão para que uma pessoa queira um computador em sua casa” [11]; e em 2010, Steve Jobs, o visionário CEO da Apple, afirmou que “ninguém querera comprar um telefone portátil com um écran grande” [5]. Em qualquer dos casos, estas previsões falharam completamente em menos de 5 anos.

Assim, perante um quadro com o anúncio de tantas mudanças interdependentes no sistema da mobilidade, algumas delas com um potencial de serem “game-changers”, é importante assumir uma postura de humildade e reconhecer que não é possível prever muitos dos desenvolvimentos que vão ocorrer pela conjugação dessas mudanças e das implicações comportamentais que elas vão induzir.

Mas temos a obrigação de, ao mesmo tempo, estar atentos aos sinais que vão surgindo e preparados para reagir no sentido de detetar, por um lado as oportunidades de negócio com

“SERÁ INEVITÁVEL QUE (...) OS RESPECTIVOS AGENTES RESPONSÁVEIS PROCEDAM ROTINEIRAMENTE (OU EM PERMANÊNCIA) A NUMEROSAS APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO, POR VEZES ASSOCIADAS AO USO DE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL”

criação de valor para as empresas e para os cidadãos, e por outro as necessidades de intervenção do lado das políticas públicas para assegurar a evolução no sentido dos objetivos do desenvolvimento sustentável e a defesa dos princípios fundamentais da inclusão social.

REFERÊNCIAS

- [1] Arbib, J. & Seba, T. (2017). *A RethinkX Sector Disruption Report*, Available at: www.rethinkx.com. [Accessed August 1, 2018].
- [2] Canales, D. et al. (2017). *Connected Urban Growth: Public-Private Collaborations for Transforming Urban Mobility*, Available at: <http://newclimateeconomy.net/content/cities-working-papers>. [Accessed July 31, 2018].
- [3] Capstick, S. et al. (2014). *Prospects for radical emissions reduction through behavior and lifestyle change*. *Carbon Management*, 5(4), 429–444.
- [4] EC (2016). *Cooperative, connected and automated mobility (CCAM) - European Commission*. Available at: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en [Accessed July 31, 2018].
- [5] Edwards, J. (2014). *Steve Jobs was wrong when he said “no one’s going to buy that”; about big phones - Business Insider*. *Business Insider*. Available at: <https://www.businessinsider.com/steve-jobs-was-wrong-about-big-phones-2014-9> [Accessed August 1, 2018].
- [6] Fuels Europe, 2018. *STATISTICAL REPORT 2017*, Available at: https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/2017/06/20170704-Graphs_FUELS_EUROPE_2017_WEBFILE-1.pdf [Accessed July 31, 2018].
- [7] IT ProPortal (2018). *Does Mobility as a Service hold the answer to the future of transport?* | ITProPortal. Available at: <https://www.itproportal.com/features/does-mobility-as-a-service-hold-the-answer-to-the-future-of-transport/> [Accessed July 31, 2018].
- [8] ITF (2016a). *Data-driven Transport Policy*, Available at: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/data-driven-transport-policy.pdf> [Accessed August 1, 2018].
- [9] ITF (2016b). *Shared Mobility: Innovation for Liveable Cities*, Available at: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shared-mobility-liveable-cities.pdf> [Accessed July 31, 2018].
- [10] ITF (2017). *Transition to Shared Mobility: How large cities can deliver inclusive transport services*, Available at: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/transition-shared-mobility.pdf> [Accessed July 31, 2018].
- [11] Strohmeyer, R. (2008). *The 7 Worst Tech Predictions of All Time* | PCWorld. *PCWorld*. Available at: https://www.pcworld.com/article/155984/worst_tech_predictions.html [Accessed August 1, 2018].

OTIMIZAÇÃO ROBUSTA



AGOSTINHO AGRA

Departamento de Matemática,
Universidade de Aveiro
aagra@ua.pt

Desde os primórdios da programação matemática que a necessidade de lidar com a incerteza, e em particular com a incerteza associada ao valor dos coeficientes, se tornou fundamental. Qualquer curso básico em programação linear contém um estudo de análise de sensibilidade onde o impacto da variação dos coeficientes na solução ótima e no valor da função objetivo é analisada. Contudo, em muitos problemas práticos, várias decisões têm de ser tomadas antes de parte da informação ser conhecida, não sendo por isso possível ajustar *a posteriori* a solução aos coeficientes observados. Assim, um planeamento realizado com base em valores concretos para os coeficientes, pode na prática originar violação de restrições ou custos elevados, se esses coeficientes sofrerem alterações. A Otimização Robusta (OR) é uma das técnicas que procura dar resposta a este problema que associa a decisão à incerteza. A sua origem é, usualmente, atribuída a Soyster [8] e foi desenvolvida para problemas de programação linear com dados incertos. Inicialmente, os problemas de OR consistiam em considerar o pior caso para cada coeficiente, o que tornava a OR numa abordagem muito conservadora e, consequentemente, de aplicação muito limitada. A afirmação da OR deu-se essencialmente ao longo das duas últimas décadas, fruto do desenvolvimento de abordagens mais flexíveis, sendo atualmente uma das áreas mais populares da Investigação Operacional.

O termo Otimização Robusta tem sido usado para englobar várias abordagens e o seu significado depende do contexto. Pode representar a geração de soluções que sejam admissíveis para toda a concretização possível dos dados incertos; ou a obtenção de uma solução que garanta um valor da função objetivo para qualquer cenário; ou ainda a escolha de uma solução que, entre todos os cenários, garanta uma distância entre o valor dessa solução e o valor ótimo para o cenário correspondente. Em todos os casos o paradigma da OR baseia-se na análise do pior caso, isto é, a avaliação de uma solução é feita através da concretização do cenário mais desfavorável a essa solução. A OR tem fortes relações com outras áreas da programação matemática, como a Otimização Estocástica (OE) e a Teoria de Controlo de onde tem recebido importantes influências,

quer na terminologia quer nas técnicas de resolução. Uma das principais características da OR e que a distingue da OE, é o facto de não requerer o conhecimento das distribuições de probabilidades dos coeficientes desconhecidos. Em vez disso, assume que os coeficientes pertencem ao designado conjunto de incerteza.

APLICAÇÃO

Algumas aplicações da OR serão evidentes tendo em consideração a perspetiva de gerar soluções que sejam necessariamente admissíveis para cenários bastante adversos. Uma das primeiras aplicações foi relativa ao desenho de estruturas em treliça, as quais são utilizadas em várias áreas, como na engenharia civil, por exemplo, na construção de pontes [5]. A incerteza neste caso está associada às cargas que a estrutura terá de suportar e pretendem-se soluções que garantam a estabilidade da estrutura para um vasto conjunto de potenciais combinações de cargas. Um outro tipo de exemplos, ocorre no desenho de redes robustas de telecomunicações (alguns exemplos enquadrados na ação Cost RECODIS podem ser consultados em <http://www.cost-recodis.eu/>). O objetivo consiste em desenhar redes robustas para casos de falhas simultâneas que podem ocorrer quer devido a catástrofes naturais, como tempestades ou incêndios, quer devido a atentados planeados para causar o maior dano na rede. Neste caso a incerteza estará associada ao conjunto de nós e/ou ligações que falham. Outras aplicações têm sido consideradas igualmente em problemas clássicos de otimização, como o roteamento de veículos. Neste caso, a incerteza é usualmente associada ao tempo de viagem entre localidades. Em presença de características adicionais, como janelas temporais rígidas na entrega de uma mercadoria aos clientes, o recurso à OR é fundamental, pois os atrasos nas viagens podem implicar a falha de uma janela temporal e a consequente não entrega da mercadoria [1].

A OR tem sido aplicada a várias áreas, desde engenharia, gestão, estatística, finanças, etc., sem que a noção de robustez tenha necessariamente uma interpretação tão restritiva da análise do pior caso como nos exemplos referidos anteriormente. Esta aplicabilidade resulta da sua flexibilidade. A OR não só é a

“DESDE OS PRIMÓRDIOS DA PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA QUE A NECESSIDADE DE LIDAR COM A INCERTEZA, E EM PARTICULAR COM A INCERTEZA ASSOCIADA AO VALOR DOS COEFICIENTES, SE TORNOU FUNDAMENTAL”

abordagem natural quando a distribuição de probabilidades dos coeficientes incertos é desconhecida, como é por vezes preferível a outras alternativas, como a OE, em casos em que essa distribuição é conhecida e em que a OR se revela computacionalmente mais eficiente. Por vezes, é mesmo possível quantificar a probabilidade de a solução robusta violar uma restrição em função da estrutura e do tamanho do conjunto de incerteza, dando ao decisor flexibilidade para estabelecer um compromisso entre robustez da solução e o custo dessa solução.

