BOLETIM APDIO

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL | 65 | DEZEMBRO '21

TÉCNICAS DE IO

A TEORIA DE JOGOS E AS SUAS APLICAÇÕES

IO EM AÇÃO

PREVENÇÃO DA TRANSMISSÃO DA COVID-19 NUM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE RETALHO ALIMENTAR

ARTIGO DE OPINIÃO

CADEIAS DE ABASTECIMENTO RESILIENTES SUSTENTÁVEIS

ENTREVISTA

PAULO SOUSA

ÍNDICE

03 **ENTREVISTA**
PAULO SOUSA

05 **ARTIGO DE OPINIÃO**
CADEIAS DE ABASTECIMENTO RESILIENTES SUSTENTÁVEIS
Ana Paula Barbosa-Póvoa

08 **TÉCNICAS DE IO**
A TEORIA DE JOGOS E AS SUAS APLICAÇÕES
Margarida Catalão Lopes

13 **IO EM AÇÃO**
PREVENÇÃO DA TRANSMISSÃO DA COVID-19 NUM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE RETALHO ALIMENTAR
Xavier Andrade
Maria Pires
Pedro Amorim

16 **LUGAR AOS NOVOS**
DECISÕES EM TEMPO DE COVID-19 O OLHAR DE UM JOVEM INVESTIGADOR OPERACIONAL
Miguel Alves Pereira

19 **O SÓCIO N.º...**
...1179
João Luís Miranda

20 **NOTÍCIAS DA APDIO**

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

COVID-19, porventura a palavra mais ouvida, falada, odiada e que nos deixou em suspenso, online, de luto, receosos, ... Associada a esta palavra há todo um conjunto de emoções, raramente positivas, que refletem, entre outras coisas, a consciência da fragilidade humana e da sua civilização, precisamente num evento em que o avanço civilizacional, numa primeira fase, nos prejudicou. Mas existem aspetos positivos, e importa realçar esses mesmo aspetos. Este Boletim é dedicado ao COVID-19. Como é de esperar, não será uma perspetiva médica, mas antes um (breve) apanhado dos desafios que sugiram (ou foram postos a nu) com este vírus e como a comunidade de IO os abordou ou conta abordar.

A entrevista a Paulo Sousa, Presidente do Conselho de Administração do SUCH (Serviço de Utilização Comum dos Hospitais), foca a missão desta associação e no papel desempenhado no âmbito da campanha de vacinação contra a COVID-19 em Portugal. Igualmente, refere em que medida a aplicação de técnicas de IO foi e pode ser útil.

No Artigo de Opinião, Ana Barbosa-Póvoa aborda a necessidade de cada vez mais se considerar resiliência e sustentabilidade nas cadeias de abastecimento. Define o que se entende por cadeias de abastecimento resilientes e apresenta os seus principais componentes. Apresenta ainda um conjunto de estratégias para a criação de resiliência nas cadeias de abastecimento e refere como a comunidade de IO pode contribuir para a sua criação.

Em Técnicas de IO, Margarida Catalão Lopes, aborda a Teoria de Jogos. É apresentada alguma da história desta técnica e são dados alguns exemplos de aplicação. Posteriormente, são apresentadas estratégias, diferentes tipos de jogos, e os dilemas associadas à teoria de jogos.

Xavier Andrade, Maria Pires e Pedro Amorim, apresentam um caso de estudo realizado num centro de distribuição de retalho alimentar, em que apontam aos gestores estratégias menos intuitivas, de baixo custo e alto impacto, para dominar a propagação de doenças infeciosas.

Em Lugar aos Novos, Miguel Alves Pereira apresenta o estudo de medida a eficácia dos países da OCDE na resposta à pandemia COVID-19 e um novo método de construção de indicadores compósitos ao longo do tempo com o objetivo de fornecer implicações políticas úteis com base em padrões de variação de desempenho de cada estado dos EUA.

João Luís de Miranda, sócio número 1179, partilha connosco o seu percurso na IO, nomeadamente nos eventos da área e no processo de integração dos tópicos de IO no ambiente de cooperação internacional existente aquando do Processo de Bolonha.

Na última página surge o habitual espaço reservado às notícias relevantes para a comunidade de IO.

Ao longo dos últimos quatro anos foram muitos os autores que contribuíram para que fosse possível editarmos este prezado Boletim. A todos um muito obrigado, por toda a colaboração e trabalho, especialmente desafiador nos últimos dois anos. Agradecemos também aos leitores do Boletim que nos acompanharam ao longo dos últimos oito números. Um agradecimento muito especial às direções da APDIO pelo seu voto de confiança e apoio incessante. Foi um privilégio. Desejamos muito sucesso à próxima equipa editorial do Boletim. A todos, presencialmente ou online, até breve!

ENTREVISTA

O SUCH - Serviço de Utilização Comum dos Hospitais é uma instituição criada em 1966. Pode falar-nos um pouco da sua missão e principais atividades desenvolvidas desde então?

O SUCH, desde 1966, tem sido uma referência marcante no setor da saúde em Portugal, ainda que, ao longo dos quase 56 anos de percurso, tenha evoluído na sua configuração. Não obstante essa evolução, procurou sempre manter intacta a visão do seu fundador e primeiro Presidente, o Professor Coriolano Ferreira, um homem muito à frente do seu tempo, que acreditava que as instituições prestadoras de cuidados de saúde, públicas ou privadas, deveriam libertar-se da gestão de atividades que não constituíssem a sua função principal, devendo, antes, centrarem a sua atenção naquela que era – e é – a sua razão de ser: a prestação direta de cuidados de saúde.

O SUCH nasceu, então, com a missão, que ainda hoje conserva, de realizar atividades de interesse público de prestação de serviços comuns aos hospitais nas áreas instrumentais à atividade da prestação de cuidados de saúde, contribuindo para o aumento da eficácia e eficiência do sistema de saúde.

Já viveu com vários modelos estatutários que, embora diferentes, nunca se afastaram, no essencial, desta missão, sempre em respeito pela sua matriz original, ainda que adaptando a resposta, de acordo com as necessidades que, em cada momento, foram sendo ditadas pelos Associados ou pela sua Tutela. Atualmente centra a sua atividade em 4 *clusters*:

1) SUCH Engenharia – atuando nas áreas da Manutenção de Instalações e Equipamentos; da Energia; de Projetos e Obras; de Segurança e Controlo Técnico

2) SUCH Ambiente – atuando nas áreas da Gestão e Tratamento de Roupa Hospitalar; da Gestão e Tratamento de Resíduos Hospitalares; da Gestão e Reprocessamento de Dispositivos Médicos e da Gestão e Limpeza Hospitalar

3) SUCH Nutrição - atuando na área da Alimentação Hospitalar e

4) SUCH Serviços - atuando nas áreas da Gestão de Parques de Estacionamento; da Gestão de Serviços de Transporte; da Gestão de Arquivo e Armazéns Centrais e da Metrologia.

Por último, é ainda importante destacar uma outra característica que esta Associação tem conservado desde a sua constituição, que é o seu posicionamento enquanto recurso facultativo, e nunca obrigatório, deixando na esfera da discricionariedade dos Associados a opção de chamarem, ou não, o SUCH.

"AO SUCH COUBE A RESPONSABILIDADE DA LOGÍSTICA (SUPERVISIONADA PELA DGS E PELO INFARMED), E QUE INCLUI AS FUNÇÕES DE PLANEAMENTO, AGENDAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DAS VACINAS, ATRAVÉS DAS MELHORES TÉCNICAS DA LOGÍSTICA MODERNA"

Desde novembro de 2020, o SUCH é uma das entidades que integra a *task force* responsável pelo Plano de vacinação contra a COVID-19 em Portugal. O SUCH, sob a liderança do INFARMED, colaborou ativamente na preparação do plano logístico para a vacinação contra a COVID-19. Qual foi o envolvimento do SUCH neste processo, nomeadamente no que concerne ao armazenamento e distribuição das diferentes vacinas?

O SUCH, desde cedo e mesmo antes das vacinas contra a COVID-19 serem aprovadas pela EMA, preparou-se no sentido de antecipar o que seria necessário, para uma resposta estruturada às potenciais exigências logísticas (quer de armazenamento, quer de transporte a frio), de modo a atender prontamente aos reptos que pudessem vir a ser lançados, em prossecução da sua missão de interesse público.

Para tanto, rapidamente reorganizou as suas equipas e preparou as infraestruturas, em particular o seu Polo Logístico de Arazede para,

PAULO SOUSA

Presidente do Conselho de Administração do SUCH – Serviço de Utilização Comum dos Hospitais

em colaboração estreita com o Infarmed e com a DGS, se posicionar para assumir a receção, armazenamento e distribuição das várias vacinas, independentemente das exigências técnicas de cada uma. O que o tem feito desde 23 de dezembro de 2020, quase sem falhas.

A operação de vacinação exigiu (e exige) uma logística complexa. Relativamente à receção, armazenamento e distribuição das vacinas, qual foi o *modus operandi* usado pelo SUCH? E quais foram os principais desafios e incertezas que surgiram?
Cada entidade que integra a *Task Force* tem o seu papel bem definido, sendo, no entanto, crucial a estreita articulação entre cada uma delas. Ao SUCH coube a responsabilidade da Logística (supervisionada pela DGS e pelo Infarmed), e que inclui as funções de planeamento, agendamento, armazenamento e distribuição das vacinas, através das melhores técnicas da logística moderna. Às Administrações Regionais de Saúde (ARS) compete a administração das vacinas.
Sem dúvida que o principal desafio foi, em tão pouco tempo, montar uma estrutura com a dimensão necessária para responder a uma vacinação em massa da população, em todo o país, antecipando as questões que a coordenação da *Task Force* exige em cada momento, de modo a não ocorrerem falhas em nenhuma fase do processo logístico. O que exigiu, e continua a exigir, uma dedicação e uma resiliência extraordinárias das nossas equipas, quer as que se encontram no terreno, quer as que as apoiam, no sentido de saber transformar os desafios em soluções.

A comunidade de Investigação Operacional (IO) em geral, e a portuguesa em particular, tem diversos trabalhos na área de armazenamento, transporte e distribuição de bens, nomeadamente em ambientes de grande incerteza. Houve aplicação de metodologias de IO nas tarefas do SUCH, no âmbito da operação de vacinação?
Sim, no âmbito da operação logística do processo de vacinação foram aplicadas várias metodologias de IO, nomeadamente, e apenas a título de exemplo, foi desenhada uma ferramenta customizada para a otimização do roteamento das carrinhas que fazem a distribuição das vacinas e uma outra ferramenta que determina a melhor combinação volumétrica de caixas, nas quais eram expedidas as vacinas.

Quais considera terem sido as principais diferenças e novos desafios trazidos pela conjugação das campanhas de vacinação da 3.ª dose e da gripe?
A principal diferença é, desde logo, a exigência das condições de armazenamento e transporte das duas vacinas. Com efeito, a da gripe sazonal está já muito testada e é muito mais simples, porque menos exigente, do que a da COVID-19. Mas tal não impediu que se conjugassem e otimizassem meios e recursos.
Acredito que, num futuro não muito longe, a vacina contra a COVID-19 possa vir a integrar o Plano Nacional de Vacinação. E até é possível que ambas venham a integrar apenas uma vacina, sendo que o SUCH estará também preparado para responder a esta nova configuração, se assim vier a verificar-se.

