INSID Magazine

Inovação em Sistemas, Informação e Decisão

Volume 3, 2020

inct
institutos nacionais de ciência e tecnologia

INSID
INSTITUTO NACIONAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO

www.insid.org.br/insidmagazine

INSID

Recife-PE, 2021

INnovation for Systems
Information and Decision meeting

01 A 03
DEZEMBRO DE 2021

insid.events/insid2021

Palavra dos **EDITORES**

O ano de 2020 mudou completamente a maneira de viver das pessoas. A pandemia causada pelo COVID-19 trouxe incerteza, medo e diversos problemas sociais mundo a fora. Avanços tecnológicos que progrediam lentamente foram acelerados e pesquisadores das mais diversas especialidades estão trabalhando em busca de soluções que possam ajudar no diagnóstico e na prevenção da doença.

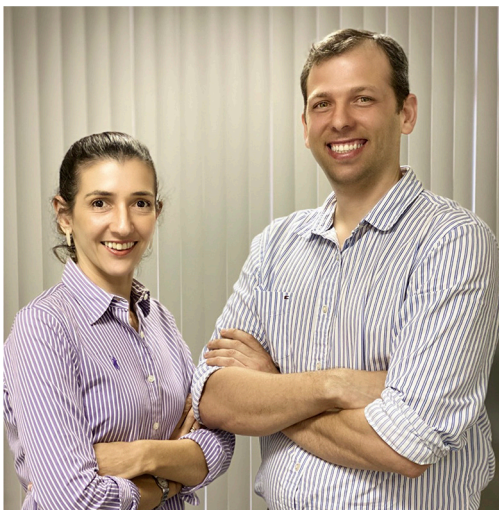
Estudos voltados a apoiar gestores e profissionais na área de saúde em ações voltadas para a pandemia são apresentados. Nesta edição, também são abordados temas como setor elétrico, gestão da manutenção de sistemas de distribuição de água, apoio a gestão de sistemas de manufatura e de seleção de energia renovável para portos brasileiros.

A INSID Magazine é um produto do Instituto Nacional em Sistemas de Informação e Decisão (INCT-INSID) para aproximar pesquisadores e sociedade, apresentando algumas contribuições da pesquisa e ensino desenvolvidas por membros do Instituto.

Desejamos a todos uma boa leitura.

Atenciosamente,

Suzana Daher e Rodrigo Ferreira
Editores



Ficha **técnica**

Publicado por: INCT-INSID

Editores:
Suzana de França Dantas Daher (UFPE)
Rodrigo José Pires Ferreira (UFPE)

Corpo Editorial:
Luciana Hazin Alencar (UFPE)
Petr Iakovevitch Ekel (PUC Minas)
Mischel Carmen Neyra Belderrain (ITA)
Francisco de Sousa Ramos (UFPE)
Leando Chaves Rêgo (UFC)
Vanessa Batista Schramm (UFCG)
Mariana Rodrigues de Almeida (UFRN)
Marcos Pereira Estellita Lins (UFRJ)
Helder Gomes Costa (UFF)
Daniel Aloise (UFRN)
Luiz César Ribeiro Carpinetti (USP)

Revisor:
Lucas Antunes Oliveira

Designer e Diagramação:
Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva

Contato: editor.magazine@insid.org.br

www.insid.org.br/insidmagazine

As opiniões expressas nas matérias desta revista não são necessariamente as da INSID Magazine.

Foto da capa: GarryKillian e starline / Freepik

SUMÁRIO

6 **SIDTriagem: Sistema de Informação e Decisão para triagem de pacientes com suspeita de COVID-19 em unidades com restrição de recursos**

Eduarda Asfora Frej, Lucia Reis Peixoto Roselli, Alexandre Ramalho Alberti, Murilo Amorim Britto, Evônio de Barros Campelo Júnior, Adiel Teixeira de Almeida, Rodrigo José Pires Ferreira

10 **Apoio a decisão multicritério para melhoria da eficiência da gestão da manutenção em um sistema de distribuição de água**

Leydiana de Sousa Pereira , Danielle Costa Morais, José Rui Figueira

14 **SIMG - Sistema Integrado de Monitoramento de Gestantes: uma inovação baseada em inteligência artificial e métodos de apoio à decisão acelerada pela pandemia de COVID-19**

Cristiano Torezzan, Rodolfo de Carvalho Pacagnella

18 **Apoio Multicritério para gestão de sistemas produtivos discretos**

Isaac Pergher, Adiel Teixeira de Almeida

22 Entrevista com Leonardo Lins de Albuquerque

A importância de avanços em pesquisas em sistemas, informação e decisão para o setor elétrico

26 **Inteligência artificial como suporte a tomada de decisão para previsão de novos casos do coronavírus (COVID-19)**

Matheus Henrique Dal Molin Ribeiro, Ramon Gomes da Silva, José Henrique Kleinübing Larcher, Viviana Cocco Mariani, Leandro dos Santos Coelho

30 **Disciplina de Decisão Multicritério é ofertada pelo INCT--INSID e cumpre sua missão na Pós-graduação**

Sergio E. Gouvea da Costa, Mariana Rodrigues de Almeida, Rodrigo José Pires Ferreira, Eduarda Asfora Frej

32 **A pandemia COVID-19, infraestrutura hospitalar e taxa de mortalidade no Brasil: um estudo com ferramentas de análise de eficiência**

João Carlos C. B. Soares de Mello, Mariana Rodrigues de Almeida, Enzo Barberio Mariano, Bruno Guimarães Torres, Diogo Ferraz, Daisy A. do N. Rebelatto

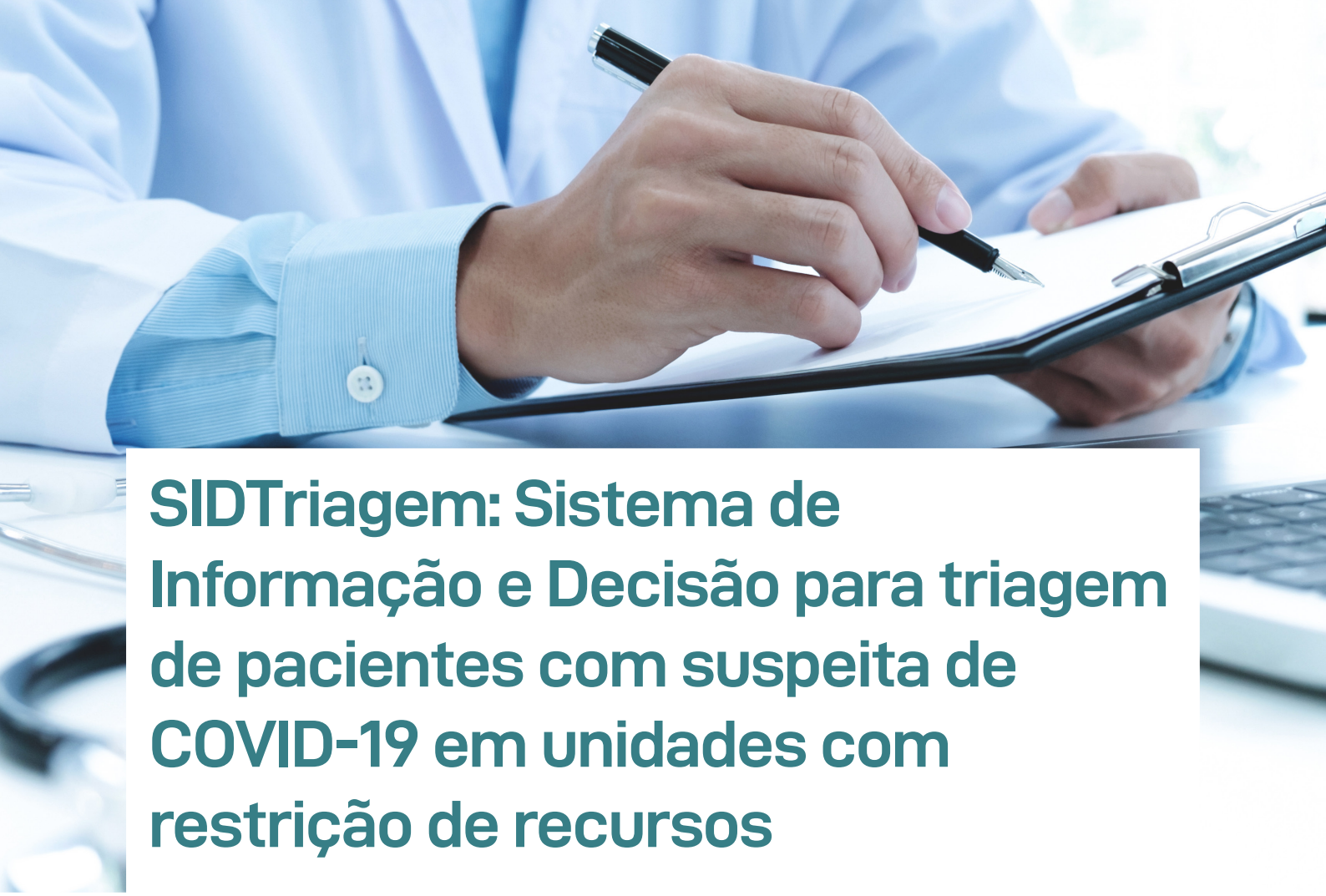
36 **Aplicação do método multicritério FITradeoff para escolha da fonte de energia renovável mais viável para os portos brasileiros**

Dayla Karolina Fossile, Eduarda Asfora Frej, Sergio E. Gouvea da Costa, Edson Pinheiro de Lima, Adiel Teixeira de Almeida

40 *Resenha de livro*

Systems, Procedures and Voting Rules in Context: A Primer for Voting Rule Selection

Suzana de França Dantas Daher



Crédito: Freepik

SIDTriagem: Sistema de Informação e Decisão para triagem de pacientes com suspeita de COVID-19 em unidades com restrição de recursos

Eduarda Asfora Frej, Lucia Reis Peixoto Roselli, Alexandre Ramalho Alberti, Murilo Amorim Britto, Evônio de Barros Campelo Júnior, Adiel Teixeira de Almeida, Rodrigo José Pires Ferreira

A pandemia da COVID-19 trouxe à tona diversas situações de decisão complexas e subjetivas na área médica. Um desses casos é o da triagem de pacientes que chegam a uma unidade de saúde com suspeita de COVID-19, situação que se tornou um importante problema de tomada de decisão que os médicos passaram a enfrentar diariamente, durante a pandemia. Dependendo dos sintomas e condições clínicas do paciente, médicos encaram uma decisão com basicamente três alternativas: enviar o paciente para isolamento domiciliar, internação hospitalar em leito de enfermaria ou Unidade de Terapia Intensiva (UTI). A conduta adotada pelo médico envolve, nestas situações, aspectos subjetivos que devem levar em consideração as chances de sobrevivência do paciente em cada um destes três cenários.

Outra decisão crítica enfrentada por profissionais de saúde durante a pandemia da COVID-19 é a alocação de pacientes na UTI, quando há mais pacientes que precisam de um leito do que os disponíveis na Unidade. Portanto, deve-se decidir sobre a alocação ideal de pacientes aos leitos de UTI disponíveis, tendo em vista a maximização do número de vidas salvas. Esta decisão também deve ser tomada de acordo com as chances de sobrevivência de cada um desses pacientes dentro e fora da UTI, recebendo um tratamento alternativo.

O SIDTriagem

Diante desse contexto, um Sistema de Apoio a Decisão, denominado SIDTriagem, foi desenvolvido por membros do Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão (INCT-INSID) para auxiliar médicos em situações de decisão desta natureza. De modo

a elaborar uma recomendação para o seu usuário (o médico), os dados de entrada do sistema estão relacionados à avaliação clínica do paciente, realizada previamente pelo clínico. Com base nesta avaliação, o usuário pode escolher de que forma prefere fornecer os dados de *input*: por meio de uma avaliação direta das chances de sobrevivência do paciente, ou inserindo informações sobre sua condição clínica no sistema. Neste último caso, regras de decisão desenvolvidas com o auxílio de especialistas são utilizadas para estimar as chances de sobrevivência do paciente em cada um dos cenários.

Em ambas as formas de *input*, as chances de sobrevivência em cada cenário são estimadas com base em uma escala Likert de 5 pontos: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Cada nível dessa escala é, então, convertido em uma faixa de probabilidades, devido à imprecisão inerente a esse tipo de informação, e um modelo de simulação de Monte-Carlo (uma série de cálculos que estimam as chances de um evento futuro ocorrer) é utilizado para criar a recomendação dada ao usuário.

Primeiro módulo

O primeiro módulo do SIDTriagem é voltado para o problema de decisão de triagem de suspeitos de COVID-19. Inicialmente o usuário deve inserir algumas informações sobre o paciente: nome (opcional), idade e sexo. Em seguida, com base na avaliação clínica realizada, o usuário insere a chance de sobrevivência desse paciente em cada um dos três cenários: na UTI, em internação em leito de enfermaria e em isolamento domiciliar. Essas chances são estimadas com base em uma escala verbal de 5 pontos mencionada anteriormente. Além disso, o usuário também deve indicar qual é a taxa de ocupação atual da UTI naquele momento (alta, intermediária ou baixa), informação que ajuda na calibração dos parâmetros do modelo. Opcionalmente, o usuário pode declarar qual é o nível de confiança para as informações fornecidas (muito confiável, confiável, neutro, pouco confiável, muito pouco confiável ou mesmo N/A).

Inseridos todos os *inputs* necessários, o sistema computa uma recomendação para usuário a respeito da conduta mais recomendada para o paciente. Esta recomendação é computada com base em uma simulação de Monte-Carlo, considerando um modelo matemático baseado em utilidade esperada, de acordo com os fundamentos da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT). A saída final é um índice de robustez para cada alternativa, ou seja, a probabilidade de que a alternativa seja a que apresenta maior

De modo a elaborar uma recomendação para o seu usuário (o médico), os dados de entrada do sistema estão relacionados à avaliação clínica do paciente, realizada previamente pelo clínico

utilidade esperada diante das condições apresentadas.

