

EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS TRÊS PRINCIPAIS CLUSTERS CALÇADISTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO: UMA ABORDAGEM POR ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Murilo Henrique Zucolotto Escardovelli - murilo.escardovelli@unesp.br

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Araraquara-FCL

Ana Elisa Périgo - ana.perigo@unesp.br

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Araraquara-FCL

Área AKB: Área 4 - Microeconomia, economia industrial e estrutura produtiva

Resumo: Historicamente, o estado de São Paulo representa as raízes da produção calçadista no país, porém, desde as décadas de 70 e 90, o setor passa por um forte processo de desindustrialização e reorganização, onde diversas empresas migraram para outras regiões do país. No entanto, o estado de São Paulo continua aparecendo como o sexto estado mais participativo. É comum a presença de clusters, ou seja, cidades com conglomerados de indústrias que se especializam no segmento. Neste contexto, o presente estudo visa analisar a eficiência técnica dos três principais clusters calçadistas de São Paulo (Franca, Birigui e Jaú), a partir da Análise Envoltória de Dados (DEA), no período de 2012 a 2021, investigando os fatores que contribuíram para o seu desempenho. Essa pesquisa se mostra de extrema relevância, uma vez que vem colaborar com a escassa quantidade de investigações sobre o setor utilizando a DEA e a perspectiva de conglomerados industriais. Os resultados mostram uma eficiência média de 83,9%, com tendência decrescente para Birigui e Franca e crescente para Jaú. Apenas uma unidade foi eficiente (Franca 2014), sendo a produtividade Pares/Trabalhadores a principal responsável pela composição de eficiência do modelo.

Palavras-Chave: Análise Envoltória de Dados; Calçados; Clusters; Indústria calçadista paulista; Eficiência técnica.

Abstract: Historically, the state of São Paulo represents the roots of footwear production in the country, but since the 1970s and 1990s, the sector has been going through a strong process of deindustrialization and reorganization, where several companies have migrated to other regions of the country. However, the state of São Paulo continues to be the sixth most active. The presence of clusters is common, i.e. cities with conglomerates of industries that specialize in the segment. In this context, this study aims to analyze the technical efficiency of the three main footwear clusters in São Paulo (Franca, Birigui and Jaú), using Data Envelopment Analysis (DEA), from 2012 to 2021, investigating the factors that contributed to their performance. This research is extremely important as it contributes to the scarcity of research on the sector using DEA and the perspective of industrial

conglomerates. The results show an average efficiency of 83.9%, with a downward trend for Birigui and Franca and an upward trend for Jaú. Only one unit was efficient (Franca 2014), with Peer/Worker productivity being the main factor responsible for the model's efficiency composition.

Key-Words: Data Envelopment Analysis; Footwear; Clusters; Footwear industry in São Paulo; Technical efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de manufatura é uma das principais fontes de riqueza e valor agregado no PIB de um país, em geral por sua característica de geradora de emprego (GUAJALA et. al, 2022). Hallward-Driemeier e Nayyar (2017) afirmam que o setor manufatureiro é um dos que mais contribuem para o PIB nos países desenvolvidos, enquanto nos países em desenvolvimento, se encontra entre os três principais setores geradores de valor agregado. Entre as principais indústrias do setor manufatureiro, se destaca, no Brasil, o setor de produção de calçados, inserido dentro do nicho de indústrias de transformação que, no ano de 2021, apresentou um crescimento de 4,5% no PIB do país (ABICALÇADOS, 2022). Além disso, o Brasil ocupou a quinta posição no ranking mundial de produção de calçados no ano de 2021, e se sagrou como o décimo-segundo maior exportador do produto no mesmo ano (ABICALÇADOS, 2022).

Porém, para Pereira Júnior (2012), o setor calçadista tem sofrido, desde a década de 1970, forte pressão do processo de globalização e desregulamentação, que pressionou a indústria brasileira a aderir à competitividade do mercado externo, passando a buscar melhores condições para produzir: mão de obra barata, terra com menor custo e benefícios fiscais. A partir dos anos 90, a indústria calçadista passou por intenso processo de reestruturação organizacional e descentralização (PEREIRA JÚNIOR, 2012). Um dos estados mais impactados foi São Paulo. No entanto, com tradição no ramo calçadista, o estado de São Paulo, ainda, possui importante representação da produção nacional, com destaque para o número de estabelecimentos e quantidade de empregos gerados, aparecendo como o sexto maior produtor dentro do país, responsável por 5,5% da produção nacional (ABICALÇADOS, 2022).

A partir dos anos 90, o desafio da indústria de calçados paulista foi lidar com o fenômeno de reorganização e relativa desindustrialização. Chama a atenção a capacidade do estado de São Paulo em manter sua relevância em âmbito nacional, também, devido à sua característica de se organizar em clusters, sendo os principais clusters calçadistas, no estado os de: Birigui, Franca e Jaú. Por isso, a pesquisa ora apresentada visa responder: Quais as variáveis possuem maior impacto na determinação da eficiência dos principais clusters calçadistas do Estado de São Paulo? Quais as hipóteses para isso?

A fim de responder a problematização levantada, busca-se analisar a eficiência técnica dos clusters calçadistas do estado de São Paulo (Franca, Birigui e Jaú), a partir de uma abordagem de Análise Envoltória de Dados, identificando na série histórica (anos de 2012 a 2021) quais variáveis possuem maior relevância.

Com isso, a próxima sessão (Sessão 2) mostra a síntese de importantes pesquisas nacionais e internacionais envolvendo a temática de eficiência nas indústrias de calçados e manufatura; e uma bibliografia complementar sobre a estrutura de clusters. A Sessão 3 trata da metodologia e modelagem do estudo, enquanto a Sessão 4 mostra os resultados encontrados. Fica a cargo da Sessão 5 fazer as considerações finais do estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção se subdivide em duas partes. A primeira, mais extensa, destinada a apresentar algumas obras relacionadas à análise da eficiência técnica das indústrias calçadistas; a segunda, mais breve, tratando dos sistemas de clusters.

2.1 Eficiência técnica das indústrias de calçado e manufatura

Guajala et. al (2022) estudaram a relação entre a eficiência técnica e os fatores de produção das indústrias de calçado da província de Tungurahua no Equador, no período de 2013 a 2018. Foi utilizada uma abordagem por envoltória de dados, uma análise econométrica e comparação com índices de localização e urbanização. Como *inputs* para o estudo foram utilizados: (i) Matéria prima, (ii) Ativos fixos, (iii) Gastos com trabalhadores e (iv) Capital investido. Para *output* foram consideradas as Vendas líquidas. O resultado da análise de eficiência técnica determinou que apenas 26% das empresas da província equatoriana são totalmente eficientes e 74% são ineficientes. O estudo econométrico, mostrou que a variável eficiência é inversamente proporcional aos ativos fixos e índice de urbanização e diretamente proporcional aos gastos com trabalhadores.

Cordero e Abril (2022) aplicaram semelhante método para a análise da eficiência técnica das indústrias de calçado da Zona 2 de produção no Equador, nos anos de 2014 a 2019. Foram utilizados o mesmo método e abordagem do estudo anterior, com a mudança de período e local de estudo. Por meio da DEA, 51% das empresas estudadas obtiveram eficiência técnica no modelo proposto. No aspecto econométrico, a eficiência técnica mostrou seu crescimento como sendo diretamente proporcional à matéria prima e gastos laborais, o que demonstra a importância desses fatores para as indústrias de manufatura.