"(...) NO ÂMBITO DA OPERAÇÃO LOGÍSTICA DO PROCESSO DE VACINAÇÃO FORAM APLICADAS VÁRIAS METODOLOGIAS DE IO, NOMEADAMENTE, E APENAS A TÍTULO DE EXEMPLO, FOI DESENHADA UMA FERRAMENTA CUSTOMIZADA PARA A OTIMIZAÇÃO DO ROTEAMENTO DAS CARRINHAS QUE FAZEM A DISTRIBUIÇÃO DAS VACINAS E UMA OUTRA FERRAMENTA QUE DETERMINA A MELHOR COMBINAÇÃO VOLUMÉTRICA DE CAIXAS, NAS QUAIS ERAM EXPEDIDAS AS VACINAS"

Na sua opinião como pode a IO contribuir para a gestão da situação pandémica atual (ou de futuras pandemias), no que concerne à vacinação (aprovisionamento, distribuição e transporte), à criação de unidades hospitalares (construção de novas unidades de prestação de cuidados a infetados), afetação de pessoal, e criação de reservas estratégicas.
Para além do expetável aperfeiçoamento das aplicações que há pouco referi, é também esperado que o papel da IO possa ser reforçado num dimensionamento mais ajustado e mais *on time* das equipas operacionais (quantos locais e quantas pessoas são necessárias de cada função, por local), ou numa gestão de *stocks* mais afinada, contribuindo assim para minimizar os riscos de desperdício, por exemplo, por ultrapassagem de datas de validade, entre outras.

CADEIAS DE ABASTECIMENTO RESILIENTES SUSTENTÁVEIS

A resiliência nas cadeias de abastecimento tem, historicamente, sido um conceito pouco explorado, mas que adquiriu recentemente uma enorme importância na sociedade. Com o aparecimento da pandemia COVID-19, todos nós percebemos que para termos produtos essenciais no nosso dia a dia precisamos de ter a funcionar cadeias de abastecimento que garantam de forma eficiente e eficaz a gestão dos fluxos de materiais ao longo de uma rede complexa de entidades, que se inicia na extração das matérias-primas e acaba nas lojas onde adquirimos os produtos. Mas não basta estes sistemas serem eficientes e eficazes, têm ainda de ser resilientes, ou seja, têm de ser capazes de lidar de forma adequada com disrupções – eventos não expectáveis – como a situação criada pela COVID-19.

Cadeias de abastecimento resiliente são, pois, aquelas capazes de se preparar, responder e recuperar de disrupções com custo e tempo aceitáveis e, posteriormente, manter uma operação em estado estacionário positivo [2].

Para tal há que considerar quatro componentes fundamentais: objetivo; evento foco; velocidade; desempenho (ver Fig. 1).

Objetivo – que deve ser definido de forma holística. Tipicamente olha-se para a resiliência apenas como a capacidade de reagir a uma disrupção, mas tal não é suficiente. Importa considerar quatro aspetos fundamentais neste objetivo: planeamento, resposta, recuperação e manutenção. Assim, após responder, importa recuperar atingindo e mantendo um estado estacionário positivo, o qual pode ser igual ou até melhor ao anterior à disrupção. Para conseguir tal objetivo tem de existir planeamento.

Velocidade – deve existir uma velocidade rápida de resposta, mas também a recuperação para um estado estacionário deve ser atingida rapidamente.

Desempenho – está associado à avaliação e quantificação da resiliência da cadeia. Esta é uma questão ainda difícil de responder, mas é certo que deve envolver a medição do nível de serviço e o custo associado.

Evento foco – vários podem ser os eventos foco, mas definitivamente, e como atrás se referiu, a resiliência está associada a disrupções. Disrupções que não são simples perturbações, mas sim eventos que interrompem abruptamente as operações, bloqueando completamente as atividades de criação de valor ao longo da cadeia. Estas disrupções, são caracterizadas por um risco totalmente desconhecido em probabilidade e em volume de ocorrência - dito "*Unknown-Unknown*", e são incontroláveis. Apesar de tais eventos terem sido sempre uma preocupação para os gestores das cadeias de abastecimento nem sempre foram considerados de forma preventiva, mas sim de forma reativa.

Por exemplo, em 2011 quando um tsunami atingiu o Japão, como consequência de um terramoto, a Toyota teve a sua produção fechada por quase dois meses. Tal facto fez com que a produção nos Estados Unidos diminuísse 30%, devido à escassez de peças produzidas. Como resultado a Toyota investiu em tornar a sua cadeia de abastecimento mais resiliente, nomeadamente construindo uma base de dados com milhares de fornecedores para as centenas de milhares de peças que utilizava, de modo a identificar de forma rápida alternativas num contexto de disrupção e assim reduzir, ou eliminar, consequências globais. Quando em 2016 e 2019, o Japão sofreu novos terramotos a Toyota foi capaz de controlar a sua produção, tendo paragens de apenas duas semanas, evitando interrupções a nível mundial.

O investimento em resiliência tem, pois, os seus frutos positivos. Mas as empresas têm-se mostrado relutantes em investir em resiliência, acreditando que o benefício simplesmente não compensa o custo. Contudo o aumento da frequência de ocorrência de disrupções tem vindo a mudar esta noção de equilíbrio entre

"CADEIAS DE ABASTECIMENTO RESILIENTE SÃO, POIS, AQUELAS CAPAZES DE SE PREPARAR, RESPONDER E RECUPERAR DE DISRUPÇÕES COM CUSTO E TEMPO ACEITÁVEIS"

ANA PAULA BARBOSA-PÓVOA

Departamento de Engenharia e Gestão
Centro de Estudos de Gestão
Instituto Superior Técnico
apovoa@tecnico.ulisboa.pt

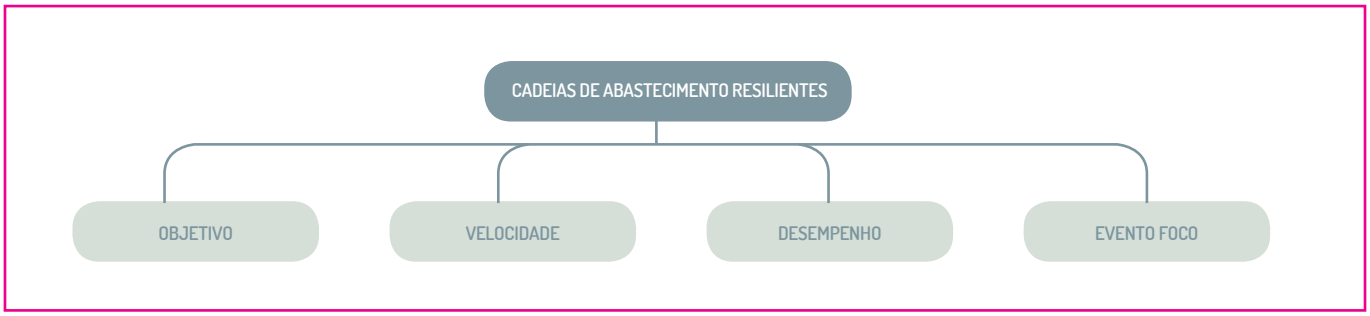

Fig. 1 – Componentes da cadeia de abastecimento resiliente (adaptado de [1]).

"ESTUDOS RECENTES (...), ANTES E APÓS PANDEMIA COVID-19, MOSTRARAM QUE A PERCENTAGEM DE GESTORES QUE IDENTIFICARAM A CRIAÇÃO DE MAIOR RESILIÊNCIA NAS SUAS CADEIAS COMO UMA PRIORIDADE NA SUA GESTÃO AUMENTOU DE 70 PARA 93%"

o custo e o benefício. As cadeias de abastecimento criadas tipicamente com o objetivo de operar "*just in time*" precisam agora de se preparar para as eventualidades de "*just in case*". As interrupções no sistema, antes vistas como ocorrências raras, começam agora a ser consideradas prováveis.

Em maio de 2021, um ataque informático interrompeu as operações de um grande gasoduto ao longo da costa Este dos Estados Unidos criando escassez de produto. Um mês antes, uma combinação de alterações de clima, até agora subestimadas, deixaram um navio de carga gigante preso no Canal de Suez, interrompendo uma rota comercial global crítica e criando, mais uma vez, escassez de bens essenciais. Estes eventos vieram mostrar a fragilidade das cadeias de abastecimento, facto que a pandemia COVID-19 tornou ainda mais evidente, com consequências em todo o mundo. A resiliência das cadeias de abastecimento aparece então hoje, para a gestão de topo, como um investimento estratégico a privilegiar.

Estudos recentes feitos pela McKinsey, antes e após pandemia COVID-19 [1], mostraram que a percentagem de gestores que identificaram a criação de maior resiliência nas suas cadeias como uma prioridade na sua gestão aumentou de 70 para 93%. Importa agora prever e planear e não apenas reagir face ao risco. Boa visibilidade e agilidade para mudar as atividades de compras, produção e distribuição com velocidade é, pois, o caminho a explorar.

Para atingir estes objetivos há que definir estratégias adequadas (ver Fig. 2). Estas podem ser classificadas em quatro grandes grupos: 1) investir em redundância; 2) investir na capacidade de identificar e responder; 3) investir em diversificação; 4) investir em adaptabilidade. Estas estratégias não são incombináveis e devem sim, sempre que possível, ser exploradas conjuntamente.

Investir em redundância é a maneira mais direta de aumentar a **resiliência**, seja na forma de instalações de produção subutilizadas, seja através de criação de níveis de inventário de segurança mais elevados. O desafio é encontrar o equilíbrio entre recursos subutilizados versus capacidade de resposta da cadeia de forma a atingir o nível de redundância adequado que garanta resiliência.

Por outro lado, ser capaz de identificar os problemas atempadamente para responder adequadamente é hoje em dia uma estratégia relativamente fácil de seguir. Isto porque as capacidades digitais existentes levam a uma grande facilidade de acesso à informação. Todavia importa gerir adequadamente a informação disponível, que pode ser muita, e assim criar a capacidade de "sentir" o problema, respondendo rapidamente para a sua resolução.

A **diversificação** tal como a redundância, pode ser obtida de várias formas, como sejam o *multisourcing* ou o *nearshoring*. Em 2011, os grandes desastres naturais no Japão e na Tailândia interromperam as cadeias de abastecimento em todo o mundo e expuseram a dependência das empresas com fontes únicas de abastecimento. Na indústria automóvel, carros quase acabados não podiam ser enviados para os clientes devido à falta de componentes e, muitas vezes, componentes de baixo custo. O mesmo está a acontecer hoje em dia pois existe uma elevada falta de peças para os automóveis, veja-se o caso dos "chips", havendo uma forte dependência mundial de um conjunto diminuto de fornecedores asiáticos. A crise do COVID-19 mostrou a necessidade de existir uma abordagem diversificada para as compras. A procura de diferentes fornecedores tem, pois, vindo a caracterizar muitas cadeias de abastecimento nestes últimos dois anos. Mas para garantir uma estratégia de *multisourcing*, os gestores da cadeia de abastecimento têm de conhecer bem as suas redes de fornecedores sendo capazes de os mapear e caracterizar não apenas pelos custos, mas também pela sua capacidade de resposta, caso ocor-

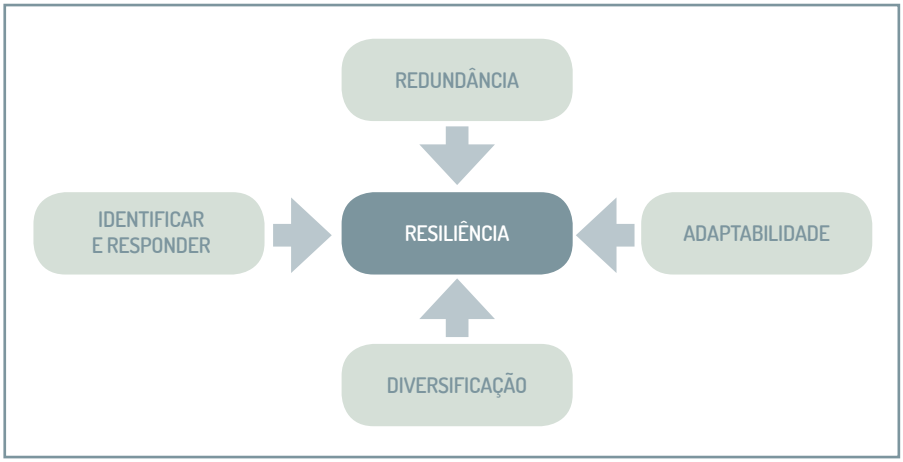

Fig. 2 – Estratégias para a criação de Resiliência nas Cadeias de Abastecimento.

ra uma disrupção, veja-se o caso da Toyota descrito atrás. Para além do *multisourcing*, algumas empresas têm vindo a apostar na redução da dependência geográfica nas suas cadeias de abastecimento globais de forma a encurtar os tempos de ciclo dos produtos, apostando no *nearshoring* e tornando-se mais regionais. Cadeias de abastecimento regionais ou locais podem, por um lado, ter custos mais elevados, porque requerem mais entidades levando a uma maior complexidade no ecossistema, mas por outro lado permitem um maior controlo sobre o inventário e sobre os tempos de abastecimento dos seus produtos.