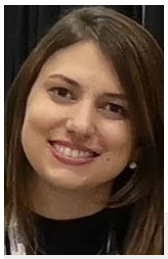
Segundo módulo

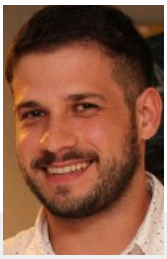
O segundo módulo do sistema visa apoiar a alocação de pacientes em leitos de UTI, quando o número de pacientes excede o número de leitos disponíveis. Como dados de entrada para este módulo, o usuário deve inserir o número de pacientes candidatos que precisam de um leito de UTI e o número de leitos de UTI disponíveis. Em seguida, o usuário deve indicar as chances de sobrevivência de cada um desses pacientes dentro e fora da UTI. Essas chances de sobrevivência são dadas na mesma escala Likert de 5 pontos usada para o módulo de triagem, e os níveis da escala são convertidos em faixas de probabilidade, considerando a imprecisão inerente a este tipo de informação. A recomendação a respeito da melhor conduta a ser adotada também é calculada através de um modelo de simulação de Monte-Carlo, considerando uma modelagem de portfólio, em que se busca a maximização da utilidade esperada com base em um problema de otimização inteira binária. Como *output* deste modelo, tem-se um índice de robustez para cada paciente, que é probabilidade de que a indicação do paciente para a UTI seja a alternativa mais adequada diante das condições apresentadas.

Uma forma de suporte a decisões médicas

Em ambos os módulos, há um espaço para receber o feedback dos usuários do sistema. Deve-se destacar, porém, que a intenção do SIDTriagem é dar um suporte metodológico estruturado para decisões médicas, e que esta recomendação é dada sem propósitos normativos. A decisão final depende sempre do médico, que deve considerar todos os fatores de subjetivos que inerentemente estão envolvidos neste tipo de problemas de decisão. Por fim, cabe ressaltar que o uso do SIDTriagem não é restrito aos casos de COVID-19, havendo também a possibilidade de aplicação para outras doenças.

O SIDTriagem está disponível gratuitamente para usuários em http://insid.org.br/sidtriagem/app/.





Eduarda Asfora Frej | **Lúcia Reis Peixoto Roselli** | **Alexandre Ramalho Alberti** | **Murilo Amorim Britto** | **Evônio de B. Campelo Júnior** | **Adiel T. de Almeida** | **Rodrigo José Pires Ferreira**

Os Pesquisadores

Eduarda Asfora Frej
Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (2019), obteve mestrado em 2017 e a graduação em 2015 todos em Engenharia de Produção pela UFPE. Ingressou no corpo docente da UFPE em 2019, e é professora do Departamento de Engenharia de Produção (adjunto). Atua como pesquisadora no Centro de Desenvolvimento de Sistemas de Informação e Decisão (CDSID - www.cdsid.org.br).

Lúcia Reis Peixoto Roselli
É Professora do Departamento de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) desde 2020. Ela faz parte do grupo de pesquisa CDSID (Centro de Sistemas de Decisão e Desenvolvimento da Informação - www.cdsid. org.br) e do INCT-INSID (Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão - www.insid.org.br).

Alexandre Ramalho Alberti
Graduação em Engenharia Mecânica pela UFSC, e mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela UFPE. Atualmente é Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção da UFPE. Desenvolve pesquisas na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.

Murilo Amorim Britto
Graduação em medicina em 1981 pela Universidade de PE. Mestrado em Saúde Materno Infantil pelo IMIP. Doutorado em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública/ FioCruz
Pediatra pneumologista do IMIP desde 1984. Professor de Medicina da Faculdade Pernambucana da Saúde e Faculdade de Medicina de Olinda. Foi membro do Departamento de Pneumologia Pediátrica da Sociedade Brasileira de Pediatria em duas gestões. Foi presidente do XIV Congresso Brasileiro de Pneumologia Pediátrica em 2014.

Evônio de Barros Campelo Júnior
Doutorado em medicina tropical da UFPE (2018), Mestrado em medicina tropical da UFPE (2012), residência médica em infectologista pelo HC-UFPE (2010) e graduação em medicina pela Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas-UNCISAL (2006). Atualmente é professor da disciplina de Doenças Infecciosas e Parasitárias do curso de medicina da UFPE, preceptor do Programa de Residência Médica em Infectologia da Universidade Federal de Pernambuco, médico componente do grupo técnico pelo UNICEF no projeto: Atuação em Situações em Emergência no Malawi/África. Está participando como coordenador de estudos clínicos sobre a COVID-19..

Adiel Teixeira de Almeida
Professor titular da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde atua como coordenador do Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (www.cdsid.org.br/). Tem trabalhado no desenvolvimento e avanços metodológicos em apoio a decisão com múltiplos objetivos e de decisão em grupo, e na aplicação de métodos em diversos contextos, incluindo modelagem estratégica, gestão de portfólio, gestão de projetos, terceirização, gestão da informação, gerenciamento de riscos, engenharia de confiabilidade e manutenção, e qualidade.

Rodrigo José Pires
Professor Associado da Universidade Federal de Pernambuco. Concluiu o Doutorado em 2008, fez Mestrado e Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco. Realizou um intercambio durante o Doutorado e estágios de pós-doutorado na Universidade de Salford na Inglaterra e na Universidade de Alberta no Canadá. Desde 2016 é vice-coordenador do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção (Recife).

Contato

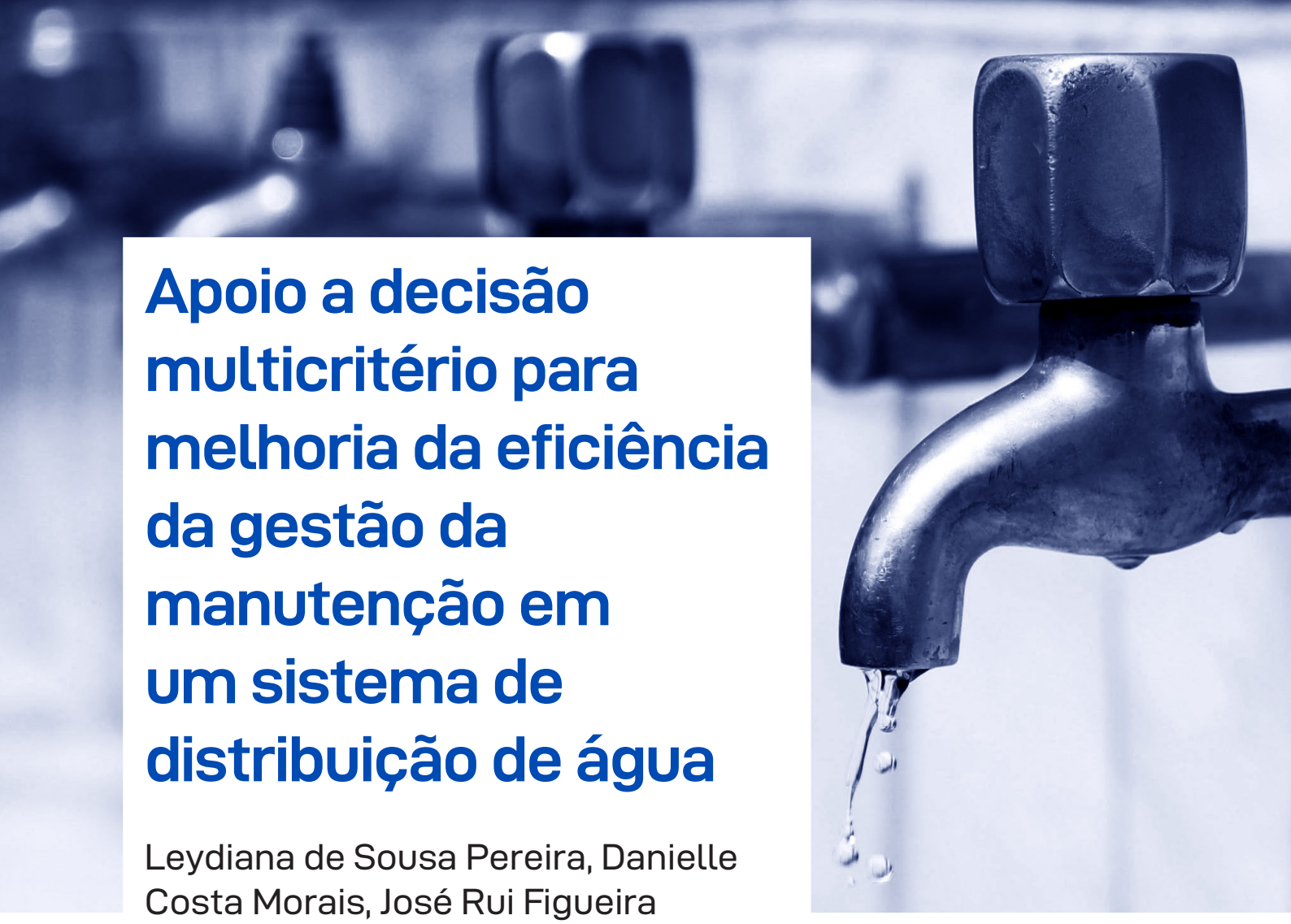
eafrej@cdsid.org.br

Referência

ROSELLI, L. R. P., FREJ, E. A., FERREIRA, R. J. P. ; ALBERTI, A. R. ; de ALMEIDA, A T . Utility-Based Multicriteria Model for Screening Patients under the COVID-19 Pandemic. Computational and Mathematical Methods in Medicine, v. 2020, p. 1-8, 2020.

UFPE

CDSID UFPE
Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão



Apoio a decisão multicritério para melhoria da eficiência da gestão da manutenção em um sistema de distribuição de água

Leydiana de Sousa Pereira, Danielle Costa Morais, José Rui Figueira

Em tempos de maior preocupação com o meio ambiente, fazer uso de metodologias formais de apoio a decisão pode garantir decisões mais eficientes e sustentáveis. Nesse sentido, o problema de decisão sobre o gerenciamento das atividades de manutenção em sistema de abastecimento de água, quando bem fundamentadas e ponderadas, relaciona-se a benefícios como: maior confiabilidade do processo produtivo, redução dos custos operacionais, maior efetividade no uso dos recursos, melhoria da qualidade do serviço prestado, além de um aumento no nível de satisfação dos consumidores.

Diante desses aspectos, percebe-se que múltiplos objetivos estão envolvidos na tomada de decisão para a gestão da manutenção. No entanto, observa-se que é comum para este tipo de processo decisório a preocupação apenas com os parâmetros operacionais, sem levar em consideração outras variáveis que são também relevantes.

Nesse contexto, foi proposto um modelo de apoio à decisão multicritério que considera múltiplos objetivos para a alocação das atividades de manutenção (isto é, um problema típico de gestão) no sistema para distribuição de água na Ilha de Itamaracá/PE, que compõe juntamente com outros 15 municípios a Região Metropolitana do Recife (RMR).

Conhecendo o problema

Inicialmente é fundamental conhecer a região em estudo. Percebe-se que, diante da dimensão física do problema, uma maneira de propor uma solução é segmentar a região em estudo e classificá-las por níveis de criticidade. Dessa maneira, as alternativas do problema de decisão corresponderiam a cada segmento da região. Para o caso abordado, foi considerado como critério de segmentação as informações comerciais da própria companhia de abastecimento, o que resultou em 11 alternativas.

Em seguida, os critérios (objetivos) do problema de decisão foram definidos. Em uma visão ampla, foram con-

sideradas as necessidades dos diversos *stakeholders*, sejam eles: a própria companhia de abastecimento, os consumidores, os entes públicos e os agentes sociais. Neste caso, foram levados em conta cinco critérios: (1) número de ligações ativas; (2) número de ligações não comerciais ativas; (3) nível de pressão externa; (4) nível de interferência nas atividades diárias; e (5) impacto financeiro.

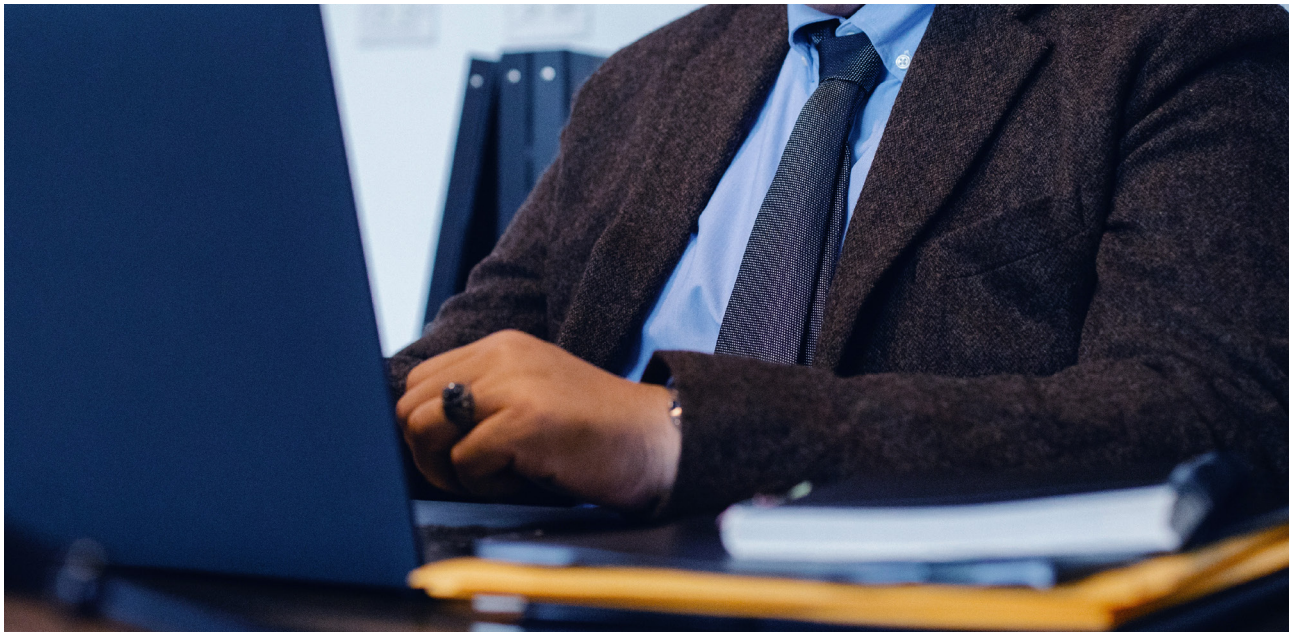
O objetivo central deste problema de decisão consistiu em conhecer os segmentos mais críticos para receber as atividades de manutenção prioritariamente. Foram propostas três categorias de criticidade: alta, moderada e baixa. Essa é uma informação bem relevante, pois as companhias brasileiras de abastecimento de água carecem de capital humano e materiais para atender a toda a demanda. Então, conhecendo-se os segmentos prioritários, as decisões da gestão da manutenção tendem a se tornarem mais eficientes. Consequentemente, podem auxiliar para a redução de problemas como as perdas físicas de água, que em Pernambuco atingem níveis acima de 50%. Ou seja, mais da metade do volume de água tratado e entregue a rede de distribuição é perdido, não chegando a ser faturado pela companhia de abastecimento, seja por vazamentos nas tubulações ou mesmo por consumo clandestino.