Os autores Qi e Lijun (2009) estudaram as Indústrias de Baixa Tecnologia (LTI's) e as Indústrias de Manufatura de Baixa Tecnologia (LTMI's) chinesas ao longo de 2008, e 25 indústrias de diferentes setores produtivos. Concluiu-se que 8 indústrias se mostraram tecnologicamente

eficientes e outras 17 com algum grau (maior ou menor) de ineficiência. As 17 indústrias ineficientes foram subdivididas em: indústrias com efetividade de escala, podendo ter retornos crescente ou decrescentes; e indústrias sem efetividade de escala com retorno decrescentes. A indústria calçadista chinesa se encontra entre as indústrias ineficientes, com inefetividade de escala e retornos decrescentes.

Marín, Tobón e Gutiérrez (2009) investigaram, através do método de Eficiência Estocástica, um conjunto representativo de firmas colombianas (79 empresas entrevistadas) do setor de produção de calçados e couro, em quatro regiões historicamente ligadas a estas atividades produtivas. Ao todo foram utilizadas 11 variáveis nos modelos de eficiência e econométrico. Os autores, concluíram que as empresas estão alocadas cerca de 33% abaixo das suas possibilidades de produção, sendo que a cidade de Amva, seguida de Bogotá, se apresentam como as mais próximas da fronteira eficiente. Além disso, foi identificada uma relação positiva entre a eficiência técnica e o número de trabalhadores, o que pode indicar a existência de uma divisão ótima de trabalho para o segmento.

Milaneze e Batalha (2008) fazem um estudo de análise de fatores e subfatores de competitividade para os clusters calçadistas do estado de São Paulo. A proposta foi investigar os principais clusters do estado (Franca, Birigui e Jaú), a partir de critérios que contribuem para a competitividade do setor, baseado em três pilares: Capital Institucional, Capital Organizacional e Capital Humano. A pesquisa revelou que Franca e Birigui possuem semelhanças entre os fatores prioritários e que mais favorecem a sua competitividade, que são: desenvolvimento de fatores de produção especializados, desenvolvimento da capacidade inovadora e criação de uma identidade de produto. Já para o cluster de Jaú, as prioridades são: o desenvolvimento de fatores de produção especializados, do capital social e da capacidade inovadora do polo (MILANEZE; BATALHA. 2008).

Antunes (2020) realizou, através do método DEA, a análise da eficiência de uma indústria calçadista do Brasil, coletando dados em 5 plantas distribuídas pelo país. O período de análise foi de janeiro de 2017 a junho 2019 e foram analisadas as Eficiências Técnica (ET), Econômica (EE) e Alocativa (EA). Foi utilizado um conjunto de 10 parâmetros de *inputs* e 1 parâmetro de *output*. Alguns dos *inputs* são: números de trabalhadores diretos e indiretos; matéria prima para couro, forro, tecido e solado; e número de retrabalhos. O Número de pares faturados foi utilizado como variável de *output*. A conclusão do autor é de que é possível utilizar a EE para avaliar as melhores utilizações de recursos fabris e alocação dos respectivos preços, porém, os demais indicadores de eficiência não podem ser substituídos, uma vez que indicam oportunidades diferentes, detalhando aspectos não incorporados pela Eficiência Econômica.

Por fim, a obra de Stefanoni e Voltes-Dorta (2021), apesar de não tratar diretamente da indústria calçadista, tem como objetivo incluir na temática da eficiência de manufaturas, indicadores que analisam os aspectos ESG (*Environmental, Social and Governance*), para além dos já difundidos

indicadores financeiros e operacionais. A necessidade de revisão desta obra reflete a ausência de bibliografias que incorporem o estudo das ESGs no setor calçadista. Os autores calcularam a eficiência técnica para 33 montadoras internacionais de automóveis no período de 2014 a 2017, incluindo os chamados ESG *scores*, como *outputs* do modelo. O ranking de empresas eficientes do setor de automóveis muda conforme os indicadores de sustentabilidade considerados, sendo a média da eficiência técnica maior para os modelos ajustados na dimensão Governança, e menores na dimensão Social. Por exemplo, as empresas europeias subiram nos rankings onde se consideraram os aspectos ESG nos modelos, tendo destaque para os aspectos de Governança e Ambientais.

2.2 Literatura específica sobre o sistema de clusters

Para fornecer bases referentes ao sistema de clusters, suas características e tipos de variáveis que podem ser analisadas, foi revisado o estudo de Albuquerque e Britto (2002). Os autores realizaram uma análise exploratória de clusters brasileiros a partir de dados da RAIS (1997). O objetivo do estudo foi classificar e identificar os principais clusters do país com foco nos setores de têxtil-vestuário e eletrônica-telecomunicações. Os autores usaram, dentro outras, a variável Quociente Locacional (QL). Nos dois setores investigados foram encontrados, por meio do QL, um total de 140 aglomerações industriais, sendo responsáveis por 7,4% dos empregos totais e 7,1% do total de estabelecimentos da indústria de transformação no ano em questão. Das 140 aglomerações, após critérios de subposição (clusters verticais e horizontais), verificou-se que apenas 31 delas poderiam ser consideradas como clusters, sendo a maioria no setor têxtil-vestuário.

Garcia e Sampaio (2003) tiveram como objetivo aplicar a metodologia de Coeficientes de Gini Locacionais e QL, com base nos dados da RAIS/MTE e da PIA/IBGE para delimitar os chamados Sistemas Locais de Produção (SLP) de maneira geográfica, aplicando-a na indústria de calçados do estado de São Paulo para os municípios ou microrregiões. Os autores definem os SLP como aglomerados de agentes de diversas vertentes que se encontram em um mesmo território e que possuem, entre si, fortes vínculos de cooperação e aprendizagem mútua. A interação, para além daquela entre empresas produtoras de bens finais e fornecedoras, também inclui as instituições públicas e privadas, formadores de capital humano, entidades de Pesquisa e Desenvolvimento, entidades de financiamento, entre outras. Os resultados encontrados pelos autores, para Birigui, mostram que a cidade é extremamente especializada no calçado infantil em três diferentes classes da indústria: fabricação de tênis (QL de 57,1), fabricação de calçados de plástico (QL de 81,5) e a fabricação de calçados de outros materiais (QL 52,6). Os encadeamentos produtivos são pouco desenvolvidos, sendo que grande parte dos insumos, componentes e máquinas vem de outros SLPs.

Para Franca, os resultados demonstram que a cidade apresentou um QL elevado na fabricação de calçados de couro (QL = 53,2), gerando um total de 11.271 empregos formalizados. Franca

também se destaca por seu “encadeamento para trás”, ou seja, a presença de inúmeras atividades de processamento anteriores ao calçado, como o tratamento de couro (QL de 22,1) e pela infraestrutura institucional, como os sindicatos (Sindifranca), IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica) e o SENAI, para qualificação de mão de obra. Por fim, para o cluster de Jaú, o estudo mostra que a cidade é especializada nos calçados femininos de couro e outros materiais, onde o primeiro apresenta um QL de 12,6, sendo o segmento mais importante, voltado em grande medida ao mercado interno e regional. Quanto ao encadeamento produtivo, é relativamente frágil, sendo que boa parte dos insumos e serviços vem de polos produtores importantes como Franca e o Vale dos Sinos (RS). A única exceção da cidade é a fabricação de embalagens para os calçados.