Finalmente, e no que toca à **adaptabilidade**, esta requer um trabalho conjunto de todos os envolvidos na cadeia de abastecimento, exige uma cultura de partilha com objetivos comuns e onde deverá também existir partilha de ganhos. Aqui qualquer entidade na cadeia pode, se necessário, contribuir na atividade de uma ou outras entidades afetadas por disrupções. A colaboração com fornecedores estratégicos de matérias-primas e parceiros logísticos também é vital para garantir adaptabilidade. No caso de cadeias de abastecimento com menor escala, a presença em vários pontos do globo só é possível através de relacionamentos sólidos com operadores logísticos globais (3PLs). Estes podem ser vitais na diversificação da produção e distribuição para diferentes países garantindo resiliência.

Tendo caracterizado resiliência e identificando as estratégias para a atingir, a pergunta que se coloca agora é:

Como pode a comunidade de investigação operacional (IO) contribuir para a criação de cadeias de abastecimento resilientes?

A resposta é indiscutível! Sendo as cadeias de abastecimento sistemas de elevada complexidade necessitam de sistemas de apoio à decisão que possam apoiar os seus decisores na implementação das estratégias acima identificadas, fornecendo informação sobre como instalar/planear/operar os recursos das suas cadeias. Desde a otimização do projeto e planeamento das cadeias de abastecimento até à gestão de inventário, escalonamento de recursos de produção e otimização da distribuição, muitos são os problemas que a comunidade de IO tem ajudado a resolver no âmbito das cadeias de abastecimento. Estes problemas têm vindo a ser analisados de forma determinística ou até mesmo considerando incerteza e tipicamente com o objetivo de minimizar custos. Importa agora estender as ferramentas desenvolvidas para incorporar o conceito de resiliência, explorando os quatro componentes da resiliência: objetivo; velocidade; desempenho e evento foco; não esquecendo os fatores risco e a incerteza. Mas resiliência não pode ser conseguida à custa da destruição do meio ambiente ou das pessoas. A construção e operação de cadeias resilientes deve ser feita de forma sustentável, considerando, pois, nos modelos/ferramentas a desenvolver, objetivos como a minimização do impacto ambiental e a maximização do seu impacto social.

"A COMUNIDADE DE IO TEM UM PAPEL FUNDAMENTAL NO APOIO À DEFINIÇÃO, PLANEAMENTO E OPERAÇÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO RESILIENTES SUSTENTÁVEIS"

REFERÊNCIAS

[1] *Anstey, B., Bayazit, C., Malik, Y., Padhi, A., & Santhanam, S. (2020, July 27th). Why is now time to stress-test your industrial supply chain. McKinsey article.*

[2] *Ribeiro, J.P. & Barbosa-Póvoa, A. (2018). Supply Chain Resilience: Definitions and quantitative modelling approaches - A literature review. Computers & Industrial Engineering 115:109 – 122.*

A TEORIA DE JOGOS E AS SUAS APLICAÇÕES

MARGARIDA CATALÃO LOPES

CEG-IST, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
mcatalao@tecnico.ulisboa.pt

A Teoria de Jogos (TJ) é uma ferramenta matemática que modeliza as decisões em contexto de interação entre os agentes, i.e., contextos em que o resultado de cada escolha depende das escolhas feitas pelos outros, o que é uma visão muito realista. Por isso falamos de "jogos", na medida em que a jogada/decisão/estratégia de um agente é determinada e confere valor não apenas por si, mas também pela jogada que induz no(s) outro(s) jogador(es), a qual, por sua vez, vai influenciar o resultado para esse agente. E por aí fora. E vice-versa. Trata-se de uma otimização condicionada, em que o conjunto de restrições leva em conta o comportamento esperado dos outros jogadores, a reação a esse comportamento esperado, a reação à reação, etc.

Assim, a TJ é útil para entender contextos de interdependência e interação. Podemos dar como exemplo os mercados, em que empresas rivais se inter-influenciam na escolha de estratégias de inovação, marketing, qualidade, preço, canais de distribuição, responsabilidade social, etc., mas também situações de conflito armado ou guerras comerciais entre países, negociações diplomáticas, preservação do ambiente, questões de ética, relações familiares ou de vizinhança, relações laborais, relações entre o Governo e os cidadãos, leilões, disputa eleitoral entre partidos políticos ou as coligações destes, sobrevivência das espécies no mundo animal, e muito mais.

Foi no contexto económico, para mercados oligopolistas, que a TJ conheceu o seu grande desenvolvimento aplicado, passando da pura formulação matemática para a modelização de fenómenos do mundo real. Mercados oligopolistas são aqueles em que o número de empresas é suficientemente grande para haver interação (mais de uma, i.e., excluímos os monopólios, que têm solução unicamente determinada) e suficientemente pequeno para que as ações de cada uma contem (i.e., excluímos os mercados de concorrência perfeita, que também têm solução unicamente determinada). Podemos estudar rivalidade entre as empresas, através de jogos não cooperativos, ou cooperação, através de jogos cooperativos. Um conceito chave da teoria de jogos cooperativos é o conhecido valor de *Shapley*, que propõe dividir os ganhos de uma coligação pelos seus membros remunerando cada participante de acordo com o seu contributo marginal para a mesma. Embora o estudo da cooperação tenha sido o ponto de partida da TJ, foi o estudo da rivalidade que mais se desenvolveu, até porque um jogo cooperativo pode ser abordado como um jogo de negociação não cooperativo.

Qualquer jogo requer a definição de alguns elementos para a sua caracterização: quem são os jogadores, quais são as estratégias ao dispor de cada um, quais são os resultados (*payoffs*) associados a cada possível combinação de estratégias dos vários jogadores, quais são as regras do jogo (p. ex., ordem das jogadas). Matematicamente, temos o conjunto J de jogadores $J=\{j_1, j_2,..., j_n\}$ ($n\geq 2$), sendo que para cada jogador i ($i=1, ..., n$) existe um conjunto S_i de estratégias possíveis com pelo menos 2 elementos. O produto cartesiano $S=S_1xS_2x...xS_n$ é o espaço de estratégias do jogo. Cada jogador i tem uma função de utilidade u_i que associa um nível de satisfação (*payoff*) a cada perfil de estratégias em S.

UM POUCO DE HISTÓRIA E ALGUNS EXEMPLOS

Como marco histórico temos, entre outros, a publicação em 1944 da obra "*Theory of games and economic bahavior*" de John von Neumann (matemático) e Oskar Morgenstern (economista) [4], que impulsionou o estudo dos jogos no ramo da Economia. Outro marco histórico de referência na TJ é a formalização do chamado "dilema do prisioneiro" por Albert Tucker em 1953, um jogo simples mas poderoso na sua capacidade de ilustrar situações em que o interesse individual, ao sobrepor-se ao interesse coletivo, conduz todos para um resultado pior, inclusive os jogadores que procuraram miopicamente garantir o melhor para si. Trata-se de um jogo extremamente útil para analisar, p. ex., os atuais dilemas ambientais e climáticos. Sendo o ambiente um recurso comum, está sujeito à conhecida "tragédia dos comuns", em que o interesse individual leva à sobre-exploração do recurso e, no limite, à sua extinção.

Noutra aplicação muito atual, o "dilema do prisioneiro" pode facilmente usar-se para modelizar a decisão individual de uso de máscara ou de vacinação em contexto de pandemia: para cada jogador individualmente pode ser mais compensador não usar máscara e/ou

		Autoridade	
		Agrava (γ)	Não agrava ($1-\gamma$)
Cidadãos	Ajuntamento (α)	5,-6	20,-8
	Não ajuntamento ($1-\alpha$)	10,-5	15,0

Fig 1 - Exemplo de um jogo simultâneo

não se vacinar, desde que os outros o façam (um típico problema de *free-riding*), o que levará a um resultado eventualmente pior para todos, em que ninguém usa máscara nem se vacina. Por isso, pode competir às autoridades (que, em última análise, intervêm nas regras de alguns jogos) ajustar os *payoffs* através de prémios ou penalizações (como p. ex. não poder aceder a eventos culturais ou frequentar restaurantes), de forma a levar o resultado do jogo para a combinação cooperativa em que a sociedade como um todo fica melhor. Dito por outras palavras, colocar os incentivos certos para que as externalidades sejam internalizadas. Num contexto mais global, o "dilema do prisioneiro" pode igualmente aplicar-se à distribuição das vacinas contra a COVID-19 a nível mundial.

Foi também no início dos anos 50 que surgiu a enorme contribuição do matemático John Nash, prémio Nobel da Economia em 1994 (juntamente com John Harsanyi e Reinhard Selten [1]), com o seu conceito de equilíbrio. O equilíbrio de um jogo pode ser visto como a solução desse jogo, aquilo que podemos esperar que aconteça se os jogadores jogarem de acordo com os pressupostos. Nash definiu equilíbrio como o conjunto de estratégias tal que nenhum jogador pode melhorar a sua posição, dado o que os outros jogadores estão a jogar. Sendo isto válido para todos, nenhum jogador tem incentivo a jogar de forma diferente, logo estamos num equilíbrio. A esta situação chamamos equilíbrio de Nash:

$$\forall\, i,\ s_i \in S_i,\ s_i \neq s_i^* : u_i\,(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i\,(s_i, s_{-i}^*)$$

em que representa as jogadas ótimas dos outros n-1 jogadores, que não o jogador i.

Em certos jogos pode existir uma estratégia que é sempre a melhor resposta, qualquer que seja(m) a(s) jogada(s) do(s) rival(rivais). Neste caso falamos em estratégia dominante: esta é a que será sempre jogada, logo torna-se óbvia de prever se os jogadores jogarem de forma racional. O "dilema do prisioneiro" tem um equilíbrio em estratégias dominantes, que é cada um prosseguir o seu bem individual, sem olhar ao bem coletivo. Um equilíbrio em estratégias dominantes é um equilíbrio de Nash, mas nem todos os equilíbrios de Nash são equilíbrios em estratégias dominantes. Quando existe uma estratégia dominante, as restantes são estratégias dominadas e nunca serão escolhidas por um jogador racional.

A hipótese da racionalidade é um pressuposto da TJ clássica que tem merecido algumas críticas. Assumir que os jogadores se comportam sempre de maneira racional pode ser demasiado exigente, na medida em que existem por vezes comportamentos impulsivos, para não falar em aditivos. Como assumir racionalidade para um jogador alcoólico ou viciado em substâncias? A resposta está nas preferências. A TJ dá a solução do jogo para uma determinada estrutura de preferências e para um jogador viciado em substâncias a otimização das suas preferências está em consumir.

Dada a estrutura de preferências do jogador (sejam elas quais forem), uma irracionalidade aparente pode consistir em jogar estratégias fora do equilíbrio, de forma a forçar o rival a uma estratégia também fora do equilíbrio, mas que leva o primeiro jogador para uma solução melhor. Esta irracionalidade é apenas aparente, na medida em que, de forma inteligente, explora os incentivos dados pelas combinações de *payoffs* e proporciona uma melhoria de posição.

A hipótese de que cada jogador quer obter o melhor *payoff* possível para si próprio é por vezes vista como excluindo comportamentos altruístas e, por essa via, falhando em captar toda a realidade. Porém, não é necessariamente assim, uma vez que o *payoff* corresponde à satisfação retirada ou, na nomenclatura das escolhas individuais, à utilidade do jogador. Se um jogador for altruísta, a sua função de utilidade incorporará o bem-estar do(s) outro(s) e a maximização da utilidade terá esse bem-estar em conta, tal como sucede se, ao contrário, o jogador tiver como objetivo aniquilar o seu rival.

