



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ATRAVÉS DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ORGANIZACIONAIS: DATA ENVELOPMENT ANALYSIS E TEORIA CONTINGENCIAL

NAIJELA SILVEIRA – naijela.silveira@docente.unip.br
UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP - JUNDIAÍ

ÁREA: 1. ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO

SUBÁREA: 1.1 GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

RESUMO: A TEORIA DA CONTINGÊNCIA E A FERRAMENTA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS VISAM A MELHORIA DA EFICIÊNCIA DAS ORGANIZAÇÕES, CONSIDERANDO A RELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO E FATORES AMBIENTAIS. NESTE ÂMBITO, ESTE TRABALHO TEM POR OBJETIVO ANALISAR A EFICIÊNCIA DE ESTADOS BRASILEIROS UTILIZANDO-SE DE DADOS AMBIENTAIS E ORGANIZACIONAIS ATRAVÉS DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS. A UTILIZAÇÃO DA DEA PERMITIU A ANÁLISE DOS FATORES QUE MAIS CONTRIBUÍRAM PARA O ALCANCE DA EFICIÊNCIA, ASSIM COMO O PRÉVIO CONHECIMENTO DOS FATORES QUE PODEM SER ALTERADOS PARA QUE AS ORGANIZAÇÕES DOS ESTADOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES SE TORNEM EFICIENTES. A MAIORIA DOS ESTUDOS DE DEA DE FATORES CONTEXTUAIS OU AMBIENTAIS IGNORA A TEORIA CONTINGENCIAL, ENTÃO SE ACREDITA QUE A CONSCIÊNCIA DE UMA TEORIA SUBJACENTE PODE AUMENTAR O RIGOR DESSA LITERATURA.

PALAVRAS-CHAVES: TEORIA CONTINGENCIAL; ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS; EFICIÊNCIA; VARIÁVEIS AMBIENTAIS; VARIÁVEIS ORGANIZACIONAIS.

1. INTRODUÇÃO

A medida de desempenho de organizações é importante para se determinar como os recursos serão usados, como as saídas serão obtidas, e como os processos serão gerenciados (GOKSEN; DOGAN; OZKARABACAK, 2015).

Emery e Trist (1965) ressaltam que um dos principais problemas no estudo das organizações é que contextos ambientais em que as organizações são inseridas mudam a um ritmo crescente e com complexidade.

Neste âmbito, destaca-se a ferramenta Análise Envoltória de Dados (DEA) por sua capacidade de trabalhar com variáveis escalares, junto a um sistema de ranking por score a fim de demonstrar unidades com maior eficiência relativa, bem como auxiliar unidades em *déficit* a melhorarem seu desempenho.

A Teoria Contingencial, por sua vez, parte da premissa básica de que as condições ambientais causam as transformações no interior das organizações. Assim, é de suma importância identificar os principais determinantes que influenciam na eficiência das organizações, para auxiliar na melhor alocação de recursos das mesmas (AZIZIMEHR et al., 2022; LACOMBE; HEILBORN, 2003).

Nessa conjuntura, os autores Harrison e Rouse (2016) discutem a importância da Teoria da Contingência ser utilizada juntamente com a ferramenta Análise Envoltória de Dados na relação entre desempenho e fatores ambientais, pois ambas visam a melhoria da eficiência das organizações. Trabalhos como de Azizimehr et al. (2022), Izadikhah e Farzipoor (2019), Yu, Ramanathan e Nath (2017), Mareth et al (2017), Palazzolo e Ozcan (2016), Lindalbauer, Winter e Schrevogg (2016) consideram as premissas da Teoria Contingencial para a seleção de variáveis na DEA.

Diante deste contexto, este trabalho tem por objetivo analisar a eficiência de estados brasileiros utilizando-se de dados ambientais e organizacionais através da DEA.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, a população de estudo são os estados brasileiros. Os dados referentes aos *inputs* e *outputs* são dados secundários que foram extraídos do relatório técnico 2016, no ranking de competitividade dos estados. Portanto, serão analisados os *inputs* e *outputs* conforme apresentado no Quadro 1, no qual consta a descrição dos mesmos e a classificação dos respectivos pilares do relatório técnico.

QUADRO 1 - Variáveis selecionadas para análise econométrica.

Variáveis		Descrição	Pilar
X1 = Investimentos Públicos em P&D	Input	Participação de Investimento público em P&D no PIB estadual	Inovação
X2 = Mobilidade urbana	Input	Tempo gasto no trajeto entre casa e trabalho (minutos)	Infraestrutura
X3 = IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica)	Input	Qualidade da educação básica do Brasil. Considera fluxo escolar e a média de desempenhos nas avaliações de toda a rede de ensino (nota de 0 a 10)	Educação
X4 = Tratamento de esgoto	Input	Parcela tratada do total de água consumida no estado	Sustentabilidade Ambiental
X5 = Acesso ao Saneamento Básico – água	Input	% de domicílios com acesso à água canalizada de rede geral de distribuição	Sustentabilidade Social
Y1 = Produtividade de Trabalho	Output	PIB pelo total de pessoas ocupadas no período	Capital humano
Y2 = Qualificação dos trabalhadores	Output	Anos de estudos da população economicamente ativa	Capital humano

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Como observado na Teoria da Contingência as características ambientais são as variáveis independentes, enquanto as características organizacionais são variáveis dependentes. Assim, as variáveis de investimentos públicos em P&D, mobilidade urbana, e IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica), tratamento de esgoto e acesso ao saneamento básico são as variáveis ambientais que podem influenciar as variáveis dependentes: produtividade de trabalho; e, qualificação dos trabalhadores.