3. METODOLOGIA

3.1 Proposta de modelo teórico de eficiência

A fim de atingir o objetivo do estudo, foi necessário definir as variáveis que comporiam o modelo, bem como na determinação se estas são de *input* ou *output*. Após revisão bibliográfica e identificação de possíveis variáveis, foi utilizada uma matriz de decisão com quatro critérios, sendo dois técnicos (quanto às características das bases de dados), e outros dois qualitativos (quanto à aplicabilidade da variável). Tais critérios foram aplicados a cada variável pré-selecionada, atribuindo-se notas de 1 a 5.

Portanto, com base nos dados coletados e na matriz de decisão, foram selecionadas 10 variáveis para compor o modelo preliminar para o teste de validação. Como *inputs* foram escolhidos: (i) Matriculados no Ensino Técnico por Habitante, (ii) Desembolsos do BNDES; (iii) Trabalhadores Diretos; (iv) Especialização; (v) Empresas Sindicalizadas (ESG); (vi) Diversidade da Mão de Obra (ESG) e (vii) Emissão de CO₂ por par (ESG). Já como *output* foram escolhidas as variáveis: (viii) Produção anual de pares; (ix) Exportação e (x) Valor de Transformação Industrial. Foi definido como horizonte temporal da investigação, o período de 2012 a 2021.

Para garantir uma maior eficácia da metodologia empregada, dever ser mantida uma proporção mínima entre a quantidade total de inputs e outputs em relação ao número de unidades investigadas (DMUs). Nunamaker (1985) e Antunes (2020) recomendam que a quantidade de unidades investigadas seja 3 vezes maior que a soma das variáveis (*input* e *output*). Deste modo, no presente trabalho, para cada ano investigado, cada cluster correspondeu a uma unidade virtual ou DMU. Por exemplo, o cluster de Franca no período de 2012 a 2021, gerou 10 unidades que, somadas aos demais clusters, totalizam 30 DMUs

3.2 Validação do modelo: Análise dos Componentes Principais (PCA-DEA)

Para validar o modelo teórico proposto na subseção anterior, foi utilizada uma metodologia robusta para selecionar e verificar as variáveis do modelo. O método utilizado nessa pesquisa, PCA-DEA, é amplamente utilizado em pesquisas internacionais e, na comparação com outros métodos, apresenta resultados precisos (ADLER; YAZHEMSKY, 2010). O método permite definir pela permanência ou não de variáveis nos modelos, através de estatísticas de teste e matrizes. O método PCA-DEA foi aplicado através do software SPSS.

A primeira métrica analisada são as comunalidades, que indicam a proporção da variância explicada pelas componentes principais e os valores podem variar entre 0 e 1, sendo 0 quando os fatores comuns não explicam nenhuma variância da variável e 1 quando a explicam a sua totalidade. Valores abaixo de 0,5 sugerem a exclusão da variável. A Tabela 1 apresenta o resultado das comunalidades para as 10 variáveis do modelo proposto.

Como pode ser observado, todas as variáveis obtiveram valores de comunalidade acima de 0,5, portanto, o teste indica que todas as variáveis podem ser mantidas no modelo, sem a necessidade de exclusão. A maior comunalidade foi da variável “trabalhadores diretos”, (98,4% da variância explicada do componente), evidenciando o fato que o setor calçadista é uma manufatura intensiva em mão de obra. A menor comunalidade, mas não suficiente para exclusão do modelo, foi a “Desembolsos do BNDES”, o que pode indicar uma participação menor do capital público nos clusters do setor.

Tabela 1 - Comunalidades do modelo

	Inicial	Extração
Desembolsos do BNDES	1,000	,681
ESG: Diversidade da Mão de Obra	1,000	,945
ESG: Emissão de CO2 p/ par	1,000	,968
Matriculados no Ensino Técnico por Habitante	1,000	,797
ESG: Empresas Sindicalizadas	1,000	,941
Especialização	1,000	,923
Trabalhadores Diretos	1,000	,984
Exportação	1,000	,915
Produção anual de pares	1,000	,848
Valor de Transformação Industrial	1,000	,980

Fonte: Elaborada pelos autores.

A segunda análise do teste de validação das variáveis se trata da matriz quadrada de correlação anti-imagem, que indica a adequação de cada variável para ser usada no método PCA-DEA. Em casos de se detectarem valores pequenos na diagonal (ou seja, $r < 0,5$), deve considerar-se a eliminação da variável. A matriz de correlação anti-imagem das 10 variáveis é do tipo quadrada (10x10) e todos os coeficientes de correlação anti-imagem na diagonal principal da matriz ficaram acima de 0,67, o que indica que nenhuma variável precisou ser subtraída do modelo.

As próximas métricas correspondem aos testes KMO e de Bartlett. O teste KMO é uma medida da adequação dos dados (compara as correlações simples com as correlações parciais). Trata-se de um teste que varia de 0 a 1, onde os valores abaixo de 0,5 não classificam os dados como adequados para o método proposto; valores entre 0,5 e 0,8 indicam adequação média; valores entre 0,8 e 0,9 indicam boa adequação; e, por fim, valores entre 0,9 e 1 indicam adequação excelente. O teste de Bartlett, por sua vez, testa a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, isto é, não há correlação entre as variáveis. Valores de significância maiores do que 0,1 indicam que os dados não são adequados para o tratamento com o método PCA-DEA.

A medida KMO obtida foi de 0,800, o que segundo a métrica, demonstra uma boa adequação do modelo proposto à amostra de dados obtida, validando o modelo. Quanto ao teste de Bartlett, com uma estatística de teste de 620,339 e 45 graus de liberdade, foi obtida significância do teste igual a 0,000, rejeitando assim a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, isto é, não há correlação entre as variáveis.

A última medida apresentada se trata dos autovalores, que apontam o percentual acumulado da variância que os fatores são capazes de explicar. O método mostra quantos fatores explicam o conjunto de variáveis da amostra e qual a parcela da variância eles explicam. Os resultados para os autovalores (*eigenvalues*) podem ser observados na Tabela 2 e mostram que os dois primeiros fatores explicam cerca de 89,8% da variância, sendo que a partir do 3º fator, os acréscimos de explicação da variância são marginais.

Portanto, a partir dos resultados obtidos, o modelo, inicialmente proposto, foi considerado validado e adequado ao objetivo do trabalho.