"(...) O "DILEMA DO PRISIONEIRO" PODE FACILMENTE USAR-SE PARA MODELIZAR A DECISÃO INDIVIDUAL DE USO DE MÁSCARA OU DE VACINAÇÃO EM CONTEXTO DE PANDEMIA: PARA CADA JOGADOR INDIVIDUALMENTE PODE SER MAIS COMPENSADOR NÃO USAR MÁSCARA E/OU NÃO SE VACINAR, DESDE QUE OS OUTROS O FAÇAM (...), O QUE LEVARÁ A UM RESULTADO EVENTUALMENTE PIOR PARA TODOS, EM QUE NINGUÉM USA MÁSCARA NEM SE VACINA"

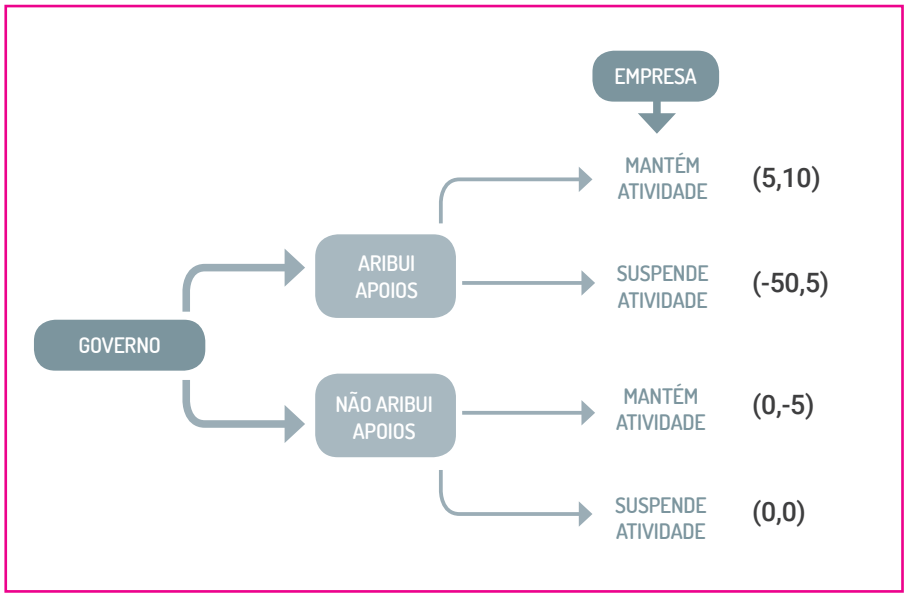

Fig 2 - Exemplo de um jogo sequencial

"(...) UMA DISTINÇÃO BÁSICA É ENTRE JOGOS SIMULTÂNEOS (REPRESENTADOS EM FORMA DE MATRIZ) E JOGOS SEQUENCIAIS (REPRESENTADOS EM FORMA DE ÁRVORE)"

ESTRATÉGIAS PURAS E MISTAS

Um jogador joga uma estratégia pura quando escolhe essa estratégia com probabilidade 1 (e todas as outras com probabilidade zero). No entanto, pode admitir-se que o equilíbrio consiste não em jogar uma estratégia com toda a certeza, mas em atribuir probabilidades às várias estratégias possíveis, considerando que o jogador escolhe cada uma delas com uma certa probabilidade, como se jogasse aleatoriamente (o que por vezes é conotado com fazer *bluff*). Ou seja, admitimos que o jogador escolhe uma distribuição de probabilidade sobre as estratégias puras. Neste caso estamos perante um equilíbrio em estratégias mistas.

Por exemplo, antecipando que os condutores conduzem com nível excessivo de alcoolémia x% das vezes, a polícia monta uma operação stop com y% de probabilidade; e vice-versa, ou seja, antecipando que a polícia faz uma operação stop com y% de probabilidade, os condutores irão beber demais x% das vezes. Estamos neste caso perante um equilíbrio de Nash em estratégias mistas: dada a probabilidade atribuída ao comportamento do(s) outro(s) jogador(es), cada um escolhe a melhor combinação de probabilidades para si. Esta otimalidade recíproca ("algo e vice-versa") faz com que ninguém tenha incentivo a alterar a sua decisão, logo estamos em equilíbrio.

Podemos facilmente imaginar exemplos análogos ao anterior em contexto de pandemia: prevendo que se formem ajuntamentos com probabilidade α, ou que os cidadãos não usem máscara com probabilidade β (o que pode entender-se como cada cidadão usar máscara 1-β% das vezes, ou como 1-β% dos cidadãos usarem sempre e os restantes nunca), as autoridades irão decidir agravar as medidas (p. ex. com confinamento ou recolher obrigatório) com probabilidade γ; reciprocamente, prevendo um agravamento das medidas com probabilidade γ, os cidadãos têm como comportamento ótimo para eles não usar máscara com β% de probabilidade ou formar ajuntamentos com α% de probabilidade. Para ilustrar, imaginemos o seguinte jogo, em que não agravar as medidas quando há ajuntamentos tem um custo máximo para a autoridade (p. ex. em termos de reputação); por outro lado, agravar as medidas tem um custo (p. ex. devido a redução de receitas fiscais) que é maior quando mesmo assim não se consegue evitar os ajuntamentos. Os cidadãos preferem sempre que não haja agravamento das medidas; não havendo (havendo) agravamento das medidas, o bem-estar para os cidadãos é superior quando fazem (não fazem) ajuntamentos. Nenhum dos lados sabe o que o outro vai fazer, mas atribui as probabilidades α e γ constantes da Fig. 1. O primeiro *payoff* apresentado em cada célula é o *payoff* dos cidadãos. Com estes *payoffs*, e igualando para cada jogador o valor esperado das duas decisões possíveis para gerar aleatoriedade, no equilíbrio em estratégias mistas existe uma probabilidade *fifty-fifty* de as autoridades agravarem as medidas e, perante isso, os cidadãos vão fazer ajuntamentos 5/7=71% das vezes, o que, por seu lado, leva as autoridades a terem como ótimas as probabilidades 50%-50%. Naturalmente, se os *payoffs* não forem estes, as probabilidades também serão diferentes.

Um resultado importante da TJ, provado em pouco mais de uma página [3], é que para um jogo com um número finito de jogadores e estratégias existe sempre equilíbrio de Nash, pelo menos em estratégias mistas. Alguns jogos têm multiplicidade de equilíbrios, o que

coloca o problema de seleção, ou seja, torna-se difícil prever o que irá suceder. Por exemplo, na criação de uma plataforma digital para aproveitar economias de rede, um equilíbrio possível é a plataforma não chegar a existir por falta de número suficiente de adesões pelo menos por um dos lados do mercado, mas outro equilíbrio é ela "arrancar" e tornar-se gigante, como algumas que conhecemos. Para jogos com multiplicidade de equilíbrios, Harsanyi [2] propôs o conceito de *Nash equilibrium with the highest theoretical probability*, que consiste em avaliar a força do incentivo que seria necessário dar a cada jogador para ele escolher uma determinada estratégia.

DIFERENTES TIPOS DE JOGOS: DE SOMA CONSTANTE OU NÃO, SIMULTÂNEOS OU SEQUENCIAIS, REPETIDOS OU NÃO, COM UMA OU MAIS VARIÁVEIS ESTRATÉGICAS

Embora a análise da TJ tenha começado com jogos de dois jogadores e de soma zero, o equilíbrio de Nash permite a análise de jogos com *n* jogadores, de soma nula ou não. Jogos de soma nula são aqueles em que, seja qual for a combinação de estratégias, o que um jogador ganha é o que o outro perde, de tal forma que o somatório dos *payoffs* é sempre zero. Pode pensar-se numa guerra: se um dos lados ganha, o outro perde. Ou num jogo de xadrez: se um jogador ganha, o outro perde.

Podemos também considerar jogos de soma constante, mas não nula; p. ex., num torneio de xadrez existe normalmente 1 ponto para distribuir pelos 2 jogadores em cada jogo: o que ganhar recebe 1 ponto, o outro recebe 0 e se empatarem cada um recebe 0.5, ou seja, trata-se de um jogo de soma constante igual a 1. Muitos jogos da vida real, porém, não têm soma constante, seja ela zero ou outra: p. ex., num duelo entre duas rivais da tecnologia em que ambas estão a decidir se devem ou não inovar no seu produto, a soma dos *payoffs* será certamente diferente caso ambas inovem ou caso nenhuma inove; mesmo se uma inovar e a outra não, a soma dos *payoffs* pode ser diferente consoante aquela que inovar, pois nada obriga a que os jogadores sejam "simétricos", i.e., tenham as mesmas características, p. ex. em termos de eficiência produtiva (fator do lado da oferta) ou de reputação no mercado (fator do lado da procura). O mais realista será mesmo considerar jogadores "assimétricos".

No que diz respeito às regras do jogo, uma distinção básica é entre jogos simultâneos (representados em forma de matriz) e jogos sequenciais (representados em forma de árvore). No segundo tipo os jogadores decidem sequencialmente, por uma ordem especificada; existe, pois, a possibilidade de observar a(s) escolha(s) do rival ou rivais antes de decidir (como num jogo de xadrez). Nos jogos sequenciais pode existir *first-mover advantage*, quando a escolha do primeiro a jogar consegue condicionar de tal forma a escolha do seguinte que leva o jogo para o resultado desejado pelo primeiro, *second-mover advantage*, quando existe benefício, p. ex. em copiar o comportamento do outro (o que pode suceder em processos de inovação ou de transferência de tecnologia), ou nenhuma delas. O conceito de equilíbrio utilizado para encontrar a solução em jogos sequenciais é o de equilíbrio de Nash perfeito nos subjogos (*subgame perfect Nash equilibrium*).

Como exemplo consideremos mais um jogo "pandémico" simples, em que o Governo de um país tem de decidir se atribui ou não apoios às empresas que decidam suspender a sua atividade durante a pandemia, e estas, observando a decisão do Governo, decidem então manter-se em atividade ou suspender. A árvore da Fig. 2 representa uma versão possível deste jogo, em que o primeiro *payoff* apresentado para cada combinação de estratégias é o *payoff* do primeiro jogador. Conceder apoios tem um custo para o Governo (-50), mas, se a empresa se mantiver em atividade, esse custo pode ser compensado com receitas fiscais (atuais ou futuras, se pensarmos que ajuda a que a economia não contraia tanto). Se a empresa receber apoios, prefere manter-se em atividade (10>5), se não receber prefere suspender (-5<0). Antecipando isto, a decisão racional do Governo é conceder os apoios.

Em jogos sequenciais o conjunto de informação disponível aquando da jogada pode ser mais ou menos vasto e tem de ser definido. A informação tem valor. No conjunto de jogos de informação imperfeita merecem destaque os jogos de sinalização, em que um jogador tenta passar ao outro informação sobre si próprio, construindo uma reputação à medida que o jogo se desenrola. Podemos dar como exemplos a reputação de oferecer um produto com muito boa qualidade, ou a reputação de ser bom pagador da dívida contraída. O equilíbrio de Nash utilizado nestes jogos é o equilíbrio bayesiano perfeito, em que as probabilidades *a priori* vão sendo atualizadas com recurso à regra de Bayes.

Por oposição aos jogos sequenciais, nos jogos simultâneos não existe de todo a possibilidade de observar o comportamento do adversário; note-se que para tal não é estritamente necessário que os jogadores decidam todos ao mesmo tempo, bastando que decidam no desconhecimento da decisão do(s) outro(s), com base em expetativas sobre o que ele(s) irá(irão) fazer. Matematicamente, estabelece-se uma função de reação ou função melhor resposta, que especifica, para cada jogada do adversário, a decisão ótima a tomar. Facilmente se intui que o equilíbrio

"A TEORIA DE JOGOS AJUDA A PREVER O COMPORTAMENTO DOS AGENTES E A CLARIFICAR SITUAÇÕES DE INTERAÇÃO SOCIAL, PERMITINDO ISOLAR EFEITOS E ENTENDER COMO É QUE CERTOS RESULTADOS INESPERADOS PODEM DE FACTO ACONTECER"

		Resto do Mundo	
		Controla	Não controla
País A	Controla	100,100	20,0
	Não controla	0,20	0,0

Fig 3 - Exemplo de um dilema social só com "bom" equilíbrio.

