

Modelo fuzzy para avaliação de desempenho de aeroportos brasileiros em relação às mudanças climáticas e adaptação

ALEXSANDER JOSÉ DOS SANTOS
CAMPUS SOROCABA

SANDRA R M MASALSKIENE ROVEDA

SANDRO DONNINI MANCINI

JOSÉ ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA

Resumo

MODELO FUZZY PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE AEROPORTOS BRASILEIROS EM RELAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ADAPTAÇÃO INTRODUÇÃO De acordo com a International Energy Agency [IEA] (IEA, 2023), autoridade mundial de energia, a aviação foi responsável em 2022 por aproximadamente 2% das emissões globais de CO₂ relacionadas a energia, o que resultou na emissão de quase 800 milhões de toneladas de CO₂. Esses dados demonstram o tamanho do impacto ambiental que o transporte aéreo gera em relação às mudanças climáticas, o que traz desafios a serem enfrentados neste tema relacionados a necessidade de diminuir rapidamente o impacto climático das emissões de dióxido de carbono (CO₂), de outras emissões de gases de efeito estufa (GEE) assim como a crescente necessidade de adaptação às mudanças climáticas (BURBIDGE; PALING; DUNK, 2024). Diante do impacto das mudanças climáticas e os desafios envolvidos neste assunto, a realização de um estudo como este se justifica com o intuito de contribuir para a discussão do tema e permitir avanços relacionados a avaliação de desempenho de aeroportos. O objetivo deste estudo é avaliar o desempenho de aeroportos brasileiros nas ações voltadas às mudanças climáticas e sua adaptação por intermédio da construção e aplicação de um modelo matemático. METODOLOGIA Neste estudo, a avaliação do desempenho dos aeroportos foi realizada por intermédio da construção e aplicação de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) (BARROS; BASSANEZI; LODWICK, 2017). O sistema proposto para este trabalho tem três entradas e como saída um Índice de Mudanças Climáticas, que avalia o aeroporto em relação às suas ações na mitigação das mudanças climáticas e varia de 0 a 10. O desenvolvimento do Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) proposto envolveu quatro etapas, a saber (BARROS; BASSANEZI; LODWICK, 2017): I. Fuzzificação: etapa onde as entradas e saídas são modeladas por conjuntos fuzzy com seus respectivos domínios, onde são utilizados termos linguísticos (péssimo, regular, etc) para descrever as variáveis. II. Base de regras: engloba as proposições fuzzy que são descritas a partir da estrutura linguística “se-então” com base em informações fornecidas por especialistas no assunto. III. Inferência Fuzzy: nesta etapa são adotadas técnicas de lógica fuzzy para traduzir as proposições fuzzy em relações fuzzy. O método de inferência selecionado para este trabalho foi o método de Mamdani que se utiliza do conhecimento de especialistas em determinado tema para desenvolver sua estrutura de aplicação (MAMDANI, 1974). IV. Defuzzificação: consiste em gerar uma saída real a partir da conversão da saída fuzzy da etapa anterior. Para isso, foi utilizado o método centroide de defuzzificação que funciona de maneira semelhante a média aritmética. Após o desenvolvimento do SBRF, foi definido o objeto de estudo desta pesquisa que teve como critérios de escolha a movimentação de passageiros no ano de 2022 (maior) e a participação dos aeroportos no Projeto Aeródromos Sustentáveis do governo federal (ANAC, 2021; 2022). Foram selecionados os seguintes

aeroportos: Aeroporto Santos Dummont (SBRJ), Aeroporto de Confins (SBCF), Aeroporto de Congonhas (SBSP), Aeroporto de Viracopos (SBKP) e Aeroporto de Brasília (SBBR). Com o objeto de estudo delimitado, procedeu-se a coleta dos dados do estudo com base nas informações e dados disponibilizados pelos aeroportos no Projeto Aeródromos Sustentáveis para os anos de 2019 e 2022. Por fim, todo o desenvolvimento do SBRF e a geração dos resultados foram realizados com o apoio do software MATLAB (2023a) e os resultados obtidos foram analisados de maneira quantitativa ao se considerar as características dos dados obtidos (numéricos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO Os resultados do estudo indicam que, de maneira geral, os aeroportos avaliados possuem um excelente desempenho (mediana de 9,06) nas ações voltadas às mudanças climáticas, onde se destacam o Aeroporto de Confins (mediana de 9,53) e o Aeroporto Santos Dummont (mediana de 9,31) com melhores desempenhos. Esse desempenho dos aeroportos é explicado em função desses terem indicadores para acompanhamento das emissões de gases do efeito estufa, metas de redução de emissões, inventários de emissões e também um plano de adaptação às mudanças climáticas que norteia as ações futuras. Cita-se ainda o ótimo desempenho do Aeroporto de Congonhas e do Aeroporto de Brasília no índice de mudanças climáticas (mediana acima de 9,00). Já o Aeroporto de Viracopos (SBKP) possui o pior desempenho (mediana de 7,54) no período avaliado em decorrência de não ter um plano de adaptação de mudanças climáticas, o que fez com que seu resultado esteja abaixo dos outros aeroportos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de aeroportos em relação às mudanças climáticas e sua adaptação. Para isso, foi desenvolvido e aplicado um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) com três entradas e um Índice de Mudanças Climáticas como saída. Os resultados demonstram que os aeroportos brasileiros escolhidos para o estudo possuem um ótimo desempenho nas ações relacionadas às mudanças climáticas, com destaque para o Aeroporto de Confins e para o Aeroporto Santos Dummont nos aspectos de acompanhamento das emissões e plano de adaptação às mudanças climáticas. Destaca-se que a metodologia proposta permitiu um diagnóstico da situação atual dos aeroportos no que tange às mudanças climáticas e em estudos futuros é possível acrescentar novos indicadores que sejam relevantes assim como avaliar novos aeroportos.

REFERÊNCIAS ANAC. Aeroportos Sustentáveis 2021: Respostas fornecidas pelos aeroportos. , 2021. Disponível em: . Acesso em: 9 set. 2024 ANAC. Aeroportos Sustentáveis 2022: respostas dos aeroportos. , 2022. Disponível em: . Acesso em: 8 set. 2024 BARROS, L. C. DE; BASSANEZI, R. C.; LODWICK, W. A. A First Course in Fuzzy Logic, Fuzzy Dynamical Systems, and Biomathematics. 1. ed. [s.l.] Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017. v. 347 BURBIDGE, R.; PALING, C.; DUNK, R. M. A systematic review of adaption to climate change impacts in the aviation sector. Transport Reviews, v. 44, n. 1, p. 8-33, 2 jan. 2024. IEA. Tracking Clean Energy Progress 2023. Paris, França.: IEA, 2023. Disponível em: . Acesso em: 7 set. 2024 MATLAB. MATLAB version: 9.14 (R2023a), Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc, 2023. MAMDANI, E. H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. Proceedings of the Institution of Electrical Engineers, v. 121, n. 12, p. 1585, 1974.

Palavras Chave

Mudanças Climáticas., Aeroportos., Avaliação de desempenho.

Agradecimento a órgão de fomento

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.