Tabela 2 - Autovalores

Componente	Valores próprios iniciais			Soma de extração de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	7,472	74,717	74,777	7,472	74,717	74,717
2	1,511	15,115	89,832	1,511	15,115	89,832
3	,623	6,233	96,065			
4	,242	2,423	98,488			
5	,078	,781	99,268			
6	,027	,274	99,543			
7	,024	,237	99,780			
8	,015	,152	99,932			
9	,004	,044	99,975			
10	,002	,025	100,000			

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.3 Retornos de escala: teste Kolmogorov-Smirnov (KS)

A próxima etapa consistiu na escolha do retorno a escala ser empregado (constante ou variável de escala). Banker (1996) sugere a realização do teste de Kolmogorov Smirnov (KS), uma vez que a escolha da tecnologia é uma questão crucial e, se feita de forma arbitrária, pode produzir resultados viesados. O teste se baseia na distância máxima das distribuições cumulativas dos indicadores de eficiência dos modelos DEA CCR-CRS (retornos constantes de escala) e DEA BCC-VRS (retornos variáveis de escala). O teste avalia a hipótese nula de retornos constantes de escala contra a hipótese alternativa de retornos variáveis de escala. A estatística resulta em valores entre 0 e 1, sendo então comparada ao valor crítico de obtido. Se, $TSM < D$ crítico, aceita-se H_0 ; se, $TSM > D$ crítico, rejeita-se H_0 e aceita-se H_1 .

Ao aplicar o teste KS para a amostra, foi obtido como resultado o valor da estatística (0,966666607). Ao comparar com o valor crítico ($n=30$, $\alpha=5\%$; $d_{crítico} = 0,2417$), rejeitou-se a hipótese nula do teste, sendo possível aceitar a hipótese de retornos variáveis de escala e, portanto, a aplicação do modelo BCC. Deste modo, foi possível validar o modelo DEA BCC-VRS na forma dos multiplicadores, orientado ao *output* e com as 10 variáveis selecionadas, sendo elas divididas em 7 *inputs* e 3 *outputs*.

4. RESULTADOS DO MODELO

Com base no modelo proposto, através do Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD), foram calculadas as eficiências técnicas para 30 DMUs. A Tabela 3 apresenta os dados de eficiência para cada uma das DMUs, bem como algumas estatísticas descritivas quanto ao resultado.

Tabela 3 - Resultados de Eficiência

Birigui 2012	0,879281	Franca 2012	0,879281	Jaú 2012	0,549856
Birigui 2013	0,814184	Franca 2013	0,905342	Jaú 2013	0,588573
Birigui 2014	0,891325	Franca 2014	1	Jaú 2014	0,659325
Birigui 2015	0,879281	Franca 2015	0,98068	Jaú 2015	0,68025
Birigui 2016	0,879281	Franca 2016	0,89626	Jaú 2016	0,873785
Birigui 2017	0,791228	Franca 2017	0,924822	Jaú 2017	0,879281
Birigui 2018	0,879281	Franca 2018	0,879281	Jaú 2018	0,767555
Birigui 2019	0,817474	Franca 2019	0,988975	Jaú 2019	0,866655
Birigui 2020	0,791519	Franca 2020	0,879281	Jaú 2020	0,759028
Birigui 2021	0,855889	Franca 2021	0,879281	Jaú 2021	0,879281
Medidas Estatísticas					
Máximo					100%
Mínimo					54,9%
Média					83,9%
Mediana					87,9%
Desvio Padrão					10,5%

Fonte: Elaborada pelos autores.

O resultado geral para o estudo foi de uma eficiência média de 83,9% com um desvio padrão e 10,5%. Isso indica que a grande maioria das unidades estudadas teve uma ineficiência média de 20%, o que as colocam relativamente próximas da fronteira de possibilidades de produção ou fronteira de eficiência, com espaço para melhoria em sua otimização de fatores. A menor eficiência identificada, para a série analisada, foi de 54,9% da DMU Jaú 2012, o que mostra que o aproveitamento dos fatores, neste ano, foi insuficiente.

4.1 Resultados do cluster de Birigui

Os resultados para os indicadores de eficiência técnica do cluster são apresentados na Tabela 4, assim como as estatísticas descritivas calculadas para a amostra. Como pode ser observado, não houve unidades eficientes para o período estudado, ou seja, todas as unidades virtuais ficaram abaixo da fronteira de produção. A maior eficiência calculada foi de 89,1%, identificada em Birigui, no ano de 2014. Os dados da amostram indicam que, para este ano, havia 12.218 trabalhadores diretos no setor, dos quais 64,8% representavam força de trabalho diversa, ou seja, trabalhadoras do sexo feminino. A especialização do município neste ano foi de 52,7%, que permitiu o cluster produzir 34.700.000 pares de calçados, gerando um Valor de Transformação Industrial (VTI) de R\$ 545.368,89.

Tabela 4 - Resultados de eficiência - cluster Birigui

Birigui 2012	0,879281	Medidas Estatísticas	
Birigui 2013	0,814184	Máximo	0, 891325
Birigui 2014	0,891325	Mínimo	0,791228
Birigui 2015	0,879281	Média	0,8478743
Birigui 2016	0,879281	Mediana	0,867585
Birigui 2017	0,791228	Desvio Padrão	0,03991889
Birigui 2018	0,879281		
Birigui 2019	0,817474		
Birigui 2020	0,791519		
Birigui 2021	0,855889		

Fonte: Elaborada pelos autores.

Já a DMU com menor eficiência calculada foi Birigui 2017, com indicador de 79,12%. Os dados de *inputs* mostram que, neste ano, havia 8.808 trabalhadores diretos no setor do município, o que representa uma diferença de 27,9% a menos em relação a unidade mais eficiente deste arranjo. Do total de trabalhadores diretos, 62,4% correspondiam ao sexo feminino. A especialização neste ano ficou na ordem de 50,9%, o que corresponde a uma queda de dois pontos percentuais em relação a Birigui em 2014, ano de maior eficiência. Ao todo, foram produzidos 21.800.000 pares de calçados, que geraram um VTI correspondente de R\$ 409.517,21, o que representou quedas significativas. Nota-se uma proximidade muito grande entre esta unidade e a eficiência do cluster em 2020, no início da pandemia do COVID-19. Apesar de causas diferentes, em ambos os anos, houve impactos negativos nas principais variáveis do modelo (quantidade de trabalhadores e especialização), que ocasionou queda na produtividade e eficiência das empresas do setor.

A eficiência média do cluster ficou em 84,7%, com um desvio padrão de 3,99%, o que indica baixa variabilidade na amostra e estabilidade nos indicadores de eficiência do cluster. A trajetória da eficiência de Birigui foi decrescente, onde a partir de 2018 não se recuperam os patamares de eficiência antes alcançados. No entanto, é possível perceber que em 2021 há uma nítida recuperação de eficiência, mostrando reação do cluster na fase aguda da crise sanitária do COVID-19.

Por fim, resta realizar uma análise quanto à produtividade média por insumo utilizado no cluster de Birigui (relação *output/input*). Foram calculados, nessa etapa de análise, três indicadores com base em um mesmo *input* (trabalhadores diretos), variando apenas o seu *output*. Outras 6 variáveis foram utilizadas no modelo, porém, apenas uma selecionada para análise. Esta foi escolhida dada a característica de intensidade de mão de obra do setor, e pelo resultado da comunalidade (a

maior, dentre os *inputs*). Portanto, na Tabela 5 são apresentadas as relações exportação/trabalhadores, pares/trabalhadores e VTI/trabalhadores. Foi utilizada uma distribuição por quartis.