O objetivo central deste problema de decisão consistiu em conhecer os segmentos mais críticos para receber as atividades de manutenção prioritariamente

Matriz de avaliação

Diante das informações do problema de decisão, construiu-se uma matriz de avaliação contendo as performances de cada alternativa por cada um dos critérios considerados. O decisor é o ator que expressa as suas preferências para as avaliações das alternativas e, neste caso, foi considerado o gestor do setor de manutenção da companhia de abastecimento da região em estudo. A Tabela 1 contém a matriz de avaliação para o problema em questão.

Esta matriz de avaliação representa os dados de entrada para o procedimento de decisão multicritério. Outra informação essencial foi a avaliação da importância relativa entre os critérios, ou seja, quais critérios proporcionarão maior valoração nas análises das alternativas. Dessa maneira, realizando um simples procedimento com cartões nomeados com os respectivos critérios que deveriam ser postos em ordem e separados em número de importância por cartões em branco essa informação foi obtida.



A decisão multicritério - o método ELECTRE TRI-nC

O método de apoio a decisão Electre Tri-nC é uma abordagem de sobreclassificação que permite classificar alternativas em categorias pré-definidas, como o nosso caso. Essa classificação requer a determinação de valores de perfis, que podem ser tratados como limiares entre as categorias. De posse de todos esses parâmetros, juntamente com a matriz de avaliação, aplicou-se o Electre Tri-nC.

Como resultado, foi gerada a segmentação da região em estudo nas três categorias conforme a Figura 1.

Os resultados alcançados com o modelo serviram para aperfeiçoar as decisões da gestão da manutenção, uma vez que conhecer os pontos de maior criticidade para uma região torna mais eficiente o uso de recursos. Esses resultados também permitiram propor um plano de gerenciamento estratégico para a manutenção pelos próximos 12 meses que, se aplicado corretamente, pode gerar uma redução estimada de 25% no nível de perdas de água na rede de distribuição.

É importante ressaltar que neste planejamento foram identificadas desde ações simples, como o desenvolvimento de campanhas para o uso racional da água e a atualização dos cadastros comerciais dos consumidores, até ações mais complexas, como a investigação de vazamentos não visíveis, a instalação de bombas de pressão e mesmo a setorização da rede de distribuição, compreendendo atividades que devem ser empreendidas pela gestão da manutenção. Finalmente, é importante destacar que o modelo proposto para essa região pode ser utilizado para outras áreas do município dessa mesma empresa ou por outras empresas, com as devidas adaptações para as especificidades locais da região.

Os resultados alcançados com o modelo serviram para aperfeiçoar as decisões da gestão da manutenção, uma vez que conhecer os pontos de maior criticidade para uma região torna mais eficiente o uso de recursos

Leydiana de Sousa Pereira

Danielle Costa Morais

José Rui Figueira

Os Pesquisadores

Leydiana de Sousa Pereira
É aluna de doutorado em Engenharia de Produção pela UFPE. Obteve também pela UFPE o grau de mestre em Engenharia de Produção em 2017 e de bacharel em Administração em 2015. Tem interesse em pesquisas relacionadas a tomada de decisão para o gerenciamento de recursos hídricos e na análise comportamental do decisor.

Danielle Costa Morais
É Professora Associado da UFPE e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). É vice coordenadora do INCT-INSID (Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão). É pesquisadora líder do Decision and Negotiation for Water Management Research Group DNW (www.dnw.org.br). Tem atuado nas principais sociedades científicas, nacionais e internacionais, da sua área de atuação, sendo destaque a ANPEPRO, INFORMS GDN Section e INFORMS MCDM Section. Sua principal linha pesquisa de atuação é Pesquisa Operacional com ênfase para Estruturação de Problemas, Decisão Multicritério, Decisão em Grupo e Negociação.

José Rui Figueira
É Professor Associado do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, e pesquisador do CEG-IST, Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico e LAMSADE, Universidade de Paris-Dauphine, França. Tem atuado nas principais sociedades científicas da sua área de atuação, sendo eleito em 2019 presidente da International Society on Multiple Criteria Decision Making. Desta mesma sociedade, recebeu a Medalha de Ouro, como reconhecimento aos seus trabalhos. Suas áreas de pesquisas são relacionadas a análise de decisão multicritério, otimização multiobjetivo, programação inteira e otimização combinatória.

Contato

dcmorais@insid.org.br

Referência

PEREIRA, L.S.; MORAIS, D.C.; FIGUEIRA, J.R. Using criticality categories to evaluate water distribution networks and improve maintenance management. Sustainable Cities and Society, 61, 102308. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102308

VIRTUS IMPAVIDA
UFPE

DNW
Decision and Negotiation for Water Management Research Group

CEG · IST
CENTRO DE ESTUDOS DE GESTÃO DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO | TÉCNICO LISBOA

SIMG - Sistema Integrado de Monitoramento de Gestantes: uma inovação baseada em inteligência artificial e métodos de apoio à decisão acelerada pela pandemia de COVID-19

Cristiano Torezzan, Rodolfo de Carvalho Pacagnella

A crise mundial provocada pela pandemia de COVID-19 tem desafiado os sistemas de saúde de todo o mundo. Desde o anúncio da pandemia, temos acompanhado o esforço de médicos, cientistas, governantes e indústrias no desenvolvimento das mais variadas soluções com o objetivo de mitigar o efeito do vírus sobre a população. Exemplos de soluções que se tornaram populares incluem respiradores, fármacos, vacinas e protocolos de tratamento.

Em paralelo, duas preocupações conflitantes desafiam médicos, enfermeiras e gestores de saúde: de um lado a sobrecarga no atendimento de pacientes com sintomas respiratórios, de outro o potencial agravamento do estado de saúde de pacientes que deixaram de fazer acompanhamentos clínicos e procedimentos de rotina, em função do risco de contrair o coronavírus nos hospitais.

Neste contexto, torna-se urgente o desenvolvimento de tecnologias de apoio à assistência médica e acompanhamento remoto de pacientes. Métodos de inteligência artificial integrados à comunicação digital têm possibilitado o desenvolvimento de sistemas de monitoramento e de apoio a decisão que respondem, não apenas às necessidades emergentes da pandemia, mas podem resultar em soluções inovadoras para outras áreas de saúde pública.

Um desses exemplos é o Sistema Integrado de Monitoramento de Gestantes (SIMG), que está sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Campinas (UNICAMP), em parceria com uma *startup* do setor de saúde. Um fato inusitado desta pesquisa, mas não raro em ciência, é que o SIMG surgiu a partir da demanda de outra solução: a pré-triagem de pacientes com suspeita de COVID-19.

Com objetivo de dar agilidade ao processo de pré-triagem de pacientes em postos de atendimento, uma equipe de pesquisadores da força-tarefa COVID-Unicamp desenvolveu um sistema que permite que o paciente preencha seus dados pessoais e os principais sintomas, sem a necessidade de aguardar na fila ou pegar senhas ao chegar num posto de atendimento. O sistema é baseado em web (não precisa instalar nenhum aplicativo) e utiliza um chatbot (algo parecido com aplicativos de trocas de mensagem) que faz perguntas típicas que são respondidas num pré-atendimento hospitalar.

Os dados coletados são automaticamente enviados para um terminal, onde enfermeiras e auxiliares podem verificar a lista de pacientes que aguardam por atendimento. Algoritmos de inteligência artificial utilizam os dados informados pelos pacientes para organizar a fila em ordem de prioridade e estimam a chance de cada paciente estar com uma determinada doença. Para o atendimento de pacientes com sintomas respiratórios, o sistema está parametrizado para predizer a chance de pacientes estarem contaminados com COVID-19.

Após a consulta com um médico, os pacientes que forem encaminhados para casa são monitorados pelo sistema, que envia mensagens ao celular do paciente (ou do responsável) para obter informações sobre o seu estado de saúde e a evolução de seus sintomas através de um mecanismo similar ao utilizado na triagem.

Quando o sistema de triagem foi implantado no Centro de Atenção Integral à Saúde da Mulher (CAISM–UNICAMP), os pesquisadores perceberam que uma solução similar poderia gerar um impacto disruptivo no monitoramento de pacientes gestantes. Um sistema de monitoramento remoto poderia não apenas auxiliar no acompanhamento pré-natal das pacientes, mas também prever com antecedência potenciais agravantes da gestação e antecipar o atendimento de casos graves. Dessa forma, o sistema de triagem foi aprimorado e deu origem ao SIMG.

Sobre o SIMG

O Sistema Integrado de Monitoramento de Gestantes (SIMG), foi idealizado para conectar pacientes gestantes às equipes médicas através do uso de sistemas de informação e técnicas de inteligência artificial que dão suporte ao atendimento via telemedicina. A comunicação com as pacientes é mediada por aplicativos de troca de mensagens (chatbots) acessados no celular ou via um navegador de Internet. O estado de saúde das pacientes é monitorado constantemente através de conversas no aplicativo. Os dados informados são armazenados de forma criptografada em nuvem e alimentam algoritmos de apoio à decisão e estratificação de risco.

O SIMG é composto por camadas interligadas, que utilizam um mesmo canal de informação para que a paciente possa fazer, desde uma simples verificação de rotina até um monitoramento remoto mais detalhado com acompanhamento via telemedicina.

Primeiro contato: no primeiro acesso da paciente o sistema perguntará algumas informações pessoais e sobre o seu estado geral de saúde, com ênfase na predição de risco de contaminação por COVID-19. Nesta etapa, que pode ser realizada com apoio da equipe de saúde, a paciente também criará um login (número do celular) e uma senha para acessar o sistema. As informações enviadas pela paciente serão tratadas por algoritmos de inteligência artificial e de apoio à decisão clínica que indicarão desde o risco da paciente estar

Após a consulta com um médico, os pacientes que forem encaminhados para casa são monitorados pelo sistema, que envia mensagens ao celular do paciente (ou do responsável)

contaminada com COVID-19 até a urgência de um atendimento médico.

Monitoramento remoto: após o primeiro contato e os devidos cadastros, o sistema passa monitorar remotamente as pacientes por meio do envio de mensagens periódicas para que a paciente informe seu estado de saúde e a evolução de sua gestação. Caso a situação de alguma paciente não esteja evoluindo de acordo com o previsto ou seu estado de saúde se agrave, o sistema emitirá uma mensagem ao médico (ou equipe de assistência responsável pela paciente) para que seja providenciado o atendimento médico.

Acompanhamento em escala: como a inserção da maior parte dos dados é feita pelas próprias pacientes, através da mediação de um sistema de informação, o SIMG permite atender simultaneamente um número muito grande de gestantes, cuja evolução pode ser acompanhada através do monitoramento dos indicadores de risco e do estado de saúde das pacientes. Esses dados são tratados como sigilosos e ficam disponíveis apenas para as equipes assistenciais e médicas de cada paciente.

O projeto-piloto do SIMG está em teste no CAISM-Unicamp desde agosto de 2020 e foi projetado para ser ampliado para escala nacional.

Desafios Científicos

Além dos cuidados inerentes à implantação e regulação da telemedicina, em seus aspectos técnicos e éticos, o SIMG envolve desafios interessantes na área de modelagem de preferência e teoria de decisão. Idealmente, sistemas como o SIMG são projetados para aprender com dados, ou seja, é esperado que a qualidade dos indicadores de risco melhore a medida que o número de usuários cresça. No entanto, para que o sistema entre em operação, faz-se necessária a parametrização de indicadores de risco sem que o sistema tenha tido contato com os primeiros pacientes.

Para contornar esse problema, a primeira versão do SIMG foi desenvolvida sob a supervisão de uma equipe de médicos e especialistas em acompanhamento de gestantes, aliada a uma rigorosa revisão da literatura científica sobre os principais sintomas e indicadores de risco em gravidez.

A experiência dos médicos e os indicadores apontados pela literatura científica foram convertidos na forma de perguntas que são feitas às pacientes através do aplicativo de troca de mensagens. As respostas obtidas recebem pesos (a princípio, pré-estabelecidos) que resultam em indicadores de risco que são constantemente reavaliados pela equipe médica. É esperado que com o aumento do número de usuários e interações com o sistema, os pesos das respostas e os indicadores de risco sejam reavaliados com apoio de algoritmos de inteligência artificial. Isso permitirá aos pesquisadores a condução de novos estudos, como por exemplo, encontrar associações entre variáveis que tradicionalmente são difíceis de mensurar ou até mesmo desconhecidas. Atualmente, o grupo de pesquisadores que atuam no SIMG já investigam a associação entre variáveis socioeconômicas e ambientais, tais como renda, acesso a saneamento e poluição do ar, com indicadores importantes de saúde materna como peso da criança ao nascer, risco de parto prematuro e prospecção do uso de UTI neonatal.

