

Análise de Fronteira Não Paramétricas em Dados em Painéis Para a Identificação de Benchmarking Estratégicos na Gestão da Segurança Pública em Pernambuco.

Miguel G. da Silva,¹ Thyago C. C. Nepomuceno²

PGGEST/UFPE, Recife, PE

Helio V. R. Neto,³ Caleb M. F. Martins⁴

DE/UFPE, Recife, PE

Resumo. O trabalho propõe soluções para o desafio da alocação de recursos em unidades policiais, com foco em contextos com altos índices de violência. Foi desenvolvida uma estrutura para avaliar a eficiência operacional das forças policiais, especialmente em termos de eficiência ostensiva. Foi utilizado a Análise Envoltória de Dados (DEA), para identificar as Áreas Integradas de Segurança (AIS) que demonstraram eficiência na alocação de recursos, sugerindo-as como modelos para outras áreas com menor eficiência. A pesquisa utilizou dados em painel de 2018 a 2021, em um recorte mensal. Os resultados indicam perspectivas promissoras na análise de eficiência do serviço público por meio do uso de ferramentas matemáticas.

Palavras-chave. Análise Envoltória de Dados, Eficiência Policial, Pernambuco, Produção Policial.

1 Introdução

Frequentemente várias demandas são apresentadas pela sociedade para a administração pública, umas das mais recorrentes por motivos objetivos é a agenda de segurança pública. A busca por uma sociedade segura e com níveis de criminalidade baixo deve ser um dos direcionadores na formulação de políticas de segurança, toda via o poder público deve transformar esses desejos em conceitos objetivos junto a indicadores e referências que consigam quantificar a atuação do estado sendo possível posteriormente a realização de uma avaliação clara dos resultados das políticas implementadas. De acordo com Denhardt (2012)[5], o foco da administração pública deve ser a utilização máxima da eficiência dos recursos disponíveis. Nesse contexto, o estudo em questão aplica esse conceito à prestação máxima de serviços na área de segurança pública, utilizando o mínimo de recursos possível.

Scalco et al. (2012)[14] argumentam que a insegurança vivida pela sociedade exige que a gestão pública desenvolva medidas para diminuir não apenas as taxas de crimes violentos, mas todos os indicadores de segurança. O relatório do IPEA[8] revela que, em 2019, o Brasil registrou cerca de 45.503 homicídios, com uma redução de aproximadamente 22,1% em relação ao ano anterior. No entanto, a taxa de homicídios permanece elevada em 21,7 mortes por 100 mil habitantes, contrastando com outros países latino-americanos. A profissionalização do serviço público é cada vez mais exigida, associando-se a uma política de formação contínua para preparar o pessoal técnico administrativo e gerencial do estado.

¹miguel.gustavo@ufpe.br

²thyago.nepomuceno@ufpe.br

³helio.rabello@ufpe.br

⁴caleb.falcao@ufpe.br

Este estudo foi conduzido no estado de Pernambuco, localizado no Nordeste brasileiro, que possui uma população de aproximadamente 9,6 milhões de habitantes. Historicamente, Pernambuco tem enfrentado altos índices de criminalidade, o que ressalta a importância de aprimorar a eficiência e a eficácia dos serviços de segurança pública. O presente trabalho tem como objetivo contribuir para a discussão sobre a melhoria dos serviços de segurança pública em Pernambuco, apresentando a construção de um modelo para obter o período temporal e as localidades que apresentaram eficiência no serviço de segurança. O objetivo geral é realizar uma análise da eficiência, desempenho e alocação de recursos da segurança pública no estado nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021. Para alcançar esse propósito, foi utilizada a técnica de Análise de Envoltória de Dados (DEA), um modelo amplamente reconhecido por sua capacidade de construir fronteiras de eficiência não paramétricas.

Ao adotar o DEA, este trabalho oferece uma base sólida para a formulação de políticas públicas mais eficazes, direcionadas e fundamentadas em evidências concretas. Assim, espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir significativamente para a promoção de um sistema de segurança pública mais eficiente, equitativo e alinhado às necessidades da sociedade pernambucana.

2 Local de Estudo

Para uma melhor aplicação e formulação dos modelos matemáticos se faz necessário conhecer a organização da segurança pública no estado de Pernambuco junto a divisão das chamadas Áreas Integradas de Segurança (AIS).