Tabela 5 - Razão *Output/Input* (Trabalhadores Diretos) - Birigui

Unidades	Exportação/ Trabalhadores	Pares/ Trabalhadores	VTI/ Trabalhadores	Eficiência
Birigui 2012	1.285,76	3.460,54	48,20	0,879281
Birigui 2013	1.152,88	2.864,98	43,32	0,814184
Birigui 2014	1.095,60	2.840,07	44,63	0,891325
Birigui 2015	1.010,49	3.185,03	40,51	0,879281
Birigui 2016	1.286,67	3.197,30	41,26	0,879281
Birigui 2017	1.632,51	2.475,02	46,49	0,791228
Birigui 2018	1.364,42	2.361,06	47,15	0,879281
Birigui 2019	1.766,63	2.139,44	60,15	0,817474
Birigui 2020	1.748,55	1.994,40	68,07	0,791519
Birigui 2021	2.366,34	2.115,31	64,99	0,855889
Quartil 1	1.010,49 - 1.186,10	1.994,40 - 2.194,85	40,51 - 43,65	0,79 - 0,81
Quartil 2	1.186,11 - 1.325,54	2.194,86 - 2.657,54	43,66 - 46,82	0,815 - 0,86
Quartil 3	1.325,55 - 1.719,54	2.657,55 - 3.105,01	46,83 - 57,16	0,865 - 0,87
Quartil 4	1.719,55 - 2.366,34	3.105,02 - 3.460,54	57,17 - 68,07	0,875 - 0,89

Fonte: Elaborada pelos autores.

A unidade de maior eficiência para o cluster foi no ano de 2014, onde foi possível notar que cada indicador calculado foi alocado em um quartil diferente, ou seja, não houve uma homogeneidade (coincidência) nos quartis. Mesmo assim, pode-se observar que a produção de pares por trabalhadores foi fundamental para colocar a eficiência da unidade em maior patamar, porém, a limitada produtividade do trabalho quanto aos demais índices ainda impede que a unidade alcance a fronteira de eficiência. O fato de não haver coincidência entre os quartis dos indicadores pode indicar que os ganhos de eficiência para esta unidade foram causados pela produtividade de outras variáveis e por fatores exógenos ao cluster e/ou ao modelo, como o bom desempenho do setor (nacionalmente) ou o desempenho de outros clusters calçadistas do estado.

Para a unidade de menor eficiência, tem-se o cluster no ano de 2017. Novamente, não houve uma homogeneidade nos quartis estudados. É possível notar que, apesar de ter tido uma boa produtividade do fator trabalho no âmbito das exportações, a ineficiência do cluster foi puxada pela menor produtividade do trabalho quanto aos pares produzidos e VTI gerado. Ou seja, a relação Pares/Trabalhadores se mostra predominante em determinar, ainda que indiretamente, a tendência do

nível de eficiência. A causa de ineficiência, neste caso, também parece depender de problemas de produtividade de outros fatores, choques externos ou externalidade do cluster neste ano.

Para completar a primeira etapa da análise, convém selecionar uma unidade que tenha sido alocada em um quartil entre os extremos da distribuição (segundo ou terceiro quartil). Nesse sentido, foi escolhida a unidade do ano de 2019, com um índice de eficiência de 81,7%, alocado no segundo quartil. É possível notar que a produtividade do trabalho em relação à produção de pares foi baixa para esta unidade, uma vez que foi a principal responsável por produzir um nível de ineficiência elevado, considerando a amostra investigada. Esse nível de ineficiência, possivelmente, não foi maior devido aos bons resultados de produtividade do trabalho para os outros dois *outputs*.

Ao analisar os indicadores de produtividade para as 10 unidades virtuais, nota-se que em cada ano analisado, há um indicador de produtividade diferente impactando a eficiência no cluster, e na maioria dos casos, parece haver uma combinação entre os efeitos de um ou mais indicadores na determinação da eficiência técnica e do quartil a qual pertence. Cerca de 40% da amostra foi impactada, principalmente, pela relação Pares/Trabalhadores. Porém, foi possível identificar uma completa dissociação entre o quartil que se encontra a eficiência e os quartis dos demais indicadores, nos anos de 2014, 2017, 2018, 2019 e 2021 (50% da amostra). Isso indica que a eficiência foi, em grande medida, definida pela produtividade de outras variáveis e outras relações *output/input* não abordadas, bem como externalidades do arranjo produtivo local.

4.2 Resultados do cluster de Franca

Os resultados para os indicadores de eficiência técnica do cluster de Franca são apresentados na Tabela 6, assim como as estatísticas descritivas calculadas para a amostra. O cluster de Franca, como observado, obteve apenas uma unidade eficiente durante o período de análise. Todas as demais unidades ficaram abaixo da fronteira de produção eficiente. A maior eficiência calculada, portanto, foi de 100%, identificada no ano de 2014. Os dados da amostra indicam que, para este ano, havia 18.811 trabalhadores diretos no setor, dos quais 37,5% da força de trabalho era diversa, ou seja, representada por trabalhadoras do sexo feminino. A especialização do município neste ano foi de 71,7%, que permitiu ao cluster produzir 23.400.000 pares de calçados, gerando um VTI de R\$ 51.463.175,93.

Quanto ao menor indicador de eficiência registrado, foi obtido o valor de 87,9% em quatro anos do cluster (2012, 2018, 2020 e 2021). Apesar de possuírem a mesma eficiência, os *inputs* utilizados em cada ano não são idênticos, mas sim, a sua alocação de eficiência. Percebe-se que os maiores níveis de ineficiência ocorreram no período relacionado à COVID-19, bem como em anos onde outros fatores impactaram negativamente as principais variáveis do modelo (quantidade de trabalhadores e especialização), já que em anos anteriores à pandemia, também se registraram a

mesma taxa de ineficiência. Aparentemente, fenômenos ligados a aumento de custos que, por consequência, reduzem o VTI produzido, tendem a impactar no indicador.

Tabela 6 - Resultados de eficiência - cluster de Franca

Franca 2012	0,879281	Medidas Estatísticas	
Franca 2013	0,905342	Máximo	1
Franca 2014	1	Mínimo	0,879281
Franca 2015	0,98068	Média	0,9213203
Franca 2016	0,89626	Mediana	0,900801
Franca 2017	0,924822	Desvio Padrão	0,049728178
Franca 2018	0,879281		
Franca 2019	0,988975		
Franca 2020	0,879281		
Franca 2021	0,879281		

Fonte: Elaborada pelos autores.

A eficiência média do cluster ficou em cerca de 92,1%, com um desvio padrão de 4,97%, o que indica uma baixa variabilidade da amostra e uma estabilidade nos indicadores de eficiência do cluster. Apesar de pouca variabilidade, nota-se uma tendência de eficiência levemente decrescente para o cluster em questão. Os anos de 2012 a 2014 foram de grande crescimento no nível de eficiência do cluster, sofrendo acentuada queda em 2016 e alcançando o ponto de mínimo em 2018. Mesmo assim, nota-se que, em 2019, foi possível recuperar o seu nível de eficiência, porém a nova tendência positiva foi interrompida pela crise pandêmica enfrentada nos anos de 2020 e 2021.