Cristiano Torezzan

Rodolfo de Carvalho Pacagnella

Os Pesquisadores

Cristiano Torezzan
É professor e pesquisador em dedicação exclusiva do Laboratório de Análise de Dados e Apoio à Decisão da Faculdade de Ciências Aplicadas da UNICAMP. Tem graduação em matemática pela UNEMAT e doutorado direto em matemática aplicada pela UNICAMP. Seus temas de pesquisa concentram-se nas áreas de Pesquisa Operacional e Teoria de Informação, com ênfase em modelagem matemática, análise de dados, apoio à decisão multi-critério e métodos matemáticos para inteligência artificial.

Contato

torezzan@unicamp.br

Rodolfo de Carvalho Pacagnella
É professor e pesquisador em dedicação exclusiva do Departamento de Tocoginecologia da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP. Rodolfo tem graduação em medicina e mestrado em saúde coletiva pela USP e doutorado em Tocoginecologia pela UNICAMP. Tem experiência na área de Ginecologia e Obstetrícia e Saúde Coletiva, com ênfase em Saúde Pública, atuando principalmente nos seguintes temas: mortalidade materna, morbidade materna grave, prevenção da prematuridade, sexualidade e saúde sexual e reprodutiva.

UNICAMP

LAD²

Caism UNICAMP

Apoio multicritério para gestão de sistemas produtivos discretos

Isaac Pergher, Adiel Teixeira de Almeida

Crédito: Freepik

A estratégia de produção descreve um plano de ações que buscam aumentar a participação no mercado consumidor e garantir a sustentabilidade da empresa no longo prazo. Dentro do planejamento estratégico da empresa, a estratégia de produção vincula as decisões de longo e curto prazo e desenvolve as competências que a organização necessita para gerar valor aos clientes e acionistas. Durante o desenvolvimento deste plano, é necessário adequar o sistema produtivo em consonância aos objetivos estratégicos que a empresa deseja alcançar. Neste sentido, aspectos como o tipo de processo, a abordagem a ser aplicada para a gestão do fluxo de materiais e o arranjo físico, entre outros, precisam ser analisados.

Ao considerar sistemas produtivos *job-shop* e conwip (*constant work in process*) no cenário da estratégia de produção, cada um dos dois tipos exige a determinação de ações operacionais distintas, que podem proporcionar um desempenho adequado para um conjunto específico de objetivos (ou critérios) e, ao mesmo tempo, gerar resultados insatisfatórios em outros objetivos. Neste contexto, o uso de ferramentas que auxiliem o processo decisório, como a Simulação Computacional e os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDM/A), pode contribuir com a definição dos parâmetros operacionais, de modo a proporcionar vantagem competitiva.

O uso de ferramentas que auxiliem o processo decisório, como a Simulação Computacional e os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDM/A), pode contribuir com a definição dos parâmetros operacionais, de modo a proporcionar vantagem competitiva

Definição dos parâmetros operacionais em sistemas conwip e job-shop

Para sistemas com fluxo de materiais controlados pelo conwip e orientados a produzir para estoque (MTS), pesquisas anteriores mostram que o desempenho deste tipo de sistema produtivo é dependente dos níveis de estoque em processo e de produtos finalizados. Esta condição é explicada pela Lei de Little a partir de três parâmetros, que são o estoque em processo (*w*), taxa de produção (*th*) e lead time (*ct*). Assim, ao considerar w igual a zero, o aumento gradativo deste estoque proporciona um melhor desempenho para *th*, que será limitado pela capacidade do(s) recurso(s) restritivo(s). No entanto, quando *th* for igual à capacidade do recurso gargalo, o incremento no nível de w para proteger o gargalo contra paradas não planejadas provocará o aumento no *ct*.

Ao mesmo tempo, o volume de estoque de produtos prontos controlado pela política MTS afeta diretamente os custos de armazenagem (*hc*) e de vendas perdidas (*sc*). Uma vez que a disponibilidade dos produtos requisitados pelos clientes também depende de *th* e *ct*, o problema consiste em definir os níveis de *w* e de produtos prontos à luz das consequências sobre *th*, *ct*, *sc* e *hc*, de modo a obter um alinhamento entre a gestão de estoques e os planos de demanda e capacidade.

Em sistemas *job-shop* que operam sob a estratégia *make-to-order* (MTO), a literatura mostra que o fluxo dos materiais no tempo e no espaço pode ser gerenciado pelo uso de regras que priorizam as ordens já liberadas para o chão de fábrica e que aguardam na fila para processamento. Além disso, existe a possibilidade de se utilizar regras para controlar a liberação de ordens para produção (o que afeta diretamente no nível de w) e, também, de empregar regras que norteiam a definição da data de entrega das ordens.

O baixo desempenho para um determinado conjunto de objetivos que impacta nos objetivos estratégicos da empresa pode afetar significativamente a obtenção de vantagem competitiva no longo prazo

Em relação ao uso de regras de prioridade (ou sequenciamento), a literatura é rica em exemplos que, em muitos casos, maximizam o desempenho do sistema para um único objetivo. Para os casos em que se busca a determinação das regras e parâmetros inerentes para os três níveis de controle (entra-

da, liberação e priorização das ordens), a combinação dessas regras pode proporcionar um desempenho satisfatório em um objetivo e, ao mesmo tempo, um desempenho baixo para outro objetivo. Neste contexto, o baixo desempenho para um determinado conjunto de objetivos que impacta nos objetivos estratégicos da empresa pode afetar significativamente a obtenção de vantagem competitiva no longo prazo.

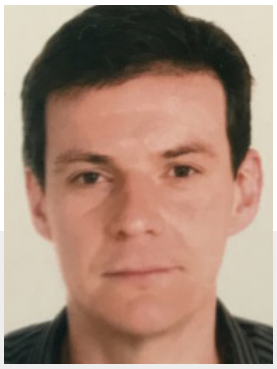
Decisão multicritério sobre os parâmetros operacionais

A fim de abordar o problema de definição de parâmetros operacionais em sistemas *job-shop* e conwip, três modelos de decisão foram propostos e testados utilizando dados realísticos. O primeiro modelo é baseado no método FITradeoff, que permite a avaliação de diferentes combinações envolvendo regras para o controle da atribuição da data de entrega, seleção e priorização de ordens em sistemas *job-shop*. Este modelo utilizou dados realísticos de uma emprega que produz calçados femininos e as múltiplas consequências foram avaliadas sobre os seguintes critérios: (1) custo total associado à implantação de uma alternativa; (2) quantidade produzida de todos os tipos de produtos; (3) lead time total e atraso dos pedidos.

O segundo modelo integra a Teoria da Utilidade Multiatributo com o *Rank Dependent Utility* para apoiar a escolha de regras de prioridade em sistemas *job-shop* em relação ao número de pedidos em atraso, lead time total e atraso dos pedidos. Finalmente, o terceiro modelo emprega a Teoria da Utilidade Multiatributo para subsidiar a determinação de parâmetros operacionais em sistemas conwip a luz das potenciais consequências de superestimar e de subestimar os níveis de estoque em processo e de produtos prontos. Em ambos os casos, dados realísticos de empresas do segmento metal-mecânico foram utilizados.

Os resultados obtidos sugerem vantagens para o planejamento e controle da produção no que tange a avaliação dos tradeoffs entre múltiplos atributos de desempenho, que na maioria das vezes são conflitantes. O emprego das ferramentas de apoio a decisão permitiram encontrar soluções factíveis e que podem efetivamente promover ganhos para as indústrias.

Os resultados obtidos sugerem vantagens para o planejamento e controle da produção no que tange a avaliação dos tradeoffs entre múltiplos atributos de desempenho, que na maioria das vezes são conflitantes



Isaac Pergher

Adiel Teixeira de Almeida

Os Pesquisadores

Isaac Pergher
Possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2008), mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2011) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (2018). Atualmente é professor adjunto do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Pernambuco; membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste/UFPE (PPGEP/CAA); é professor do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção (Recife-PE). Faz parte do grupo de pesquisa em Engenharia Econômica e Otimização Combinatória (GEEOC). Possui interesse principalmente em temas relacionados a Simulação por eventos discretos, Decisão Multicritério, Lógica Fuzzy e Gestão da Produção.

Adiel Teixeira de Almeida
É professor titular da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde atua como coordenador do Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (www.cdsid.org.br). Tem trabalhado no desenvolvimento e avanços metodológicos em apoio a decisão com múltiplos objetivos e de decisão em grupo, e na aplicação de métodos em diversos contextos, incluindo modelagem estratégica, gestão de portfólio, gestão de projetos, terceirização, gestão da informação, gerenciamento de riscos, engenharia de confiabilidade e manutenção, e qualidade.

Contato

eng.isaac@hotmail.com

Referências

Pergher, I., Frej, E. A., Roselli, L. R. P., de Almeida, A. T., 2020. Integrating simulation and FITradeoff method for scheduling rules selection in job-shop production systems. International Journal of Production Economics, v. 227, 107669.

Pergher, I., de Almeida, A.T., 2018. A multi-attribute, rank-dependent utility model for selecting dispatching rules. Journal of Manufacturing Systems, 46, 264-271.

Pergher, I., de Almeida, A.T., 2017. A multi-attribute decision model for setting production planning parameters. Journal of Manufacturing Systems, 42, 224-232.

UFPE

CDSID UFPE
Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão

Entrevista com **Leonardo Lins**

A importância de avanços em pesquisas em sistemas, informação e decisão para o setor elétrico

A INSID Magazine traz nesta edição a entrevista com Leonardo Lins de Albuquerque, que fala sobre sua experiência como executivo do setor elétrico e destaca a contribuição da pesquisa operacional e os modelos multicritérios de apoio a decisão para sua formação e atividade profissional. Nesta conversa, ele comenta também sobre os desafios de pesquisa para os próximos anos do setor.

Faça um breve resumo da sua formação e da sua carreira.

Minha formação profissional de engenheiro eletricista, graduado 1969 pela Escola de Engenharia da Universidade de Pernambuco, se desenvolveu na Chesf na qual entrei em março de 1967, ainda estudante de engenharia, enquadrado como Acadêmico de Engenharia, algo como o que hoje se chama um trainer. Em função disso me dediquei ao campo de Sistemas de Potência, tendo feito pós graduação na Escola de Engenharia de Campina Grande da UFPb, em 1972, com extensão em 1973 na Waterloo University, no Canadá. Na Chesf, uma vez contratado como engenheiro, em janeiro de 1970, atuei inicialmente como gerente do Serviço de Proteção e Controle, tendo sido pioneiro aqui em Recife no uso de computador digital em estudos de cálculo de curto-circuitos, utilizando o IBM 1130 da UFPE, de apenas 8K de memória. Em setembro de 1971, paralelamente às minhas atividades na Chesf, assumi a disciplina de Circuitos Elétricos na Escola de Engenharia da UFPE e em 1974 a de Geração e Transmissão de Energia Elétrica, tendo encerrado as minhas atividades na UFPE em 1975 em face aumento de responsabilidades gerenciais na Chesf. Naquela empresa, ascendi a várias posições na área de Operação e de Engenharia, culminando em assumir em novembro de 1972 ao cargo de Diretor de Engenharia e Construção, o qual exerci até janeiro de 2003.

Desliguei da CHESF em junho de 2005, passando a atuar como consultor contratado pelo Ministério de Minas e Energia até agosto de 2006, quando assumi a Diretoria de Energia e Meio Ambiente da LIGHT no Rio de Janeiro. Em maio de 2008 deixei a LIGHT e, contratado pela ELETROBRAS, assumi a Diretoria de Planejamento e Expansão de

seis empresas distribuidoras da ELETROBRAS. Em fevereiro de 2012, assumi a Presidência da CELG Distribuidora em Goiás, empresa daquele estado, durante o processo de transferência do controle acionário para a ELETROBRAS, missão concluída em março de 2015, quando passei a atuar como Assistente do Diretor de Distribuição da ELETROBRAS apoiando o processo de privatização das seis empresas distribuidoras, processo esse concluído apenas no final de 2018. Desde então passei a atuar como consultor na área de planejamento de sistemas elétricos, implantação de empreendimentos, assuntos regulatórios e comercialização de energia.

Você pode nos falar um pouco sobre as pesquisas que você desenvolveu na temática de Sistemas, Informação e Decisão?

Eu me despertei para essa temática apenas em março de 2004, quando, ainda na Chesf, vim participar do Mestrado Profissional do PPGEP/UFPE buscando ampliar meus conhecimentos na área de Pesquisa Operacional, tendo desenvolvido Dissertação, apresentada e aprovada em fevereiro de 2005, focando uma proposta para uso de abordagem de otimização multiobjetivo no planejamento da expansão da geração no sistema elétrico brasileiro, infelizmente até agora pouco usado. Foi naquele ano de 2004 que passei a tomar conhecimento da Teoria de Decisão sob Incertezas, cursando disciplina proferida pelo Prof. Fernando Campello, que havia sido inclusive meu colega de turma na Escola de Engenharia, e a me interessar sobre os métodos multicritérios, provocado pelo Prof. Adiel Almeida, o qual havia trabalhado e me assessorado na Chesf, porquanto, pela minha experiencia de gerente e executivo, enxerguei quantas vezes eu poderia ter sido melhor ins-

truído ou mesmo ter tomado melhores decisões se tivesse conhecimento mais amplo dos métodos disponíveis.

Em consequência, iniciei em março de 2005 um doutorado no PPGEP/UFPE com objetivo de ampliar e consolidar a modelagem da proposta contida na Dissertação e ampliar meus conhecimentos nesse campo, contudo em função das atividades como Diretor da LIGHT, em 2006 a 2008, tendo que residir no Rio, tive que abandoná-lo, vindo só agora em 2020, por provocação e estimulo do Prof. Adiel Almeida, a retomar o projeto do doutorado e retornar à gratificante participação no PPGEP/UFPE, tendo tido a satisfação de constatar a imensa evolução da qualificação dos professores e pesquisadores hoje integrantes do PPGEP/UFPE.