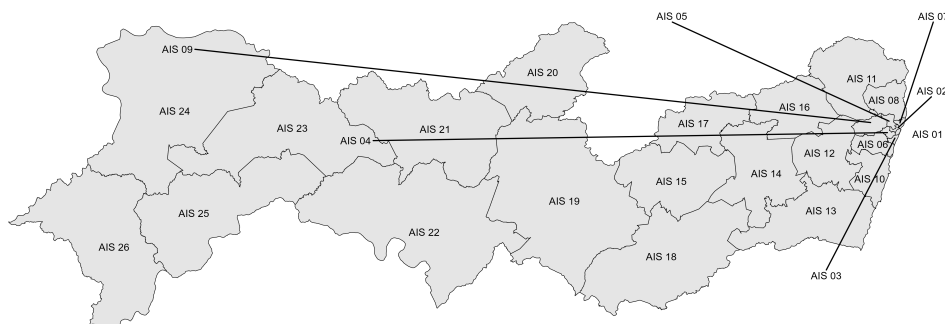


Figura 1: Mapa das AIS de Pernambuco. Fonte: Secretaria de Defesa Social de Pernambuco.

O estado de Pernambuco se divide em 26 AIS como mostrado, para Cechinel et al.(2021)[2] cada uma das AIS conta com um gestor da Polícia Civil e pelo menos um gestor da Polícia Militar, e o conjunto de AIS compõem as Diretorias Integradas, cada Diretoria Integrada conta com um Diretor específico de Polícia Militar e Polícia Civil. Normalmente as AIS são compostas por municípios, as exceções são as AIS 1 (Santo Amaro), AIS 2 (Espinheiro), AIS 3 (Boa Viagem), AIS 4 (Várzea) e AIS 5 (Apipucos), compostas por bairros do Recife. A tabela 1, mostra a quantidade populacional de cada AIS junto a sua sede.

Tabela 1: Quantidade populacional de cada AIS junto a sua sede.

AIS	População	AIS	População
1-Santo Amaro(Recife)		14-Caruaru	692.363
2-Espinheiro(Recife)		15-Belo Jardim	329.927
3-Boa Viagem(Recife)	1.661.017	16-Limoeiro	276.558
4-Várzea(Recife)		17-Santa Cruz do Capibaribe	308.486
5-Apiucos(Recife)		18-Garanhuns	503.884
6-Jaboatão	775.122	19-Arcoverde	355.872
7-Olinda	393.734	20-Afogados da Ingazeira	191.075
8-Paulista	605.387	21-Serra Talhada	190.656
9-São Lourenço da Mata	274.855	22-Floresta	174.971
10-Cabo de Santo Agostinho	309.897	23-Salgueiro	150.391
11-Nazaré da Mata	487.581	24-Ouricuri	322.199
12-Vitória de Santo Antão	427.161	25-Cabrobó	118.443
13-Palmares	504.228	26-Petrolina	398.599

3 Fundamentação Teórica

Atualmente, a Análise Envoltória de Dados (DEA) destaca-se como uma das principais metodologias científicas para a estimação não paramétrica de fronteiras de eficiência, com aplicações empíricas em diversas áreas (Daraio et al. (2020)[4]; Nepomuceno et al. (2021)[11]). O conceito de eficiência técnica, proposto por Farrell (1957)[6], fundamenta-se na ideia de que essa eficiência é a razão entre os resultados produzidos e os recursos utilizados. Uma unidade ineficiente pode alcançar eficiência produzindo mais bens ou serviços, mantendo o mesmo nível de recursos, ou mantendo o mesmo nível de produção com o menor uso de recursos em comparação com seus pares, esse conceito foi fundamental para a estruturação da metodologia de Análise Envoltória de Dados.

No final da década de 70, um estudo liderado por William W. Cooper e Edward Rhodes buscou avaliar a eficiência de programas educacionais implementados pelo governo dos Estados Unidos. Esse estudo desenvolveu um algoritmo com base em programação linear para resolver o problema apresentado por Farrell. Assim, surgiu a Análise Envoltória de Dados (DEA), cujo artigo inicial foi publicado em 1978, apresentando o modelo clássico da técnica conhecido como CCR (*Constant Returns to Scale*, ou CRS) (Charnes; Cooper; Rhodes, 1978)[3].