Por fim, resta realizar a análise quanto à produtividade média por insumo utilizado no cluster (relação *output/input*). Foram calculados, na análise, três indicadores com base no mesmo *input* (trabalhadores diretos), variando apenas o seu *output*. Vale ressaltar que, apesar da escolha desta variável de *input*, outras foram utilizadas no modelo, sendo que esta foi escolhida dada a característica do setor e resultado da comunalidade. Portanto, na Tabela 7 são apresentadas as relações exportação/trabalhadores, pares/trabalhadores e VTI/trabalhadores. Foi utilizada uma distribuição por quartis.

A unidade de maior eficiência foi a de Franca, em 2014. É possível notar que houve a coincidência na alocação dos quartis entre os indicadores pares/trabalhadores, VTI/trabalhadores e eficiência técnica. Isso mostra que a produtividade de pares por trabalhadores foi fundamental para colocar a eficiência da unidade em maior patamar, bem como a produtividade em termos de VTI. Em outras palavras, o que pode se entender é que, para o ano de 2014, o setor calçadista de Franca apresentou uma alocação da mão de obra e uma divisão do trabalho eficientes, sendo esta alocação

capaz de gerar produtividade elevada tanto em termos de produção (ao olhar para o output pares produzidos), quanto em termos de custos, faturamento e valor gerado (ao analisar o *output* VTI).

Tabela 7 - Razão *Output/Input*

Unidades	Exportação/ Trabalhadores	Pares/ Trabalhadores	VTI/ Trabalhadores	Eficiência
Franca 2012	4428,35	1282,59	84,56	0,879281
Franca 2013	4117,15	1306,07	80,51	0,905342
Franca 2014	4653,70	1445,96	92,95	1
Franca 2015	4970,04	1426,30	89,18	0,98068
Franca 2016	4660,20	1275,80	90,74	0,89626
Franca 2017	5320,23	1323,97	84,73	0,924822
Franca 2018	5379,95	1302,14	90,19	0,879281
Franca 2019	5772,47	1453,44	88,04	0,988975
Franca 2020	4087,38	1218,23	89,55	0,879281
Franca 2021	4829,77	1299,49	73,20	0,879281
Quartil 1	4087,38 – 4484,68	1218,23 – 1286,82	73,20 – 84,61	0,000 – 0,879
Quartil 2	4484,685 – 4744,98	1286,825 – 1304,10	84,615 – 88,61	0,8792 – 0,9008
Quartil 3	4744,985 - 5232,68	1304,105 – 1400,72	88,615 – 90,03	0,901-0,966
Quartil 4	5232,685 – 5772,47	1400,725 – 1453,44	90,035 – 92,95	0,967 - 1

Fonte: Elaborada pelos autores.

As unidades de menor eficiência técnica do cluster correspondem aos anos de 2012, 2018, 2020 e 2021. É possível notar que, para o ano de 2018, não houve homogeneidade nos quartis estudados em cada indicador, ou seja, a baixa eficiência deste ano não aparenta ser causada por problemas na produtividade dos fatores estudados, uma vez que grande parte delas se encontra no quartil de maior eficiência. Isso implica que a baixa de eficiência pode ter sido gerada por problemas de produtividade de outros fatores, choques externos ou externalidade do cluster neste ano. Para os anos de 2012 e 2021, nota-se uma especial contribuição da reduzida produtividade da mão de obra quanto aos pares para a baixa eficiência, enquanto para 2021, nota-se que a possível causa de ineficiência fica por conta da baixa produtividade dos trabalhadores, em relação ao VTI.

Para completar a análise convém selecionar uma unidade que tenha sido alocada em um quartil entre os extremos da distribuição (segundo ou terceiro quartis). Nesse sentido, foi escolhida a unidade no ano de 2016, alocada no nível médio baixo (quartil 2), com uma eficiência de 89,6%. Neste caso, nota-se uma relação maior da eficiência com a produtividade dos trabalhadores em relação as exportações.

Ao analisar a distribuição dos indicadores de produtividade nos quartis, nota-se que, para as 10 unidades virtuais analisadas, a razão Pares/Trabalhadores apresentou maior efeito sobre a eficiência do modelo, uma vez que, na grande maioria dos casos (70% da amostra), a eficiência técnica e o referido indicador de produtividade se encontram no mesmo quartil da distribuição. Porém, foi possível identificar, em algumas unidades, uma completa dissociação entre o quartil que se encontra a eficiência e os quartis dos demais indicadores, como é o caso de 2016 (explicado pela produtividade das exportações), 2021 (explicado pela produtividade no VTI) e o inusitado ano de 2018, que não apresentou influência direta de nenhum dos indicadores de produtividade.

4.3 Resultados do cluster de Jaú

Os resultados para os indicadores de eficiência técnica do cluster de Jaú são apresentados na Tabela 8, assim como as estatísticas descritivas calculadas para a amostra. Como pode ser observado, não houve unidades eficientes para o período estudado, ou seja, todas as unidades virtuais ficaram abaixo da fronteira eficiente de produção. A maior eficiência calculada foi de 87,92% identificada em duas DMUs: na que corresponde ao ano de 2017 e na DMU que corresponde ao ano de 2021.

Tabela 8 - Resultados de Eficiência - cluster Jaú

Jaú 2012	0,549856	Medidas Estatísticas	
Jaú 2013	0,588573	Máximo	0,879281
Jaú 2014	0,659325	Mínimo	0,549856
Jaú 2015	0,68025	Média	0,7503589
Jaú 2016	0,873785	Mediana	0,7632915
Jaú 2017	0,879281	Desvio Padrão	0,125587499
Jaú 2018	0,767555		
Jaú 2019	0,866655		
Jaú 2020	0,759028		
Jaú 2021	0,879281		

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em 2017, os dados de *input* indicavam que havia 4.077 trabalhadores diretos no setor, dos quais 47,3% da força de trabalho era diversa, ou seja, representada por trabalhadoras do sexo feminino. A especialização do município neste ano foi de na casa dos 17,3%, que permitiu o cluster produzir 6.900.000 pares de calçados, gerando um VTI de R\$ 142.343,6. Já para a segunda unidade mais eficiente (2021), o total de trabalhadores diretos correspondeu a 3.078 pessoas, das quais, 50,12% correspondiam a mulheres empregadas no setor. A especialização produtiva ficou na casa dos

18,4%. A combinação destes *inputs* resultou na produção de 7.100.000 pares de calçados e R\$141.886,35 em VTI.

A menor eficiência técnica calculada correspondeu ao ano de 2012, cujo indicador de eficiência foi de 54,9%. Os dados para o *input* mostram que, neste ano, havia 6.661 trabalhadores diretos, nos quais, 46,11%, representavam o componente de diversidade de mão de obra. A especialização produtiva do cluster foi de 27,7% para este ano. A combinação destes, e de outros fatores, produziram um total de 8.900.000 pares, responsáveis por gerar um VTI de R\$ 296.033,18.

É interessante notar que a menor eficiência calculada ocorreu logo no início da amostra (2012), enquanto um dos indicadores de eficiência mais elevados foi alcançado em 2021, ano em que ainda vigoravam os efeitos da pandemia de COVID-19, mostrando uma recuperação de eficiência do cluster neste ano, saltando de 75,9% em 2020, para 87,9% em 2021.