De forma geral, cite exemplos de algumas complexidades de processos decisórios típicos do setor elétrico.

No campo do Setor Elétrico, aqui no Brasil, destaco primeiro o planejamento da expansão, foco da minha dissertação, no qual além de ser necessário definir um bom mix das fontes de geração de energia, a abordagem não pode se fixar apenas no critério mínimo custo, o que hoje ainda prevalece. A garantia do atendimento contínuo de eletricidade, minuto a minuto, a minimização dos efeitos ambientais negativos, a consideração tanto dos benefícios e dos malefícios às populações direta e indiretamente afetadas pelos novos empreendimentos, são questões que necessariamente precisam ser consideradas, e para tal a abordagem de decisão com enfoque multicritério é o caminho natural a ser utilizado.

Além da questão do planejamento da expansão da oferta de energia, são amplas as complexidades existentes no Setor, principalmente a nível das empresas, seja na escolha de locais para novas instalações, de alocação de recursos, de alternativas de fornecedores, de despachos de geração, entre outros, que vejo como campo aplicável da Teoria de Decisão.

Como você começou a se envolver com a modelagem de problemas com métodos de apoio a decisão? E qual a impacto que a academia trouxe para a sua vida profissional?

Antes de 2004, quando iniciei o Mestrado Profissional, meus conhecimentos nesse campo eram muito rudimentares. Apenas conhecia o AHP, tendo o aplicado uma única vez num processo de ordenação de membros da equipe de uma unidade organizacional da Chesf que eu gerenciava, ordenação essa sob três critérios que subsidiou delicada decisão em grupo, com meus gerentes subordinados, de identificar lista de empregados a demitir, um processo desgastante e delicado. Posteriormente ao Mestrado, no exercício das diversas funções de executivo que assumi, em algumas ocasiões organizei meus processos decisórios, buscando melhor racionalizá-los, avaliando sistematicamente sempre as possíveis consequências das

Crédito: Freepik

ações que se apresentavam possíveis de seguir.

Quais as principais vantagens que você percebe do uso desse tipo de modelagem para apoiar a decisões do setor elétrico, seja nos mais diversos níveis dentro das organizações (operacional, gerencial e estratégico)?

As decisões gerenciais, na pressão do dia a dia, nas empresas, em geral são tomadas com base na experiência pretérita dos decisores, sejam eles de qualquer nível, ou mesmo no achismo. Depois vem as consequências, como dizia o Conselheiro Acácio, personagem criada pelo escritor português Eça de Queiroz. Pela minha experiência pessoal, é fundamental que qualquer gerente ou executivo conheça a Teoria de Decisão sob enfoque multicritério, pois rara vez uma decisão deve atender apenas um único critério. Vejo que muito, ainda, as organizações precisam avançar nessa área, principalmente no sentido dos níveis mais elevados das organizações conheçam o potencial dos métodos disponíveis e abram espaço para que a turma jovem, entrante nas empresas, que já tenham bons conhecimentos nesse campo, tenham espaço para bem instrui-los nas decisões.

Que potenciais desafios de pesquisa você indicaria como relevantes para o setor elétrico nos próximos anos?

Para mim é a montagem de um plano de expansão para um horizonte de longo prazo, que considere não apenas o objetivo econômico, qual seja, minimização do custo de investimento e de operação, mas também a garantia do atendimento (disponibilidade de potência) para atender a carga continuamente, os impactos ambientais e os benefícios sociais. É uma tarefa do Ministério de Minas e Energia, hoje apoiado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), um papel de Estado e não de Governo. Na minha visão somente com esse enfoque amplo, será possível evitar que o planejamento da evolução do atendimento de energia elétrica fica menos imune aos múltiplos interesses econômicos das empresas e da geopolítica internacional.

Inteligência artificial como suporte a tomada de decisão para previsão de novos casos do coronavírus (COVID-19)

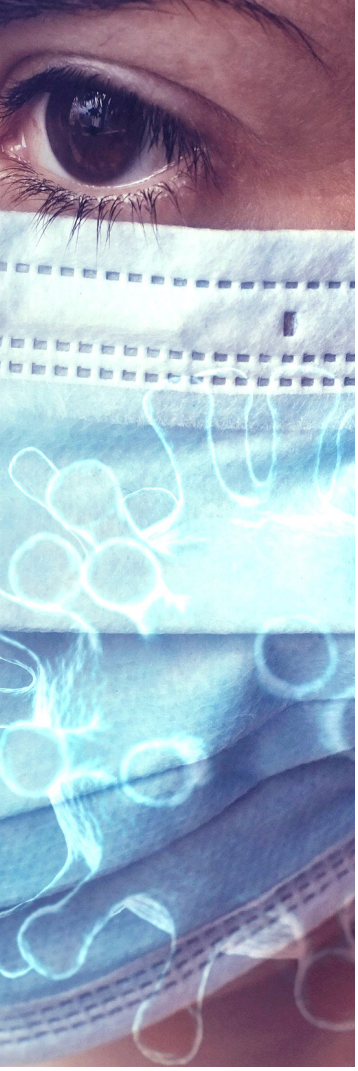
Matheus Henrique Dal Molin Ribeiro, Ramon Gomes da Silva, José Henrique Kleinübing Larcher, Viviana Cocco Mariani, Leandro dos Santos Coelho

A COVID-19 é uma doença infecciosa causada pelo chamado novo coronavírus (ou SARS-CoV2) e induzida por síndrome respiratória aguda grave. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) grande parte da população terá casos leves ou moderados da doença respiratória e se recuperará sem a necessidade de tratamento especial. No entanto, vários estudos estão sendo desenvolvidos e os resultados preliminares indicaram que pessoas com problemas médicos subjacentes, tais como doenças cardiovasculares, diabetes, doenças respiratórias crônicas, obesidade e câncer são mais propensas a desenvolver lesões graves devido ao coronavírus. Além disso, o COVID-19 pode causar lesões pulmonares extensas e múltiplas, comprometendo assim o sistema respiratório dos pacientes e os levando ao óbito.

O coronavírus se espalhou pelo mundo com uma velocidade assustadora. Até novembro de 2020, de acordo com a OMS, aproximadamente 46 milhões de pessoas tinham sido infectadas e 1,2 milhão foram a óbito devido a complicações causadas pela COVID-19. O número de recuperados ultrapassava os 32 milhões. Por sua vez, na mesma época, o Brasil já tinha superado os 5, 5 milhões de casos confirmados, mais de 160 mil mortes, assim como 4 milhões de pessoas recuperadas, ocupando naquele momento a terceira posição no ranking mundial em número de casos confirmados da COVID-19, sendo superado apenas pelos Estados Unidos da América e Índia.

Modelos de previsão para combater o novo coronavírus

Considerando a importância de conhecer o cenário epidemiológico em relação à COVID-19 em um horizonte de curto prazo, bem como a necessidade de mitigar os efeitos da pandemia, o desenvolvimento de modelos

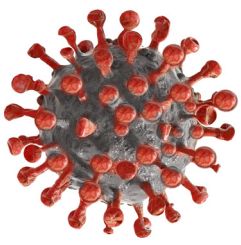


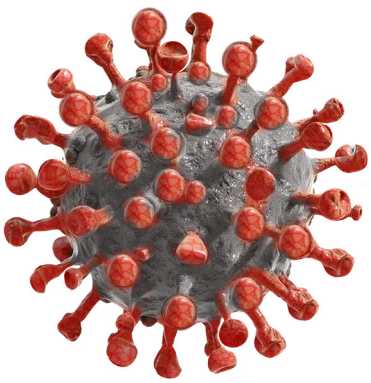
eficientes de previsão torna-se relevante. Por intermédio do uso de modelos epidemiológicos baseados em inteligência artificial (IA) é possível auxiliar os gestores de saúde no desenvolvimento de um planejamento estratégico para que possam realizar a tomada de decisões de forma mais assertiva. Alternativamente, modelos de previsão linear, bem como modelos de previsão híbridos (abordagens que consideram diferentes técnicas em um mesmo modelo) podem também ser adotados. As vantagens das abordagens de IA para a previsão de séries temporais residem na flexibilidade de serem capazes de tratar com diferentes tipos de variáveis, bem como na capacidade dessas abordagens de aprender o comportamento dinâmico dos dados e acomodar não linearidades, como o observado em dados epidemiológicos.

Devido à necessidade de se compreender o surto da COVID-19 e os fatores associados, ou variáveis exógenas, foram propostas duas abordagens para previsão do número acumulado de pessoas infectadas pelo COVID-19 até seis dias à frente. A primeira abordagem considerou uma combinação de um modelo estatístico e cinco modelos cujo princípio base está relacionado ao aprendizado de máquina, uma subárea da IA. O modelo estatístico se fundamenta na teoria de Box & Jenkins, e é descrito como auto-regressivo integrado de médias móveis (ARIMA). Os demais modelos utilizados são: regressão Cubist, Random Forests (RF), regressão Ridge (RR), máquina de vetores de suporte para regressão (SVR) e aprendizado de comitês na forma de stacking. Para análise e avaliação dos modelos adotados, foram considerados dados de 10 Estados brasileiros com número elevado de casos diários de pessoas infectadas pelo coronavírus até abril de 2020, que são: Amazonas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

Na segunda abordagem, uma técnica de pré-processamento de dados temporais chamada Decomposição de Modo Variacional foi associada aos modelos de aprendizado de máquina, rede neural artificial Bayesiana com regularização, regressão Cubist, k-vizinhos mais próximos, RF quantílica, e SVR. Como forma de investigar a influência de variáveis externas para previsão do COVID-19, oscilações climáticas como precipitação, temperatura (máxima e mínima) e umidade foram incorporadas nos modelos preditivos. Nesse estudo, dados de 5 Estados brasileiros e 5 Estados norte-americanos foram considerados. Entre os estados do Brasil encontram-se o Amazonas, Ceará, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo. Já os estados considerados para os Estados Unidos da América foram Califórnia, Illinois, Massachussets, Nova Jersei e Nova York.

Por intermédio do uso de modelos epidemiológicos baseados em inteligência artificial (IA) é possível auxiliar os gestores de saúde no desenvolvimento de um planejamento estratégico para que possam realizar a tomada de decisões de forma mais assertiva





Eficiência na previsão de casos de COVID-19

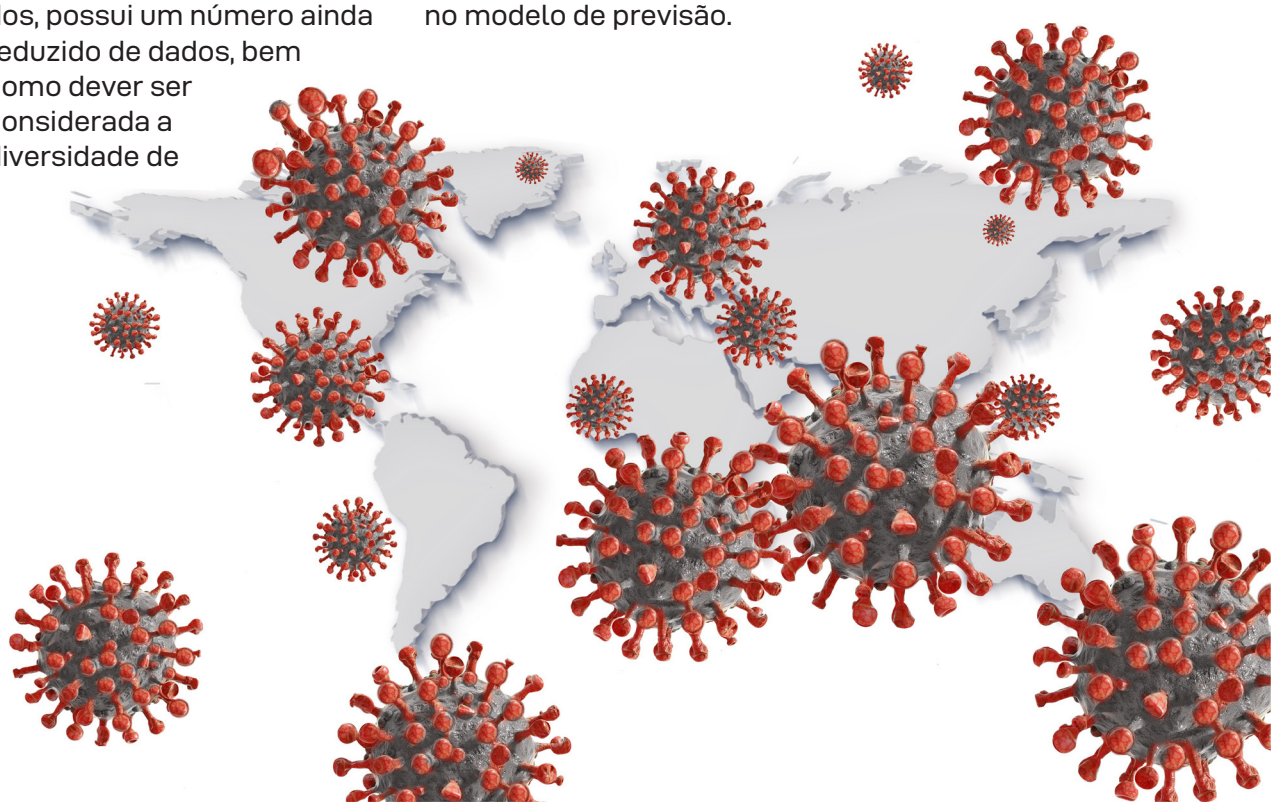
No que se refere aos resultados obtidos na primeira

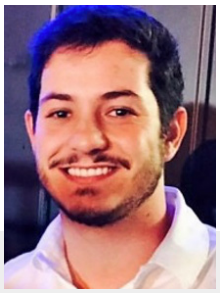
abordagem, foi possível inferir que o SVR e aprendizado de comitês na forma de stacking são ferramentas adequadas para a previsão de casos acumulados de COVID-19 para a maioria dos estados estudados. Essas abordagens foram capazes de prever os casos futuros de COVID-19 com eficiência, pois as não linearidades inerentes ao quadro epidemiológico avaliado foram acomodadas. Além disso, o modelo ARIMA pode ser considerado em alguns aspectos para um dia à frente, enquanto os modelos regressão Cubist e RR merecem atenção para o desenvolvimento desta tarefa em três e seis dias à frente. No entanto, embora os modelos discutidos em Ribeiro et al. (2020) tenham apresentado casos de previsão semelhantes aos observados, eles devem ser usados com cautela, visto que o fato analisado apresenta uma dinâmica caótica dos dados, possui um número ainda reduzido de dados, bem como dever ser considerada a diversidade de fatores exógenos que podem afetar as notificações diárias do COVID-19.