MODELAÇÃO DA INCERTEZA

Em muitas situações práticas é apenas conhecida informação vaga sobre alguns dados do problema, como limites na variação dos coeficientes ou relações simples entre esses coeficientes. Com base nessa informação é construído o conjunto de incerteza. Este conjunto pode estar associado quer aos coeficientes da função objetivo quer aos coeficientes das restrições. A escolha do conjunto de incerteza tem sido um dos principais tópicos de discussão. Uma opção consiste em considerar um conjunto discreto e finito, que pode ser visto como o conjunto possível de cenários para a concretização dos coeficientes. Obviamente, o problema determinístico coincide com o caso em que o conjunto de incerteza inclui apenas um cenário. Noutras abordagens são frequentemente considerados conjuntos convexos. Por vezes, esses conjuntos estão centrados no valor dos coeficientes considerados na versão determinística, conhecido por valor nominal.

Outros conjuntos têm também sido propostos, por exemplo, conjuntos baseados na informação fornecida pelo histograma dos dados históricos.

Quanto mais amplo for o conjunto de incerteza maior a proteção da solução relativamente à incerteza. Contudo, essa proteção tem em geral um custo - conjuntos de incerteza amplos tendem a originar soluções cujo valor da função objetivo está longe do valor ótimo para o problema determinístico. Esta diferença entre o custo da solução robusta e o custo da solução determinística designa-se por preço da robustez [5]. Assim, na OR pretende-se um equilíbrio entre robustez da solução e o preço para a obter. Esse equilíbrio consegue-se através do controlo do tamanho do conjunto de incerteza. Com este objetivo é de destacar o conjunto de incerteza conhecido por *budgeted uncertainty set*, introduzido em [6], que se tornou bastante popular por ser um conjunto intuitivo, fácil de aplicar e possuir uma estrutura particular que tem sido explorada computacionalmente, (ver [2]). Notando que a variação máxima de todos os coeficientes de uma restrição em relação ao valor nominal é pouco provável, este conjunto de incerteza inclui restrições de cardinalidade que impõem limites aos desvios que podem ocorrer. Por exemplo, na determinação da rota de um veículo, na qual a cada tempo de viagem está associado um atraso máximo, o decisor pode impor limites no número de atrasos que admite que ocorram na avaliação de cada solução.

MODELOS ESTÁTICOS VERSUS MODELOS AJUSTÁVEIS

Em OR é fundamental perceber com clareza se faz sentido admitir que o valor das variáveis do problema se possa ajustar ou não ao valor de alguns coeficientes incertos, o que obriga, em particular, a perceber em que fase do processo do planeamento as várias decisões têm de ser tomadas. Se as variáveis não se podem ajustar, então o problema diz-se *estático* ou *sem recurso*. Caso contrário, quando existem variáveis que podem ser ajustadas ao valor dos coeficientes incertos, o problema de OR diz-se com recurso. Inicialmente a otimização robusta foi desenvolvida para problemas estáticos, mas rapidamente se tornaram evidentes as vantagens em recorrer a modelos

“A OR TEM SIDO APLICADA A VÁRIAS ÁREAS, DESDE ENGENHARIA, GESTÃO, ESTATÍSTICA, FINANÇAS, ETC., (...) ESTA APLICABILIDADE RESULTA DA SUA FLEXIBILIDADE”

que permitam o ajuste de parte das variáveis. Os modelos ajustáveis foram introduzidos em [4] e permitem modelar problemas onde os valores dos coeficientes vão sendo revelados por etapas e o valor de algumas variáveis pode ajustar-se a esses dados entretanto revelados. Por exemplo, em problemas de distribuição ao longo de vários períodos, é usual admitir que a quantidade a entregar no período t possa ser ajustada à procura verificada nos períodos anteriores, 1 a $t-1$. Estes modelos são designados de *multi-stage*. De entre os modelos ajustáveis, os modelos *two-stage* têm merecido particular atenção devido à vasta aplicação prática. Nestes modelos existe um conjunto de variáveis não ajustáveis (também conhecidas por variáveis *here and now*), e um conjunto de variáveis cujo valor é determinado após a concretização dos valores de todos os coeficientes (*wait and see*). Por exemplo, em problemas que englobem o desenho topológico de redes e o encaminhamento de fluxo, e estando a incerteza associada a falhas nos nós ou ligações da rede, as decisões associadas ao desenho topológico serão de primeira etapa (sem recurso), enquanto que o encaminhamento do fluxo poderá ser ajustável às falhas da rede. Contudo, para se perceber a abrangência deste tipo de modelos, é importante notar que as variáveis ajustáveis não têm necessariamente de traduzir decisões. Por vezes, estas variáveis atuam como variáveis auxiliares. Um exemplo clássico é o do dimensionamento de lotes a produzir, onde a produção pode ter que ser determinada antes de ser conhecida a procura, que se assume incerta. Neste caso, as variáveis que

“NA OR PRETENDE-SE UM EQUILÍBRIO ENTRE ROBUSTEZ DA SOLUÇÃO E O PREÇO PARA A OBTER. ESSE EQUILÍBRIO CONSEGUE-SE ATRAVÉS DO CONTROLO DO TAMANHO DO CONJUNTO DE INCERTEZA”

traduzem a quantidade em *stock* atuam como variáveis auxiliares, pois são determinadas automaticamente em função da produção e da procura, e são obviamente ajustáveis à procura. Outro exemplo, ocorre em modelos para problemas de rotas de veículos com janelas temporais, onde os tempos de viagem são incertos. Tipicamente, o desenho das rotas resulta das decisões da primeira etapa enquanto que a hora da visita a cada cliente é uma variável ajustável aos tempos de viagem observados.

TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO

A resolução dos problemas de OR depende muito do tipo de modelo (ajustável ou não ajustável) e do conjunto de incerteza considerados. No caso de modelos ajustáveis com várias etapas, o problema pode ser visto como um jogo sequencial do tipo min-max entre o decisor e o adversário. Em cada etapa o decisor define o valor de um conjunto de variáveis e o adversário

escolhe o valor dos coeficientes revelados nessa etapa mais desfavoráveis às decisões tomadas. Pela sua natureza, a resolução exata recorre em geral a técnicas de programação dinâmica. Contudo, usualmente, estas abordagens são computacionalmente inportáveis. Nesses casos, é frequente considerar modelos simplificados (que se traduzem na resolução de um problema aproximado, não o exato) baseados nas chamadas regras de decisão que para cada valor dos coeficientes incertos definem a ação a implementar. A regra mais divulgada é baseada numa ideia que veio da teoria de controlo e consiste em escrever as decisões a tomar numa determinada etapa como função afim dos coeficientes incertos das etapas anteriores.

Em problemas de duas etapas, é por vezes possível obter a solução ótima usando um algoritmo de decomposição, em que em cada iteração as decisões sem recurso são obtidas assumindo um subconjunto de cenários (problema mestre). Inicialmente pode ser considerado um só cenário, o que equivale a resolver o problema determinístico. Conhecendo essas decisões sem recurso é então resolvido um subproblema, conhecido por problema adversário, que verifica se existe algum cenário não considerado que torna a solução sem recurso inadmissível ou que origina um custo superior. Se tal cenário existir, é adicionado ao problema mestre e o processo é repetido, caso contrário, a solução ótima foi encontrada.

DIREÇÕES FUTURAS

A investigação na OR tem sido orientada essencialmente por três fatores: i) a definição de modelos tratáveis (ver definição formal em [3]); ii) o estudo de conjuntos de incerteza e de métodos de resolução que garantam o controlo do grau de conservadorismo das soluções, quando possível com garantias probabilísticas; iii) a construção de abordagens flexíveis

que permitam uma vasta aplicação. Recentemente, esta investigação tem-se focado no desenvolvimento e aplicação de abordagens práticas para problemas ajustáveis.