Para análise econométrica utilizou-se a Regressão Múltipla em um modelo com 95% de nível de confiança para estabelecer o teste de significância individual dos parâmetros estimados.

A terceira etapa da DEA é a aplicação do modelo. A técnica DEA foi realizada de acordo com o modelo BCC, com orientação a *output*, dado que não é possível estabelecer proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, ou seja, não se espera dobrar a produtividade do trabalho com a duplicação da mobilidade urbana, por exemplo. O cálculo da eficiência foi realizado pelo *software* SIAD 3.0 demonstrando um ranking dos programas com maior eficiência relativa, bem como a identificação das instituições *benchmark*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação do modelo econométrico tem a função de validar e quantificar a contribuição de cada *input* para cada um dos *outputs* em questão. Os resultados da validação

encontram-se no Quadro 2.

QUADRO 2 - Coeficientes β . X1 = Investimentos Públicos em P&D; X2 = Mobilidade urbana; X3 = IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica); X4 = Tratamento de esgotos; X5 = Acesso ao Saneamento Básico – água; Y1 = Produtividade de Trabalho; e, Y2 = Qualificação dos trabalhadores. Considere: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

Variáveis	X1	X2	X3	X4	X5
Y1	-0,178	-0,391***	14,414**	0,157	0,154
Y2	-0,018	-0,262**	18,346**	0,093	0,322**

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pela análise do Quadro 2, nota-se que as variáveis x1 e x4 não apresentaram significância estatística com nenhum dos outputs, portanto foi descartado da etapa da análise de eficiência. Assim, conforme a análise econométrica, não é possível estabelecer relação entre os investimentos públicos em P&D e Tratamento de Esgotos com a produtividade de trabalho e com a qualificação dos trabalhadores.

Portanto, para a etapa de Análise Envoltória de Dados foram selecionadas as variáveis do Quadro 3.

QUADRO 3 - Variáveis selecionadas para a etapa da DEA.

Variáveis		Descrição	Pilar
X1 = Mobilidade urbana	Input	Tempo gasto no trajeto entre casa e trabalho (minutos)	Infraestrutura
X2 = IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica)	Input	Qualidade da educação básica do Brasil. Considera fluxo escolar e a média de desempenhos nas avaliações de toda a rede de ensino (nota de 0 a 10)	Educação
X3 = Acesso ao Saneamento Básico – água	Input	% de domicílios com acesso à água canalizada de rede geral de distribuição	Sustentabilidade Social
Y1 = Produtividade de Trabalho	Output	PIB pelo total de pessoas ocupadas no período	Capital humano
Y2 = Qualificação dos trabalhadores	Output	Anos de estudos da população economicamente ativa	Capital humano

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Depois de aplicado a ferramenta DEA, pode-se constatar que sete DMUs (26% da amostra) apresentaram-se eficientes: DMU_1 (Acre); DMU_2 (Alagoas); DMU_3 (Amazonas); DMU_4 (Amapá); DMU_7 (Distrito Federal); DMU_10 (Maranhão); e, DMU_19 (Rio de Janeiro).

Vale ressaltar que conforme a Teoria da Contingência a organização é de natureza

sistêmica, suas características organizacionais apresentam uma interação entre si e com o ambiente, na qual as características ambientais funcionam como variáveis independentes, enquanto as características organizacionais são variáveis dependentes. Assim, é no ambiente que estão as causas das características das organizações, não havendo uma forma única de se organizar. A importância da utilização da DEA nesse aspecto, é que a mesma permite a análise dos fatores que mais contribuem para o alcance da eficiência, assim como o prévio conhecimento dos fatores que podem ser alterados para que as organizações dos estados classificados como ineficientes se tornem eficientes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da DEA permitiu a análise dos fatores que mais contribuíram para o alcance da eficiência, assim como o prévio conhecimento dos fatores que podem ser alterados para que as organizações dos estados classificados como ineficientes se tornem eficientes.

A maioria dos estudos de DEA de fatores contextuais ou ambientais ignoram a teoria, então acredita-se que a consciência de uma teoria subjacente pode aumentar o rigor dessa literatura, uma vez que ambas as abordagens visam a melhoria da eficiência das organizações. As variáveis como acesso de serviços de telecomunicações, qualidade dos serviços de telecomunicações, e, patentes não foram incluídas devido à falta de disponibilidade de dados.

Como sugestões de trabalhos futuros propõe-se a aplicação da ferramenta Fronteira Invertida utilizada para desempate entre DMUs eficientes. De acordo com os princípios da Fronteira Invertida, a DMU mais eficiente seria aquela que conseguir produzir muito de todos os outputs e gastar pouco de todos os inputs. Neste trabalho foi utilizada a análise qualitativa de desempate de DMUs eficientes, assim recomenda-se a aplicação da ferramenta Fronteira Invertida para desempate quantitativo que apresenta-se como mais preciso.

Recomenda-se também, a adição de mais anos para cálculo de eficiência para análise de evolução da mesma. Para tal, sugere-se a aplicação da ferramenta Análise de Janela na qual pode-se utilizar múltiplas DMUs e múltiplos anos. Outra sugestão a ser ressaltada é a utilização desta ferramenta para análise de eficiência de organizações, para melhor analisar a relação entre as características ambientais e organizacionais, e contribuir de alguma maneira para melhor alocação de recursos das organizações.