Por sua vez, no que se refere à segunda abordagem, foi possível inferir que o modelo regressão Cubist acoplado ao pré-processamento por decomposição de modo variacional se revelou adequado para prever casos acumulados de COVID-19 para a maioria dos estados analisados. Olhando para as previsões de COVID-19 com seis dias de antecedência, os modelos híbridos mostraram-se ferramentas mais eficientes do que os modelos que não incorporam pré-processamento prévio nos dados. Observou-se também que as variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, de fato influenciam no aumento da precisão ao prever os casos de COVID-19, e em alguns casos notou-se que as entradas climáticas alcançaram até 50% de importância no modelo de previsão.

Uma arma a mais no combate à pandemia

Mesmo com o bom desempenho alcançado em ambas as abordagens propostas, os modelos adotados devem ser utilizados com parcimônia. É notório o fato de que as notificações de casos de COVID-19 podem sofrer influência de fatores externos como mobilidade urbana, densidade populacional, entre outros e podem ser considerados em outros cenários. De modo geral, recomenda-se o uso das abordagens de IA discutidas nos dois artigos como ferramentas auxiliares para avaliação e previsão do crescimento de novos casos de COVID-19, uma vez que estes modelos podem apoiar gestores nos seus processos de tomada de decisão na luta contra o novo coronavírus.





Matheus Henrique Dal Molin Ribeiro

Ramon Gomes da Silva

José Henrique Kleinübing Larcher

Viviana Cocco Mariani

Leandro dos Santos Coelho

Os Pesquisadores

Matheus Henrique Dal Molin Ribeiro
Graduação em Matemática (2013) pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), mestrado em Bioestatística (2015) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Atualmente é doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). É professor associado do Departamento de Matemática (DAMAT) da UTFPR, câmpus Pato Branco.

Ramon Gomes da Silva
Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR (2019), Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará - UEPA (2016) com Graduação Sanduíche Internacional em Industrial Engineering pela University of Southern Indiana - USI (2014). Atualmente, doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas na PUCPR.

José Henrique Kleinübing Larcher
Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2019) com período sanduíche na Universidade de Tecnologia e Economia de Budapeste. Atualmente é mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da PUCPR.

Viviana Cocco Mariani
Graduação em Matemática pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (1993), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1997), doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002) e pós-doutorado em Sistemas de Informação na Università degli Studi di Padova (Itália, 2018). Professora titular do Departamento de Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e professora adjunta no Departamento de Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Leandro dos Santos Coelho
Graduação em Informática (1994) e Engenharia Elétrica (1999) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1997), doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2000) e pós-doutorado em Sistemas de Informação na Università degli Studi di Padova (Itália, 2018). Professor titular do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e professor adjunto no Departamento de Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Contato

mribeiro@utfpr.edu.br

Referências

Ribeiro MHDM, da Silva RG, Mariani VC, Coelho LdS. Short-term forecasting COVID-19 cumulative confirmed cases: perspectives for Brazil. Chaos Soliton Fract 2020; 135:109853. doi: 10.1016/j.chaos.2020.109853.

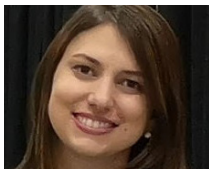
da Silva, R.G., Ribeiro, M.H.D.M., Mariani VC, Coelho LdS. Forecasting Brazilian and American COVID-19 cases based on artificial intelligence coupled with climatic exogenous variables. Chaos, Solitons Fract 2020;(110027). doi:10.1016/j.803chaos.2020.110027.

PUCPR

VIRTUS IMPAVIDA
UFPE

Disciplina de Decisão Multicritério é ofertada pelo INCT-INSID e cumpre sua missão na Pós-graduação

Sergio Eduardo Gouvea da Costa (PUCPR), Mariana Rodrigues de Almeida (UFRN), Rodrigo José Pires Ferreira (UFPE), Eduarda Asfora Frej (UFPE)



A missão de transferência de conhecimento do Instituto Nacional em Sistemas e Informação e Decisão (INCT-INSID) envolve atividades de capacitação, ensino, treinamento tecnológico para empresas e implantação de modelos de decisão inovadores em diversas áreas e contextos. Dentre as atividades relacionadas com o ensino, o INCT-INSID busca encontrar maneiras de apoiar o processo de reestruturação e/ou melhorias de disciplinas de Decisão Multicritério em cursos de pós-graduação. Em atendimento a essa missão, em agosto de 2020 iniciou-se a primeira edição da disciplina de Decisão Multicritério organizado por membros do INCT-INSID e ministrado de forma remota para alunos dos programas de pós-graduação em Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). A disciplina de pós-graduação contou com a colaboração de diversos docentes dessas duas instituições, assim como docentes da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

A disciplina

O conteúdo da disciplina seguiu a mesma estrutura básica adotada pela tradicional escola internacional de verão de apoio multicritério à decisão, a MCDM *Summer School*, organizada pela I*nternational Society on* MCDM desde 1983. Essa escola reúne a cada 2 anos até 50 alunos de doutorado de todo o mundo para um programa de 2 semanas. A escola de verão tem sido muito bem-sucedida em educar diversas gerações de acadêmicos e facilitar o networking entre os participantes.

No modelo da MCDM *Summer School*, os estudantes podem utilizar os créditos obtidos na escola de verão para suas respectivas universidades, podendo assim completar a sua formação acadêmica. No ano de 2016, pela primeira vez na América Latina, a escola internacional de verão de apoio multicritério à decisão foi sediada no Brasil, em Recife. À época, houve a participação de 44 estudantes, sendo 33 estrangeiros, de 17 países diferentes. O envolvimento dos docentes da UFPE, na organização do MCDM *Summer School* em 2016, trouxe a expertise necessária que este servisse como modelo para organização nova disciplina.

A disciplina oferecida pelo INCT-INSID tem em sua estrutura os principais temas relacionados com Decisão Multicritério: Introdução a MCDM/A; Teoria do Valor Multiatributo; Métodos de Sobreclassificação; Construção de Modelos de Decisão; Teoria da Utilidade Multiatributo; Decisão em Grupo e Negociação; Programação Linear Multi-Objetivo; Otimização Multiobjetivo e Otimização Evolucionária Multiobjetivo. Por ter sido organizada em módulos, a disciplina apresenta flexibilidade necessária para atender a diferentes demandas e formatos.

Nesta primeira edição, a disciplina foi estruturada para uma carga horária de 45-60 horas. Por meio da plataforma Google Meet, as aulas foram

transmitidas de forma síncrona, com interação entre todos os participantes de ambas universidades. Pesquisadores do INCT-INSID, incluindo parceiros internacionais, foram responsáveis pela elaboração e apresentação dos temas. De acordo com a Coordenação do INCT-INSID, para turmas futuras, a disciplina pode vir a ser ofertada para outros programas de pós-graduação ou para empresas que manifestem seu interesse no tema de Decisão Multicritério. Os alunos que participaram da disciplina puderam integralizar os créditos em seus respectivos programas de pós-graduação.

O público, em geral, pode ter acesso às aulas já ministradas. No canal do Youtube do INCT-INSID, é possível visualizar as gravações das aulas realizadas. "Discentes, docentes e interessados de maneira geral, podem assistir e/ou rever os conteúdos apresentados sempre que desejarem", explica a Prof. Eduarda Frej, que junto com o Prof. Adiel Almeida, coordenador do INCT-INSID, assumiram a coordenação da disciplina.

Os primeiros resultados

O objetivo da disciplina foi alcançado. O Prof. Eduardo Loures da PUCPR afirmou que "a disciplina proporcionou um suporte abrangente e completo aos meus alunos, promovendo um melhor entendimento dos diferentes métodos multicritério de apoio à decisão, instigando a percepção de aplicabilidade, sob abordagem metodológica, nos diferentes projetos de pesquisa envolvidos".

A integração promovida entre docentes e discentes também criou oportunidades muito positivas de pesquisa colaborativa e expansão científica. Segundo Ana Flávia, aluna de mestrado da UFRN, " a disciplina foi um verdadeiro divisor de águas na sua vida acadêmica. O conteúdo programático explorado pelos professores foi extremamente útil para aperfeiçoar a sua pesquisa e quebrar paradigmas de aprendizado. A exposição de conteúdo e preocupação dos professores com o material e bibliografia, além do preparo destes profissionais, foram verdadeiros diferenciais. O conhecimento adquirido, discussões com colegas de pesquisa sobre trabalhos acadêmicos foram resultados gratificantes".

A professora Mariana Almeida da UFRN afirma que a disciplina foi uma excelente capacitação técnica para sua carreira profissional e da equipe da UFRN. "Durante o processo de aprendizagem, a equipe de professores me permitiu aprender e a me transformar, sendo fontes inspiradoras para novos desafios. Toda equipe dividiu conosco todas suas experiências e técnicas para abordar da melhor maneira o conteúdo" afirmou a docente.

Maury Melo, doutorando da PUCPR, ressaltou a equipe de professores formada por profissionais com experiência e uma didática aprimorada e comentou "Eu posso afirmar com desvelo que tudo o que aprendi na disciplina fará diferença na minha carreira profissional. A estrutura montada para as aulas e o conteúdo apresentado fizeram a diferença. As diversas experiências apresentadas nos mais variados cenários foram extremamente significativas para nortear meus estudos, tal qual nas aplicações da minha vida como consultor de empresas."

Serviço

Curso de Decisão Multicritério 2020 • INCT-INSID

Docentes:

Adiel T de Almeida (UFPE)
Eduarda Asfora Frej (UFPE)

Demais docentes participantes:

Alexandre Alberti (UFPE), Caroline Mota (UFPE), Danielle Morais (UFPE), Gilberto Reynoso Meza (PUCPR), Leandro dos Santos Coelho (PUCPR), Lucia Roselli (UFPE), Mariana Almeida (UFRN), Ricardo Pires (UFRN), Eduardo Rocha Loures (PUCPR), Rodrigo Ferreira (UFPE), Rudolf Vetschera (University of Vienna – Austria) e Sergio Gouvea da Costa (PUCPR)

Mais informações:

http://insid.org.br/produtos/cursos

secinsid@insid.org.br

A pandemia COVID-19, infraestrutura hospitalar e taxa de mortalidade no Brasil: um estudo com ferramentas de análise de eficiência

João Carlos C. B. Soares de Mello, Mariana Rodrigues de Almeida, Enzo Barberio Mariano, Bruno Guimarães Torres, Diogo Ferraz, Daisy A. do N. Rebelatto

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou em março de 2020 a existência de uma pandemia COVID-19, doença originada na China provocada pelo novo coronavirus SARS-COV-2. Desde então, diversos meios de comunicação apresentam diariamente estatísticas sobre o número de casos e mortes causados pelo vírus.

Discussões sobre fármacos e vacinas tomaram grande parte dos noticiários. Os dados e estatísticas apresentados pelos meios de comunicação são, muitas vezes, números brutos que pouco informam sobre o andamento da epidemia. A fim de conhecer a capacidade de resposta da estrutura hospitalar sobre a pandemia, é preciso utilizar números relativos. Um determinado número de casos pode ser grande ou pequeno dependendo da população e da infraestrutura hospitalar. De forma semelhante, um determinado número de mortes pode ser alto ou baixo em comparação com o tamanho da população e o número de casos, embora toda morte seja uma tragédia. Assim, para qualificar como está se dando a reação de certa localidade (país, estado, cidade) em relação a pandemia de COVID-19, é necessário levar vários fatores em conta. Há diversas ferramentas matemáticas aptas para realizar essa tarefa, normalmente mais sofisticadas que as simples porcentagens apresentadas habitualmente pelos meios de comunicação.

Uso do DEA

Para analisar a relação do número de casos com a infraestrutura hospitalar, a relação do número de mortes com o número de casos e a relação geral entre essas três dimensões, utilizou-se a técnica Análise Envoltória de Dados, conhecida pela sigla DEA, do inglês "Data Envelopment Analysis". Em DEA, uma unidade administrativa como uma cidade, estado ou país é considerado uma unidade produtiva DEA. Desta forma, dado um conjunto de unidades produtivas, para cada unidade, são relacionados os vários insumos necessários e os diversos produtos gerados por ela. Compara-se o resultado de cada unidade com o resultado das demais unidades do conjunto, obtendo um número por unidade, chamado eficiência. Neste caso, a eficiência é um valor que varia entre zero e um. Ressalta-se que o cálculo de eficiência em DEA é feito de uma forma dita benevolente.

Por exemplo, supondo que as unidades DEA são companhias aéreas que usam aviões, pessoal e combustível (os insumos, ou *inputs*) para transportar passageiros e carga (os produtos, ou *outputs*), se uma companhia colocar muitos passageiros e pouca carga, DEA pode ignorar, para essa companhia aérea, o transporte de carga (dando peso igual a zero para essa característica) e atribuir-lhe uma eficiência alta. Inversamente, para uma companhia que transporte poucos passageiros e muita carga, a técnica DEA também pode atribuir alta eficiência. A vantagem de DEA é possibilitar a comparação entre as variáveis analisadas, considerando, por exemplo, a combinação entre passageiros e carga. Dessa forma, cada unidade é avaliada pelo que ela faz melhor e por este motivo dizemos que DEA é uma técnica benevolente.