De entre os ramos da OR que se têm vindo a destacar, realça-se a *Distributionally Robust Optimization* [7] que veio aproximar a OE da OR. Nesta abordagem, assume-se que os coeficientes incertos seguem uma distribuição de probabilidades que é desconhecida, mas que pertence a um conjunto de distribuições de probabilidade, designado conjunto de ambiguidade. Este conjunto é construído a partir dos dados históricos, ou assumindo que apenas alguns momentos da distribuição são conhecidos.

“DE ENTRE OS RAMOS DA OR QUE SE TÊM VINDO A DESTACAR, REALÇA-SE A DISTRIBUTIONALLY ROBUST OPTIMIZATION QUE VEIO APROXIMAR A OE DA OR”

REFERÊNCIAS

- [1] Agra, A., Christiansen, M., Hvattum, F., Figueiredo, R., Poss, M. & Requejo, C. (2013). The robust vehicle routing problem with time windows, *Computers & Operations Research* 40, 856-866.
- [2] Agra, A., Santos, N., Nace, D., & Poss, M. (2016). A dynamic programming approach for a class of robust optimization problems. *SIAM Journal on Optimization*, 26, 1799-1823.
- [3] Ben-Tal, A., El Ghaoui, L., & Nemirovski, A. (2009). *Robust Optimization*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- [4] Ben-Tal, A., Goryashko, A., Guslitzer, E. & Nemirovski, A. (2004). Adjustable robust solutions of uncertain linear programs. *Mathematical Programming*, 99(2): 351-76.
- [5] Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (1997). Robust truss topology design via semidefinite programming, *SIAM Journal on Optimization*, 7, 991-1016.
- [6] Bertsimas, D. & Sim, M. (2004) The price of robustness. *Operations Research*, 52, 35- 53.
- [7] Delage, E.H. (2009). *Distributionally robust optimization in context of data-driven problems*. Ph.D. thesis, Stanford University, 2009.
- [8] Soyster, A. (1973). Convex programming with set-inclusive constraints and applications to inexact linear programming. *Operations Research*, 21, 1154-1157.

OPERAÇÃO E IMPACTO DE TRANSPORTES URBANOS FLEXÍVEIS A IO DOS TRANSPORTES PARTILHADOS AOS VEÍCULOS AUTOMÁTICOS

É costume, para quem trabalha em ciência de transportes, começar qualquer artigo com uma introdução que reflete a importância dos transportes para as sociedades modernas. Não serei diferente.

É conhecida a relação entre acessibilidade e crescimento económico, sem transporte de passageiros e de mercadorias limitamos muito as hipóteses de criação de emprego e por isso de bem-estar das populações. Não é de surpreender que exista uma ligação direta entre qualidade da oferta de transportes e o produto interno bruto, seja essa oferta mais focada nos transportes coletivos, como por exemplo no Japão, ou no transporte individual, como é o caso dos Estados Unidos da América. É precisamente a forma como esse transporte é feito que pode ter resultados muito diferentes nos indicadores de sustentabilidade associados ao setor dos transportes. Tal como em outras áreas, nos transportes procuramos que estes sejam oferecidos com o menor impacto possível sobre o meio ambiente, que promovam o crescimento económico e que sejam planeados de uma forma equitativa beneficiando todos, pelo menos com um nível mínimo de acessibilidade.

É neste contexto que a Investigação Operacional (IO) tem tido um papel muito importante permitindo planear e operar sistemas de transportes da forma mais eficiente possível. Tanto ao nível do transporte interurbano como no transporte urbano de pessoas e bens, são conhecidas contribuições na definição das redes de transporte, gestão de frotas, construção de horários, roteamento de veículos ou escalonamento de equipas para citar apenas alguns exemplos. Nos últimos anos temos vindo a assistir a uma revolução dos sistemas de transportes coletivos de passageiros em áreas urbanas com a oferta de novos serviços denominados “partilhados” nas grandes cidades.

Seja de automóveis ou de bicicletas estes serviços pretendem oferecer ao cidadão uma opção de mobilidade mais adaptada às necessidades dos viajantes e que evitem a utilização do automóvel particular, que tem tido consequências nefastas para o ambiente e para a ocupação do espaço público. Empresas como a Uber ou a Car2Go (*carsharing*) têm invadido o mercado com as suas soluções de transporte *on demand* muito adaptadas às necessidades dos cidadãos mas apresentando desafios fortes de gestão que a IO tem contribuído para resolver.

Para além desta nova realidade um outro tema que tem levantado muitas questões e que tem chamado a atenção do grande público são os veículos autónomos (ou automáticos) sobretudo a partir do projeto do *Google car* ou mais recentemente com os veículos da Tesla. Estes veículos vêm trazer novos graus de liberdade, não só na gestão de transportes coletivos mas também potencialmente na gestão da nossa mobilidade individual ou familiar. Seguidamente refiro algumas das aplicações da IO e como estas têm contribuído para a discussão sobre como gerir estes sistemas mais flexíveis e mais automáticos nas nossas cidades baseando-me em resultados de projetos da Universidade de Coimbra e da TU Delft.

Os chamados sistemas de *carsharing* já existem há várias décadas, mas só mais recentemente se começaram a multiplicar pelas nossas cidades com várias multinacionais como a *car2go* ou a *drivenow* a oferecerem soluções chave na mão, com veículos e sistema de informação já integrado, que podem ser implementadas em qualquer cidade. Estes são o que se pode chamar de sistemas de *one-way carsharing* em que o cliente pode deixar o veículo em qualquer área da cidade sem ter que o retornar ao local de onde foi retirado, além disso são



GONÇALO CORREIA

Delft University of Technology, Delft, Holanda
Universidade de Coimbra,
Citta, Coimbra, Portugal
g.correia@tudelft.nl
gcorreia@dec.uc.pt

“TEMOS VINDO A ASSISTIR A UMA REVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES COLETIVOS DE PASSAGEIROS EM ÁREAS URBANAS COM A OFERTA DE NOVOS SERVIÇOS”

free-float, já que dentro da área operacional podem ser estacionados em qualquer lugar. Quando começámos a estudar estes sistemas, o desafio era como oferecer este serviço *one-way* sem que se criasse um grande desequilíbrio entre *stocks* de veículos nas estações (os sistemas eram todos baseados em estações) devido ao facto de que em diferentes períodos do dia as pessoas viajam essencialmente na mesma direção criando grande necessidade de veículos em alguns locais e acumulando noutros. Havia portanto a necessidade de estudar soluções para este problema no sentido de oferecer *carsharing* a um número maior de clientes minimizando o risco de afetar a qualidade de serviço e ao mesmo tempo gerando um lucro mínimo para que as empresas continuem a operar, já que estas são essencialmente privadas. Duas propostas para o problema de dese-

quilíbrio no *stock* de veículos em *one-way carsharing* surgiram, ambas vindas da área da IO: uma na gestão de operações de relocalização periódica dos veículos e outra na localização estratégica das estações no sentido de captar procura mais equilibrada. Na primeira solução preconiza-se a existência de uma equipa que reloca os veículos entre estações. Trata-se de um problema de maximização do lucro da empresa ou de minimização dos custos se os movimentos entre os pares de estações forem definidos por outros critérios e apenas se quiser garantir que tais movimentos são feitos da forma mais eficiente. Já na segunda solução trabalha-se com um problema de localização de equipamentos em que existindo duas estações na rede é possível satisfazer viagens nesse par, não existindo uma das duas não haverá oferta para esse vetor. O objetivo é também o do lucro do sistema mas neste caso atuando ao nível do planeamento da oferta. Conclusões do trabalho científico de vários autores a trabalhar ao mesmo tempo em várias universidades do mundo apontaram para a importância das relocalizações em aumentar o lucro destas empresas e permitir oferecer estes serviços numa área geográfica mais abrangente [3], por outro lado através do problema de localização foi possível concluir-se que concentrar a operação no centro das grandes cidades reflete um padrão de mobilidade que se traduz em sistemas mais equilibrados e fáceis de gerir [1].