A eficiência média do cluster ficou em cerca de 75%, com um desvio padrão de 12,55%, o que indica uma maior variabilidade. Nota-se, também, uma tendência crescente na eficiência do cluster, que tem melhorado a alocação de seus recursos e que nos últimos 5 anos se manteve bastante estável. O ganho de eficiência no período de 2012 a 2016 se mostrou essencial e permitiu a estabilidade da eficiência técnica do cluster, inclusive para enfrentar a crise da pandemia de COVID-19, a partir de 2020.

Por fim, resta realizar uma análise quanto à produtividade média por insumo utilizado no cluster (relação *output/input*). Foram calculados, na análise, três indicadores com base em um mesmo *input* (trabalhadores diretos), variando apenas o seu *output*. Portanto, na Tabela 9 são apresentadas as relações exportação/trabalhadores, pares/trabalhadores e VTI/trabalhadores. Foi utilizada uma distribuição por quartis.

As unidades de maior eficiência foram as dos anos de 2017 e 2021, com um índice de 87,9%. Para a DMU Jaú 2017, não houve coincidência entre o quartil de eficiência técnica e dos demais indicadores de produtividade, o que pode denotar que outras questões (como externalidades ou a produtividade de outros fatores) foram cruciais para o bom desempenho técnico deste ano. Já para o segundo período (2021), foi possível identificar uma importante contribuição da produtividade da mão de obra, em termos de exportação e pares produzidos, para a composição de eficiência desta unidade virtual, sendo que os quartis de ambos os indicadores foram o mesmo do índice de eficiência técnica, mostrando que, para esta unidade, a produtividade da mão de obra foi essencial para a recuperação dos efeitos da pandemia.

Tabela 9 - Razão *Output/Input* (Trabalhadores Diretos) - Jaú

Unidades	Exportação/ Trabalhadores	Pares/ Trabalhadores	VTI/ Trabalhadores	Eficiência
Jaú 2012	125,10	1336,13	44,44	0,549856
Jaú 2013	108,68	1548,52	46,62	0,588573
Jaú 2014	88,82	1645,41	51,77	0,659325
Jaú 2015	72,31	1788,26	41,56	0,68025
Jaú 2016	132,50	1980,96	43,99	0,873785
Jaú 2017	230,91	1692,42	34,91	0,879281
Jaú 2018	400,12	1953,86	46,37	0,767555
Jaú 2019	473,60	1796,75	53,67	0,866655
Jaú 2020	322,07	2122,82	52,98	0,759028
Jaú 2021	443,40	2306,69	46,09	0,879281
Quartil 1	72,31 – 112,79	1336,13 – 1657,16	34,913 – 44,10	0,5498 – 0,6645
Quartil 2	112,79 – 181,71	1657,166 – 1792,51	44,1095 – 46,23	0,66455 – 0,7632
Quartil 3	181,71 – 380,61	1792,515 – 1974,18	46,2375 – 50,48	0,76325 – 0,8720
Quartil 4	380,61 – 473,60	1974,1885 – 2306,69	50,489 – 53,67	0,87205 – 0,879281

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a unidade de menor eficiência, ano de 2012, fica claro que houve uma influência negativa direta da baixa produtividade do trabalho em relação ao número de pares produzidos, mostrando a relevância desta variável para compreender o resultado.

Para completar, convém selecionar uma unidade que tenha sido alocada em um quartil entre os extremos da distribuição. Nesse sentido, foi escolhida a unidade no ano de 2015, cuja eficiência técnica calculada foi de 68,02%, correspondente ao segundo quartil da distribuição. Fica nítida, mais uma vez, a fundamental importância da produtividade do trabalho, dada pela relação pares/trabalhadores, para a composição do índice de eficiência deste cluster, neste ano.

Portanto, em termos gerais, é possível notar que, para o cluster de Jaú, as unidades virtuais correspondentes aos anos de 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019 e 2021 (70% da amostra) tiveram parte da sua eficiência explicada pela produtividade do trabalho em relação ao número de pares produzidos (pares/trabalhadores), destacando-se os anos de 2013, 2014 e 2021, que foram também influenciados, diretamente, pela relação exportação/trabalhadores. O ano de 2018 foi uma exceção, onde seu nível de eficiência técnica foi explicado pela produtividade calculada pela relação VTI/trabalhadores.

Por sua vez, os anos de 2017 e 2020 não obtiveram coincidência entre os quartis dos indicadores e da eficiência, o que explica que a composição desta última, é provavelmente dada por outras medidas de produtividade ou por externalidades do cluster.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a eficiência técnica da indústria calçadista paulista, através de um modelo DEA, com 7 *inputs* e 3 *outputs*, para os anos de 2012 a 2021, foi possível identificar que apenas um ano apresentou eficiência (Franca 2014), sendo as demais unidades alocadas abaixo da fronteira de eficiência produtiva. De maneira geral, para a amostra, os indicadores de eficiência se mostraram decrescentes para Birigui e Franca, o que pode reforçar a hipótese discutida quanto ao enfraquecimento e reorganização do setor, devido à necessidade de se adequar a concorrência externa, enquanto foi crescente para Jaú.

Para Birigui, com a análise de produtividade dos fatores, foi identificado a relação *output/input* Pares/Trabalhadores como principal, responsável por 40% de explicação da eficiência da amostra. Apesar disto, o cluster se destaca por uma grande quantidade de períodos cuja determinação da eficiência não está atrelada aos indicadores de produtividade estudados, como é o caso dos anos de 2014 e 2017, anos de maior e menor eficiência, respectivamente, que não tiveram indicadores de produtividades relacionados.

Além disto, se destacam os anos de 2018 e 2021, que não tiveram a eficiência explicada por nenhuma das três relações *output/input* investigadas. Em ambos os casos, denota-se que, a predominância de fatores locacionais e regionais exógenos à análise, como responsáveis em gerar ineficiência nos clusters.

No cluster de Franca, com base na análise de produtividade dos fatores, a partir da relação *output/input*, notou-se que a relação Pares/Trabalhadores foi a principal responsável por influenciar positivamente a eficiência técnica em 70% da amostra. Cabe ressaltar que nem todos os *inputs* foram considerados (na análise *output/input*), podendo haver também contribuição dos demais não citados.

Dentre os períodos de estudo, alguns se destacam. O ano de 2014, foi o único eficiente, sendo este resultado impactado pela produtividade gerada pelos trabalhadores diretos sobre os pares produzidos e VTI gerado. É possível notar que a especialização do cluster exerceu primordial papel para o ganho da eficiência e produtividade do trabalho indica que o setor apresentou uma divisão do trabalho adequada. Por outro lado, os anos de 2012 e 2018 são, ambos, marcados por possuírem os menores indicadores de eficiência e por não terem a eficiência explicada pela produtividade de nenhuma das relações *output/input* estudadas. Em ambos os casos, denota-se que, apesar da contribuição positiva dos índices de produtividade estudados, fatores locacionais e regionais exógenos à análise foram responsáveis em gerar ineficiência nos clusters.