Lobo (2016)[9] destaca que o DEA usa variáveis de decisão que possuem uma similaridade com o intuito principal de apontar a sua eficiência relativa entre os itens comparados, formulando possíveis referências que auxiliem na melhoria do desempenho geral das alternativas, ou seja, se realiza uma comparação com o intuito de tornar as unidade ineficientes em eficientes ao acompanhar os desempenhos dos chamados peers (parceiros) que se tornam referência dentre do processo analisado, sendo assim a estrutura analítica do cálculo do método se estrutura e se torna dependente das movimentações reais da unidade tomadora de decisão (*Decision Making Units - DMU's*) em comparação com os resultados das outras DMU's da amostra examinada.

Se faz importante se destacar que o DEA possui um perfil estatístico não paramétrico, sendo assim as DMU's que apresentam eficiência definem os limites da fronteira de eficiência fazendo com que se possa calcular a eficiência de cada DMU que não se encontre nesse limite como uma proporção de insumos a serem reduzidos, ou produtos a serem gerados, para se atingir o limite da fronteira.

Algumas obras interessantes têm aplicado a Análise Envoltória de Dados (DEA) para mensurar eficiência e produtividade no campo da gestão pública com foco na segurança, como Nepomuceno

et. al (2020)[13], Marzzoni (2022)[10], Flegl (2023)[7]. Os trabalhos reforçam a relevância deste estudo para aprofundar o tema da gestão da segurança pública, especialmente voltado para os municípios em Pernambuco.

4 Construção do Modelo Utilizado

Para investigar a eficiência da segurança pública no estado, construiu-se um modelo com o objetivo de extrair interpretações mais precisas sobre o cenário atual. O foco da análise é o desempenho da polícia ostensiva, caracterizada pela presença visível e ativa nas ruas, com o intuito de combater e prevenir a criminalidade de forma direta.

O modelo escolhido foi o modelo DEA com Retorno Variável de Escala devido a sua vasta aplicabilidade percebida nas produções teóricas e técnicas da metodologia. Este modelo baseia-se na metodologia desenvolvida por Banker et al. (1984)[1], também conhecida como *Variable Returns to Scale* (VRS) ou BCC (Letras iniciais dos nomes dos criadores). Banker et al. argumentam que o modelo considera que as unidades avaliadas apresentam retornos variáveis de escala, ou seja, um aumento em uma unidade nos insumos pode gerar um aumento proporcional no volume de produtos. A adaptação dessa formulação para dados em painel foi proposta por Nepomuceno et al. (2023)[12] no contexto da análise da eficiência técnica municipal no combate à COVID-19 em Pernambuco. A formulação matemática do modelo é apresentada a seguir:

Maximizar η
 Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - \eta y_{ro} \geq 0, \quad \text{para } r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$j = 1, 2, \dots, n$: quantidade de DMUs analisadas;

$x_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m$: (inputs) quantidade de efetivo policial e viaturas;

$y_{rj} \quad \forall r = 1, 2, \dots, s$: (outputs) quantidade de prisões;

Sendo $i = 1$ (Nº de oficiais da polícia militar alocados);

$i = 2$ (Nº de praças da polícia militar alocados);

$i = 3$ (Nº de viaturas alocadas);

Sendo $r = 1$ (Nº cumprimento de mandatos);

$r = 2$ (Nº prisões por CVLI);

$r = 3$ (Nº prisões por CVP);

$r = 4$ (Nº prisões por porte ilegal);

$r = 5$ (Nº prisões por tráfico de drogas).

λ_j : Correspondem à combinação linear estimada pelas Benchmarks para a construção da fronteira não paramétrica

η : É o inverso da eficiência da DMU em análise

As unidades sob avaliação são indicadas pelo subíndice "o" no modelo acima desenvolvido por Nepomuceno et.al (2023)[12]. Os dados foram analisados em painel, com dados mensais para cada AIS, possibilitando uma avaliação detalhada da eficiência ao longo do tempo. A formulação matemática acima, está no seu modelo dual, o que nos permite a identificação dos potenciais de melhoria de cada DMU, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões. A orientação do modelo escolhido neste trabalho é a orientada para o output, ou seja, visa maximizar os resultados com os recursos disponíveis.