Na prática os sistemas de *one-way carsharing* de hoje em dia têm algum *staff* limitado, para operações de relocalização pontual e de grande necessidade se um veículo estiver sem utilização há bastante tempo, contudo observa-se principalmente a importância de ter uma área de operação limitada já que os sistemas existentes estão principalmente concentrados, ainda, nas zonas mais centrais das grandes cidades evitando movimentos pendulares muito acentuados ou servir áreas de muito baixa densidade. Isto confirma os modelos de otimização que estavam a ser trabalhados, embora com alguma falta de correspondência entre o grande potencial das relocalizações que resultavam dos modelos e aquilo que real-

mente está a ser feito na prática, o que se pode explicar por uma certa aversão destas empresas em contratar pessoal para tal tipo de trabalho.

Com a possibilidade de termos disponíveis veículos totalmente automáticos (nível 5, portanto sem a necessidade de condutor) as relocalizações em tal sistema de transporte partilhado deixam de ser uma restrição tão importante já que hoje em dia o pessoal representa um custo considerável e o planeamento das suas atividades acaba por reduzir o espaço de manobra das empresas na gestão dos veículos. Tendo isso em mente na TU Delft estudámos o planeamento e operação de um sistema de automóveis partilhados e automáticos com acesso a estações de comboios na Holan-

“O VEÍCULO AUTOMÁTICO NÃO TRARÁ APENAS MAIOR FLEXIBILIDADE NA GESTÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PARTILHADO, TEM TAMBÉM O POTENCIAL DE TRANSFORMAR A NOSSA MOBILIDADE”

da. A primeira e última milha são sempre um entrave para uma maior utilização dos transportes coletivos de massa e para isso queríamos estudar uma alternativa de acessibilidade confortável e competitiva em relação aos autocarros em áreas de média a baixa densidade de procura. Voltámos ao problema da localização, mas desta feita na definição de uma área de operação (resultado da agregação de células quadrangulares) em torno da estação em que o sistema poderia operar para que o lucro fosse possível. Só viagens entre a estação e os arredores, e vice-versa, seriam permitidas em tal sistema e além dos veículos serem automáticos foram também considerados como sendo elétricos para evitar emissões poluentes locais. Os modelos de otimização demonstraram claramente as vantagens da automação com diferenças de lucro de mais de 30% entre os dois sistemas. A eletrificação dos veículos sendo desejável do ponto de vista ambiental tem claramente efeitos negativos na operação já que para as baterias atuais em pequenos veículos (considerámos o *Renault Twizy*) a autonomia levaria a que os carros tivessem que voltar à base para serem carregados o que levaria a que alguma procura deixasse de ser satisfeita [4].

O veículo automático não trará apenas maior flexibilidade na gestão de sistemas de transporte partilhado, tem também o potencial de transformar a nossa mobilidade privada. Atualmente quando utilizamos o nosso carro familiar por exemplo na deslocação para o emprego, este tem que ficar estacionado junto do local de trabalho durante todo o dia, só regressando à noite. Imaginando um futuro de veículos totalmente automáticos é perfeitamente possível que esse veículo se possa agora deslocar de volta a casa para satisfazer a viagem de outro familiar ou então para estacionar num estacionamento externo libertando

assim o espaço público. Que padrões de mobilidade e que impactos esperar destes graus de liberdade foram a motivação para um projeto de investigação na TU Delft. Pretendia-se definir um modelo de roteamento dos veículos privados que permitisse avaliar o número de viagens captadas por estes novos veículos, o seu congestionamento e a procura de estacionamento.

Tradicionalmente a distribuição de fluxos de veículos numa rede viária segue o princípio do “equilíbrio do utilizador” sob o qual cada condutor segue uma rota que minimiza os seus tempos de viagem numa perspetiva egoísta. Ao mesmo tempo que esta definição foi proposta também a definição teórica de “ótimo do sistema” foi avançada, sob a qual as rotas dos veículos têm que ser definidas de forma a minimizar o tempo total dos veículos na rede. Numa futura realidade em que os veículos poderão ser todos automáticos, o ótimo do sistema poderia ser atingido imaginando-se que possa haver um computador central que defina as rotas de todos os automóveis.

Baseados nesse princípio definimos o problema de roteamento ótimo dos veículos automáticos das famílias numa cidade através da minimização dos custos de transporte o que inclui: combustível, custo do estacionamento, o valor do tempo dos passageiros e o custo do transporte coletivo como alternativa se este for mais eficiente do que realizar determinada viagem da família no veículo automático. Neste modelo de programação inteira mista definem-se restrições típicas de conservação de fluxo nos nós, *pick-up and delivery* das várias viagens das famílias mas também de congestionamento, estas últimas sendo pouco típicas em problemas clássicos de roteamento na IO. Os resultados demonstraram a capacidade destes veículos em satisfazerem mais viagens em relação aos ditos convencionais sem grande agravamento

do congestionamento [2]. Isso deve-se ao roteamento inteligente, evitando locais de maior congestionamento, mas também porque ao serem satisfeitas mais viagens dos agregados familiares em outros locais da cidade é possível distribuir melhor os veículos no tempo e na rede diminuindo assim o seu pico de procura.

“NUMA FUTURA REALIDADE EM QUE OS VEÍCULOS PODERÃO SER TODOS AUTOMÁTICOS, O ÓTIMO DO SISTEMA PODERIA SER ATINGIDO IMAGINANDO-SE QUE POSSA HAVER UM COMPUTADOR CENTRAL QUE DEFINA AS ROTAS DE TODOS OS AUTOMÓVEIS”

REFERÊNCIAS

- [1] Correia, G., & Antunes, A.P. (2012). Optimization approach to depot location and trip selection in one-way carsharing systems. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 48, 233–247
- [2] Correia, G.H. de A., & van Arem, B. (2016). Solving the User Optimum Privately Owned Automated Vehicles Assignment Problem (UO-POAVAP): A model to explore the impacts of self-driving vehicles on urban mobility. *Transp. Res. Part B Methodol.* 87, 64–88.
- [3] Jorge, D., Correia, G.H.A., & Barnhart, C. (2014). Comparing optimal relocation operations with simulated relocation policies in one-way carsharing systems. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 15.
- [4] Liang, X., Correia, G.H. de A., & van Arem, B. (2016). Optimizing the service area and trip selection of an electric automated taxi system used for the last mile of train trips. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 93, 115–129.

SISTEMAS DE MOBILIDADE PARTILHADA

METODOLOGIAS PARA A INTEGRAÇÃO DAS DECISÕES DE CAPACIDADE E PREÇO NA PRESENÇA DE INCERTEZA



BEATRIZ BRITO OLIVEIRA

INESC TEC, Faculdade de Engenharia,
Universidade do Porto
beatriz.oliveira@fe.up.pt



MARIA ANTÓNIA CARRAVILLA

INESC TEC, Faculdade de Engenharia,
Universidade do Porto
mac@fe.up.pt



JOSÉ FERNANDO OLIVEIRA

INESC TEC, Faculdade de Engenharia,
Universidade do Porto
jfo@fe.up.pt

Sistemas de mobilidade partilhada, onde uma frota de veículos é partilhada por um grupo de utilizadores, podem operar em contextos urbanos (como *car sharing*) ou interurbanos (como o aluguer de automóveis), enfrentando desafios semelhantes de gestão de frota, por exemplo, de dimensionamento ou realocização. Mais ainda, mecanismos de *pricing* funcionam como ferramentas de gestão da procura em ambos os sistemas, quando integrados com a gestão de frota. A investigação nesta área, nomeadamente no âmbito da Investigação Operacional, encontra-se numa interessante fase de expansão.

Sendo um negócio já estabelecido, o aluguer de automóveis tem vindo a crescer nos últimos anos: em 2017, devido à pressão do turismo, o setor foi responsável por mais de 25% das vendas de veículos ligeiros em Portugal [1], enquanto que nos EUA bateu recordes de lucro, total e por veículo [2]. O conceito mais recente de mobilidade urbana patente nos sistemas de *car sharing* apresenta uma alternativa à posse de veículos [3] e tenderá a crescer com a maior sensibilização para questões ecológicas e a incerteza sobre o preço dos combustíveis [4]. As sinergias entre estes dois sistemas de mobilidade estão patentes nos recentes movimentos de consolidação de empresas, mostrando que o tradicional aluguer de automóveis está a evoluir para soluções de partilha mais flexível. Por exemplo, a Zipcar, a empresa de *car sharing* líder nos EUA, foi adquirida pela Avis em 2013. De forma similar, a Enterprise opera no mercado de *car sharing* pela Autosshare, e a Hertz pela Hertz 24/7. De facto, este setor é hoje dominado por grandes empresas de aluguer de automóveis. Em conjunto, em 2015, estas três empresas controlavam 85% do mercado de *car sharing* nos EUA. Também os fabricantes de automóveis têm aqui um papel de relevo. Incluindo a car2go, controlada pela Daimler, esta quota sobe para os 95% [5].