		Resto do Mundo	
		Controla	Não controla
País A	Controla	100,100	-10,0
	Não controla	0,-10	0,0

Fig 4 - Exemplo de um dilema social com equilíbrio "bom" e equilíbrio "mau".

de Nash estará na interseção das funções de reação (solução de um sistema de equações), quando as expetativas estão corretas e se verificam.

Alguns jogos são jogados uma só vez, outros são repetidos. Por exemplo, empresas que concorrem num mesmo mercado não tomam apenas uma vez a decisão sobre qual o preço a praticar, mas vão ajustando consoante as condições de mercado. A repetição do jogo tende a aumentar a probabilidade de se chegar a um equilíbrio cooperativo, em que a "maldição" do dilema do prisioneiro é ultrapassada, pois todos percebem que têm mais a ganhar em cooperarem. Além disso, a repetição permite a introdução de penalizações ou de prémios, o que também aumenta o incentivo a cooperar, sobretudo se o jogo for "infinitamente repetido", i.e., se não tiver um fim à vista, pré-estabelecido.

Na vida real os jogadores têm frequentemente de tomar decisões que envolvem mais do que uma variável. Por exemplo, na gestão de uma pandemia o Governo tem de decidir se fecha as escolas, se reduz o período de isolamento, se torna o uso de máscara obrigatório em espaços fechados, etc. A escolha de mais do que uma variável é modelizada através de jogos em estádios. Assim, podemos ter jogos em que num primeiro estádio as empresas escolhem por exemplo o investimento em inovação e no segundo estádio concorrem entre si em quantidades no mercado do produto.

A TEORIA DE JOGOS E OS DILEMAS SOCIAIS

Embora o dilema do prisioneiro capte muitos dilemas sociais, nem toda a interação social se resume a dilemas do prisoneiro. Há muitos mais dilemas sociais e há jogos em que o "bom" equilíbrio coexiste com o "mau", i.e., ambos são possíveis, tal como há jogos em que o "bom" equilíbrio prevalece. Por exemplo, haverá uma franca recuperação económica para um país que consiga controlar a pandemia? Se o resto do mundo também tiver conseguido controlá-la, a resposta será provavelmente sim, e estaremos no "bom" equilíbrio. Mas se o resto do mundo não tiver conseguido, das duas uma: ou o país se fecha para manter esse controlo, mas perde receitas turísticas e outras vantagens da abertura, ou desiste do controlo para supostamente manter a economia a funcionar. Imaginemos dois jogos que podem representar estes dilemas e vejamos como têm resultados diferentes. Na matriz da Fig. 3 os *payoffs* do *status-quo* (não controlo) estão normalizados a zero. Se a pandemia for controlada em todo o mundo, o resultado é de 100 para ambos os jogadores; se só o país A a controlar o seu ganho é menor, de apenas 20. Pode ver-se que o equilíbrio único deste jogo é todos fazerem um esforço no sentido de controlar a pandemia: controlar é estratégia dominante para todos.

No entanto, se admitirmos que o controlo isolado tem custos muito elevados a nível da atividade económica, que não compensam se o controlo não for global, podemos modelizar essa alteração (ver Fig. 4) com a mudança da matriz (se preferirmos, em vez de Resto do mundo podemos pensar num país B geograficamente próximo de A). Com esta mudança passam a existir dois equilíbrios de Nash, um em que a pandemia é controlada em todo o mundo e outro em que não é (repare-se que se o resto do mundo não controlar, para o país A o melhor é também não controlar e vice-versa).

Para finalizar note-se que, tal como qualquer modelização, os jogos são necessariamente uma representação simplificada das múltiplas combinações e permutações que a realidade nos oferece. A TJ ajuda a prever o comportamento dos agentes e a clarificar situações de interação social, permitindo isolar efeitos e entender como é que certos resultados inesperados podem de facto acontecer.

REFERÊNCIAS

[1] *Harsanyi, J. & Selten, R. (1988). A General Theory of Equilibrium Selection in Games, Cambridge, Massachusetts: MIT-Press.*

[2] *Harsanyi, J. (1995). A new theory of equilibrium selection for games with complete information. Games and Economic Behavior 8(1):91-122*

[3] *Nash, J. (1950). Equilibrium points in n-person games. Proceedings of the National Academy of the USA 36(1):48-49. https://doi.org/10.1073/pnas.36.1.48*

[4] *Von Neumann, J. & Morgenstern, O. (1944). Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press.*

PREVENÇÃO DA TRANSMISSÃO DA COVID-19 NUM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE RETALHO ALIMENTAR

A COVID-19 afetou drasticamente todos os sectores de atividade económica, uma vez que tanto empresas como consumidores tiveram de se adaptar às novas medidas de segurança impostas. No segundo trimestre de 2020, a Europa viu o seu produto interno bruto cair 14,2% comparativamente ao mesmo trimestre do ano anterior [6]. O retalho alimentar, fazendo a interface entre produtores e clientes, também foi extremamente afetado [13]. Contudo, devido às regras de confinamento, este setor experienciou uma tendência oposta - um aumento de vendas acentuado [9].

Este aumento de vendas veio acompanhado de outras mudanças nos padrões de consumo. Os consumidores compraram menos vezes mas em maiores quantidades e as medidas de distanciamento social impulsionaram o canal online [1, 5]. O aumento drástico dos volumes em algumas categorias levou, em último caso, a prateleiras vazias. Assim, os retalhistas tiveram de se ajustar rapidamente a estes novos volumes e padrões de compra, levando a que os Centros de Distribuição (CDs) trabalhassem a ritmos recorde para lidar com as ruturas de stock.

Evidentemente, também para os trabalhadores dos CDs, a COVID-19 foi um risco, mesmo cumprindo medidas sanitárias. A natureza do trabalho, exigindo operar na proximidade de colegas e em locais confinados, propiciava o contágio. O volume crescente de vendas e a necessidade de trabalhadores adicionais agravaram a situação. Durante este período, foram forçadas contratações apressadas de trabalhadores inexperientes. Além disso, incentivos firmes à produtividade contribuíram, potencialmente, para lapsos no cumprimento de todas as medidas impostas.

As estratégias de controlo das operações nos CDs, enquanto se tentava mitigar a propagação da COVID-19, foram implementadas sem grande sustento científico. Este artigo visa melhorar a tomada de decisão em crises de saúde pública, fornecendo orientações para operações em CDs em tempos de pandemia. Com este intuito, colaboramos com um retalhista alimentar europeu que, antecipando um surto de COVID-19, testou todos os funcionários do seu maior CD. Foram usados os resultados de 1251 testes de antigénio (um por trabalhador) para inferir as características que influenciam a probabilidade de um dado trabalhador estar infetado.

DADOS E MODELO

A empresa forneceu-nos uma descrição para cada funcionário: nacionalidade, concelho, tipo de transporte até ao trabalho, empresa empregadora (subcontratação ou interno), antiguidade, função e o turno a que pertence. Também obtivemos dados sobre a atividade no armazém (número de caixas transportadas) em cada semana na época do surto. Cruzamos a semana do teste e o concelho de residência do trabalhador com os números de casos COVID-19 no município (na semana anterior ao teste), disponíveis online [4], o que nos permitiu considerar esta variável. Os dados também continham uma porção significativa de linhas incompletas, pelo que usamos amostragem de Gibbs [3] para obter múltiplas imputações.

Para identificar variáveis com impacto significativo na probabilidade de infeção ajustamos regressões logísticas (uma a cada imputação) aos dados e agrupamos os modelos pelas regras de Rubin [12]. A especificação final do nosso modelo considera a interação entre antiguidade e transporte. Os vários níveis do variável *turno* foram excluídos por falta de significância. Incluímos a semana da realização do teste como uma variável de controlo. Por comparação, testamos a robustez tanto da especificação do modelo como da técnica de imputação. Verificamos também que os dados não demonstram multicolinearidade severa. Segue-se a especificação resultante, com as variáveis categóricas a negrito (i.e., os coeficientes desdobram-se para os vários níveis das variáveis):

$$\begin{aligned}\ln\left[\frac{\mathrm{P}(Y_i=1)}{\mathrm{P}(Y_i=0)}\right] &= \alpha + \beta_1\,(\mathrm{Semana}_i) + \boldsymbol{\beta_2}\,(\mathbf{Nacionalidade}_i)\\ &+ \boldsymbol{\beta_3}\,(\mathbf{Empresa}_i) + \boldsymbol{\beta_4}\,(\mathbf{Transporte}_i) + \boldsymbol{\beta_5}\,(\mathbf{Função}_i)\\ &+ \beta_6\,(\mathrm{Antiguidade}_i) + \boldsymbol{\beta_7}\,(\mathbf{Transporte}_i \times \mathrm{Antiguidade}_i)\\ &+ \beta_8\,(\mathrm{Atividade}_i) + \beta_9\,\left(\mathrm{Infetados/km}_i^2\right)\end{aligned}$$

XAVIER ANDRADE

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

MARIA PIRES

Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto
maria.pires@fe.up.pt

PEDRO AMORIM

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

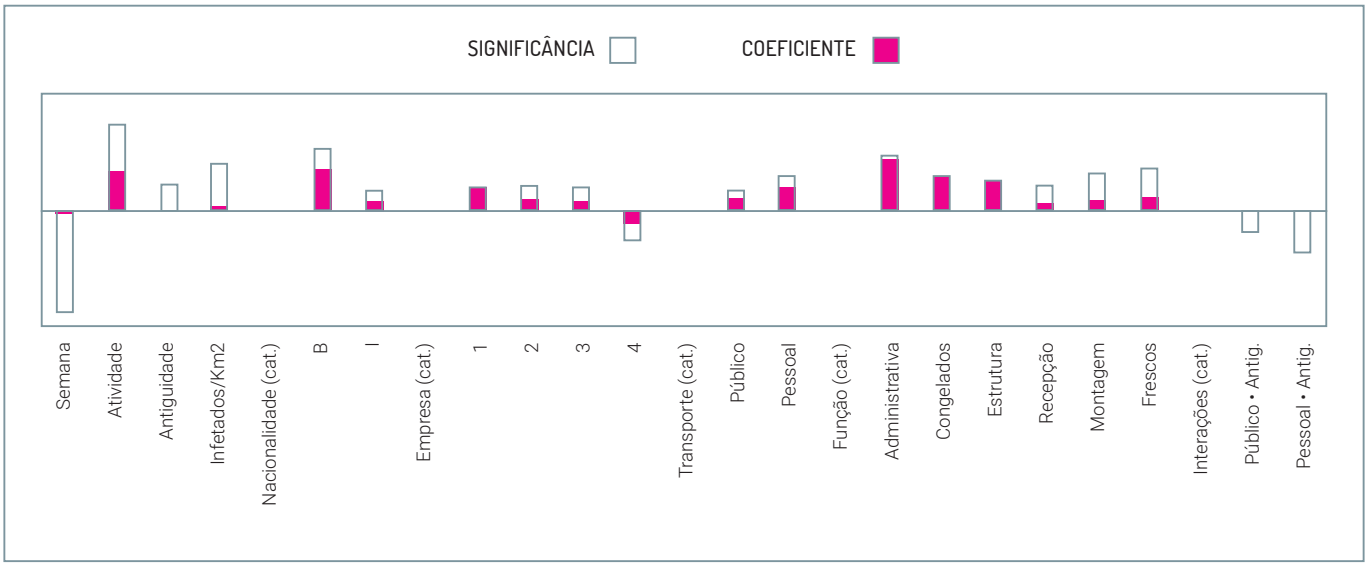

Fig. 1 – Coeficientes de cada variável explicativa do modelo agrupado e respetiva significância com os níveis das variáveis categóricas com significância inferior a 10% omitidos.