5 Discussões e Resultados

A partir do resultado fornecido pelo modelo DEA, focamos no presente estudo em realizar discussões referente às DMU's que obtiveram eficiência, ou seja, com $\eta = 1$, podendo ser entendidas como aquelas AIS que, no mês correspondente, apresentam a alocação de recursos ótima comparadas às outras. Essas AIS recebem o termo de *Bench's* pois se comportam como unidades modelos que serviriam para a realização de possíveis benchmarking gerenciais para melhoria nos desempenhos futuros das AIS que não apresentaram desempenho eficiente. As tabelas a seguir apresentam a classificação das AIS que serviram como principal modelo para as demais, com suas respectivas quantidade de ocorrência, em uma análise segregada por ano.

Tabela 2: Melhores *Benchmarking* no ano de 2018.

Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd	Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd
1 ^o	1-2018-6	36	6 ^o	1-2018-5	4
2 ^o	1-2018-7	30	7 ^o	17-2018-5	4
3 ^o	1-2018-3	29	8 ^o	13-2018-2	3
4 ^o	11-2018-4	10	9 ^o	13-2018-7	3
5 ^o	7-2018-9	10	10 ^o	14-2018-4	3

Se pode avaliar que no ano de 2018 a AIS que apareceu com maior frequência para ser *Bench* foi a referente ao mês de junho na AIS 1 que é localizada na cidade do Recife na área de Santo Amaro. Na segunda e terceira colocação foi assumida novamente pela AIS 1 só que nos meses de julho e março, podemos destacar que a AIS 11 localizada em Nazaré da Mata ficou na 4^o colocação sendo uma AIS localizada na Zona da Mata do estado. Foi percebido que as AIS que são localizadas ao interior do estado (Agreste e Sertão) obtiveram um menor valor quanto a sua utilização como *Bench's* de outras AIS ineficientes.

Tabela 3: Melhores *Benchmarking* no ano de 2019.

Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd	Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd
1 ^o	7-2019-8	69	6 ^o	4-2019-11	5
2 ^o	1-2019-8	15	7 ^o	1-2019-3	3
3 ^o	4-2019-8	11	8 ^o	8-2019-6	2
4 ^o	2-2019-6	8	9 ^o	8-2019-8	2
5 ^o	1-2019-6	7	10 ^o	11-2019-11	1

No ano de 2019 apenas 15 AIS serviram como *Bench's*, sendo a primeira do ranking, a AIS de Olinda no mês de agosto seguido pelas AIS sediadas em Recife nos bairros de Santo Amaro e Várzea ambas no mês de agosto. Se percebe que no ano de 2019 as AIS sediadas no interior do

estado foram representadas por Nazaré da Mata, Caruaru e Petrolina, todas sendo utilizadas como *Bench's* em apenas um momento.

Tabela 4: Melhores *Benchmarking* no ano de 2020.

Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd	Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd
1 ^o	8-2020-10	6	6 ^o	17-2020-10	1
2 ^o	4-2020-8	5	7 ^o	17-2020-8	1
3 ^o	6-2020-8	5	8 ^o	26-2020-2	1
4 ^o	6-2020-10	4	9 ^o	4-2020-10	1
5 ^o	12-2020-8	1	10 ^o	7-2020-10	1

No ano de 2020 apenas 12 AIS foram tratadas como *Bench's*, sendo a que mais utilizada a sediada na cidade de Paulista que é localizada na região metropolitana do Recife no mês de outubro, seguidos pela AIS localizada em Jaboatão dos Guararapes e a localizada no bairro da Várzea na cidade de Recife. Se destaca que na avaliação de 2020 foi notado a aparição de 2 AIS do interior do estado não presente em análises anteriores, foram a AIS 12, localizada em Vitória de Sant'Antão, e a AIS 17 localizada em Santa Cruz do Capibaribe, ocupando as posições 5^o e 6^o respectivamente.

Tabela 5: Melhores *Benchmarking* no ano de 2021.

Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd	Posição	AIS-ANO-MÊS	Qtd
1 ^o	7-2021-5	41	6 ^o	4-2021-3	7
2 ^o	6-2021-7	22	7 ^o	1-2021-7	4
3 ^o	10-2021-3	15	8 ^o	2-2021-5	4
4 ^o	7-2021-2	13	9 ^o	9-2021-1	4
5 ^o	4-2021-5	12	10 ^o	1-2021-2	3

No ano de 2021 a AIS que mais serviu como modelo foi a localizada em Olinda no mês de maio, seguido por Jaboatão em julho e Cabo de Santo Agostinho no mês de março. Destaca-se que não houve a presença de nenhuma AIS do interior do estado nas primeiras posições do ranking.

6 Considerações Finais

Podemos destacar que avaliações das análises de eficiência abrangeram os anos de 2020 e 2021, destacando-se a forte influência dos efeitos da pandemia de COVID-19. O isolamento social implementado pelo estado nesse período reduziu a mobilidade social, impactando diretamente nos resultados apresentados neste trabalho, essa consideração é crucial para uma interpretação precisa do estudo.

Destaca-se a importância de estimular pesquisas nesse campo, visto que fornecem informações cruciais para tomada de decisões por parte de gestores e formuladores de políticas públicas. Mesmo baseando-se em dados passados, o estudo propõe uma solução para avaliar a efetividade das políticas públicas, oferecendo análises estatísticas robustas e visualização de cenários que podem auxiliar na identificação de melhorias.

Referências

- [1] R. D. Banker, A. Charnes e W. Cooper. “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis.” Em: **Management Science** 30 (1984), pp. 1078–1092.
- [2] V. A. Cechinel, P. A. C. Silva e R. L. A. M. Filho. “Definição das Metas de Resultado do Pacto pela Vida: Um Relato de Experiência”. Em: **Espaço Público, Revista de Políticas Públicas da UFPE** 6 (2021). ISSN: 2595-5535.
- [3] A. Charnes, W. W. Cooper e E. Rhodes. “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”. Em: **European Journal of Operational Research** 2.6 (1978), pp. 429–444.
- [4] C. Daraio et al. “Empirical Surveys of Frontier Applications: A Meta-Review”. Em: **Intl. Trans. in Op. Res.** 27 (2020), pp. 709–738. DOI: 10.1111/itor.12649.
- [5] R. B. Denhardt. **Teorias Da Administração Pública**. 6. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. ISBN: 9788529402024.
- [6] M. J. Farrell. “The Measurement of Productive Efficiency”. Em: **Journal of the Royal Statistical Society, Series A** 120.III (1957), pp. 253–281.
- [7] M. Flegl e E. S. H. Gress. **A Two-stage Data Envelopment Analysis Model for Investigating the Efficiency of the Public Security in Mexico**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100181>. 2023.
- [8] IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. **IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas**. Online. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/filtros-series/1/homicidios>. Acesso em: 18 de abril de 2020.
- [9] M. S. C. et al. Lobo. “Análise Envoltória de Dados Dinâmica em Redes na Avaliação de Hospitais Universitários”. Em: **Revista de Saúde Pública** 50 (2016), p. 22.
- [10] D. N. S. Marzzoni. **Eficiência na Segurança Pública: Uma Abordagem com a Análise Envoltória de Dados e Índice Malmquist**. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/25639>. 2022.
- [11] T. C. C. Nepomuceno, A. P. C. S. Costa e C. Daraio. “Theoretical and Empirical Advances in the Assessment of Productive Efficiency Since the Introduction of DEA: A Bibliometric Analysis”. Em: **International Journal of Operational Research** (2021). Forthcoming.
- [12] T. C. C. Nepomuceno et al. “Benchmarking non-pharmacological policies from an efficient administration perspective: a panel DEA approach with strategic insights for the post-pandemic”. Em: **International Journal of Social Economics** (2023).
- [13] T. C. C. Nepomuceno et al. “Exogenous crimes and the assessment of public safety efficiency and effectiveness”. Em: **Annals of Operations Research** (2020). ISSN: 0254-5330.
- [14] P. R. Scalco, A. L. Amorim e A. P. Gomes. “Eficiência técnica da polícia militar em Minas Gerais”. Em: **Nova Economia** 22.1 (2012), pp. 165–190.