O CASO DO ALUGUER DE AUTOMÓVEIS

A principal direção de investigação que temos vindo a seguir foca-se na integração dos problemas de *pricing* e de gestão de frota em sistemas de mobilidade partilhada. Partindo do caso do aluguer de automóveis, temos como

objetivo subsequente estender os modelos e metodologias desenvolvidos ao *car sharing*.

O PROBLEMA

Ao planear uma época, uma empresa de aluguer de automóveis define o número e o tipo de veículos que compõem a frota de forma a satisfazer a procura. Por um lado, a procura dos diferentes tipos de aluguer (caracterizados pelo veículo pedido e pelas datas e locais de início e fim) é incerta e altamente sensível, não só ao preço da empresa, mas também ao seu posicionamento em relação aos competidores. Desta forma, as decisões de preço influenciam significativamente as decisões de capacidade. Por outro lado, o que torna a mobilidade partilhada diferente de sistemas tradicionais de transporte – extensamente estudados na área da gestão operacional – e de outros problemas de gestão de receitas e de *pricing*, é a partilha de recursos. Isto é, como os “produtos” são alugueres, a capacidade volta a ficar disponível no fim da utilização, possivelmente num local diferente. Isto cria uma conexão entre as decisões de capacidade e outras ferramentas que a empresa utiliza para ir de encontro à procura ao longo da época, como realocar a frota ou oferecer *upgrades*. O objetivo deste trabalho é, assim, apresentar ao decisor boas soluções de capacidade e *pricing*, com uma avaliação clara do impacto que diferentes cenários têm sobre elas, quando a informação sobre a incerteza é limitada. Para tal, o problema é definido através de um modelo de programação estocástica em dois estágios, com especial enfoque na modelação da procura. A metodologia desenvolvida é baseada num algoritmo genético onde po-

**“INTEGRAÇÃO DOS
PROBLEMAS DE *PRICING* E
DE GESTÃO DE FROTA EM
SISTEMAS DE MOBILIDADE
PARTILHADA”**

pulações de soluções e cenários co-evoluem paralelamente, dependendo uma da outra para a avaliação da adequabilidade (*fitness*) dos indivíduos.

MODELAÇÃO DO PROBLEMA - DESAFIOS E OPORTUNIDADES

O problema foi modelado como um programa estocástico em dois estágios. As decisões tomadas no primeiro estágio, antes da incerteza ser revelada, prendem-se com o dimensionamento da frota (número e tipo de veículos) e com o *pricing*. Posteriormente, são conhecidos os níveis da procura e os preços dos competidores para cada tipo de aluguer (parâmetros incertos cuja possível combinação resulta num cenário) e, depois, podem ser tomadas decisões de recurso para ir de encontro a esta procura: reservas convertidas em alugueres com o veículo pedido ou com um *upgrade*, transferências de veículos, ou contratação de *leasings* de curto-prazo. O objetivo é maximizar o lucro de uma época.

Um dos aspetos mais inovadores deste modelo é a forma como a procura – e a sua relação com o preço da empresa e dos competidores – foi modelada. Foi proposta uma relação generalizada entre estes três elementos, exemplificada na Figura 1, que define que, para cada tipo de aluguer r e para cada cenário θ , a procura tem uma relação inversa com o preço

sendo que, se o preço da empresa estiver abaixo do mínimo dos competidores ($C_{r\theta}$), então a procura (seguindo a função $D_{r\theta}^B(\cdot)$) será sempre maior que no caso oposto ($D_{r\theta}^A(\cdot)$). Note-se que qualquer forma, para além da relação linear representada, pode ser considerada desde que cumpra os pressupostos, dado que o modelo utiliza níveis discretos de preço e qualquer curva pode ser discretizada. Estes pressupostos pretendem representar a natureza incerta e sensível ao preço da procura neste setor.

Neste modelo, todos os parâmetros relativos aos preços dos competidores e aos níveis de procura são dependentes do cenário considerado e do tipo de aluguer. Tal resulta numa quantidade muito elevada de parâmetros e possíveis cenários, difíceis de definir com base no *know-how* da empresa. De facto, pode ser considerado que a única informação disponível para cada um dos parâmetros são os seus limites inferior e superior. Assim, ao desafio de resolver um modelo estocástico de grande dimensão (um problema realista considera centenas ou milhares de diferentes tipos de aluguer numa época) junta-se o desafio de gerar cenários. Isto levou ao desenvolvimento de uma metodologia inovadora que gera simultaneamente soluções e cenários para problemas estocásticos em dois estágios.

MATHEURÍSTICA PARA CO-GERAÇÃO DE SOLUÇÕES E CENÁRIOS

Esta metodologia é baseada na ideia da co-evolução de duas populações, uma de soluções e uma de cenários, de forma a conseguir soluções que tenham um bom desempenho face a um conjunto diverso e representativo de cenários.

Cada indivíduo da população de soluções representa uma solução admissível para as variáveis de decisão de primeiro estágio, enquanto que cada indivíduo da população de cenários representa uma combinação de possíveis realizações dos parâmetros incertos. A evolução das duas populações é guiada por um algoritmo genético, neste caso uma adaptação para dois espaços independentes de evolução do BRKGA (*Biased Random-Key Genetic Algorithm*). A avaliação do *fitness* de cada indivíduo implica a resolução do problema de

“UM DOS ASPETOS MAIS INOVADORES DESTA MODELO É A FORMA COMO A PROCURA – E A SUA RELAÇÃO COM O PREÇO DA EMPRESA E DOS COMPETIDORES – FOI MODELADA”

recurso para pares <solução, cenário> – isto é, a resolução de um modelo matemático (determinístico) em que as variáveis de decisão de primeiro estágio são fixas e apenas um cenário é considerado – sendo a metodologia, assim, uma *matheurística*.

Para determinar o *fitness* de uma solução específica, o impacto de cada um dos cenários quando são tomadas as respetivas decisões de primeiro estágio é calculado. Dependendo do perfil de risco do decisor, esse impacto pode ser medido como, por exemplo, a média não ponderada de todos os cenários.

A determinação do *fitness* de um cenário pretende avaliar quanto é que ele contribui para a diversidade da população onde se encontra, em termos do impacto que causa em cada solução da outra população. Seguindo técnicas desenvolvidas para a otimização da diversidade na geração de instâncias, o *fitness* de um cenário avalia assim a sua “distância” aos cenários vizinhos. Este problema levanta-se devido ao facto de a geração aleatória de cenários causar, para este problema, cenários com um impacto muito similar no lucro obtido pelas diferentes soluções. Tal efeito é observável no próprio algoritmo genético, dado que a primeira geração é aleatória e na geração final o efeito da evolução é já visível, como mostra a Figura 2.