Os coeficientes do modelo resultante permitem determinar se as causas do surto foram internas ou externas à empresa. Adicionalmente, evidenciam aos gestores decisões operacionais (quotidianas) e de gestão (estratégicas) a adotar para mitigar a propagação do vírus.

Os resultados da análise estão representados na Fig. 1. A nacionalidade do trabalhador e a empresa subcontratada (como indicadores das condições de vida), o meio de transporte, a antiguidade, a função e o número de infetados/km2 na região de residência do trabalhador mostram-se preditores valiosos da probabilidade de infeção. Além disso, encontramos uma relação significativa entre a probabilidade de infeção e o nível de atividade diária do CD (número de caixas transportadas).

SIMULAÇÃO

Com base nestas relações, utilizamos os modelos de previsão para simular a eficácia de três estratégias de atenuação que poderiam facilmente ser adotadas por empresas: (i) nivelamento da atividade, (ii) controlo dos meios de transporte dos trabalhadores, e (iii) redução da dependência de mão-de-obra subcontratada. A Fig. 2 resume os resultados da nossa simulação.

Os picos de carga de trabalho conduzem a situações de proximidade entre trabalhadores. Logo, nivelar a carga de trabalho, ao longo do tempo e entre os níveis da cadeia de abastecimento, poderá ser uma alavanca importante para reduzir situações que seriam propícias ao contágio. Os resultados da nossa simulação mostram que 2,6% dos casos das infeções seriam evitados deste modo.

Ao oferecer uma solução própria de transportes (por exemplo, autocarros), a empresa pode controlar a conduta dos trabalhadores e garantir que estes partilham o espaço fechado com colegas. A medida consegue prevenir até 33,0% das infeções esperadas, dependendo do número e idade dos utilizadores. A idade aumenta a suscetibilidade à infeção [7], mas também a prudência [11]. Os nossos resultados sugerem que o controlo da deslocação beneficia particularmente os trabalhadores mais jovens, pois são mais propensos ao contágio por conduta negligente nos transportes públicos e boleias.

Contratar trabalhadores, ao invés de subcontratar, poderia evitar 8,3% das infeções dos trabalhadores. Embora a empresa de trabalho não tenha uma relação intuitiva com a probabilidade de infeção, o nosso estudo utiliza-a, juntamente com a nacionalidade do trabalhador, para inferir as condições de vida. Os nossos resultados salientam o risco de saúde pública que a sobrepartilha de casas entre trabalhadores temporários representa [2].

TAKEAWAYS

Concluímos notando a importância da robustez das cadeias de abastecimento de retalho alimentar na manutenção da qualidade de vida durante a pandemia. Nesse âmbito, a nossa investigação contribuiu para perceber o papel de fatores internos e externos sobre o risco de propagação do vírus num ponto crítico da cadeia de abastecimento, como é o caso dos CDs. Fornecedores redundantes e *buffers* de capacidade são estratégias de mitigação de risco comprovadas na expectativa de uma disrupção de fornecimento [8]. Confirmámos que este último pode ajudar a controlar uma variável relacionada aos casos de COVID-19 em CD – o nível de atividade. No entanto, o nosso estudo revela estratégias menos intuitivas, de baixo custo e alto impacto, à disposição dos gestores para dominar a propagação de doenças infeciosas como a COVID-19. Para além de nivelar a carga de trabalho, evidenciamos a eficácia de aumentar a cobertura do autocarro da empresa e de internalizar os trabalhadores subcontratados.

Como o contexto social dos operadores dos CDs se revelou particularmente importante, o nosso trabalho enfatiza a indispensabilidade

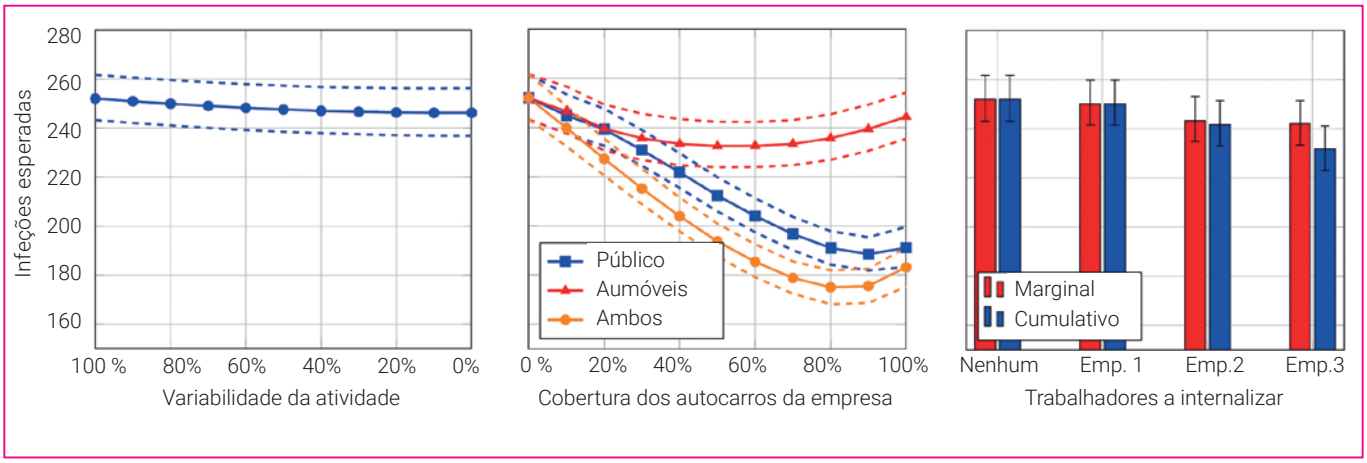

Fig. 2 - Impacto da redução da variabilidade da atividade (esquerda), do alargamento da cobertura dos autocarros da empresa (centro), e da internalização e trabalho subcontratado (direita) no número esperado de infeções com intervalos de credibilidade de 95%.

dos métodos empíricos como garantia da relevância da investigação. Embora baseado em apenas um caso de estudo (logo, não sendo o impacto de cada medida específica generalizável a outros contextos), a nossa análise mostrou que para além de medidas de flexibilidade (capacidade sobrante) e agilidade (subcontratação), medidas de apoio à força de trabalho podem ser eficazes na gestão de um CD durante uma crise de saúde pública. Os benefícios destas medidas podem estender-se à redução do absentismo durante a gripe sazonal [10].

A pandemia COVID-19 destacou a importância da gestão dos recursos humanos. A resiliência que equipas internas estáveis proporcionam contra os novos perigos para a saúde pública pode sobrepor-se à agilidade do trabalho temporário. A nossa investigação introduz estas novas considerações e alavancas permitindo estender problemas conhecidos de investigação operacional. Finalmente, a automatização das operações em armazém pode quebrar os *trade-offs* dos problemas tradicionais de recursos humanos.

Como trabalho futuro, propomos replicar a nossa metodologia noutros contextos. Uma vez que a nossa investigação empírica foi em torno de CDs de retalho alimentar, fica a questão se o nivelamento do volume da atividade também funciona no retalho não alimentar. Outra extensão relevante do nosso trabalho é o desenvolvimento de uma análise semelhante mas para ambientes de loja. Por fim, os nossos *insights* podem ser usados para refinar modelos de abastecimento que lidam com decisões relacionadas à pandemia, que podem passar a incluir as nossas covariáveis significativas.

REFERÊNCIAS

[1] *Accenture (2020). COVID-19: Consumers change how they shop, work and live. https://www.accenture.com/us-en/insights/retail/ coronavirus-consumer-behavior-research. [Online; accessed 08-december2020].*

[2] *Butterick, M. & Charlwood, A. (2021). HRM and the COVID-19 pandemic: How can we stop making a bad situation worse?. Human Resource Management Journal, 31(4):847–856.*

[3] *Casella, G. & George, E. I. (1992). Explaining the Gibbs sampler. The American Statistician, 46(3):167–174.*

[4] *Data Science for Social Good Portugal (2020). COVID-19 data Portugal. Data retrieved from https://github.com/dssg-pt/covid19pt-data.*

[5] *Eger, L., Komárková, L., Egerová, D., & Mičík, M. (2021). The effect of COVID19 on consumer shopping behaviour: Generational cohort perspective. Journal of Retailing and Consumer Services, 61, 102542.*

[6] *Eurostat (2021). GDP main aggregates and employment estimates for the fourth quarter of 2020. https://ec.europa.eu/eurostat/documents/portlet_file_entry/2995521/2-09032021-AP-EN.pdf/2cf0fd87-a11d-a0eb-ca36-2092f1574f80. [Online; accessed 29-march-2021].*

[7] *Goldstein, E., Lipsitch, M., & Cevik, M. (2021). On the effect of age on the transmission of SARS-CoV-2 in households, schools, and the community. The Journal of Infectious Diseases, 223(3):362–369.*

[8] *Li, Y., Chen, K., Collignon, S., &Ivanov, D. (2021). Ripple effect in the supply chain network: Forward and backward disruption propagation, network health and firm vulnerability. European Journal of Operational Research, 291(3):1117–1131.*

[9] *McKinsey (2020). Survey: Portuguese consumer sentiment during the coronavirus crisis. https://www.mckinsey.com/business-functions/ marketing-and-sales/our-insights. [Online; accessed 09-november-2020].*

[10] *Molinari, N.-A. M., Ortega-Sanchez, I. R., Messonnier, M. L., Thompson, W. W., Wortley, P. M., Weintraub, E., & Bridges, C. B. (2007). The annual impact of seasonal influenza in the US: measuring disease burden and costs. Vaccine, 25(27):5086–5096.*

[11] *Roberts, B. W., Walton, K. E., & Viechtbauer, W. (2006). Patterns of mean-level change in personality traits across the life course: a meta-analysis of longitudinal studies. Psychological Bulletin, 132(1): 1.*

[12] *Rubin, D. B. (2004). Multiple imputation for nonresponse in surveys (Vol. 81). John Wiley & Sons.*

[13] *Statista (2020). Projected coronavirus (COVID-19) impact index by industry and dimension. https://www.statista.com/statistics/1106302/coronavirus-impact-index-by-industry-2020/. [Online; accessed 08-december-2020].*

DECISÕES EM TEMPO DE COVID-19
O OLHAR DE UM JOVEM INVESTIGADOR OPERACIONAL

MIGUEL ALVES PEREIRA

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC)
miguel.a.pereira@inesctec.pt

O mundo assenta em decisões. Colocando de parte noções igualmente místicas e ocultas, da astrologia ao destino, ou científicas e radicais, da teoria do caos à teoria das cordas, há algo incontestável que as une – a natureza humana e a nossa vida em sociedade. A verdade é que a tomada de decisão e os seus processos de apoio são algo inerente a esta essência. No entanto, o processo de tomada de decisão humano procura uma decisão boa o suficiente em vez da melhor decisão possível. Desta forma, em vez de atuarmos como decisores, representamos o papel de "satisfadores". Só com a autoconsciência da nossa racionalidade limitada, cheia de heurísticas e vieses, é que conseguimos obter a(s) solução(ões) ótima(s) para cada um dos nossos problemas, o que apenas é possível recorrendo à ciência.

Tentar encontrar formas de ajudar as pessoas a tomar melhores decisões é uma história tão antiga como o tempo [4]. Ainda assim, no meio da dificuldade encontra-se a oportunidade e a IO não é exceção – a ciência tem um historial de superação e inovação por entre as adversidades. Tendo surgido como um método científico de fornecimento de bases quantitativas para a tomada de decisão operacional a nível executivo durante a Segunda Guerra Mundial por parte do exército britânico [9], a IO extravasou as suas raízes militares, consolidou-se, e globalizou-se, muito por culpa do desenvolvimento do algoritmo *simplex* e do advento da computação nas décadas seguintes.