No caso da COVID-19, há duas complicações adicionais. A primeira é que a relação causa/efeito é um pouco mais complicada do que o exemplo das companhias aéreas. Não se tem apenas um conjunto de *outputs* relacionado a um conjunto de *inputs*. É necessário se relacionar os casos de COVID-19 com a estrutura hospitalar para cuidar dos doentes. Também se devem relacionar os óbitos cau-

Para analisar a relação do número de casos com a infraestrutura hospitalar, a relação do número de mortes com o número de casos e a relação geral entre essas três dimensões, utilizou-se a técnica Análise Envoltória de Dados

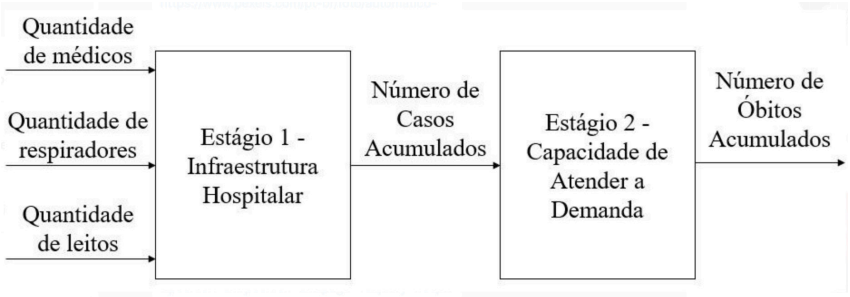
sados pela doença com o número de casos (a famosa taxa de mortalidade). Para resolver isso, existem vários modelos que olham para cada unidade e para os seus processos internos, que são chamados modelos em vários estágios, ou modelo de DEA em rede ou *Network* DEA, que abreviamos por NDEA. Neste caso em específico, decidiu-se utilizar o modelo em dois estágios desenvolvido pelo professor grego Dimitris Despotis.

O primeiro estágio faz a relação entre a estrutura hospitalar e o número de casos numa determinada região e o segundo, nada mais é que a taxa de mortalidade dessa mesma região, a relação entre os mortos e os casos ocorridos dessa região, em um determinado período de tempo. O estágio global agrega os dois estágios considerados.

Para que se possa fazer os cálculos, é necessário transformar essas palavras em números. Casos e mortes são números, mas como atribuir números à estrutura hospitalar? Neste estudo optou-se por considerar três variáveis para representar essa estrutura: o número de leitos em UTI, o número de médicos à disposição da UTI e o número de respiradores. Como não adianta ter médicos e leitos, mas não ter um respirador - ou ter respiradores e leitos, mas não ter médicos-, a característica benevolente de DEA é pouco adequada. Fizemos então o que se chama de inversão do modelo, que tem duas consequências.

Primeiro, o modelo deixa de ser benevolente, isto é, se uma região tiver médicos, respiradores e leitos em bom número para ser bem avaliada, basta estar mal em uma dessas quantidades para ser mal avaliada. A segunda consequência é que o cálculo obtido não pode mais ser chamado de eficiência. Quanto maior for o número obtido por uma região, em pior situação ela se encontrará. O modelo é esquematizado na Figura 1.

Neste estudo optou-se por considerar três variáveis para representar essa estrutura: o número de leitos em UTI, o número de médicos à disposição da UTI e o número de respiradores



Fonte: Mariano et al. (2020)
Figura 1. Modelo esquematizado

Resultados do modelo

Com a aplicação do modelo, observa-se que uma região com baixo índice na avaliação do primeiro estágio está (relativamente) bem estruturada para enfrentar a epidemia. Se a avaliação é boa no segundo estágio, a região consegue evitar que os casos se transformassem em mortes. Uma boa avaliação global significa que a região estava bem preparada e, efetivamente, enfrenta bem a epidemia. Tudo isso em comparação com as outras regiões e em um mesmo período de tempo.

O modelo usou dados de estrutura hospitalar referentes a 27 de abril de 2020 e casos e óbitos acumulados até essa data. O estado que, nessa data, tinha a estrutura mais adequada ao número de casos era o Tocantins e o pior estado era o Amapá. A taxa de mortalidade mais baixa ocorreu em Roraima e a pior taxa de mortalidade em Pernambuco. Considerando a avaliação global, o estado que estava melhor era o Tocantins e o pior era o Amazonas.

Quem se lembrar dos noticiários da época pode ver que a má avaliação global do Amazonas corresponde bem ao que ocorria na data em que foram tomados os dados. Depois, como era de se esperar, muita coisa mudou.

João Carlos Soares de Mello | **Enzo Barberio Mariano** | **Mariana Rodrigues de Almeida** | **Bruno Guimarães Torres** | **Diogo Ferraz** | **Daisy A. do N. Rebelatto**

Os Pesquisadores

João Carlos Soares de Mello
Graduação em Engenharia Mecânica e mestrado em Matemática na Universidade Federal Fluminense, Brasil. Fez doutorado em Engenharia de Produção, área de Pesquisa Operacional, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Foi chefe do Departamento de Matemática Aplicada e de Engenharia de Produção na Universidade Federal Fluminense. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Enzo Barberio Mariano
Graduação, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (USP). Possui também graduação em pedagogia pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Atualmente é docente no Departamento de Engenharia de Produção e coordenador do programa de mestrado e doutorado em Engenharia de Produção da UNESP de Bauru. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Mariana Rodrigues de Almeida
Graduação na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (USP), pós-doutorado pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Atualmente é professora Associada do departamento de Engenharia de Produção da UFRN.

Bruno Guimarães Torres
Graduação e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF), com conclusão em dezembro de 2014 e julho de 2017, respectivamente. Atualmente é aluno de doutorado em Engenharia de Produção pela mesma instituição e Professor Substituto de Engenharia de Produção no Campus de Petrópolis da Universidade Federal Fluminense.

Diogo Ferraz
Graduação em Ciências Econômicas, doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (Brasil) e é Ph.D. candidate em Economia da Inovação na Universidade de Hohenheim (Alemanha). É professor da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Daisy A. do N. Rebelatto
Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos, mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo, doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo, pós-doutorado pela Universidad Complutense de Madrid e pela Universidad de Salamanca, livre-docência pela Universidade de São Paulo. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Contato
jccbsmello@id.uff.br

Referência

MARIANO, E. B. ; TORRES, B. G. ; ALMEIDA, M. R. ; FERRAZ, D. ; REBELATTO, D. A. N. ; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. . Brazilian states in the context of COVID-19 pandemic: an index proposition using Network Data Envelopment Analysis. IEEE Latin America Transactions, v.10, n.1, 2020 (Early access).

Aplicação do método multicritério FITradeoff para escolha da fonte de energia renovável mais viável para os portos brasileiros

Dayla Karolina Fossile, Eduarda Asfora Frej, Sergio E. Gouvea da Costa, Edson Pinheiro de Lima, Adiel Teixeira de Almeida

Recentemente foi identificado, por meio de uma pesquisa de revisão sistemática de literatura que a grande maioria dos portos brasileiros utiliza fontes de energia limpa, sendo as mais comuns a eólica, a fotovoltaica e a ondomotriz. Tendo isso em vista, foi elaborada um estudo que se vale de uma aplicação numérica utilizando o método FITradeoff, com a finalidade de escolher a fonte de energia renovável mais adequada para ser utilizada por portos brasileiros, levando-se em consideração os aspectos da gestão de sustentabilidade.

Um dos primeiros passos do estudo realizado foi identificar quem é o decisor e outros atores do processo decisório; no estudo realizado, os decisores foram os administradores portuários, e os outros atores foram os analistas dos departamentos ambientais, sociais e econômicos.

Foi necessário também definir o conjunto de critérios utilizados. Para tanto, tomou-se como base as informações apresentadas na literatura, nas leis e nas resoluções, nos empreendimentos já implementados ou em estudo, juntamente com as informações apresentadas pelos decisores e especialistas através da aplicação do brainstorming. Deste processo, 20 critérios foram definidos de acordo com a mensurabilidade, operacionalidade, compreensibilidade, legitimidade e homogeneidade, abordando os aspectos ambientais, sociais e econômicos. A lista dos critérios aparece no final desta matéria.

É importante destacar que para definir os pesos dos critérios, tomou-se como base a escala Likert (tipo de escala na qual as respostas especi-

ficam o nível de concordância com uma afirmação) de cinco pontos. Os pesos dos critérios foram definidos de acordo com o questionário respondido pela Empresa de Pesquisa Energética. Após a ordenação dos pesos, foi rodado um modelo de programação linear com a finalidade de identificar as alternativas potencialmente ótimas no espaço dos pesos definido anteriormente.

.

Utilização do método FITradeoff

No que diz respeito ao método FITradeoff, sob ponto de vista do decisor, pôde-se observar que o número de questões necessárias para encontrar a solução do problema foi de apenas uma pergunta. Isso ocorreu porque o método FITradeoff exige menos esforço cognitivo por parte do decisor para resolver o problema: a quantidade de perguntas exigidas para encontrar uma solução única para os problemas não é um número fixo, podendo variar de acordo com o problema a ser solucionado, a quantidade de critérios e a distribuição dos pesos dos critérios.

No caso do estudo em questão, fez-se uso do sistema de apoio a decisão (SAD) desenvolvido para o FITradeoff. O processo de elicitação foi conduzido com o decisor onde, interativamente, ele respondia às perguntas elaboradas pelo SAD. Com isso, foi possível realizar a programação linear, o que levou à identificação das alternativas potencialmente ótimas. O FITradeoff também forneceu uma visualização gráfica dos dados com a finalidade de permitir ao decisor analisar holisticamente o desempenho das alternativas potencialmente ótimas. É importante destacar que esse método foi apoiado por estudos em neurociência, o que tornou sua aplicação ainda mais eficiente e enriquecedora.

Escolhendo a melhor fonte de energia

Como resultado, verificou-se que as fontes de energia fotovoltaica e ondomotriz foram identificadas como alternativas potencialmente ótimas. A energia eólica foi eliminada do processo. Ao utilizar o sistema de apoio a decisão, o decisor teve condições de visualizar os resultados parciais do problema.

Como resultado do modelo, a energia fotovoltaica resultou como a mais adequada aos portos brasileiros. Con-

O método FITradeoff exige menos esforço cognitivo por parte do decisor para resolver o problema: a quantidade de perguntas exigidas para encontrar uma solução única para os problemas não é um número fixo, podendo variar de acordo com o problema a ser solucionado, a quantidade de critérios e a distribuição dos pesos dos critérios

tudo, essa fonte de energia não é a que apresenta maior eficiência. Apresentando também uma alta taxa de depreciação anual, ou seja, a vida útil dos equipamentos é baixa, impactando diretamente nos resultados da empresa. Outro ponto peculiar da energia fotovoltaica é a necessidade de reciclagem das baterias, que possuem uma vida útil de apenas 5 anos, conforme informações apresentadas pela ANEEL. Por fim, o processo produtivo dessas baterias utiliza um volume considerável de produtos tóxicos e poluentes, agredindo diretamente ao meio ambiente.

No que se refere à energia eólica, nota-se que esta apresenta a necessidade de um maior volume de investimentos, custos de manutenção anual mais elevados e maior tempo para instalação do empreendimento, além do fato de que o nível de ruídos dessa fonte de energia é considerado altíssimo, impactando fortemente nas questões sociais do empreendimento. Ela também apresenta um nível de burocracia considerável no tocante à emissão de laudos ambientais, em função da supressão vegetal e utilização de espaço físico terrestre. Um projeto de energia ondomotriz, apesar de sua alta disponibilidade, tem alguns impactos sociais negativos, uma vez que limita a navegação e a pesca. Essas limitações, por sua vez, afetam atividade econômica da região.

O que se observa ao fazer uso de modelo de apoio a decisão, suportado por uma ferramenta computacional, mostrou-se eficaz para que o tomador de decisão, em um cenário envolvendo múltiplos critérios, pudesse identificar a melhor alternativa e a robustez da decisão.

Critérios adotados no modelo proposto

Os 20 critérios defendidos nesse estudo foram: Apropriação de extensões terrestres e supressão da vegetação (CA1); Apropriação de extensões marinhas e supressão da vegetação fluviomarinha (CA2); Contaminação das águas marinhas (CA3); Utilização de produtos extremamente tóxicos e poluentes no processo produtivo dos equipamentos utilizados nos empreendimentos eólico, fotovoltaicos e ondomotriz (CA4); Necessidade constante de reciclagem de materiais do empreendimento (CA5); Facilidade de emissão da licença ambiental (CA6); Construção de vias de acesso (CA7); Deslocamento da comunidade local (CS8); Geração de ruídos (CS9); Limitação e interferência de navegação e pesca (CS10); Desmatamento e diminuição da área verde (CS11); Risco de saúde e segurança dos trabalhadores (CS12); Nível de empregabilidade (CS13); Eficiência do empreendimento (CE14); Baixo investimento inicial do empreendimento (CE15); Alto nível de incentivos fiscais do empreendimento (CE16); Baixo nível de custos de manutenção anual do empreendimento (CE17); Prazo de financiamento do empreendimento (CE18); Taxa de depreciação anual dos equipamentos do empreendimento (CE19); Baixo prazo para instalação de empreendimentos das fontes de energia renováveis (CE20).

Maiores detalhes sobre esse trabalho podem ser encontrados em Fossile et al (2020).

Dayla Karolina Fossile

Eduarda Asfora Frej

Sergio Eduardo Gouvea da Costa

Edson Pinheiro de Lima ni

Adiel Teixeira de Almeida

Os Pesquisadores

Dayla Karolina Fossile
Graduação em Ciência Contábil pelo Instituto de Ensino Superior de Joinville (2006). MBA em Finanças Auditoria e Controladoria pela Fundação Getúlio Vargas (2008). Mestrado em Engenharia da Produção pela SOCIESC - Sociedade Educacional de Santa Catarina (2012) e doutorado em Engenharia da Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná PUCPR. Atualmente é professora do Centro Universitário UNISOCIESC (Grupo Ânima Educação).