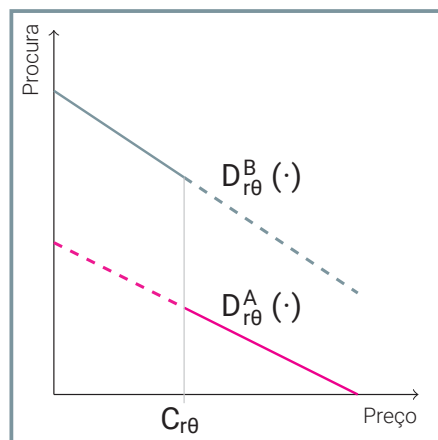


Fig. 1 - Relação entre a procura, o preço, e o mínimo preço dos competidores

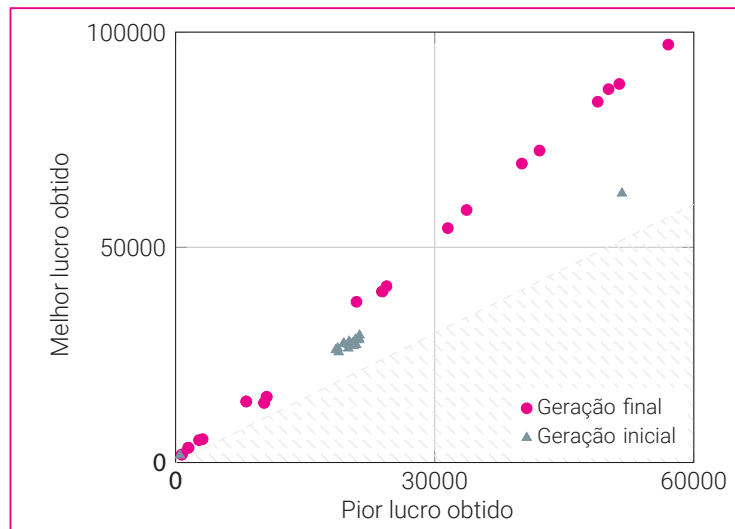


Fig. 2 - Representação de cenários por pontos num sistema bi-axial em que o eixo horizontal/vertical representa o pior/melhor lucro que o cenário causa às soluções na população correspondente

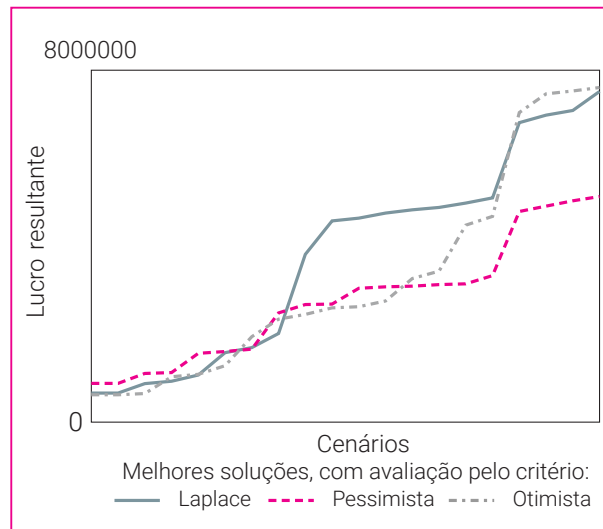


Fig. 3 - Mapeamento de soluções obtidas para três perfis de risco em função do impacto dos cenários

Uma vantagem desta metodologia é o facto de fornecer ao decisor soluções distintas baseadas em diferentes perfis de risco e, como mostra a Figura 3, claramente mapear o seu impacto para cenários diversos e representativos, obtidos conhecendo apenas os limites inferior e superior dos múltiplos parâmetros incertos.

A FLEXIBILIZAÇÃO DO ALUGUER: DO CAR RENTAL AO CAR SHARING

O aluguer de automóveis e o *car sharing* partilham importantes características. Ambos os sistemas utilizam uma frota altamente flexível, disponível em vários pontos geográficos e partilhada por diferentes utilizadores. Os veículos em si e os desafios operacionais que se levantam são semelhantes, como decidir o tamanho da frota e a forma de a distribuir entre pontos geográficos ao longo do horizonte temporal.

As principais diferenças relacionam-se com os fatores que impulsionam a procura, com um impacto potencial nas metodologias a utilizar dada a relevância da modelação da procura (incerta). Outra diferença significativa está relacionada com o período temporal e o nível estratégico destas mesmas decisões. No *car sharing*, problemas semelhantes de distribuição da frota, por exemplo, poderão ter de ser resolvidos hora a hora e ocorrerão dentro de um espaço geográfico menor. Há ainda a possibilidade em alguns destes sistemas de recolher e deixar o veículo em qualquer localização, e não em pontos específicos (*free floating*). É nesta adaptação que residem os maiores desafios futuros. Apesar da complementaridade dos problemas e dos modelos de negócio – especialmente no que diz respeito à capacidade do preço de influenciar a procura – a neces-

sidade de alterações *on-the-fly*, a flexibilização dos pontos de estacionamento, e as diferenças na modelação da procura levam à necessidade de estender os modelos e metodologias de forma a contribuir para a expansão deste setor crítico para o futuro da mobilidade urbana.

“METODOLOGIA INOVADORA QUE GERA SIMULTANEAMENTE SOLUÇÕES E CENÁRIOS PARA PROBLEMAS ESTOCÁSTICOS EM DOIS ESTÁGIOS”

REFERÊNCIAS

- [1] Ferreira, D.N. (2017). Rent-a-car compram 25 mil carros para responder ao boom do turismo. Diário de Notícias. [online] Retrieved from <https://www.dn.pt/dinheiro/interior/rent-a-carcompram-25-mil-carros-para-responder-ao-boom-do-turismo-8575657.html> [Accessed 19 January 2018].
- [2] Auto Rental News (2017). 2017 U.S. Car Rental Market Reaches \$28.6 Billion. [online] Retrieved from <http://www.autorentalnews.com/news/story/2017/12/u-s-car-rental-marketreaches-28-6-billion.aspx> [Accessed on 19 January 2018].
- [3] Martin, E., & Shaheen, S. (2011). Greenhouse gas emissions impacts of carsharing in North America. *Transactions on Intelligent Transportation Systems* 12, 1074–1086.
- [4] Shaheen, S.A., Cohen, A., & Chung, M. (2009). North American Carsharing: A Ten-Year Retrospective. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2010, 35–44.
- [5] Brown, C. (2015). Understanding On-Demand Car Rental. *Auto Rental News*. [online] Retrieved from <https://www.autorentalnews.com/155989/understanding-on-demand-car-rental> [Accessed on 28 September 2018].

O SÓCIO N.º ... 897

O meu primeiro contacto com a Investigação Operacional (IO) foi na disciplina homónima da Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial do IST. A recordação não é boa: o programa incidia sobretudo na aprendizagem de métodos e algoritmos e muito pouco na capacidade de estruturar problemas e na sua representação através de modelos. Felizmente, hoje em dia, existem aplicações como o Excel, Solver, SQL, GAMS/CPLEX, as linguagens de programação (VBA, Python) e suas bibliotecas que permitem ensinar de modo diferente.

No último ano do curso, fui convidado a trabalhar na CISED Consultores, uma empresa, de Professores da área de Sistemas de Engenharia Civil, que aplicava as metodologias e métodos de IO na resolução de problemas com que organizações públicas e empresas se deparavam: a avaliação multicritério de alternativas de localização do novo Aeroporto de Lisboa (sim, já em 1998), a otimização da expansão da rede principal de gás natural em Portugal, a otimização de circuitos de recolha de resíduos sólidos, previsões de procura ou a avaliação multicritério de propostas em concursos públicos. A cultura era de constante descoberta e inovação: todos os dias apareciam novos desafios, díspares, para os quais era necessário identificar o problema, seleccionar um ou vários métodos de IO, estruturar o modelo e encontrar uma solução. Foi neste período que tive a sorte de trabalhar com o João Lourenço, que é professor no IST, cuja paixão e qualidades pedagógicas fizeram com que me apaixonasse definitivamente pela área ou, mais prosaicamente, pela resolução de problemas.

Esta experiência fez-me perceber a necessidade em conhecer melhor as bases teóricas de IO, pelo que, nos dois anos seguintes, resolvi realizar o afamado Mestrado em Investigação Operacional e Engenharia de Sistemas do IST (que, infelizmente, deixou de ser lecionado) e fazer investigação no problema da otimização de layouts no Departamento de Modelação e Sistema do INETI (atual LNEG), sob a supervisão da Professora Ana Paula Barbosa-Póvoa e do saudoso Prof. Augusto Novais. Foi durante este período que desenvolvi o gosto pela investigação e a capacidade de ser autónomo na minha aprendizagem.