Sendo o tempo um constructo social derivado precisamente da tentativa humana de racionalizar o movimento através do espaço de um universo em constante expansão, o passado reside nas nossas memórias. Memórias essas que tentam não nos atraiçoar ao relembrar os eventos mais marcantes na história do nosso planeta nos últimos 100 anos: de movimentos sufragistas e de direitos civis à ascensão e queda de impérios, dos primórdios do ADN à chegada à Lua, do nascimento da Internet à queda do Muro de Berlim, entre muitos outros que certamente foram atraiçoados pelos 27 anos da minha RAM biológica. Contudo, algo que as nossas memórias não conseguem apagar é o último evento marcante da história da humanidade – o flagelo da COVID-19.

Os seres humanos por vezes esquecem-se de que partilham o mesmo planeta uns com os outros, já para não falar de outros seres vivos tanto macro- como microscópicos. De facto, conhecemos apenas 35% da superfície terrestre e 20% dos oceanos. É natural, portanto, que, de vez em quando, surjam criaturas que perturbem a nossa instável e precária homeostasia. O aparecimento do SARS-CoV-2 no final de 2019 é o mais recente evento disruptivo à escala mundial. Apesar da existência de outros coronavírus, as características particulares do SARS-CoV-2 e a era global em que vivemos, levaram à rápida disseminação deste vírus e da doença que provoca (COVID-19) por todo o mundo. Numa questão de meses, tornou-se numa pandemia com o dom de fechar países e forçar-nos a renegar a nossa essência primata de criaturas sociais.

Mas nem só consequências negativas advieram da COVID-19. Quase dois anos entre estados de emergência, confinamentos, medidas de restrição de direitos que tomávamos por garantidos, e o uso de equipamentos pessoais de proteção (EPPs) deram-nos muito (quiçá, demasiado) tempo para refletir e agir

"(...) A COVID-19 DEU-ME A OPORTUNIDADE DE DESENVOLVER E APLICAR METODOLOGIAS DE IO NUM CONTEXTO EM RÁPIDO DESENVOLVIMENTO E DE ELEVADA RELEVÂNCIA E IMPACTO CIENTÍFICO E SOCIAL"

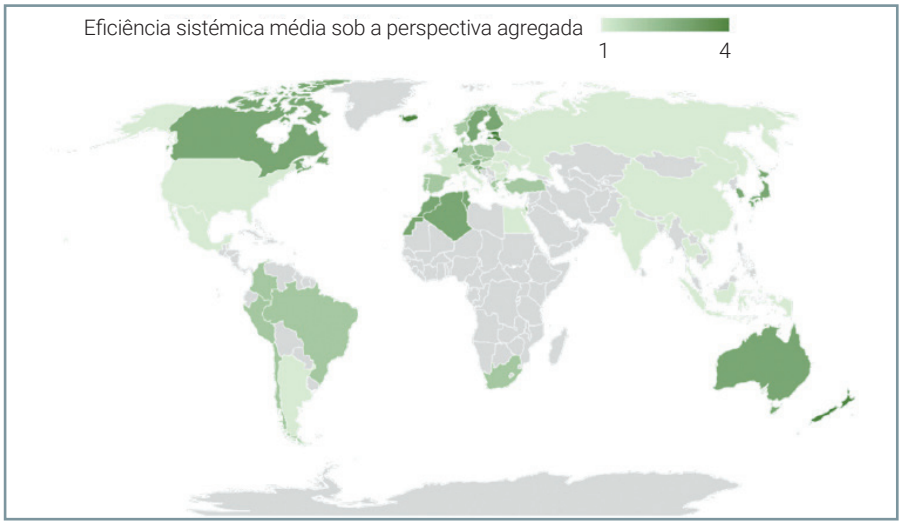

Fig. 1 - Dispersão geográfica das 55 nações avaliadas quanto à eficiência sistémica média no combate ao SARS-CoV-2 a 31/12/2020 para a perspetiva agregada.

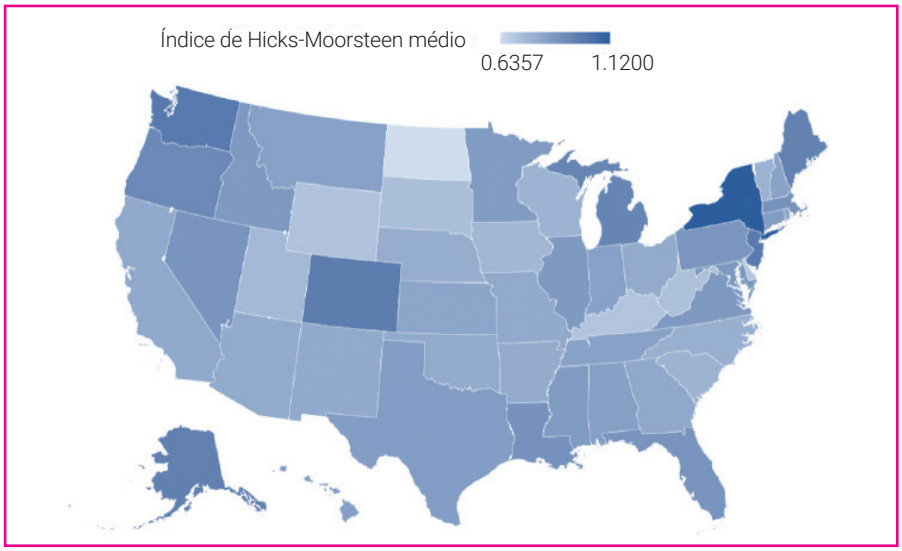

Fig. 2 - Dispersão geográfica nos EUA em termos do seu HMI médio na resposta à pandemia de COVID-19, entre março de 2020 e janeiro de 2021.

sobre temas tão variados como a saúde mental, as assimetrias sociais, e o funcionamento de sistemas fundamentais da nossa sociedade, tais como a educação e a saúde. Não é à toa que se produziram mais de 200,000 publicações científicas contendo a palavra-chave 'COVID-19' neste período, mesmo com as pragas do *burnout* académico, do *stress* físico e psicológico das incertezas da vida, e da convivência *24/7* com os nossos "entes já não tão queridos".

Mesmo quem não conduz a sua investigação na área da gestão e economia da saúde sabe que os sistemas de saúde têm graves falhas a vários níveis, que se refletem diretamente na eficiência com que prestam serviços às respetivas populações. O desastre provocado pela COVID-19 veio acentuar estas fendas, bem como levantar dúvidas sobre a capacidade de decisão ao mais alto nível. Antes ainda de se abordarem as entidades que fazem partes dos sistemas de saúde, importa saber quão (in)eficientes têm sido estes na luta contra o SARS-CoV-2, o que podem fazer para melhorar, e o que têm feito os melhores para serem os melhores de forma a retirar ilações ao nível das decisões e políticas públicas. Efetivamente, a COVID-19 deu-me a oportunidade de desenvolver e aplicar metodologias de IO num contexto em rápido desenvolvimento e de elevada relevância e impacto científico e social. Usando principalmente métodos de fronteira, foi possível, juntamente com os meus estimados coautores, criarmos vários modelos de *benchmarking*, medição de eficiência, e avaliação de desempenho para examinar determinados contextos importantes, culminando na criação de dois estudos ainda em fase de revisão.

O primeiro estudo, [5], procurou medir a eficiência de diferentes nações da OCDE na resposta à pandemia, com o intuito de deduzir uma série de implicações políticas passíveis de servirem de base a governos e autoridades de saúde em todo o mundo nos processos de decisão da melhoria das respetivas estratégias nacionais de combate à COVID-19. Partindo de um modelo de *network Data Envelopment Analysis* (ver, e.g., [2, 7]), estimámos as eficiências de 55 países com relações à OCDE (membros, membros potenciais, parceiros-chave, e outros) assentes numa estrutura que considerou cinco divisões essenciais – população, contágio, triagem, hospitalização, e admissão na unidade de cuidados intensivos. Por um lado, avaliámos uma perspetiva social, focada na maximização de *outputs* a partir dos mesmos *inputs*; por outro lado, avaliámos uma perspetiva financeira, focada na minimização de *inputs* gerando os mesmos *outputs*. Assim, tendo em conta os custos de

saúde como *inputs*, o uso de EPPs e a população infetada como produtos intermédios desejáveis e indesejáveis, e as recuperações e mortes por COVID-19 como *outputs* desejáveis e indesejáveis, propusemos o primeiro estudo de medição da eficiência de sistemas de saúde no contexto da crise de COVID-19. Segundo a nossa abordagem, a Estónia, a Islândia, a Letónia, o Luxemburgo, os Países Baixos, e a Nova Zelândia foram os países que exibiram maior eficiência sistémica média sob a perspetiva agregada (Fig. 1). Porém, 36% dos países considerados teve desempenhos pertencentes ao Q4. Além disso, apesar de não descobrirmos evidências de significância estatística na relação entre a eficiência de um sistema de saúde e a sua tipologia ou o tipo de economia do respetivo país, encontrámos significância estatística na associação entre países com maiores populações e eficiências sistémicas médias mais baixas, bem como correlações positivas entre a eficiência de um sistema de saúde e o produto interno bruto e o índice de desenvolvimento humano do seu país, e correlações negativas entre a eficiência de um sistema de saúde e a não utilização de EPPs.

O segundo estudo, [6], focou-se no caso particular dos Estados Unidos da América (EUA). Como uma das maiores economias mundiais, as decisões tomadas pelos EUA afetam o resto do mundo, mas a abordagem descentralizada que o país tomou na resposta à pandemia, com uma grande variedade de estratégias e resultados dependentes de cada estado, suscitou-nos especial interesse. Desta forma, procurámos não só avaliar o desempenho dos 50 estados americanos entre março de 2020 e janeiro de 2021, mas também identificar aqueles com melhor desempenho e fornecer implicações políticas úteis com base em padrões de variação de desempenho. Partindo agora do índice de Hicks-Moorsteen (HMI) [3], recorrendo a funções geométricas de distância [8], e à abordagem *Benefit-of-the-Doubt* [1], ultrapassámos as limitações de outros índices de produtividade e propusemos um método de construção de indicadores compósitos ao longo do tempo. No final, o nosso estudo demonstrou que, apesar da grande disparidade na adoção de políticas de mitigação da COVID-19 a nível estadual, a maior parte dos estados americanos com melhores desempenhos (ver Fig. 2) procuraram implementar um estado de emergência o mais cedo possível, fechar negócios não essenciais, e legislar o uso obrigatório de EPPs em espaços públicos.

Em suma, é evidente não só a necessidade do foco político na tomada de decisões a curto-prazo relativamente à obrigatoriedade do uso de EPPs, face à sua importância no combate eficiente e eficaz à pandemia, mas também a médio-/longo-prazo ao nível do desenvolvimento humano, face à sua associação positiva com melhores desempenhos dos sistemas de saúde.

De Voltaire e da Revolução Francesa a Stan Lee e Steve Ditko, passando por Winston Churchill e Franklin D. Roosevelt, a história, a cultura, e a sociedade sabem que com grandes poderes vêm grandes responsabilidades. A responsabilidade da IO nestes tempos conturbados e nos contributos, em particular, destes estudos é preponderante. Posto isto, inspirando-me nas palavras proferidas pelo Vice-Almirante Henrique Gouveia e Melo durante o IO2021, acredito que a IO pode aproveitar o contexto pandémico para consolidar o seu papel de *liderança* no apoio à tomada de decisão com bases científicas sólidas, assente na *organização* planeada e colaborativa entre académicos e entre a academia e a indústria, sem esquecer que a *comunicação* difundida dos resultados é igualmente significativa para que as melhores decisões sejam tomadas e as mudanças aconteçam.