Por fim, o cluster de Jaú teve indicadores de eficiência crescente, o que pode contrariar, à priori, a hipótese discutida quanto ao enfraquecimento e reorganização do setor devido à necessidade

de se adequar a concorrência externa. Esta tem se mostrado diferente no cluster, talvez por sua característica de enfoque no mercado interno e regional e por sua estrutura competitiva.

Com base na análise de produtividade dos fatores, a partir da relação *output/input*, notou-se que a relação Pares/Trabalhadores foi a principal responsável por influenciar a eficiência técnica em 70% da amostra. Porém, foi possível notar uma grande heterogeneidade na distribuição dos quartis do modelo, onde outras variáveis se mostraram relevantes, como a relação Exportação/Trabalhadores. Cabe ressaltar que nem todos os *inputs* foram considerados na análise *output/input*, podendo haver também contribuição dos demais não citados.

Além disso, destacam-se os períodos em que não houve coincidência entre os indicadores de produtividade e de eficiência. Ao comparar os *outputs* com a variável trabalhadores diretos, os anos de 2017 e 2020 não obtiveram coincidência entre os quartis dos indicadores e da eficiência. Em todos esses casos, denota-se a predominância de fatores locais e regionais exógenos à análise, como responsáveis em gerar ineficiência nos diferentes períodos no cluster.

Algumas hipóteses podem ser levantadas quanto ao que ocorreu nos anos supracitados. Uma delas é a de que os clusters não tem conseguido gerar, de maneira suficiente, mão de obra qualificada para lidar com os aportes em máquinas e tecnologias promovidos pelo setor privado e pelo setor público, via BNDES. Foi possível, também, identificar que a produtividade do trabalho foi elevada, mesmo com o aumento do número absoluto de empregos diretos, o que pode representar que o setor ainda possui capacidade para agregar trabalhadores, sem perda de eficiência.

O presente trabalho vem a acrescentar resultados para a limitada literatura disponível quanto à indústria de calçados nacional, especialmente quando se refere a aplicação da Análise Envoltória de Dados, além de contribuir para a abordagem de análise por cluster ou arranjos produtivos, que é pouco explorada. Porém, diversos desafios foram encontrados durante o processo, principalmente em relação à coleta dos dados. Uma barreira foi o difícil acesso a dados agregados dos municípios; existem diversas bases de dados regionais descontinuadas desde a década de 80; há uma defasagem informacional por parte dos próprios agentes do cluster e até mesmo, a dificuldade ao esbarrar em dados com sigilo fiscal.

Algumas propostas podem ser feitas para superar estes desafios. Para as autoridades, cabe o desenvolvimento de políticas de coleta de dados e informações e torná-los públicos na medida em que respeitem as regulações de proteção de dados. Desigualdades de produção, emprego e renda entre regiões só poderão ser corrigidas a partir de políticas regionais, e para que estas ocorram, deve haver dados precisos e públicos. Para a academia, cabe o dever de expandir os estudos do setor, a partir de uma perspectiva econômica, ambiental e, até mesmo, social, incorporando variáveis como salários, lucros, entre outras.

Portanto, o presente estudo, mesmo enfrentando os desafios citados, vem propor a retomada da discussão e da relevância da indústria calçadista, especialmente em âmbito regional, trazendo um modelo elaborado e abrangente, permeando diversos aspectos dos clusters estudado. A ideia é a de que estudos futuros incorporem estas e outras medidas e metodologias, a fim de avaliar e propor melhorias para a eficiência dos arranjos produtivos locais/regionais, como forma de promover a industrialização e o desenvolvimento.

O presente estudo contou com o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob processo 2023/05287-8. Os autores agradecem à Fundação.

REFERÊNCIAS

- ABICALÇADOS (Brasil). Relatório Setorial Indústria de Calçados. Relatório, [s. l.], 2022.
- ADLER, N.; YAZHEMSKY, E. Improving discrimination in data envelopment analysis: PCA-DEA or variable reduction. *European Journal of Operational Research*, v. 202, p. 273–284, 2010.
- ANTUNES, Tiago. Avaliação Exploratória da Eficiência Econômica em Sistemas de Manufatura. 2020. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, 2020.
- BANKER, R. D. Hypothesis tests using data envelopment analysis. *The Journal of Productivity Analysis*, v. 7 (2-3), p. 139-159, 1996.
- BRITTO, Jorge; ALBUQUERQUE, Eduardo. Clusters Industriais na Economia Brasileira: Uma análise exploratória a partir de Dados da RAIS. *Est. econ.*, São Paulo, v. 32, p. 71-102, jan-mar 2002.
- CHARNES, A.; CLARK, C. T.; COOPER, W. W.; Golany, B. A developmental study of DEA in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. *Annals of Operations Research*, v.2, p. 95-112, 1985.
- CORDERO, Víctor. La eficiencia técnica y los factores de producción de las empresas manufactureras del sector de calzado de la zona 2. Orientador: César Abril. 2022. Proyecto de Investigación (Graduação) - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA CARRERA DE ECONOMÍA, [S. l.], 2022.
- GARCIA, Renato; SAMPAIO, Sérgio E. K.; SUZIGAN, Wilson; FURTADO, João. Coeficientes de Gini locacionais – GL: aplicação à indústria de calçados do Estado de São Paulo. *Nova Economia*, Belo Horizonte, p. 39-60, 2003.
- GUAJALA, Mery; ABRIL, César; JIMÉNEZ, Elsy; SÁNCHEZ, Diana. Las empresas del sector calzado. Camino a la eficiencia. *Revista Científica Hermes*, Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa Brasil, Brasil, ed. 31, p. 41-56, 2022.

HALLWARD-DRIEMEIER, M., & NAYYAR, G. (2017). *Trouble in the Making?: The Future of Manufacturing-led Development*. World Bank Publications.

MARÍN, Jorge Barrientos; TOBÓN, David; GUTIÉRREZ, Alderid. *Producción y eficiencia estocástica: una aplicación a la industria del calzado en Colombia*. *Lecturas de Economía*, [s. l.], n. 70, 2009.

MILANEZE, Kleber Luiz Nardoto; BATALHA, Mário Otávio. *Análise da competitividade do setor calçadista do estado de São Paulo*. *RaUSP*, São Paulo, v. 43, ed. 2, p. 162-175, 2008.

NUNAMAKER, T. R. *Using Data Envelopment Analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation*. *Managerial and Decision Economics*, v.6, p. 50-58, 1985.

PEREIRA JÚNIOR, E.A. *A INDÚSTRIA DE CALÇADOS NO BRASIL DIANTE DA REESTRUTURAÇÃO TERRITORIAL E PRODUTIVA*. In: SPOSITO, E.S. *O novo mapa da indústria no início do século XXI: Diferentes paradigmas para a leitura das dinâmicas territoriais do estado de São Paulo*. 1º. ed. [S. l.]: Editora UNESP digital, 2012. cap. 5.

QI, Zhang; LIJUN, Sun. *Horizontal Evaluation on Technological Innovation in Chinese Low-Tech Manufacturing Industry*. Crown, [s. l.], 2009.

STEFANONI, Silvia; VOLTES-DORTA, Augusto. *Technical efficiency of car manufacturers under environmental and sustainability pressures: A Data Envelopment Analysis approach*. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], 24 maio 2021.