Eduarda Asfora Frej
Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (2019), obteve mestrado em 2017 e a graduação em 2015 todos em Engenharia de Produção pela UFPE. Ingressou no corpo docente da UFPE em 2019, e é professora do Departamento de Engenharia de Produção (adjunto). Atua como pesquisadora no Centro de Desenvolvimento de Sistemas de Informação e Decisão (CDSID - www.cdsid.org.br).

Sergio Eduardo Gouvea da Costa
Graduação em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-1989), com Mestrado em Engenharia Elétrica (Automação) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-1993) e Doutorado em Engenharia (Produção) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP-2003). Fez o Doutorado Sanduíche no Institute for Manufacturing da Universidade de Cambridge, Inglaterra (2000-2001). Realizou Pós-Doutorado no Edward P. Fitts Department of Industrial and Systems Engineering da North Carolina State University, EUA (2009-2010). É Professor Titular (Gestão de Operações) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e Professor Associado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq desde 2006.

Edson Pinheiro de Lima
Graduado em Engenharia Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (1989), mestre em Engenharia Elétrica - ênfase automação - pela Universidade Estadual de Campinas (1993) e doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001). Atualmente é professor titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS/PUCPR), professor associado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e membro Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS/UTFPR), professor convidado da FAE Business School na área de Gestão de Operações.

Adiel Teixeira de Almeida
Professor titular da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde atua como coordenador do Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (www.cdsid.org.br/). Tem trabalhado no desenvolvimento e avanços metodológicos em apoio a decisão com múltiplos objetivos e de decisão em grupo, e na aplicação de métodos em diversos contextos, incluindo modelagem estratégica, gestão de portfólio, gestão de projetos, terceirização, gestão da informação, gerenciamento de riscos, engenharia de confiabilidade e manutenção, e qualidade.

Contato

daylafossile@gmail.com

Referência

FOSSILE, D. K.; FREJ, E. A.; GOUVEA DA COSTA, S. E.; PINHEIRO DE LIMA, E.; DE ALMEIDA, A. T. Selecting the most viable renewable energy source for Brazilian ports using the FITradeoff method. Journal of Cleaner Production, v. 260, p. 121107, 2020

Resenha de livro

Systems, Procedures and Voting Rules in Context: A Primer for Voting Rule Selection

Suzana de França Dantas Daher (UFPE)

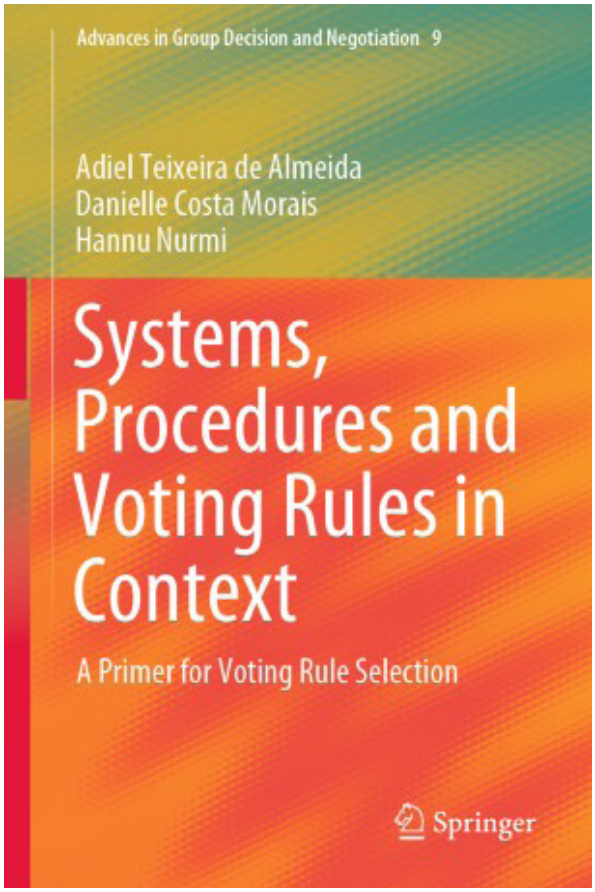
De maneira geral, as pessoas ao longo das suas vidas foram apresentadas a algum tipo de processo de votação. Seja nas decisões das brincadeiras quando crianças, seja nas decisões políticas ou nas decisões corporativas, a votação aparece como um procedimento efetivo para resolução de problemas de decisão. Contudo, apesar do seu vasto uso em sociedade e da existência de vários procedimentos de votação na literatura, a avaliação de qual procedimento adotar em situações de decisão dentro das organizações, não é um tópico tipicamente discutido na área de decisão em grupo e negociação.

O livro "**Systems, Procedures and Voting Rules in Context: A Primer for Voting Rule Selection**" escrito por Adiel Teixeira de Almeida, Danielle Costa Morais e Hannu Nurmi, traz a luz, de forma estruturada e muito clara, os fundamentos da Teoria da Votação e discussões sobre a escolha adequada de um procedimento de votação dentro das organizações. Como muito bem colocado pelos autores no início do Capítulo 1, "toda sociedade tem regras" e estas emergem das mais diferentes formas. O objetivo do livro é discutir o problema de escolha de regras para processos de decisão coletivas (ou seja, decisão em grupo), apresentando os principais procedimentos de votação, suas vantagens e desvantagens, e um framework baseado em modelos multicritérios de apoio a decisão para apoiar a escolha mais adequada de um procedimento de votação, levando em consideração as características específicas de cada problema.

O fato é que existem vários procedimentos de votação diferentes, os quais são usados para alcançar um objetivo aparentemente comum: encontrar uma solução que representa a "vontade do grupo". Contudo, diferentes procedimentos podem levar a resultados bastante díspares uns dos outros, mesmo quando as opiniões dos decisores não mudam. De forma muito pertinente, os autores direcionam a obra para responder a três aspectos estruturantes: *1. Por que temos tanta variedade de procedimentos se todos eles deveriam entregar a mesma solução (representar a vontade do grupo)? 2. Não deveria ser analisado que alguns procedimentos são particularmente mais adequados para algumas circunstâncias e funcionam mal em outras, e em sendo assim, não deveria haver uma apreciação do contexto do problema para então, decidir pelo procedimento mais adequado? 3. Uma vez que decisões organizacionais diferem de decisões políticas e de cunho social, haveria procedimentos mais adequados para as decisões organizacionais?*

Sobre os autores

Adiel Teixeira de Almeida e



Danielle Costa Morais são professores da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil e Hannu Nurmi é professor da University of Turku, Finlândia. Os autores desta obra são pesquisadores premiados e reconhecidos pela comunidade acadêmica internacional por seus trabalhos e dedicação para os avanços nos temas de decisão multicritério, decisão em grupo e negociação, e teoria da votação. As primeiras interações dos autores iniciaram em 2012 durante o evento científico *Group Decision and Negotiation* (GDN) 2012 *Conference* ocorrido em Recife, Brasil. Desde então, eles estabeleceram uma colaboração acadêmico-científica que propiciou várias publicações, dentre elas, este livro publicado em 2019 pela Springer.

Sobre a obra

O livro possui 19 capítulos, sendo os três primeiros voltados a fornecer ao leitor um embasamento sobre os procedimentos de votação, tendo os princípios das regras de decisão por maioria simples recebido uma atenção especial por ser reconhecido como um marco no desenvolvimento de modelos de decisão em grupo. A segunda parte do livro (Capítulos 4 a 11) apresenta como os procedimentos de votação devem ser avaliados, considerando aspectos como a racionalidade do decisor e suas visões sobre as alternativas disponíveis. Busca-se fornecer ao leitor o conhecimento de aspectos importantes da Teoria da Votação que devem ser assegurados para a seleção de regras. A terceira, e última parte do livro (Capítulos 12 a 19) apresenta-se um *framework* e um processo para apoiar a escolha da regra de votação. Os métodos de apoio a decisão multicritério mostram-se úteis no suporte aos decisores na escolha do procedimento de votação. De forma muito prática, alguns capítulos do livro são dedicados a apresentar aplicações em diferentes setores econômicos.

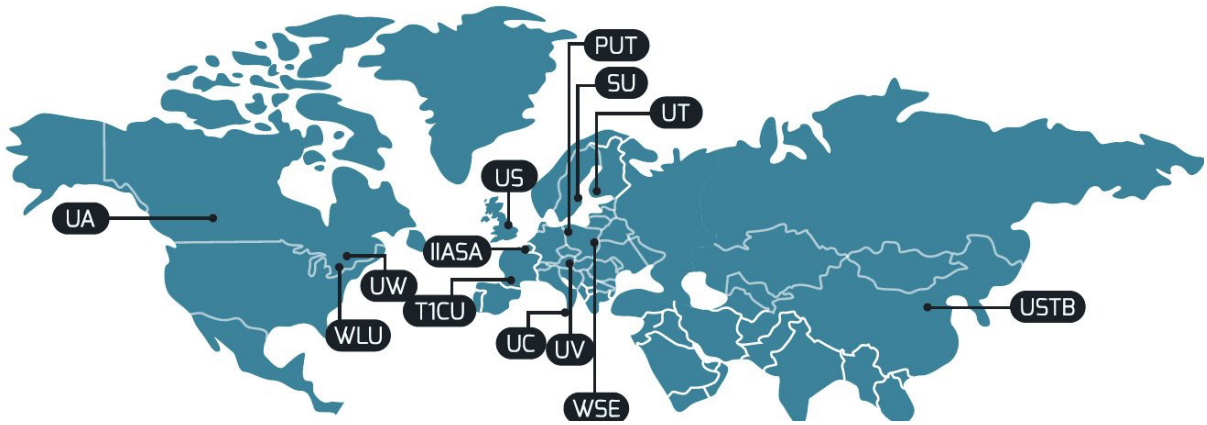
Contribuições da obra

O livro faz parte de uma bem sucedida coleção da Springer intitulada "A*dvances in Group Decision and Negotiation*", organizada pela *Group Decision and Negotiation* (GDN) Section do INFORMS. Trata-se de uma série de livros voltados para apresentar de forma unificada diferentes abordagens que envolvem a temática de decisão em grupo e negociação. A obra "**Systems, Procedures and Voting Rules in Context: A Primer for Voting Rule Selection**" cumpre o papel de avançar nos estudos envolvendo os métodos de votação e em especial, discutir como escolhê-los. A detalhada apresentação do framework (Capítulos 12 a 14) para apoiar organizações a escolher o método de votação mais adequado é sem dúvida uma das principais contribuições desta obra. Trata-se de um trabalho que merece ser lido por todos os interessados no tema.

Referência

de Almeida, A T; Morais, D. C. ; Nurmi, H . "Systems, Procedures and Voting Rules in Context: A Primer for Voting Rule Selection"; book series Advances in Group Decision and Negotiation, vol 9., 1. ed., London: Springer Nature, 2019. v. 1, 218p.

O INCT-INSID (Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão) é uma rede de cooperação científica interinstitucional de caráter nacional e internacional. O INCT-INSID congrega laboratórios associados de várias universidades no Brasil e um seleto grupo parceiros internacionais, desenvolvendo pesquisa avançada e suas aplicações na área de apoio a decisão, destacadamente em desenvolvimento de métodos multicritério e de decisão em grupo e negociação.



Missão

O INCT-INSID segue a missão do grupo de pesquisa de sua instituição-sede, o CDSID/ UFPE, buscando atuar de maneira integrada com os Laboratórios Associados, de forma a promover prosperidade para a sociedade por meio de pesquisa avançada e da seleção e desenvolvimento de pessoas, mediante a geração de conhecimento, em sua área de atuação.

O INCT-INSID cumpre com as seguintes missões:

- Formação de recursos humanos
- Internacionalização
- Pesquisa
- Transferência de conhecimento para a sociedade
- Transferência de conhecimento para o setor empresarial e/ou público

O INCT-INSID contempla as seguintes linhas de pesquisa:

- AvDec: Avanços metodológicos no apoio a decisão
- MDAmb: Modelos de decisão no contexto ambiental
- MDEnergia: Modelos de decisão no contexto de energia
- MDServ: Modelos de decisão em sistemas de serviços

Para cada uma destas linhas de pesquisa, alguns temas de pesquisa foram priorizados, a saber:

AvDec: Avanços metodológicos no apoio a decisão

- AvMCDM-A: Avanços metodológicos em métodos multicritério (MCDM/MCDA)
- AvGDN: Avanços metodológicos em métodos de decisão em grupo e negociação (GDN)

MDAmb: Modelos de decisão no contexto ambiental

- MClima: Construção de modelos de decisão na mitigação de impactos causados pelas mudanças climáticas e redução de riscos de desastres devido a enchentes em cidades brasileiras
- MAgua: Construção de modelos de decisão para políticas ambientais, incluindo gestão de recursos hídricos

MDEnergia: Modelos de Decisão no contexto de energia

- MEnergiaAlt: Construção de modelos de decisão para políticas de energias renováveis, e fontes alternativas de energia
- MEnergiaPlanMan: Construção de modelos de decisão para planejamento e manutenção de sistemas de energia
- MRRM: Construção de modelos de decisão para riscos tecnológicos, confiabilidade e manutenção, em vários sistemas, incluindo energia nuclear, e sistemas de energia renovável

MDServ: Modelos de Decisão em Sistemas de Serviços

- MSegPub: Construção de modelos de decisão para segurança pública;
- MPlanDef: Construção de modelos de decisão no planejamento e gestão de sistemas de defesa e segurança nacional
- MPlanTI: Construção de modelos de decisão no planejamento estratégico de negócio no uso de tecnologia da informação
- MPlanS: Construção de modelos de decisão no planejamento e gestão de sistemas de saúde

Mais informações: www.insid.org.br

Crédito: Freepik

INSID Magazine

www.insid.org.br/insidmagazine