"(...) APESAR DA GRANDE DISPARIDADE NA ADOÇÃO DE POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO DA COVID-19 A NÍVEL ESTADUAL, A MAIOR PARTE DOS ESTADOS AMERICANOS COM MELHORES DESEMPENHOS (...) PROCURARAM IMPLEMENTAR UM ESTADO DE EMERGÊNCIA O MAIS CEDO POSSÍVEL, FECHAR NEGÓCIOS NÃO ESSENCIAIS, E LEGISLAR O USO OBRIGATÓRIO DE EPPS EM ESPAÇOS PÚBLICOS"

REFERÊNCIAS

[1] *Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., & van Puyenbroeck, T. (2007). An introduction to `benefit of the doubt' composite indicators. Social Indicators Research, 82(1), 111–145. https://doi.org/10.1007/s11205-006-9029-7*

[2] *Ferreira, D. C., Graziele, I., Marques, R. C., & Gonçalves, J. (2021). Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: The Brazilian case. Science of The Total Environment, 779, 146279. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146279*

[3] *Ferreira, D. C. & Marques, R. C. (2016). Malmquist and Hicks–Moorsteen productivity indexes for clusters performance evaluation. International Journal of Information Technology & Decision Making, 15(05), 1015–1053. https://doi.org/10.1142/S0219622016500243*

[4] *Greco, S., Ehrgott, M., & Figueira, J. R. (2016). Multiple Criteria Decision Analysis (Vol. 233). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4*

[5] *Pereira, M. A., Dinis, D. C., Ferreira, D. C., Figueira, J. R., & Marques, R. C. (2021a). A network Data Envelopment Analysis to estimate nations' efficiency in the fight against SARS-CoV-2. Manuscript submitted for publication.*

[6] *Pereira, M. A., Dinis, D. C., Ferreira, D. C., Figueira, J. R., & Marques, R. C. (2021b). How is the performance of the USA states pandemic response evolving? Manuscript submitted for publication.*

[7] *Pereira, M. A., Ferreira, D. C., Figueira, J. R., & Marques, R. C. (2021). Measuring the efficiency of the Portuguese public hospitals: A value modelled network data envelopment analysis with simulation. Expert Systems with Applications, 181, 115169. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115169*

[8] *Silva Portela, M. C. A. & Thanassoulis, E. (2005). Profitability of a sample of Portuguese bank branches and its decomposition into technical and allocative components. European Journal of Operational Research, 162(3), 850–866. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.10.018*

[9] *Thomas, W. (2015). History of OR: Useful history of Operations Research. OR/MS Today, 42(13).*

O SÓCIO N.º... 1179

JOÃO LUÍS DE MIRANDA

Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Portalegre, jlmiranda@ipportalegre.pt
CERENA - Centro de Recursos Naturais e Ambiente, Instituto Superior Técnico, joaoluismiranda@tecnico.ulisboa.pt

Eu me lembro: o meu primeiro contributo foi numa edição da *Optimization* em Coimbra, 1998, com um trabalho sobre *Economic Lot Sizing* que foi depois publicado na revista Investigação Operacional (IO), na coordenação de Joaquim Júdice. O trabalho, no âmbito do mestrado em Engenharia Química do Instituto Superior Técnico (IST), com orientação do Professor Miguel Casquilho, envolveu várias reformulações de Programação Linear (PL) e de PL Inteira, bem como abordagem dual e por grafo de rota mínima. Foi sugerida importante bibliografia sobre o tema e novos desenvolvimentos se esperavam.

• De facto, finalizando o mestrado, que incluiu a arguição da Professora Ana Barbosa-Póvoa (IST), seguiu-se a integração no ensino superior, pois monitorizava já sessões práticas de IO para efeitos de propinas. Com a abertura das licenciaturas bietápicas de Engenharia no Instituto Politécnico de Portalegre, e a energia do Engenheiro José Carvalho, fui para a Escola Superior de Tecnologia e Gestão para, entre outras cadeiras, lecionar IO e métodos numéricos.

De mar a mar: na última edição do congresso da APDIO, o IO 2021 na Figueira da Foz, visou-se um estudo europeu sobre educação superior em IO. Este estudo tem vindo a ser desenvolvido com Ana Paula Teixeira (UTAD) e Margarida Pato (CIO, ISEG), analisando-se desde as entradas de estudantes até às saídas profissionais, incluindo as dificuldades do primeiro ano, o ensino-aprendizagem em IO, ou a restruturação dos cursos.

• O IO 2021, organizado por Samuel Moniz e diretiva equipa, era bastante apelativo; além da excelência e oportunidade dos palestrantes, havia também a possibilidade de rever amigos, ou até de novas amizades. O convite para a Rubrica era linear, sendo estimativa inicial os anteriores textos de ilustres sócios.

• Mas a cândida tarefa de partilha dum *auto-retrato* com os estimados leitores do *Boletim* afigurava-se, inesperadamente, difícil; e em tais horas meu apelo logo galga as saudosas margens do Mondego.

Alea jacta est! Venço rio e invicta Ribeira, saúdo Coronel Pacheco no cerco da faculdade e me recordo da doce vida de estudante. Na licenciatura, despertavam-me especial interesse os métodos computacionais, usualmente lecionados pelo Professor Sebastião Feyo. Além dos reatores químicos, retenho alguns temas de otimização não linear e um método aproximado para *flowshop*. No trabalho final de curso, visando uma unidade para produção de rações, tratou-se da respeitante composição com o modelo da dieta em PL.

O doutoramento em Engenharia Química, ainda com o Professor Casquilho, tratava modelos de planeamento e sequenciamento de processos químicos, propondo-se uma abordagem de generalização para a sua otimização. Da prova pública em 2007, dada a proximidade à APDIO, não posso deixar de referir o Professor Rui Oliveira (IST) e o saudoso Doutor Augusto Queirós Novais. Ainda:

• A participação no IO 2006, organizado por Margarida Pato e colegas no ISEG, visou o planeamento da rede de processos por otimização robusta (atrevo-me a destacar uma plenária sobre educação em IO, dado o impacto em outros desenvolvimentos);

• Na Optimization 2007, conferência organizada por José Fernando Gonçalves e grupo da FEP, tratou-se também otimização robusta, mas agora dedicada ao sequenciamento de processos *batch*;

• E depois no IO 2008, organizado por Ana Paula Teixeira e equipa da UTAD, apresentou-se uma visão geral do doutoramento, incluindo a abordagem de generalização aos modelos, os tópicos computacionais, bem como exemplos ilustrativos.

Os temas de educação detinham certa prioridade por esta altura, dada a adequação ao Processo de Bolonha, integrando-se assim os tópicos de IO no ambiente de cooperação internacional existente. Pelo que:

• Os apoios aos estudantes mereceram a atenção do Programa FULBRIGHT, bem como os contributos de Katta Murty (Univ. do Michigan, EUA); outras publicações interessantes do Professor Murty podem ser encontradas na sua página pessoal.

• Na conferência EURO 2009, utilizou-se uma abordagem baseada em problemas para o ensino-aprendizagem em IO de trabalhadores-estudantes; em sequência submeteu-se ao EstudIO, no IO 2009 organizado por Ruy Costa e colegas da FCT, Monte da Caparica, um trabalho visando turnos de enfermagem.

• Enquanto na EURO 2010 em Lisboa, organizado por José Pinto Paixão e robusta equipa, se apresentava uma cooperação bilateral ERASMUS, só aquando da IFORS 2011 soubemos da seleção de um primeiro programa europeu sobre otimização e sistemas de apoio à decisão para cadeias de abastecimento.

• Recordo ainda o IO 2011 organizado por João Clímaco e colegas da FEUC; apresentou-se um estudo de complexidade computacional, confirmando-se também o retorno às frescas fontes, ao Mondego.

A partir dessa altura, muito do percurso tem sido feito em comum com outros sócios, estando disponível pelos meios habituais, pelo que assim se conclui este sintético mapeamento.

E muito agradeço: aos Editores por esta oportunidade de partilhar recordando; à APDIO e aos estimados colegas pelo privilégio de poder contribuir, de participar, em várias ocasiões. Até breve!

EVENTOS REALIZADOS

IO2021 - Analytics for a better world

De 7 a 8 de novembro de 2021, teve lugar no Hotel Eurostars da Figueira da Foz o XXI Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional. O IO2021 veio assim dar continuidade à importante missão de comunicar, divulgar e abordar problemas complexos que impactam a nossa sociedade.

Num programa mais concentrado, o congresso contou com 4 comunicações plenárias, sessões de discussão de posters e um total de 25 comunicações realizadas num formato de mesa-redonda. Na sessão de encerramento foram anunciados os vencedores dos prémios APDIO para a melhor tese de doutoramento, Augusto Queirós em "Process Systems Enginering" e Melhor Poster. O novo modelo do congresso procurou inspirar os mais novos e facilitar a disseminação de conhecimento entre os participantes. Foi com enorme satisfação que o IO registou mais de 120 participantes e 80 trabalhos submetidos em áreas tão diversas como otimização e gestão de cadeias de abastecimento, planeamento de rotas, problemas de empacotamento e escalonamento. Foi notório o ambiente de alegria de todos os participantes, neste reencontro da comunidade de Investigação Operacional portuguesa.

A Comissão Organizadora gostaria, ainda, de deixar umas palavras de agradecimento aos oradores convidados o Vice-Almirante Henrique Gouveia e Melo (Estado-Maior-General das Forças Armadas), Sérgio Guedes Silva (World Food Program), Manuel Matos e Pedro Amorim, que contribuíram decididamente para o sucesso do congresso; aos membros do júri do prémio APDIO Carlos Henggeler Antunes, Susana Relvas, Carlos Ferreira, Ana Camanho e Maria João Alves, pelo empenho na realização desta difícil tarefa; aos membros do júri do prémio Augusto Queirós

Novais Henrique Matos, Pedro Amorim e Ana Carvalho, pelo excelente trabalho desenvolvido; aos membros do júri do prémio Melhor Poster constituído por Luís Dias, Rui Borges Lopes, Filipe Alvelos, Tânia Ramos e Beatriz Oliveira, pela dedicação que tanto valorizou o programa científico. E um agradecimento final a todos os participantes do IO2021, pela forma que abraçaram o evento. O sucesso do IO2021 deveu-se à vossa participação!

Comissão Organizadora: Samuel Moniz, Isabel Cristina Lopes, Carla Geraldes, Maria Antónia Carravilla, Ana Paula Barbosa Póvoa, José Fernando Oliveira

Prémio APDIO - FCT para o melhor aluno de IO da FCT NOVA

Pelo 12º ano consecutivo, foi atribuído o Prémio APDIO - FCT NOVA ao melhor aluno de IO da NOVA School of Science and Technology | FCT NOVA. 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 2020/21 foi atribuído a André Martins Brito do Mestrado em Matemática Aplicada. O Diploma e cheque correspondentes ao Prémio foram entregues por ocasião do 44º Aniversário da NOVA School of Science and Technology | FCT NOVA.

Prémios durante o XXI Congresso da APDIO IO2021

O Prémio APDIO IO2021, destinado a galardoar a melhor tese de doutoramento em Investigação Operacional defendida com êxito entre 2018 e 2020, foi atribuído ex-aequo a: Filipe Manuel Gonçalves Rodrigues (2019) Inventory Routing under Uncertainty. Universidade de Aveiro; e Maria Beatriz Brito Oliveira (2018) *Fleet and Revenue Management in Car Rental: Quantitative Approaches for Optimization Under Uncertainty*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O Prémio Augusto Queirós Novais destina-se a galardoar os melhores artigos publicados em 2018, 2019 e 2020 por sócios da APDIO na área de *Process Systems Engineering* e foi atribuído ao artigo: Fábio Neves-Moreira, Bernardo Almada-Lobo, Jean-François Cordeau, Luís Guimarães, Raf Jans. (2019) "Solving a large multi-product production-routing problem with delivery time windows". Omega, Volume 86, Pages 154-172, https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.006.

Filipe Rodrigues

Da esquerda para a direita: Fábio Neves Moreira, Ana Carvalho, José Fernando Oliveira e Luís Guimarães.

Da esquerda para a direita: Carlos Henggeler Antunes, Beatriz Oliveira e José Fernando Oliveira.

APDIO
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

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
Eliana 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 200 exemplares