Posteriormente, durante a denominada “bolha

da internet”, trabalhei como programador no lançamento do sítio de comércio eletrónico www.somlivre.com (que ainda hoje está *on-line*). Percebi, contudo, que a mera utilização de uma ferramenta como a programação não me era suficiente. Precisava de algo mais: contribuir para a resolução de problemas desafiantes do ponto de vista científico; pelo que, voltei à CISED Consultores, que me oferecia essa oportunidade. Assim, durante a década seguinte, sob a coordenação dos Professores José Antunes Ferreira, Carlos Bana e Costa, e Rui Oliveira, exerci as funções de chefe de projeto numa miríade de clientes (e.g. Comissão Europeia, Estado Português, GALP, REFER/RAVE, EPAL, REN, EPUL, IPE, Metropolitano, Autarquias) e áreas de negócio (e.g. contratação pública, logística, saúde, energia, defesa, transportes, construção), utilizando um leque variado de ferramentas (e.g. C++, VBA, PHP, GAMS/CPLEX, SIG, Microsoft Project, MACBETH, @Risk) e métodos científicos (e.g. programação matemática, análise multicritério, simulação, inferência estatística, previsão, análise de sistemas, gestão de projetos). É precisamente esta ordem metodológica que, no meu entender, distingue a IO das restantes áreas do conhecimento: em primeiro lugar, define-se e estrutura-se o problema do decisor e, só depois, se procura(m) o(s) métodos científicos que, face ao contexto específico, melhor podem contribuir para o apoio à decisão. Foi ainda nesta fase que percebi a dupla importância da componente social na aplicação da IO em projetos: a necessidade de incorporar os valores e preferências do(s) decisor(es) no modelo analítico, e; de planear e gerir adequadamente o processo de interações sociais entre os diversos *stakeholders* (internos e externos) de um projeto.

A vida, porém, traz-nos, por vezes, eventos inesperados que, de uma assentada, mudam tudo: uma patologia que nos obriga a parar, mudar, ver o mundo numa outra perspetiva. Há primeiro que percorrer um longo caminho desde a negação até à aceitação e subsequente adaptação. Só no fim, vem o crescimento e a aprendizagem de que, devido aos nossos limites físicos e cognitivos: 1) o ótimo não consiste na procura do ótimo, mas na melhoria constante, até alcançar o bom; 2) o difícil não está em alcançá-lo, mas em saber o que se quer, e; 3) o que realmente queremos é amiúde nada



RICARDO MATEUS

Centro de Estudos de Gestão
do IST (CEG-IST),
Universidade de Lisboa
ricardo.mateus@sapo.pt

mais do que aquilo que já se tem.

Felizmente, o corpo regenera-se, adapta-se e paulatinamente tem-me permitido voltar a ter uma vida (pessoal e profissional). Voltei a fazer investigação, no Centro de Estudos Florestais do ISA e no Centro de Estudos de Gestão do IST, e concluí o Doutoramento em Engenharia e Gestão (*Management Science*) pelo IST. Um novo mundo de oportunidades por explorar apresenta-se atualmente aos profissionais liberais de IO que procuram conciliar flexibilidade e rendimentos, nomeadamente por via da subcontratação e/ou através de plataformas eletrónicas de trabalho remoto (e.g. Upwork), de inovação aberta (e.g. IdeaConnection) ou de competições (e.g. Kaggle). É neste contexto que, nos últimos tempos, tenho desenvolvido projetos na área de IO, principalmente na área da inteligência artificial e ciência dos dados, da otimização e avaliação multicritério, para clientes nacionais (e.g. Autarquias, Infraestruturas de Portugal, AMB3E, Parques Tejo) mas sobretudo internacionais (e.g. Departamento de Energia dos EUA, Reuters, Johnson & Johnson, Syngenta, Novartis, BathCo, JohnSnowLabs, Reason Foundation).

EVENTOS REALIZADOS

IO 2018: Criar valor para a sociedade



Sessão de Abertura do Congresso IO2018. Da esq. para a dir.: Maria João Alves (Chair da Comissão de Programa), Luís Filipe Castro (Vice-Reitor da Universidade de Aveiro), Immanuel Bomze (Presidente eleito do EURO), Helena Alvelos (Co-Chair da Comissão Organizadora) e José Fernando Oliveira (Presidente da APDIO)

No ano em que a Associação Portuguesa de Investigação Operacional celebra o seu 40º aniversário realizou-se, na Universidade de Aveiro, entre 5 e 7 de setembro, o seu XIX Congresso.

No IO 2018 pretendeu-se realçar o papel que a IO tem na criação de valor para diferentes setores da sociedade e na forma como poderá, no futuro, aumentar o impacto da sua intervenção, assim como atuar sobre novas áreas.

Foi, assim, com grande satisfação que se verificou que o lema do Con-

gresso – IO: Criar valor para a sociedade – esteve presente, de uma forma ou de outra, nas comunicações apresentadas e na partilha de conhecimentos e experiências que os Congressos da APDIO sempre proporcionam. Foram apresentadas 116 comunicações organizadas em sessões paralelas, 5 trabalhos na sessão dedicada ao EstudoIO e 3 comunicações em sessões plenárias, proferidas por especialistas de mérito reconhecido internacionalmente.

Chegados ao final deste Encontro, que contou com mais de 150 participantes, espera-se que cada um de nós se sinta um pouco mais preparado para contribuir para uma sociedade melhor, através da colocação do nosso conhecimento ao serviço das organizações das mais variadas naturezas.

A Comissão Organizadora gostaria, ainda, de deixar umas palavras de agradecimento: à APDIO, por ter confiado em nós desde a primeira hora; à Comissão de Programa, pelo excelente trabalho desenvolvido; aos nossos convidados Immanuel Bomze, Alexandre Dolgui, Bernardo Almada-Lobo e António Murta, pela sua contribuição, que tanto enriqueceu o programa científico deste encontro; e, naturalmente, às organizações que nos apoiaram - CIDMA, GOVCOPP, SISCOG, Visabeira e Câmara Municipal de Aveiro, que contribuíram decisivamente para o sucesso do evento.

Finalmente, agradecemos aos participantes do IO2018, que fizeram deste Congresso um encontro único, esperando que tenham tido tanto gosto em estar em Aveiro e na sua Universidade como nós tivemos em os receber!

Colaborações com sociedades de IO Europeias



Da esq. para a dir.: Tatiana Tchemisova, Ana Luísa Custódio, José Fernando Oliveira, Margarida Rodrigues, Paula Amaral e María Dolores Gómez

A ideia de criar sessões conjuntas regulares nos congressos nacionais da APDIO e SEIO (Sociedade Espanhola de Estatística e Investigação Operacional) foi discutida diversas vezes em encontros e reuniões entre os presidentes e representantes destas duas organizações, mas só este ano se conseguiu estabelecer este acordo com a intervenção do Presidente da APDIO, José Fernando Oliveira e da SEIO, Emilio Carrizosa.

A primeira concretização desta parceria teve lugar em Oviedo, no SEIO 2018, com a sessão, SEIO-APDIO, em Otimização Contínua, seguindo-se uma sessão análoga no IO 2018, em Aveiro, APDIO-SEIO, ambas organizadas por Margarida Rodrigues da Universidade de Alicante e Tatiana Tchemisova da Universidade de Aveiro. Estas sessões contaram com apresentações de sócios da APDIO e da SEIO e foram parcialmente patrocinadas pela Sociedades organizadoras dos congressos.

É de esperar que esta iniciativa continue a ser apoiada e que seja promovida a colaboração e co-organização de sessões e eventos entre as duas sociedades.

Estamos certos que o intercâmbio entre a APDIO e a SEIO, através da organização de sessões conjuntas nos respectivos congressos, será um importante contributo para o fortalecimento das relações científicas entre Portugal e Espanha e uma mais-valia para ambas as comunidades científicas.

Prémio Augusto Queirós Novais

O prémio atribuído pela APDIO destinado a galardoar os melhores artigos publicados na área de Process Systems Engineering, foi atribuído no decorrer do IO 2018 a Miguel Vieira, Tânia Pinto-Varela e Ana Paula Barbosa-Póvoa pelo artigo "Production and maintenance planning optimisation in biopharmaceutical processes

under performance decay using a continuous-time formulation: a multi-objective approach" publicado no ano de 2017 (Computers & Chemical Engineering, Vol. 107, pp 111-139). O prémio foi atribuído no decorrer do IO 2018, que se realizou de 5 a 7 de setembro na Universidade de Aveiro.

EURO Doctoral Dissertation Award 2018



Entrega a Margarida Carvalho do EURO Doctoral Dissertation Award 2018 no EURO 2018. Da esq. para a dir.: Richard Hartl (presidente do júri), Margarida Carvalho e Jutta Geldermann (membro do júri)

Programação matemática permite-nos modelar processos de decisão. Em situações em que mais do que um decisor interage entramos no ramo de teoria dos jogos. Fascinada pelo conceito de solução para jogos não-cooperativos, designada por equilíbrio de Nash, comecei a trabalhar na questão geral que tem guiado a minha investigação:

“Como estender as ferramentas e conceitos de teoria dos jogos para jogos onde o objetivo de cada jogador é definido por problema em programação mista?”

Tipicamente, a literatura de teoria dos jogos foca-se em situações onde as estratégias possíveis são enumeradas. No entanto, isto é impraticável para jogos em programação inteira. Este é o desafio!

Na minha investigação tenho estendido problemas clássicos em IO para jogos. O problema da mochila com 2 níveis é um jogo sequencial onde cada jogador tem uma mochila e cada objeto pode apenas ser selecionado por um jogador. O jogo de dimensionamento de lotes que envolve várias empresas que competem entre si e integram nas suas estratégias o planeamento de produção. O jogo de doação renal cruzada, onde a teoria de emparelhamento de grafos é generalizada para uma situação competitiva. Este último jogo tem aplicação direta no design de um programa de doação cruzada entre diferentes entidades, por exemplo, países.

EWG SustSC

Na conferência do EURO Working Group on Sustainable Supply Chains (EWG SustSC), que ocorreu em julho em Amsterdão, Ana Barbosa-Póvoa em conjunto com Renzo Akkerman e Karsten Kieckhäfer foram eleitos para a coordenação do EWG SustSC.

Prémio APDIO

Pelo nono ano consecutivo, foi atribuído o Prémio APDIO - FCT NOVA ao melhor aluno de Investigação Operacional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL. Este Prémio foi constituído com parte dos lucros do IO2009 - 14º congresso nacional da APDIO, que decorreu na FCT NOVA. O Prémio relativo ao ano letivo de 2017/18 foi atribuído a André Filipe Geraldês Mourato do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. O Diploma e cheque correspondentes ao Prémio foram entregues na Sessão Comemorativa do 41º Aniversário da FCT NOVA, em novembro passado.

Teses de Doutoramento

Autor: Camilo Guimarães Lima

Título: Tactical and Operational planning of the Downstream Oil Supply Chain under uncertainty

Instituição: Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Data de conclusão: julho de 2018

Orientadora: Susana Isabel Carvalho Relvas

Co-orientadora: Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa

Autor: Duarte Nuno Caldeira Cordeiro Dinis

Título: Integrated Methodology for Aircraft Maintenance Forecasting and Capacity Planning Under Uncertainty

Instituição: Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Data de conclusão: outubro de 2018

Orientadora: Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa

Co-orientadora: Ângelo Manuel Palos Teixeira

Autor: Filipe Martins

Título: Applications of game theory and dynamics to social and biological sciences

Instituição: Faculdades de Ciências, Universidade do Porto

Data de conclusão: outubro de 2018

Orientador: Alberto Pinto

Projetos Aprovados

Título: Sectorization to Simplify and Solve - StoSS

Entidade financiadora: FCT, Programa: COMPETE/FEDER

Investigadora principal: Ana Maria Rodrigues (INESC TEC/ISCAP - P.Porto)

Título: Airport Slot Allocation Processes: Advancing Current Guidelines and Practices - ASAP

Entidade financiadora: FCT, Programa: COMPETE/FEDER

Investigador principal: António Pais Antunes (Universidade de Coimbra)

Co-Investigadora principal: Maria Antónia Carravilla (INESC TEC/FEUP)

Título: Smart (inter)urban shared mobility systems - SiuSMS

Entidade financiadora: FCT, Programa: COMPETE/FEDER

Investigadora principal: Maria Antónia Carravilla (INESC TEC/FEUP)

Co-Investigador principal: José Fernando Oliveira (INESC TEC/FEUP)

Título: Uncertainty in cutting and packing problems: robust planning and optimized replanning in manufacturing and transportation - DeltaC&P

Entidade financiadora: FCT, Programa: COMPETE/FEDER

investigador principal: José Fernando Oliveira (INESC TEC/FEUP)

Co-Investigadora principal: Maria Antónia Carravilla (INESC TEC/FEUP)

Título: Improving the performance and moving to newer dimensions in Derivative-Free Optimization (PTDC/MAT-APL/28400/2017) - BoostDFO

Entidade financiadora: FCT, Programa: COMPETE/FEDER

Investigador principal: Ana Luísa Custódio (FCT/UNL)

Título: Logística 4.0: Tecnologias para a logística flexível e eco-eficiente - Tec-FEL

Entidade financiadora: FCT, Programa: COMPETE/FEDER

Investigador principal: Pedro Amorim (INESC TEC, FEUP)

Co-Investigador principal: Alexandra Marques (INESC TEC)

INTERVIEW



IMMANUEL BOMZE

President Elect of EURO
immanuel.bomze@univie.ac.at

The President Elect of EURO, was present at IO 2018 and kindly accepted to answer some questions concerning EURO, his view on its future and some opportunities that the Portuguese OR community, particularly APDIO, may explore.

You have recently taken office as the President Elect of EURO. What are the main goals for this presidency period?

To continue to successfully serve the Operational Research (OR) community in Europe. EURO has three main pillars of support: communication, formation, and outreach; and three dedicated and efficient vice presidents dealing in their portfolios with activities closely related to all of the pillars: working groups, meetings and events, as well as publications. In particular, the latter field is facing a major change just now, and I expect a radically different landscape in communication and dissemination of science within very few years.

What are the main key challenges that you expect for the European OR community in the next years?

We all are facing rapid and radical changes currently (well, I guess this statement was heard before). They happen both in the technological and the socio-economic domain, and are of course closely interrelated. Just some buzz words: contemporary solidarity research, data science, sharing economy. For sure OR is much more than Applied Mathematics, but being raised as a mathematician, allow me one word related to this latter part of OR: the comparative advantage of Operational Researchers is that they are trained to be closest to practitioners and decision makers: they mostly do not need intermediaries to explain and implement their methods of decision support, unlike other scientists active in applicable research. OR people must render their ideas understandable to relevant parts of the society. This is widely accepted standard already in many OR domains, but socio-political impact, in its widest sense, still represents an ongoing challenge.

The ability to attract new researchers, younger or otherwise, is often important to have vibrant

research communities. Do you think that EURO currently has the tools and ability to reach and attract new researchers, or even help national networks in this regard?

This is somehow related to my preceding statement. The primal actions must happen on a national level, which naturally implies there are some regional variations both in intensity and quantity. EURO can assist by providing organizational framework in form of the many varied Working Groups, and to help forming complementary educational offers via several instruments (EURO Summer and Winter Institutes, PhD schools, Advanced Tutorial Series). Within EURO, we are currently exploring the potential of additional outreach to increase societal impact and involvement in political decision processes, and most of these measures would also increase awareness of OR at the European level. I hope that these initiatives also will boost attractiveness of OR as a research domain, in particular for early stage researchers.

Particularly for the Portuguese OR community, in what way do you think its members can have a bigger impact at the European level? Moreover, what are the collaboration opportunities that you think the Portuguese community may explore?

As I mentioned at the IO 2018 opening, the Portuguese standards are hard to improve, especially for a country of the size of Portugal. I think OR is well represented in Portugal, and Portuguese Operational Researchers are well represented in Europe and at a global scale. One idea could be to get more involved in EURO working groups with a low current level of Portuguese participation, as well as in initiatives like associations of Early-Career Stage-Scientists close to EURO.



Associação Portuguesa de Investigação Operacional
Departamento de Engenharia e Gestão
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1
1049-001 Lisboa, Portugal
apdio@civil.ist.utl.pt



<http://apdio.pt/home>
<https://www.facebook.com/APDIO.PT/>
<https://www.linkedin.com/groups/2871069/>



BOLETIM
APDIO

Equipa Editorial
Elia Costa e Silva
eos@estg.ipp.pt
Rui Borges Lopes
rui.borges@ua.pt

Design
Inês Assis
inesassis.design@gmail.com
Impressão
Gráfica Pacense, Lda.
Tiragem 325 exemplares